

APRILE 2013

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

Istanza di Permesso di Ricerca di Idrocarburi
in Mare denominata d 361 C.R.-TU



TRANSUNION PETROLEUM Italia S.r.l.
Viale Isacco Newton n.6 00151 Roma,
Italia

SOMMARIO

1	INTRODUZIONE	10
2	QUADRO DI RIFERIMENTO PROGRAMMATICO E NORMATIVO	11
2.1	IMPOSTAZIONE DELL'ELABORATO	11
2.1.1	<i>Direttiva 2008/56/CE sulla strategia per l'ambiente marino</i>	<i>11</i>
2.2	QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO	12
2.3	DESCRIZIONE DEL COMMITTENTE	13
2.4	UBICAZIONE DELL'AREA DI ISTANZA DI PERMESSO DI RICERCA	13
3	QUADRO DI RIFERIMENTO PROGETTUALE	15
3.1	GENERALITÀ DELL'INTERVENTO	15
3.2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE	16
3.2.1	<i>Evoluzione del sistema Mediterraneo Centrale</i>	<i>16</i>
3.2.2	<i>Stratigrafia</i>	<i>21</i>
3.2.3	<i>Tettonica.....</i>	<i>24</i>
3.3	TEMI DELLA RICERCA NELL'AREA IN ISTANZA	26
3.3.1	<i>Roccia Serbatoio (reservoir)</i>	<i>28</i>
3.3.2	<i>Roccia di copertura (seal)</i>	<i>29</i>
3.3.3	<i>Roccia madre e migrazione degli idrocarburi (source rock)</i>	<i>29</i>
3.3.4	<i>Tipi di Trappole.....</i>	<i>30</i>
3.4	PROGRAMMA LAVORI	30
3.4.1	<i>Fase operativa di ricerca</i>	<i>30</i>
3.4.2	<i>Fase operativa di perforazione</i>	<i>31</i>
3.5	CAMPAGNA DI ACQUISIZIONE SISMICA OFF-SHORE	31
3.5.1	<i>Indagine geofisica: generalità</i>	<i>31</i>
3.5.2	<i>Sorgenti di propagazione di energia.....</i>	<i>33</i>
3.5.3	<i>Generazione dei segnali sismici</i>	<i>34</i>
3.6	DESCRIZIONE DELLE TECNOLOGIE ADOTTATE NELLA RICERCA SISMICA OFF-SHORE	36
3.6.1	<i>Sorgente di energizzazione: l'air-gun</i>	<i>37</i>
3.6.2	<i>Parametri operativi di progetto per l'acquisizione sismica con air-gun</i>	<i>38</i>
3.6.3	<i>Tipologia delle attrezzature di registrazione</i>	<i>39</i>
3.6.4	<i>Navi per la prospezione sismica in mare</i>	<i>42</i>
3.6.5	<i>Modalità operative</i>	<i>44</i>
3.6.6	<i>Eventuali opere di ripristino.....</i>	<i>45</i>
3.7	DESCRIZIONE DELLE EVENTUALI OPERAZIONI DI PERFORAZIONE	45
3.7.1	<i>Tipologia delle piattaforme di perforazione off-shore</i>	<i>45</i>
3.7.2	<i>I meccanismi di compensazione del moto</i>	<i>49</i>
3.7.3	<i>Attività di perforazione del pozzo.....</i>	<i>50</i>
3.7.4	<i>Attività conclusive</i>	<i>53</i>
3.7.5	<i>Tecniche di prevenzione dei rischi ambientali</i>	<i>54</i>
4	QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE	55
4.1	DELIMITAZIONE DELLE AREE INTERESSATE DALLE OPERAZIONI	55
4.2	SUOLO E SOTTOSUOLO	56
4.2.1	<i>Inquadramento geologico dell'area</i>	<i>56</i>
4.2.2	<i>Inquadramento geomorfologico e batimetrico</i>	<i>57</i>
4.3	AMBIENTE MARINO	58
4.3.1	<i>Condizioni meteo marine.....</i>	<i>58</i>
4.3.2	<i>Salinità.....</i>	<i>61</i>
4.3.3	<i>Venti</i>	<i>63</i>
4.3.4	<i>Correnti Marine</i>	<i>64</i>
4.4	AREE VINCOLATE	69
4.4.1	<i>Siti Rete Natura 2000</i>	<i>69</i>
4.4.2	<i>Aree costiere soggette a vincolo di tutela paesistica</i>	<i>71</i>
4.4.3	<i>Aree Marine Protette (AMP).....</i>	<i>76</i>

4.4.4	Aree di ripopolamento.....	78
4.4.5	Aree marine archeologiche.....	80
4.4.6	Aree marine militari.....	81
4.5	FLORA E FAUNA	83
4.5.1	Fauna ittica.....	84
4.5.2	Nursery	86
4.5.3	Mammiferi.....	87
4.5.4	Tartarughe marine	108
4.5.5	Benthos e Biocenosi.....	109
4.6	ATTIVITÀ COMMERCIALI	113
4.6.1	Pesca.....	113
4.6.2	Traffico marittimo	119
5	ANALISI E STIMA DEGLI IMPATTI POTENZIALI	121
5.1	INTRODUZIONE.....	121
5.2	EMISSIONI SONORE E IMPATTO ACUSTICO	121
5.2.1	Modellizzazione della sorgente nel “Far Field”.....	123
5.2.2	Limiti acustici per la tutela dei mammiferi marini.....	125
5.3	SALUTE PUBBLICA	127
5.4	IMPATTI SULLA PERCEZIONE DEL PAESAGGIO	127
5.5	RISCHIO SISMICO	129
5.6	SOTTOFONDO MARINO E SUBSIDENZA	131
5.7	OCCUPAZIONE DELLO SPECCHIO D’ACQUA.....	132
5.7.1	Interferenza con le attività di pesca	132
5.8	IMPATTI IN ATMOSFERA	134
5.9	AMBIENTE IDRICO MARINO	135
5.10	RIFIUTI	136
5.11	IMPATTI SU ECOSISTEMI FLORA E FAUNA	136
5.11.1	Matrice di Leopold: peculiarità	136
5.11.2	Descrizione ed esposizione della matrice impiegata.....	138
5.11.3	Impatti sui cetacei.....	141
5.11.4	Incidenza su Aree Protette S.I.C. – Z.P.S.....	143
5.12	IMPATTI CUMULATIVI CON ALTRI PIANI O PROGETTI.....	146
6	MITIGAZIONI	148
6.1	LINEE GUIDA PER LA TUTELA DEI MAMMIFERI MARINI	148
6.1.1	Linee guida emanate dal JNCC – Joint Natural Conservation Committee	148
6.1.2	Linee guida emanate da ACCOBAMS.....	149
6.1.3	Rapporto di valutazione e mitigazione dell’impatto acustico in mare, redatto da ISPRA	150
6.2	MITIGAZIONE CHE VERRANNO ATTUATE A TUTELA DEI CETACEI	151
6.3	MITIGAZIONI ATTE AD EVITARE L’INTRAPPOLAMENTO DI TARTARUGHE.....	152
6.4	MITIGAZIONE DELLE INTERFERENZE CON LE ATTIVITÀ DI PESCA.....	152
7	BIBLIOGRAFIA.....	154
8	SITOGRAFIA	160

INDICE DELLE FIGURE E DELLA TABELLE

Figura 2.1 - Ubicazione con relativo perimetro dell'area in istanza di permesso di ricerca con indicazione della batimetria e delle Zone Marine	14
Figura 2.2 - Ubicazione dell'area in istanza di permesso di ricerca e del perimetro (in rosso) sulla carta Nautica "Da Capo Rossello ad Augusta e Isole Maltesi"	14
Figura 3.1 - Ubicazione dei campi ad idrocarburi e dei pozzi nelle vicinanze dell'istanza di permesso di ricerca d361 CR-TU	15
Figura 3.2 - Schema tettonico della zona centrale del Mar Mediterraneo: 1) Sistema di sovrascorrimenti regionali delle unità del blocco Sardo-Corso sopra le unità Calabridi 2) Sovrascorrimenti regionali delle unità Kabilo-Calabridi sopra la catena Appenninico-Maghrebide 3) Fronte esterno della catena Appenninico-Maghrebide sopra le unità dell'avampaese e al sistema di sovrascorrimenti esterni 4) Fronte dei sovrascorrimenti del sistema esterno dei <i>thrust</i> 5) Principali sistemi di faglie normali e trascorrenti (modificata da Lentini et al., 2006)	16
Figura 3.3 – Profilo sismico che mostra la struttura di terrazzamento delle faglie nella Scarpata di Malta (dall'archivio dati FUGRO, www.fugroconsultants.com).....	17
Figura 3.4 – Schema geologico-strutturale di una sezione N-S della Sicilia orientale (fonte: Branca et al., 2011)	18
Figura 3.5 – Schema geologico delle principali strutture coinvolte nei sistemi Appenninico e Siculo-Maghrebide (fonte: Grasso, 2001).....	19
Figura 3.6 - Schema tettonico generale del Canale di Sicilia con l'indicazione dei principali campi ad olio	21
Figura 3.7 - Litostratigrafia dell'offshore fra Sicilia e Malta.....	22
Figura 3.8 - Carta paleogeografica del bacino della Streppenosa durante il Giurassico Inferiore (fonte: Zappaterra, 1994)	23
Figura 3.9 - Schizzo tettonico della Sicilia sudorientale con l'indicazione di faglie maggiori; le isopache rappresentano il top della Fm. Ragusa (Miocene inferiore) (fonte: Grasso et al., 1990).....	25
Figura 3.10 - Linea 360: strutture a fiore negative lungo faglie NE-SW associate a piccoli <i>graben</i> che hanno controllato la sedimentazione dal Messiniano in poi. La scarsa qualità dei dati sismici non consente di tracciare in profondità l'andamento delle strutture a fiore (da Grisi e Ronco 1991). Linea 370: parallela alla Linea 360, presa da Fossaluzza e Ronco (1990). Da notare che in questa interpretazione, più vecchia di quella eseguita sulla Linea 360, le faglie post-messiniane sono state propagate in profondità.....	26
Figura 3.11 - Rappresentazione schematica del sistema petrolifero nelle zone limitrofe all'area oggetto di ricerca (fonte: Granath et al., 2004)	27
Figura 3.12 - Sezione schematica attraverso il passaggio piattaforma-bacino nelle unità del Giurassico inferiore. Le rocce serbatoio sono localizzate nel margine più esterno della piattaforma carbonatica e nella parte più interna dell'area di scarpata (Di Cuia et al., 2006).....	28
Figura 3.13 - Relazioni tra la principale unità di reservoir (Fm. Siracusa) e la relativa roccia di copertura (seal – Fm. Buccheri) nel pozzo Plinio 1 sud.....	29
Figura 3.14 – Esempi semplificati che mostrano alcuni tipi di trappole comuni riconosciute in campi di produzione ad olio e a gas intorno al mondo (fonte: energy-alaska.wdfiles.com)	30
Figura 3.15 – Confronto tra gli impatti generati sull'ambiente dalle differenti tipologie di indagine sismica disponibili (fonte: convegno nazionale Assomineraria, 2003).....	33
Figura 3.16 – Concetti base di sismica a riflessione con i percorsi delle onde captate dai ricevitori (fonte: www.retegeofisica.it)	34

Figura 3.17 - Schema esemplificativo di uno stendimento sismico in mare energizzato da una fonte distante L dall'ultimo idrofono	35
Figura 3.18 - Esempio di sezione sismica non interpretata risultante da coperture multiple.....	36
Figura 3.19 - Esempio di stendimento e linea di acquisizione sismica in mare (fonte: www.aig-instrumentos.com).....	36
Figura 3.20 - Esempio di caricamento di un <i>air-gun</i> e rilascio dell'aria compressa verso l'esterno (fonte: www.petroleumgeophysics.com).....	37
Figura 3.21 – Disposizione spaziale dei singoli elementi che compongono l' <i>array</i> secondo il modello 4330. In verde sono rappresentati i cluster (elementi sorgente che sono sufficientemente vicini tra loro da agire come sorgente unica) in bianco le sorgenti singole ed in nero le sorgenti di appoggio nel caso di mal funzionamento.....	39
Figura 3.22 - Esempio di una serie di idrofoni usati nella prospezione sismica in mare (fonte: www.oilonline.com).....	40
Figura 3.23 - Esempio di cavo per l'acquisizione sismica in mare raccolto in una grande bobina metallica (fonte: www.ig.utexas.edu)	41
Figura 3.24 - Esempio di boa di coda in cui è visibile una parte del cavo sismico (fonte: www.jamstec.go.jp).....	41
Figura 3.25 – Esempio di piattaforma mobile o jack-up (fonte: www.isleofbarra.com)	46
Figura 3.26 – Esempio di piattaforma semisommersibile (fonte: www.digilander.libero.it).....	47
Figura 3.27 - Esempio di <i>drilling ship</i> (fonte: www-odp.tamu.edu)	48
Figura 3.28 - Nave appoggio per piattaforma o <i>supply vessel</i> (fonte: www.nordcapital.com).....	49
Figura 4.1 - Ubicazione del blocco in istanza di permesso di ricerca a largo delle coste siciliane sud-orientali	55
Figura 4.2 - Carta geologica della Sicilia in relazione alla posizione dell'area oggetto di studio (fonte: Bigi <i>et al</i> ,1992)	56
Figura 4.3 – Proiezione dell'area in istanza di permesso di ricerca sopra la mappa batimetrica generale del Canale di Sicilia (fonte: archivio OGS).....	58
Figura 4.4 - Variazione della temperatura dell'acqua nelle stazioni di Porto Empedocle e Lampedusa, periodo 01/01/2011–01/01/2013 (fonte: www.mareografico.it)	59
Figura 4.5 – Temperatura registrata nell'anno 2010 nel Canale di Sicilia (fonte: www.seaforecast.cnr.it).....	60
Figura 4.6 - Variazione della temperatura dell'aria nelle stazioni di Porto Empedocle e Lampedusa, periodo 01/01/2011–01/01/2013 (fonte: www.mareografico.it)	60
Figura 4.7 - Variazione del livello idrometrico nelle stazioni di Porto Empedocle e Lampedusa, periodo 20/02/2011–20/02/2012 (fonte: www.mareografico.it)	61
Figura 4.8 - Dettaglio della carta della salinità per l'anno 2010 nel Canale di Sicilia per una profondità di 30 metri (fonte: www.seaforecast.cnr.it).....	61
Figura 4.9 – Sezione nord-sud della salinità delle acque mediterranee all'interno del Canale di Sicilia lungo il fuso 13°E prossimo all'area in istanza di permesso di ricerca con a sinistra localizzazione del transetto della sezione (fonte: www.seaforecast.cnr.it)	62
Figura 4.10 - Sezione nord-sud della densità delle acque mediterranee all'interno del Canale di Sicilia lungo il fuso 13°E prossimo all'area in istanza di permesso di ricerca con a sinistra localizzazione del transetto della sezione (fonte: www.seaforecast.cnr.it).....	63

Figura 4.11 – Confronto tra le direzioni dei venti nelle stazioni più vicine all’area di permesso di ricerca: Porto Empedocle e Lampedusa nel periodo compreso tra gennaio 2012 e gennaio 2013 (fonte: www.mareografico.it).....	64
Figura 4.12 – Circolazione delle correnti all’interno del bacino mediterraneo. “G” sta per Gyre: sistemi di circolazione parzialmente chiusa, in cui una determinata massa d’acqua assume localmente un moto circolare indotto dalla frizione con/fra correnti maggiori e/o venti dominanti. Effetti: isolamento (in senso generale) di porzioni di oceano o di mare (fonte: Università di Padova).....	65
Figura 4.13 – Circolazione delle correnti marine nello Stretti di Sicilia. AW, Acqua Atlantica; ABV, Vortice del Banco Avventura; ISV, Vortice della corrente dello Ionio, AIS, Corrente Atlantico-Ionica; ATC, Corrente Atlantico Tunisina; LIW, Acque Ioniche-Levantine (fonte: Sorgente et al., 2003).....	66
Figura 4.14 – Lo strato di Ekman è la porzione d’acqua dove il flusso di corrente risulta dal bilanciamento tra il gradiente di pressione, la forza di Coriolis e il vento. Nell’esempio riportato in questa figura il vento che soffia verso nord crea una superficie di sforzo al di sotto della quale si manifesta la spirale di Ekman lungo la colonna d’acqua (fonte: www.eeb.ucla.edu)	67
Figura 4.15 – Fenomeni di <i>upwelling</i> e <i>downwelling</i> indotti dal vento (fonte: www.eeb.ucla.edu)	67
Figura 4.16 – Sistema di correnti locali nel Canale di Sicilia con velocità e direzioni variabili. Quando le correnti si spingono a ridosso del canale di Sicilia, tendono a dividersi in tre direzioni: ENE, SSE e SE. Notare anche la presenza di “mulinelli” isolati (sotto l’isola di Malta e di fronte alle coste libiche) dovuti alla azione combinata del vento e della complessa morfologia batimetrica in questa zona (fonte: gnoo.bo.ingv.it , modificata).....	68
Figura 4.17 - Localizzazione area in istanza e aree protette (SIC e ZPS) rispetto all’ubicazione dell’istanza di permesso di ricerca a mare “d.361 CR-TU”; (gli <i>shape file</i> con cui sono state analizzate le Aree Protette sono stati scaricati dal sito www.minambiente.it).....	70
Figura 4.18 – Aree costiere sottoposte a vincolo e relativa distanza minima (in Miglia Nautiche e in chilometri) dai vertici del blocco in istanza; sono contemplati i due tipi di vincoli in legenda (fonte: www.sitap.beniculturali.it , modificata).....	72
Figura 4.19 – Ubicazione dell’area in istanza in relazione alle AMP istituite lungo le coste siciliane (fonte: www.europarl.europa.eu , modificata).....	78
Figura 4.20 – Panoramica dei Consorzi di ripopolamento ittico lungo le zone costiere siciliane (fonte: www.consitticoct.it).....	79
Figura 4.21 - Localizzazione dei principali consorzi titolari delle oasi di ripopolamento in Sicilia, delle barriere artificiali realizzate o di prossima realizzazione e dell’area in istanza di permesso d 361 C.R.-TU (fonte: Le oasi di ripopolamento del Golfo di Castellamare, 2006, modificata).....	80
Figura 4.22 - Localizzazione delle aree archeologiche marine e dell’area oggetto di istanza (fonte: www.regione.sicilia.it , modificata).....	81
Figura 4.23 - Zone normalmente impiegate per le esercitazioni navali e di tiro e zone dello spazio aereo soggette a restrizioni – Scala 1:1.700.000 (Istituto idrografico della marina – Premessa agli avvisi ai naviganti 2012 – www.difesa.it).....	82
Figura 4.24 – Servitù militari presenti lungo le coste della Sicilia e relativa posizione dell’area in istanza di permesso	83
Figura 4.25 - Periodi riproduttivi delle specie ittiche dei mari italiani (fonte: Istituto Zooprofilattico Sperimentale dell’Abruzzo e del Molise “Giuseppe Corporale”).....	84
Figura 4.26 – Le principali nursery della zona GSA16 di triglia di fango, merluzzo, moscardini bianco, gambero rosa, mostella di fango, scampo e gambero rosso. Sono inoltre indicate le principali caratteristiche	

idrologiche (ABV: Vortice del Banco Avventura; AIS: Corrente Atlantica; ISV: Vortice Ionico) e morfobatimetrie del settore nord dello Stretto di Sicilia (fonte: Garofalo et al., 2011, modificata)	87
Figura 4.27 – Nove settori biogeografici dei mari italiani (fonte: Biologia Marina Mediterranea, 2010; www.sibm.it).....	88
Figura 4.28 – Distribuzione della Balenottera Comune nel Mediterraneo (fonte: Notarbartolo di Sciarra & Birkun, 2010).....	92
Figura 4.29 – Avvistamenti della Balenottera minore nel Mediterraneo (fonte: Notarbartolo di Sciarra & Birkun, 2010).....	93
Figura 4.30 – Distribuzione della Cogia di Owen (Fonte: www.iucnredlist.org).....	94
Figura 4.31 – Distribuzione dei Capodogli nel Mediterraneo (fonte: Notarbartolo di Sciarra & Birkun, 2010)	95
Figura 4.32 – Avvistamenti di Orche nel Mediterraneo (fonte: Notarbartolo di Sciarra & Birkun, 2010).....	96
Figura 4.33 – Distribuzione dello Zifio nel Mediterraneo (fonte: Notarbartolo di Sciarra & Birkun, 2010)	97
Figura 4.34 – Distribuzione del Globocefalo nel Mediterraneo (fonte: Notarbartolo di Sciarra & Birkun, 2010)	98
Figura 4.35 – Distribuzione del Grampo nel Mediterraneo (fonte: Notarbartolo di Sciarra & Birkun, 2010) ...	99
Figura 4.36 – Distribuzione del Tursiope nel Mediterraneo (fonte: Notarbartolo di Sciarra & Birkun, 2010)	100
Figura 4.37 – Distribuzione della Stenella striata nel Mediterraneo (fonte: Notarbartolo di Sciarra & Birkun, 2010)	101
Figura 4.38 – Distribuzione del Delfino comune nel Mediterraneo (fonte: Notarbartolo di Sciarra & Birkun, 2010)	102
Figura 4.39 – Distribuzione dello Steno nel Mediterraneo (fonte: Notarbartolo di Sciarra & Birkun, 2010) ..	103
Figura 4.40 – Distribuzione della Pseudorca nel Mediterraneo (fonte: Notarbartolo di Sciarra & Birkun, 2010)	104
Figura 4.41 – Distribuzione a cadenza temporale degli avvistamenti di foca validati dal 1998 al 2010. I cerchi neri indicano le località, le stelle la presenza di documentazione fotografica, i numeri tra parentesi indicano il numero di avvistamenti riferiti all'anno (fonte: Mo et al., 2011)	105
Figura 4.42 – Mappa dei 13 settori in cui sono state divise le coste italiane per la raccolta dei dati sugli spiaggiamenti (fonte: www.mammiferimarini.unipv.it).....	106
Figura 4.43 – Per un totale di 196 spiaggiamenti avvenuti nel periodo 1986 fino a settembre 2012 solo nel 16% dei casi non è stato possibile la determinazione della specie (fonte: www.mammiferimarini.unipv.it)	108
Figura 4.44 - Aree di spiaggiamento di Tartarughe. In rosso è indicata l'area oggetto di studio (2006) (fonte: www.sidimar.tutelambiente.it, modificata)	109
Figura 4.45 – Mappa delle principali biocenosi nello Stretto di Sicilia; Sabbie fini ben calibrate (SFBC); Praterie di Posidonia oceanica (HP); Fanghi terrigeni costieri (VTC), Coralligeno (C); Detritico costiero (DC); Detritico del largo (DL); Fanghi batiali con ghiaie (VB-VSG); Fanghi batiali compatti (VB-C); Fanghi batiali soffici (VB-PSF) (fonte: Garofalo et al., 2004)	110
Figura 4.46 – Dettaglio della diversità biocenotica nell'area in istanza in rosso (fonte: Garofalo et al., 2004, modificata)	111
Figura 4.47 – Mappa della distribuzione delle praterie di <i>Posidonia</i> lungo il settore ragusano del litorale meridionale siciliano (fonte: www.sidimar.tutelamare.it, modificata)	112
Figura 4.48 – Localizzazione dell'area in istanza, indicata dalla stella rossa, rispetto alle principali aree di pesca denominate H, L e C (fonte: Gristina et al. 2003, modificata)	114

Figura 4.49 – Capacità della flotta nelle provincie siciliane in termini % della stazza lorda totale (fonte: Registro della flotta peschereccia dell’UE; elaborazione dati a cura di J. Iborra e D.A. Popescu)	116
Figura 4.50 – Ubicazione e catalogazione dei principali porti pescherecci della Sicilia, con evidenziato il porto di Scoglitti localizzato sulle costa di fronte all’area in istanza di permesso di ricerca (stella rossa in mappa) (fonte: registro della flotta peschereccia dell’UE; elaborazione dati a cura di J. Iborra e D.A. Popescu)	116
Figura 4.51 – Impiego degli attrezzi da pesca nello Stretto di Sicilia distinti per marinerie portuali (fonte: IRMA-CNR, 2000 a)	117
Figura 4.52 – Distribuzione della flotta a strascico per HP (fonte IRMA-CNR, 2000a)	118
Figura 4.53 - Distribuzione stagionale delle aree di pesca con localizzazione dell’area in istanza di permesso di ricerca, indicato da una stella rossa (fonte: Fiorentino 2003, modificata).....	119
Figura 4.54 - Distribuzione spaziale della flotta commerciale principalmente nel basso Mediterraneo (fonte: Conferenza del Dipartimento Terra e Ambiente nell’Anno Internazionale del Pianeta Terra - CNR, Maggio 2008)	120
Figura 5.1 - Curve di Wenz: l’asse verticale mostra i valori dei livelli sonori (dB re 1 μ Pa), mentre quello orizzontale le frequenze (fonte: Wenz, 1962)	122
Figura 5.2 - Modello dello spettro della pressione sonora per un’emissione di energia in un campo lontano, secondo la configurazione 4330	124
Figura 5.3 - Modello dello spettro di ampiezza per un’emissione di energia in un campo lontano, secondo la configurazione 4330	125
Figura 5.4 - Grafico riportante il range di frequenze percepite dai mammiferi marini, con indicazione delle frequenze prodotte dagli air-gun (fonte: Lanfredi et al., 2009)	125
Figura 5.5 - Valori soglia per mammiferi marini esposti a diversi tipi di rumore (il tipo di attività in oggetto rientra nella categoria <i>multiple pulses</i>) capaci di originare perdita temporanea (TTS) di sensibilità uditiva (fonte: Southall et al., 2007)	127
Figura 5.6 - Distanza geometrica dell’orizzonte (fonte: it.wikipedia.org, modificata)	128
Figura 5.7 - In azzurro è indicata la distanza di 15,6 km dalla linea di costa, entro cui è possibile vedere dalla terraferma una nave alta 7 metri, da parte di un osservatore con altezza occhi di 2 metri, in condizioni ottimali di visibilità.....	129
Figura 5.8 - Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale italiano al 2012 (fonte: Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia).....	130
Figura 5.9 – Estratto della mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale italiano per la Regione Sicilia; è riportata anche la posizione dell’area in istanza (fonte: Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, modificata)	131
Figura 5.10 – Sub-Aree Geografiche (GSA) del Mediterraneo istituite dalla Commissione Generale per la Pesca nel Mediterraneo, approvata dalla FAO (fonte: www.gfcm.org)	132
Figura 5.11 – Esempio di matrice azioni-componenti ambientali e le eventuali interazioni nelle caselle di intersezione	137
Figura 5.12 – Localizzazione dell’area oggetto di istanza di permesso di ricerca di idrocarburi “d 361 C.R.-TU”, con indicazione dei titoli minerari presenti nelle zone adiacenti.....	146
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).....	152

INDICE DEGLI ALLEGATI

- **Allegato 1:** Carta nautica;
- **Allegato 2:** Carta batimetrica;
- **Allegato 3:** Carta dei Siti Rete Natura 2000;
- **Allegato 4:** Descrizione dei Siti Rete Natura 2000 - **Appendice I:** Schede tecniche siti SIC-ZPS.

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

Redatto	Approvato
Dott. Valentina Negri, Dott. Angelo Ricciato, Dott. Geol. Alessandro Criscenti	Dott. Geol. Raffaele Di Cuia

1 INTRODUZIONE

La storia geologica del settore centrale del Mediterraneo è piuttosto complessa e articolata in più fasi tettoniche caratterizzate da travagliate storie geologico-deformative. La peculiarità dell'area è testimoniata da dibattiti, talora accesi, che tutt'ora interessano attivamente il mondo scientifico. In questo quadro geologico, la particolare ubicazione della Sicilia (ancora in fase di formazione) la pone in una posizione cruciale caratterizzata da un insieme di complessi eventi che a partire dal Triassico superiore generarono l'apertura del paleo-oceano della Tetide, durata fino al Giurassico inferiore.

In questo quadro geologico-esplorativo Transunion Petroleum Italia S.r.l. ha raccolto tutte le informazioni disponibili sulla geologia e sull'evoluzione strutturale dell'area, oltre che i dati riguardanti le precedenti campagne esplorative. Il fine è quello di costruire un proprio modello geologico strutturale che, in base alle informazioni al momento presenti, confermi le potenzialità dell'area in oggetto. Su questo modello Transunion Petroleum Italia s.r.l. ha costruito una strategia esplorativa innovativa per l'area in esame, al fine di evidenziare, grazie alle moderne tecnologie, la presenza di accumuli di idrocarburi economicamente sfruttabili. Per quest'area Transunion ha, infatti, presentato un'istanza di permesso di ricerca denominata "d 361 C.R.-TU" proponendo, nel programma lavori, studi che possano portare alla miglior comprensione della situazione geologica e della potenzialità geomineraria.

Il permesso di ricerca è un titolo minerario esclusivo, rilasciato dal Ministero dello Sviluppo Economico, su istanza della parte interessata che presenta il programma di ricerca che intende sviluppare. I progetti sono sottoposti alla procedura di valutazione di impatto ambientale (VIA) e all'espressione del giudizio di compatibilità ambientale da parte del Ministero dell'Ambiente.

In linea con il nuovo Piano Energetico Nazionale, e considerando il punto di vista delle opportunità nel settore dell'*oil & gas*, è doveroso considerare che l'Italia dispone delle risorse necessarie per aumentare in modo significativo la produzione nazionale di idrocarburi, riducendo la propria dipendenza dalle importazioni. Lo sviluppo di questo potenziale può giocare un ruolo strategico per l'Italia e Transunion può offrire un importante contributo in termini di investimenti, esperienza acquisita in situazioni geologicamente e ambientalmente simili, competenze tecnologiche all'avanguardia e sostenibilità.

La procedura di VIA a cui è soggetto il presente studio, si riferisce all'attività di acquisizione di dati geofisici, condotta grazie all'utilizzo di una particolare strumentazione denominata *air-gun*. I rilievi geofisici rappresentano uno strumento fondamentale per esplorare le caratteristiche geologiche e le risorse del sottosuolo non direttamente esplorabile.

È importante precisare che un'eventuale fase di perforazione dovrà essere oggetto di una nuova proposta progettuale da sottoporre a procedura di Valutazione di Impatto Ambientale e soggetta a specifica autorizzazione da parte del Ministero dello Sviluppo Economico.

2 QUADRO DI RIFERIMENTO PROGRAMMATICO E NORMATIVO

2.1 Impostazione dell'elaborato

Lo scopo di questo studio è quello di analizzare e valutare i potenziali impatti legati alle attività che verranno svolte nell'ambito dell'acquisizione di linee simiche all'interno dell'istanza di permesso di ricerca di idrocarburi in mare denominata "d 361 C.R.-TU".

Il presente elaborato è stato redatto ai sensi della normativa nazionale in materia di valutazione di impatto ambientale (D.Lgs. 3 aprile 2006 n. 152 recante "Norme in materia ambientale" e s.m.i.). Inoltre, al fine di individuare e valutare i principali effetti che il progetto potrebbe avere sui siti Natura 2000 presenti lungo le coste limitrofe all'area in istanza, il presente studio di impatto ambientale contiene anche gli elementi sulla compatibilità fra progetto e finalità conservative di tali siti, in base agli indirizzi dell'allegato G al D.P.R. 357/97.

Lo studio si articola secondo cinque sezioni:

- quadro di riferimento programmatico e normativo;
- quadro di riferimento progettuale;
- quadro di riferimento ambientale;
- analisi e stima degli impatti potenziali;
- mitigazioni proposte.

Il primo punto raccoglie le informazioni sulla normativa di riferimento e dà una descrizione dell'ubicazione dell'area in istanza.

Proseguendo, nel quadro di riferimento progettuale, vengono fornite le generalità dell'intervento insieme ad una dettagliata descrizione del progetto. Verrà presentato un ampio inquadramento del territorio in termini geologici con particolari riferimenti all'area in istanza, ai temi della ricerca ed agli obiettivi previsti. Una particolare sezione mostrerà le caratteristiche tecnico-fisiche dell'attività proposta con una descrizione degli interventi, delle attività necessarie alla realizzazione dell'opera, dell'eventuale utilizzo di risorse naturali e delle misure di prevenzione adottate.

All'interno del quadro di riferimento ambientale, verrà fornita una valutazione delle componenti ambientali quali l'inquadramento geomorfologico e batimetrico, le condizioni meteo marine, eventuali aree vincolate, una descrizione della flora e fauna dell'area ed eventuali ricettori sensibili presenti nell'area.

La sezione dell'analisi e stima degli impatti ambientali fornirà, invece, uno studio sui probabili impatti indotti dalle attività in progetto sul sistema ambientale nel suo complesso, ponendo particolare attenzione ai potenziali impatti sui siti Rete Natura 2000, aree SIC e ZPS, presenti nelle aree limitrofe dell'area oggetto di indagine sismica.

In conclusione verranno presentate le misure di mitigazione degli effetti da adottare per il contenimento degli impatti e per la prevenzione dei rischi.

2.1.1 Direttiva 2008/56/CE sulla strategia per l'ambiente marino

La direttiva 2008/56/CE sulla strategia per l'ambiente marino è stata redatta dal Parlamento Europeo e dal Consiglio il 17 giugno 2008 ed istituisce un quadro per l'azione comunitaria nel campo della politica per l'ambiente marino. Con il successivo decreto italiano "D.Lgs. n. 190" del 13 ottobre 2010 "Attuazione della direttiva 2008/56/CE" la direttiva viene recepita costituendo 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.

Il motivo che ha portato il Parlamento Europeo, con il benessere dei paesi facenti parte l'Unione, a promuovere tale 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 significato 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” 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/CE (direttiva quadro sulle acque).

Il D.Lgs. 190/2010 che ha permesso l’attuazione 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.

2.2 Quadro normativo di riferimento

Nel presente paragrafo verranno forniti i punti normativi di riferimento per la redazione dello studio ambientale oggetto del presente elaborato.

- Decreto del Ministero dello Sviluppo Economico del 4 marzo 2011, recante “Disciplinare tipo per i permessi di prospezione e di ricerca e per le concessioni di coltivazione di idrocarburi liquidi e gassosi in terraferma, nel mare e nella piattaforma continentale”;
- Decreto Legislativo del 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);
- Decreto Legislativo del 13 ottobre 2010, n. 190, recante “Attuazione della direttiva 2008/56/CE” (D.Lgs. n. 190);
- Decreto del Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare del 22 gennaio 2009 , recante “Modifica del decreto 17 ottobre 2007, concernente i criteri minimi uniformi per la definizione di misure di conservazione relative a Zone Speciali di Conservazione (ZSC) e Zone di Protezione Speciale (ZPS)”;
- Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio del 30 novembre 2009, n. 2009/147/CE, “Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio concernente la conservazione degli uccelli selvatici”;
- Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio del 17 giugno 2008, n. 2008/56/CE, concernente la strategia per l’ambiente marino;
- Decreto Legislativo 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);
- Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 7 marzo 2007, recante “Modifiche al decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 3 settembre 1999, recante: "Atto di indirizzo e coordinamento per l’attuazione dell’articolo 40, comma 1, della legge 22 febbraio 1994, n. 146, concernente disposizioni in materia di valutazione dell’impatto ambientale”;
- Decreto del Presidente della Repubblica del 12 marzo 2003, n. 120, recante “Modifiche ed integrazioni al decreto del Presidente della Repubblica 8 settembre 1997, n.357, concernente

attuazione della direttiva 92/43/CEE relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali, nonché della flora e della fauna selvatiche” (D.P.R. 120/03);

- Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio del 21 maggio 1992, n. 92/43/CEE, relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche (Direttiva Habitat);
- 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”;
- Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio del 2 aprile 1979, n. 79/409/CEE, concernente la conservazione degli uccelli selvatici (Direttiva Uccelli).

2.3 Descrizione del Committente

La Transunion Petroleum Italia S.r.l. (TUPI) ha sede legale a Roma ed è una compagnia interamente controllata dalla Cairn Energy PLC (CAIRN). Cairn è una società indipendente, tra i maggiori leader in Europa, che opera nel settore petrolifero in ambito di esplorazione e sviluppo, quotata nella Borsa di Londra. Cairn ha sede a Edimburgo, in Scozia, sostenuto da sedi operative a Londra, Groenlandia, Norvegia, Spagna e Marocco.

La sua grande esperienza svolta in varie sedi, ha permesso di scoprire e sviluppare riserve di petrolio e gas in diverse parti del mondo. La società ha storicamente concentrato le sue attività sulle regioni meridionali dell'Asia dove ha operato per più di 20 anni. Durante questo periodo ha scoperto, sviluppato e prodotto olio e gas sia *off-shore* che *on-shore* in Bangladesh e in India, effettuando più di 40 importanti scoperte. In particolare, Cairn ha realizzato un'importante scoperta di petrolio in Rajasthan nel nord-ovest dell'India, all'inizio del 2004, in cui oltre 25 scoperte da allora sono state fatte con il potenziale di fornire più del 30% della produzione di greggio in India. Oggi, Cairn continua a detenere una partecipazione del 10% in *Cairn India Limited*.

Le operazioni commerciali di Cairn sono ora principalmente concentrate in tre aree geografiche:

- Europa nord-occidentale tra il Mare del nord;
- coesplorazione di frontiera, che include il margine settentrionale della Groenlandia;
- Mediterraneo nel nord Africa.

2.4 Ubicazione dell'area di istanza di permesso di ricerca

L'area in istanza, situata di fronte alle coste meridionali della Sicilia, a sud di Gela nei pressi di Scoglitti (RG), ricade per 384,50 km² nella zona marina C e per 112,50 km² nella zona marina G comprendo un'area complessiva di 497,00 km². Il bordo nord-orientale dell'area in istanza si trova ad oltre cinque miglia nautiche dalla costa. La profondità dell'acqua in questo punto varia da circa 66 metri ad oltre 800 metri nella zona sud-occidentale dell'area (Figura 2.1).

La proiezione dell'area in istanza di permesso di ricerca sulle carte Nautiche dell'Istituto Idrografico della Marina è mostrata in Figura 2.2. 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. Quindi l'attività proposta ha carattere temporaneo e non prevede in alcun modo la realizzazione di opere permanenti sia in mare che a terra.

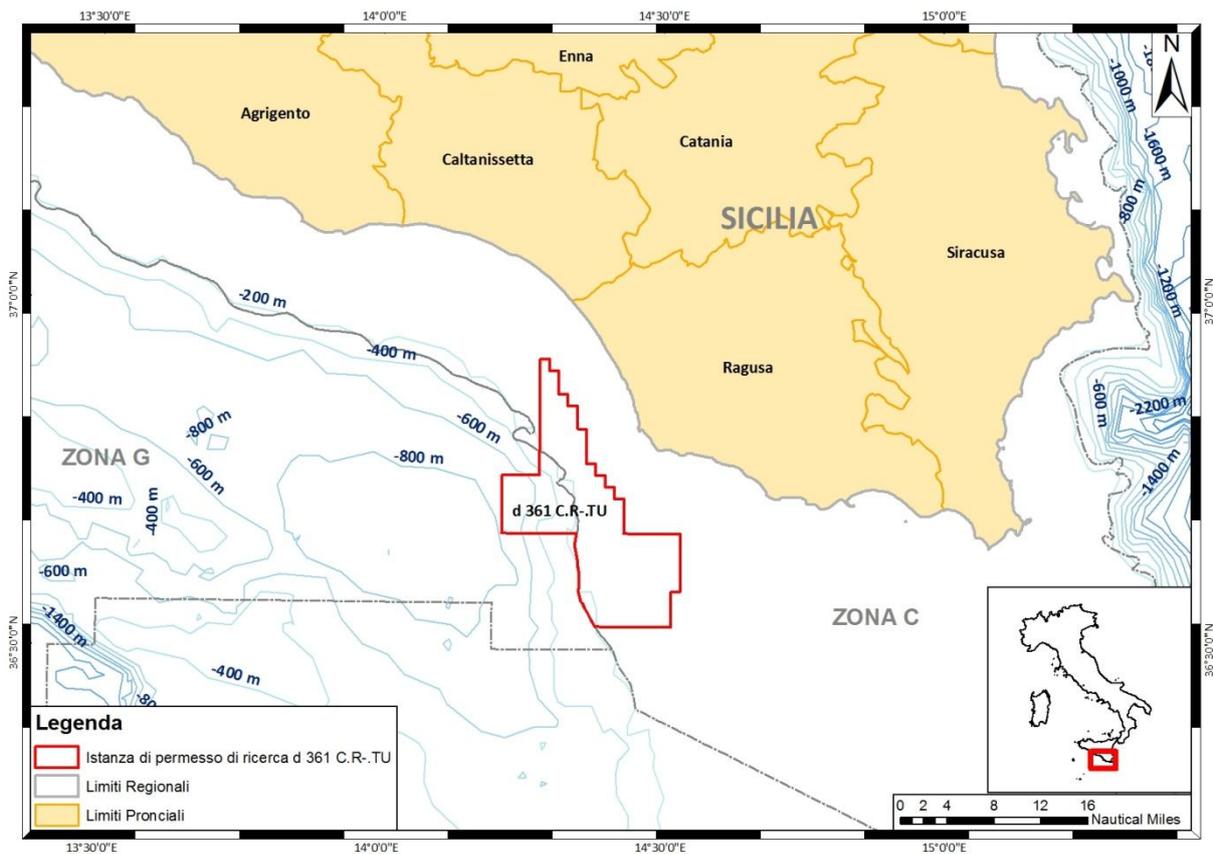


Figura 2.1 - Ubicazione con relativo perimetro dell'area in istanza di permesso di ricerca con indicazione della batimetria e delle Zone Marine

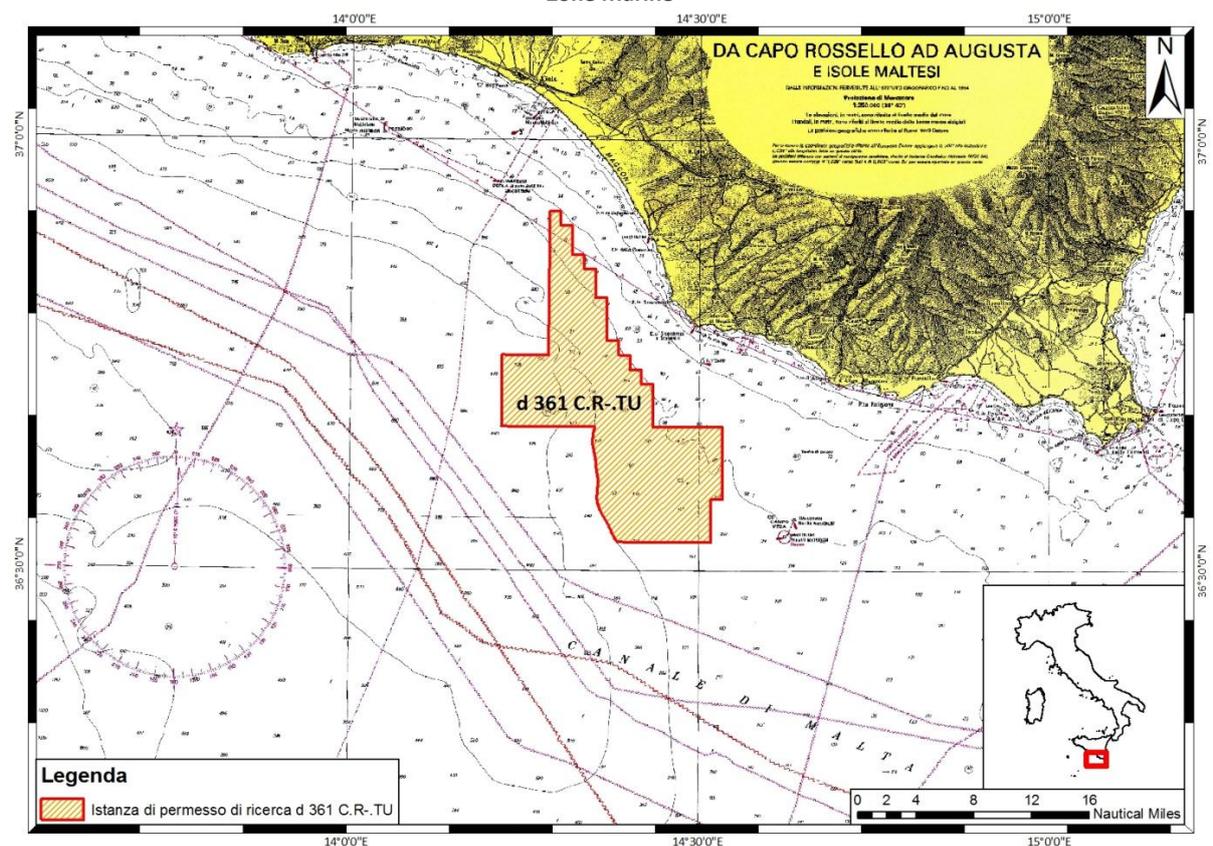


Figura 2.2 - Ubicazione dell'area in istanza di permesso di ricerca e del perimetro (in rosso) sulla carta Nautica "Da Capo Rossello ad Augusta e Isole Maltesi"

3 QUADRO DI RIFERIMENTO PROGETTUALE

3.1 Generalità dell'intervento

L'istanza di permesso di ricerca per idrocarburi denominata d361 CR-TU è situata di fronte alle coste della Sicilia a sud di Gela, nei pressi di Scoglitti (RG) e Punta Braccetto. Il blocco ricade per 384,50 km² nella zona marina C e per 112,50 km² nella zona marina G per un'estensione complessiva di 497,00 km².

Il settore in cui ricade il blocco fa parte della zona di avampaese della catena Appennino – Maghrebide. Quest'area ha sempre avuto grandi potenzialità per la ricerca e la produzione di idrocarburi, confermate dall'intensa attività di esplorazione e produzione che, dagli anni '50, ha portato alla scoperta di numerosi accumuli di idrocarburi gassosi e liquidi. L'area in istanza, infatti, è delimitata a sud-est dal campo ad olio denominato Vega, scoperto nel 1980, mentre a nord-est dal campo di Mila la cui scoperta risale al 1978. A nord-ovest invece sono localizzate le scoperte di Perla (1976) e Prezioso (1983). All'interno del perimetro dell'istanza sono stati perforati solo due pozzi: Pellicano ovest 001 e Merluzzo Mare 001. Il pozzo Pellicano ovest 001 è stato perforato nel 1973 raggiungendo la profondità di 4524 metri con risultato sterile. Merluzzo Mare 001 è stato perforato nel 1982 fermandosi a 2907 metri con lo stesso esito (Figura 3.1).

Visti i risultati delle perforazioni precedenti, l'indagine geofisica di rilievo sismico 2D in previsione mira a ridefinire le principali caratteristiche, tra cui estensione e natura, delle strutture geologiche sommerse presenti nella zona del canale di Sicilia oggetto dell'istanza. Gli scopi scientifici principali di questa indagine sono quelli di estendere e completare la copertura sismica già esistente, di rivalutare 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 pozzo presenti nell'area di interesse permetterà, inoltre, di fornire un ulteriore controllo geologico-strutturale dei dati che verranno acquisiti.

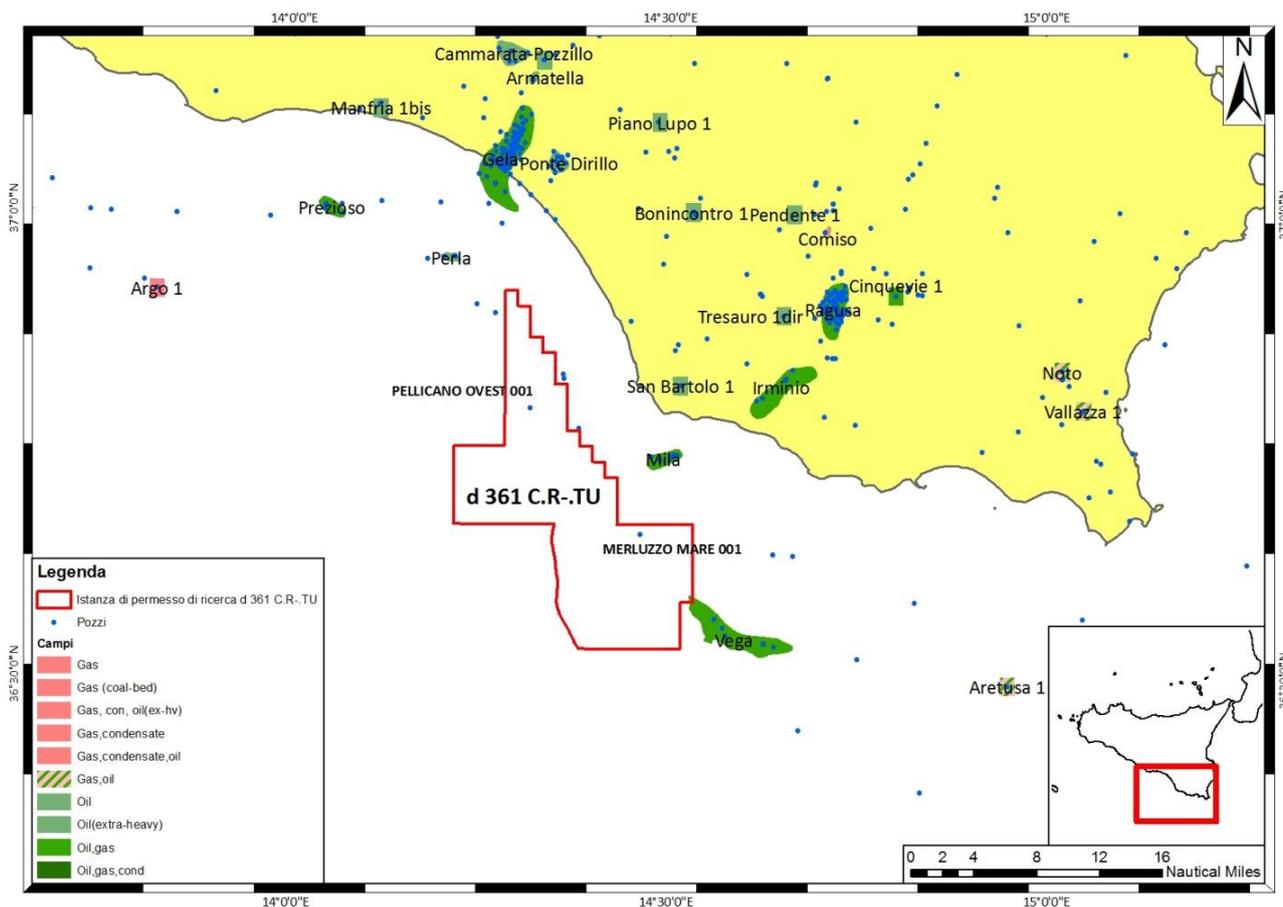


Figura 3.1 - Ubicazione dei campi ad idrocarburi e dei pozzi nelle vicinanze dell'istanza di permesso di ricerca d361 CR-TU

3.2 Inquadramento geologico regionale

3.2.1 Evoluzione del sistema Mediterraneo Centrale

La Sicilia occupa un settore del Mediterraneo centro-occidentale ed è un segmento del sistema alpino che si sviluppa lungo il limite di placca Africa-Europa. Questo segmento di catena collega le Maghrebidi africane con l'Appennino meridionale, attraverso il cuneo di accrezione della Calabria. La catena ed il suo prolungamento sommerso occidentale e settentrionale, si estendono dal blocco sardo attraverso la Sicilia, fino al settore ionico-pelagiano ed in parte sono affioranti nel Mar Tirreno centro-meridionale. Dopo la fase orogenica-alpina paleogenica, i movimenti compressivi più importanti di questo settore del Mediterraneo sono legati alla rotazione antioraria del blocco Sardo-Corso, considerato da alcuni autori come un arco vulcanico. La rotazione, che si sviluppò dall'Oligocene superiore al Miocene inferiore, ha portato alla collisione del blocco Sardo-Corso con il margine continentale africano. La formazione della catena è dovuta alla subduzione verso ovest della litosfera adriatica ed ionica sotto il blocco Sardo-Corso. Questo processo insieme con la formazione della catena sarebbero contemporanee con le fasi distensive di tipo retro-arco presenti nel Mar Tirreno.

I domini tettonici principali che caratterizzano il sistema orogenico della catena Appenninico-Maghrebide in Sicilia orientale (Figura 3.2) sono sostanzialmente tre: un dominio di avanfossa-avampaese, un dominio di catena ed infine il dominio tirrenico. In questo contesto, l'edificio vulcanico etneo condiziona in parte l'assetto strutturale dell'area. La sua formazione risale a circa 200000 anni fa lungo una zona di *rifting* attiva che taglia trasversalmente l'intero orogene.

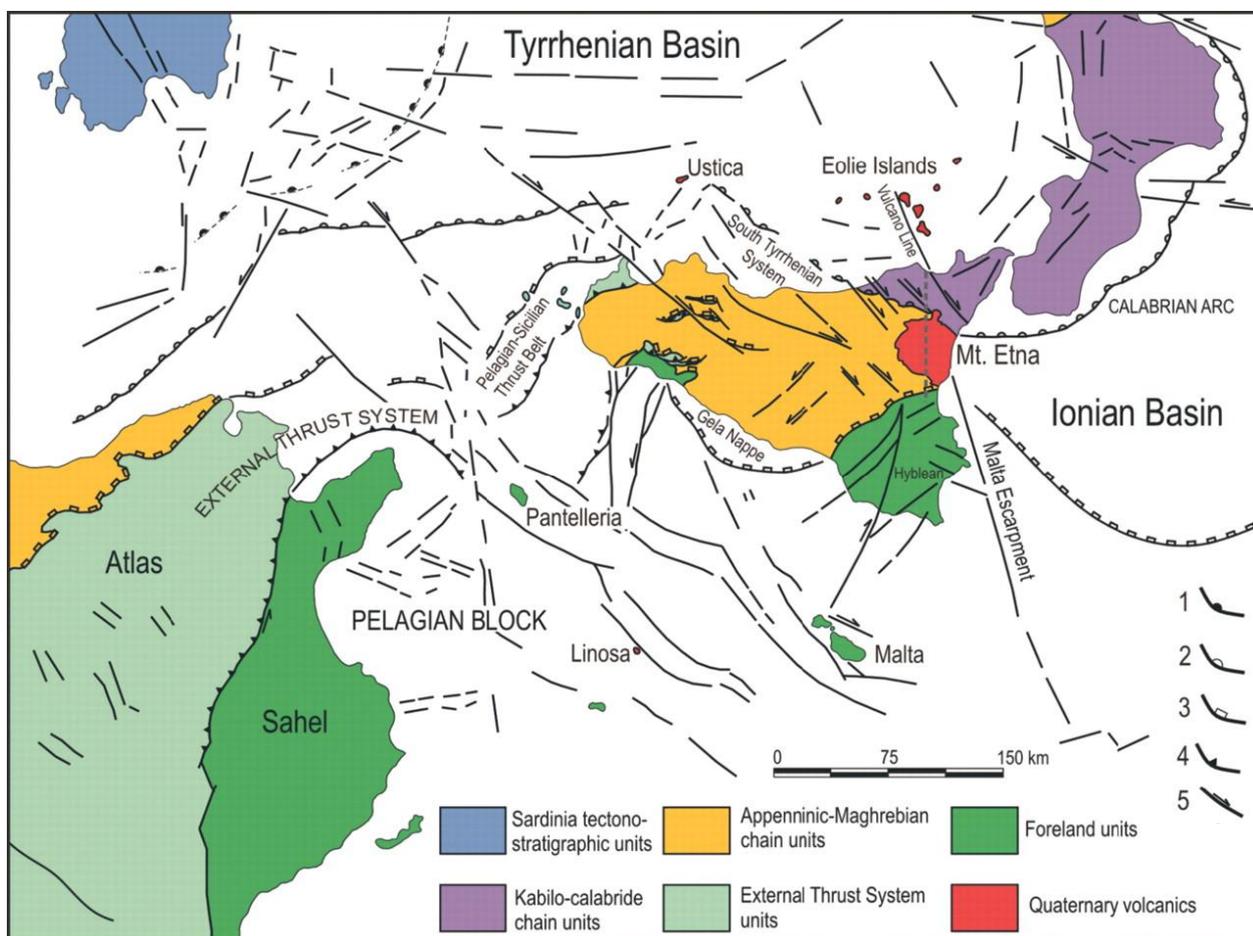


Figura 3.2 - Schema tettonico della zona centrale del Mar Mediterraneo: 1) Sistema di sovraccorrimenti regionali delle unità del blocco Sardo-Corso sopra le unità Calabride 2) Sovraccorrimenti regionali delle unità Kabilo-Calabride sopra la catena Appenninico-Maghrebide 3) Fronte esterno della catena Appenninico-Maghrebide sopra le unità dell'avampaese e al sistema di sovraccorrimenti esterni 4) Fronte dei sovraccorrimenti del sistema esterno dei thrust 5) Principali sistemi di faglie normali e trascorrenti (modificata da Lentini et al., 2006)

Avanfossa-Avampaese

L'avampaese affiora in Sicilia sud-orientale (altopiano Ibleo) e continua verso sud nell'*off-shore* del Canale di Sicilia e verso est nel Mar Ionio. La copertura sedimentaria autoctona, che ricopre il basamento cristallino africano, consiste di circa 7 km di carbonati di piattaforma e di scarpata-bacino del Trias-Lias, di carbonati pelagici del Giurassico-Eocene e di depositi clastici di piattaforma aperta del Terziario (Patacca et al., 1979). Profili sismici e dati di sottosuolo evidenziano la presenza di una transizione laterale di facies tra il dominio ibleo e quello trapanese-saccense nella Sicilia occidentale (Antonelli et al., 1991). Verso il settore ionico l'avampaese preserva i caratteri di un antico sistema orientato NNO-SSE di margine continentale passivo-piana abissale oceanica (Catalano et al., 2000).

Il dominio di avanfossa-avampaese è caratterizzato da diverse aree incluse nell'unità afro-adriatica le quali differiscono tra loro sia per le peculiarità cristalline che per le coperture sedimentarie. Tali coperture, suddivise le una dalle altre da importanti strutture sotterranee, si identificano nel Blocco Pelagiano e nel Blocco Apulo, separati dal Bacino Ionico. I blocchi Apulo e Pelagiano hanno una composizione di crosta continentale spessa dai 25-30 km (Finetti & Morelli, 1972; Boccaletti et al., 1984) su cui giacciono potenti successioni carbonatiche mesozoiche terziarie (Burolet et al., 1978; Channel et alii, 1979; Patacca et alii, 1979; Ricchetti et alii, 1988). Spostandosi verso est, il sistema di faglie appartenente alla Scarpata di Malta crea un improvviso abbassamento batimetrico tra l'*off-shore* di Malta e la costa ionica etnea separando il blocco Pelagiano dal Blocco Ionico (Figura 3.3). Sul dominio Pelagiano, in prossimità delle aree flessurate settentrionali lungo il margine esterno della catena, si sviluppano successioni terrigene plio-pleistoceniche di avanfossa. In Sicilia orientale il fronte della Catena Siculo-Maghrebide è accavallato sul margine nord-occidentale flessurato dell'avampaese Ibleo (Figura 3.4) e al di sotto della catena il tetto dei carbonati inframiocenici iblei è raggiunto dai pozzi fino a profondità di oltre 3000 metri (Bianchi et al., 1987; Lickorish et al., 1999; Bello et al., 2000). Dall'analisi dei dati geofisici si suppone che sotto l'edificio vulcanico etneo tale limite dei carbonati raggiunga una profondità di circa 5 km (Cristofolini et al., 1979).

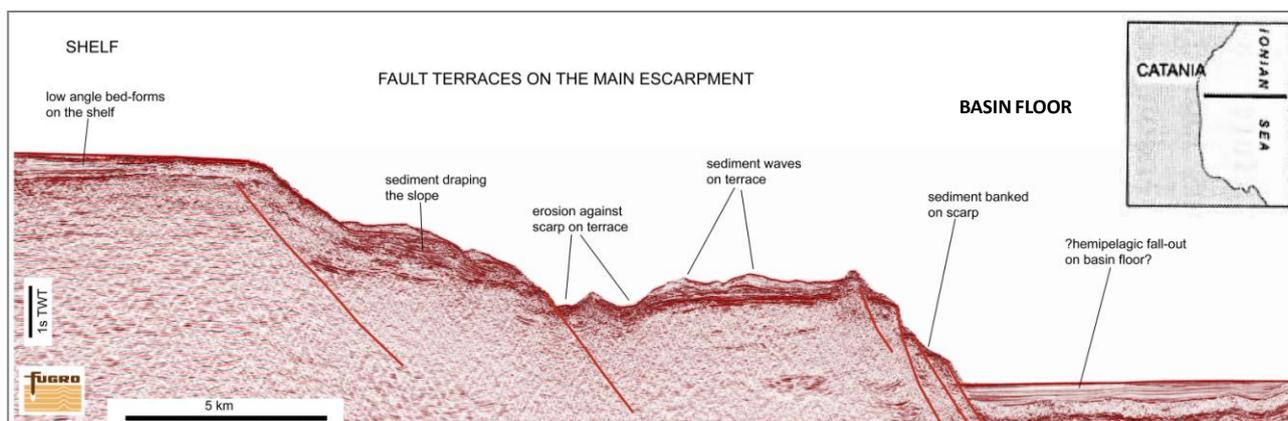


Figura 3.3 – Profilo sismico che mostra la struttura di terrazzamento delle faglie nella Scarpata di Malta (dall'archivio dati FUGRO, www.fugroconsultants.com)

Il Bacino Ionico è costituito da un'area a crosta assottigliata e/o oceanica, probabile residuo di un bacino mesozoico (Makris et al., 1986), caratterizzata da spessori dell'ordine dei 10-15 km (Finetti, 1982; Boccaletti et al., 1984), nei quali sono comprese potenti successioni sedimentarie rappresentate da circa 2000-4000 metri di sedimenti carbonatici mesozoico-paleogenici e da circa 2000-4000 metri di sedimenti terrigeni supramiocenico-quadernari. Verso NO queste successioni sono interessate da una serie di *thrust* che permettono di definire la fascia deformata dell'Arco Calabro Esterno, interpretabile nel suo insieme come un cuneo di accrezione neogenico-quadernario (Kastens, 1981; Rossi & Sartori, 1981; Ben Avraham et al., 1990).

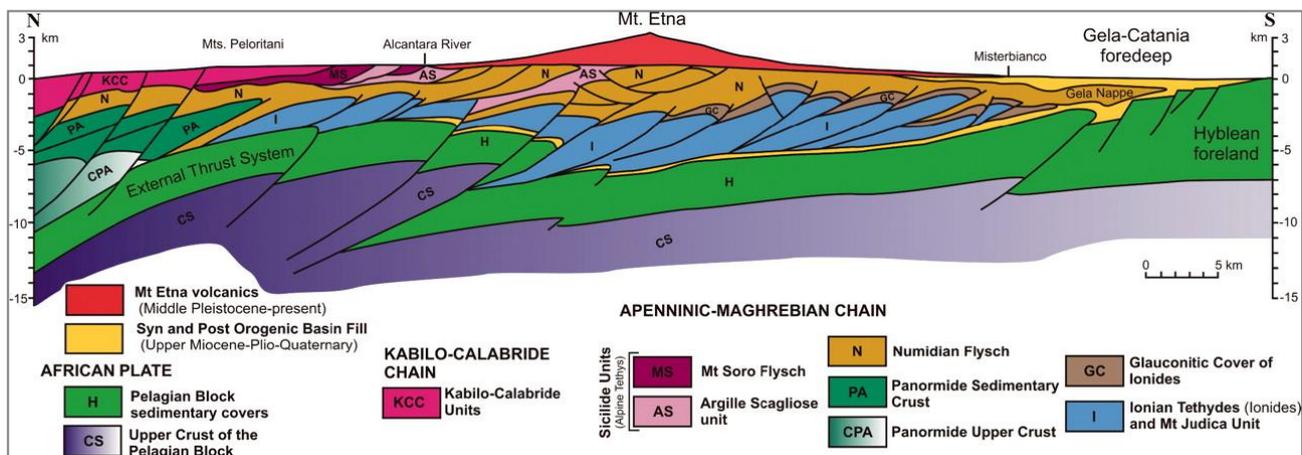


Figura 3.4 – Schema geologico-strutturale di una sezione N-S della Sicilia orientale (fonte: Branca et al., 2011)

Catena Appenninico-Maghrebide

La catena Appenninico-Maghrebide si è sviluppata a partire dal tardo Cretaceo fino alle prime fasi del Pleistocene sul bordo collisionale tra Europa e le placche Ionica e Adria in subduzione verso ovest.

Grandi parti della crosta oceanica Mesozoica andarono in subduzione durante la fase Alpina, dal Tardo Cretaceo fino all'Eocene Medio. A partire dall'Oligocene si manifestarono grandi collisioni continentali del margine europeo contro il margine Africano (placca Adria). Dal tardo Miocene, la geometria della catena ha subito delle enormi modificazioni a causa di: faglie estensionali, attività vulcanica, assottigliamento crostale e formazione di crosta oceanica nella zona meridionale del Mar Tirreno.

Il dominio di catena comprende l'Appennino Meridionale, che presenta un andamento generale NO-SE, e la Catena Siculo-Maghrebide che invece mostra un andamento circa O-E. Questi segmenti d'orogene, costituiti da falde di copertura, sono collegati dalla struttura fortemente arcuata dell'Arco Calabro nel quale sono rappresentate le unità del basamento cristallino delle porzioni più interne dell'intero sistema orogenico. La struttura dell'orogene Appenninico-Maghrebide è legata ai processi d'indentazione del blocco Pelagiano (Tapponnier, 1977; Boccaletti et al., 1990). La conseguente estrusione laterale dell'Arco Calabro verso il dominio ionico è stata favorita dalla rotazione antioraria del settore appenninico e oraria di quello siciliano (Channell & Tarling, 1975; Channell et al., 1980; 1990; Channell, 1992; Sagnotti, 1992; Scheepers et al., 1993).

La struttura crostale dell'area di catena è caratterizzata dalla sovrapposizione di due discontinuità, interpretate come superfici Moho. Di queste una, che trova continuità nel dominio tirrenico, è ubicata a circa 25 km di profondità, l'altra, che si raccorda invece con i domini di avampaese, è localizzata a circa 40 km sotto la superficie (Morelli et al., 1975; Cello et al., 1981; Nicolich, 1989; Boccaletti et al., 1990).

Catena Siculo-Maghrebide

In Sicilia affiora una catena complessa di unità embricate, localmente spessa più di 15 km, costituita (dall'interno verso l'esterno) da un elemento "Europeo" (Unità Peloritane), un elemento Tetideo (Unità Sicilidi) ed un elemento Africano (Unità Appenninico Maghrebidi). La catena Siculo-Maghrebide è caratterizzata da un sistema a *thrust* con vergenza verso SE. Questo sistema comprende elementi derivanti dalla deformazione del dominio oceanico della Neotetide e ha coinvolto, a partire dal Miocene medio, sequenze mesozoico-terziarie sia di piattaforma che di bacino, con le relative coperture flyscioidi mioceniche, ritenute appartenenti al paleomargine afro-adriatico (Ogniben, 1960; Amodio-Morelli et al., 1976; Lentini & Vezzani, 1978; Catalano & D'Argenio, 1982; Giunta, 1985; Bianchi et al., 1987; Roure et al., 1990; Catalano et al., 1996; Lentini et al., 1996, 2006; Figura 3.5).

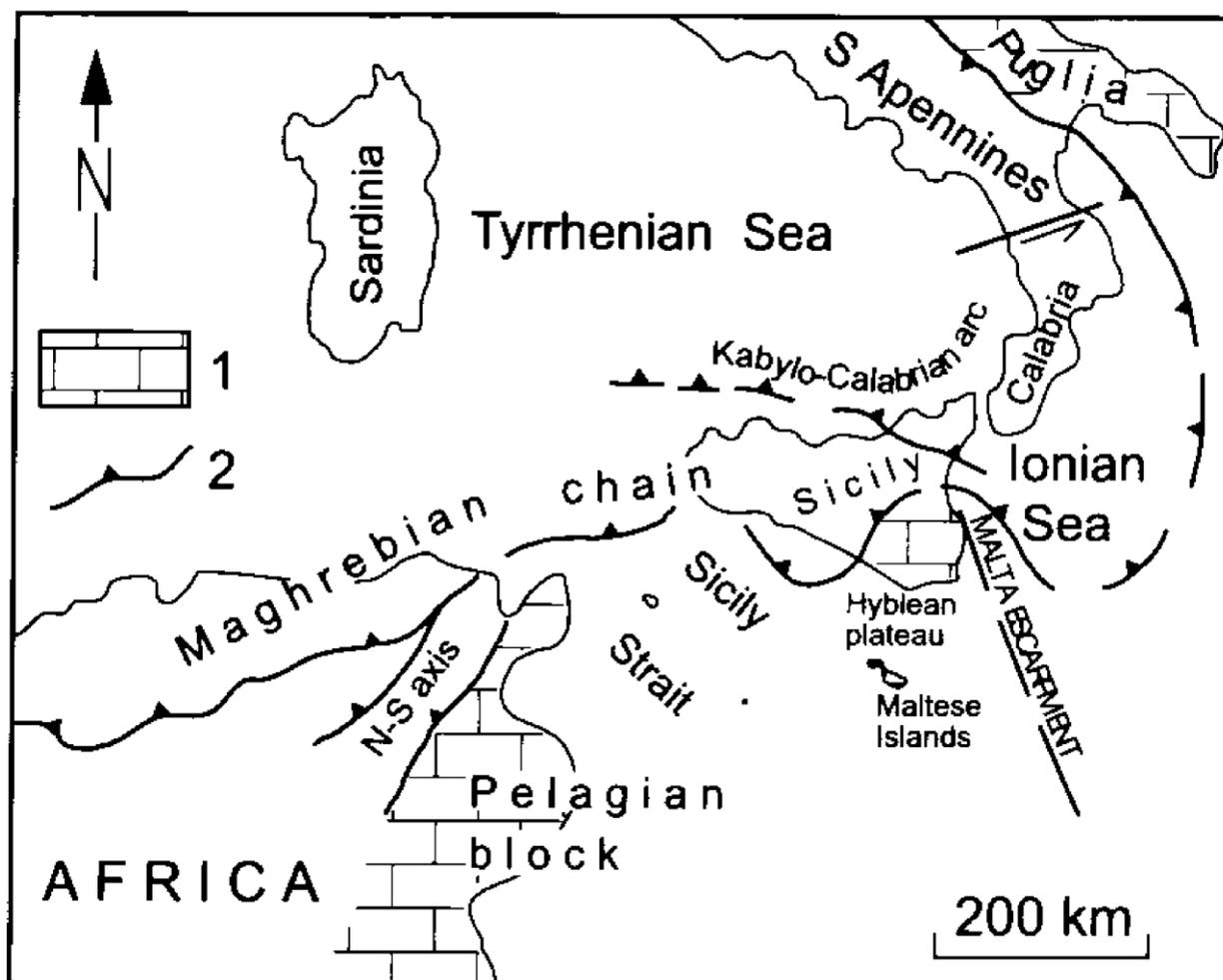


Figura 3.5 – Schema geologico delle principali strutture coinvolte nei sistemi Appenninico e Siculo-Maghrebide (fonte: Grasso, 2001)

Il fronte delle unità imbricate, che caratterizzano il settore Siculo-Maghrebide, è localizzato nell'*off-shore* Siciliano nella zona compresa tra Gela e Sciacca. Questo cuneo tettonico d'accrezione, formato da sistemi di sovrascorrimento di unità oligo-pleistoceniche, è incluso all'interno di depositi sedimentari Pleistocenici del bacino di Gela che ha agito come avanfossa Pleistocenica. Il motore di questo processo è rappresentato dalla convergenza Africa-Europa che a partire dal Cretacico superiore ha causato la chiusura dei rami oceanici della Neotetide e la formazione di cunei d'accrezione oceanica, seguiti da processi collisionali neogenici che hanno dato luogo alla formazione di geometrie strutturali complesse.

A partire dal Miocene superiore, la sovrapposizione frontale della catena sulle successioni iblee è stata accompagnata dall'attivazione di *thrust* fuori sequenza e dalla formazione di bacini sedimentari sintettonici (Figura 3.6) nelle depressioni al retro, mentre si individuava il bacino di avanfossa al fronte. Durante la migrazione della catena le unità sovrascorse hanno subito rotazioni orarie di notevole entità, mentre l'attivazione di sistemi di faglie trascorrenti destre, disposte *en-echelon* ed orientate NO-SE e ONO-ESE, ha caratterizzato le fasi post-tortoniane dell'orogenesi (Lentini et al., 2006).

Un'importante effetto di questo processo collisionale è stato l'estrusione plio-pleistocenica del settore più interno della catena (Arco Calabro) verso il bacino ionico (Lentini et al., 2006). I processi collisionali hanno quindi dato luogo ad una zona di culminazione assiale (dorsale Madonie-Nebrodi-Peloritani), delimitata a sud da fronti di accavallamento obliqui (Linea M. Kumeta-Alcantara), e ad una vasta area meridionale strutturalmente depressa, denominata "Bacino di Caltanissetta", che rappresenta un bacino satellite supramiocenico-infrapleistocenico collegato verso l'esterno all'Avanfossa Gela-Catania (Figura 3.4 e Figura 3.6).

Arco Calabro

L'Arco calabro raccorda il fronte dell'Appennino meridionale con il fronte della catena Siculo-Maghrebide dal Golfo di Taranto al Golfo di Catania (Figura 3.2). La sua posizione strutturale è da correlare a processi d'estrusione (Figura 3.5) causati dalla collisione Africa-Europa in un settore dove un residuo di oceano tetideo, il bacino ionico, ha continuato il processo di subduzione durante il Plio-Pleistocene, accompagnato dall'apertura del bacino tirrenico nelle aree di retroarco (Catalano et al., 2004). È un'area intensamente deformata dal Neogene in poi e corrisponde ad una zona di embricazione tettonica legata a un prisma di accrezione in atto in cui il Bacino abissale ionico sottoscorre verso NO l'Arco calabro-peloritano e il Mar Tirreno. Il piano di scorrimento basale, generalmente poco inclinato, è posto alla fronte dell'arco entro le evaporiti messiniane e si approfondisce verso NO, sino a tagliare il Mesozoico e il basamento. Il fronte dell'arco e, all'interno dell'arco stesso, la fronte dei maggiori *thrust* sono caratterizzate da scivolamenti gravitativi con formazione di *melange* (aggregato di materiale complesso e caotico prodotto in seguito al processo di subduzione della crosta terrestre). Sull'arco calabro si sviluppano, a partire dal Tortoniano, due bacini maggiori: il Bacino di Crotona e il Bacino di Spanivento, in strutture tipo *graben* allungate parallelamente alla costa calabra. Durante il Pliocene-Quaternario le principali componenti di traslazione hanno ruotato da una iniziale direzione sud-nord a una direzione SO-NE determinando:

- il sottoscorrimento dello Ionio al di sotto dell'Arco egeo;
- una riduzione della dimensione dell' Arco calabro per la riduzione della lunghezza della corda dell'arco;
- una maggiore inclinazione del piano di scorrimento basale sui lati SO e NE.

Dominio Tirrenico

Il dominio tirrenico è caratterizzato da una crosta assottigliata fino ad oceanica e si sviluppa nelle aree interne al sistema orogenico, da cui è delimitato da strutture orientate da NO-SE a N-S lungo il margine dell'Appennino meridionale e dell'Arco Calabro ed E-O lungo il margine siciliano. Lungo queste fasce di transizione si sviluppa un vulcanesimo quaternario caratterizzato da prodotti sia alcalini (Ustica) che calco alcalini (arcipelago eoliano). All'interno di questo dominio, formatosi a partire dal Tortoniano (Scandone, 1979; Dewey et al., 1989), si sviluppa una serie di bacini di forma triangolare (Bacino Magnaghi-Vavilov e il Bacino del Marsili), caratterizzati da spessori crostali minimi (Moho < 10 km), originatisi rispettivamente nel Pliocene inferiore e nel Pliocene Superiore-Pleistocene inferiore (Kastens et al., 1986).

Il dominio tirrenico è stato interpretato o come un bacino marginale connesso ad un sistema arco-fossa sviluppatosi in seguito alla subduzione della placca ionica sotto la placca europea (Boccaletti & Guazzone, 1972; Dewey et al., 1973; Moussat et al., 1986; Malinverno & Ryan, 1986; Rehault et al., 1987), o come il risultato di processi di delaminazione della litosfera legati a movimenti verticali del mantello (Wezel, 1985; Locardi, 1986; Channell, 1986). Le interpretazioni più recenti suggeriscono che si tratti di un bacino estensionale formatosi al retro dell'Arco Calabro attraverso la deformazione plastico-rigida della crosta continentale a causa dell'indentazione dei blocchi adriatico e pelagiano nella massa continentale europea (Tapponier, 1977; Boccaletti et al., 1984, 1990; Ben Avraham et al., 1990; Faccenna et al., 1996; Catalano et al., 2004). In questi ultimi modelli le deformazioni sono legate all'attività di grandi fasce trasformati che consentirebbero l'apertura del bacino tirrenico trasferendo le distensioni in compressioni lungo le zone apule attraverso l'attivazione dei *thrust* appenninici e la migrazione dell'Arco Calabro verso SE.

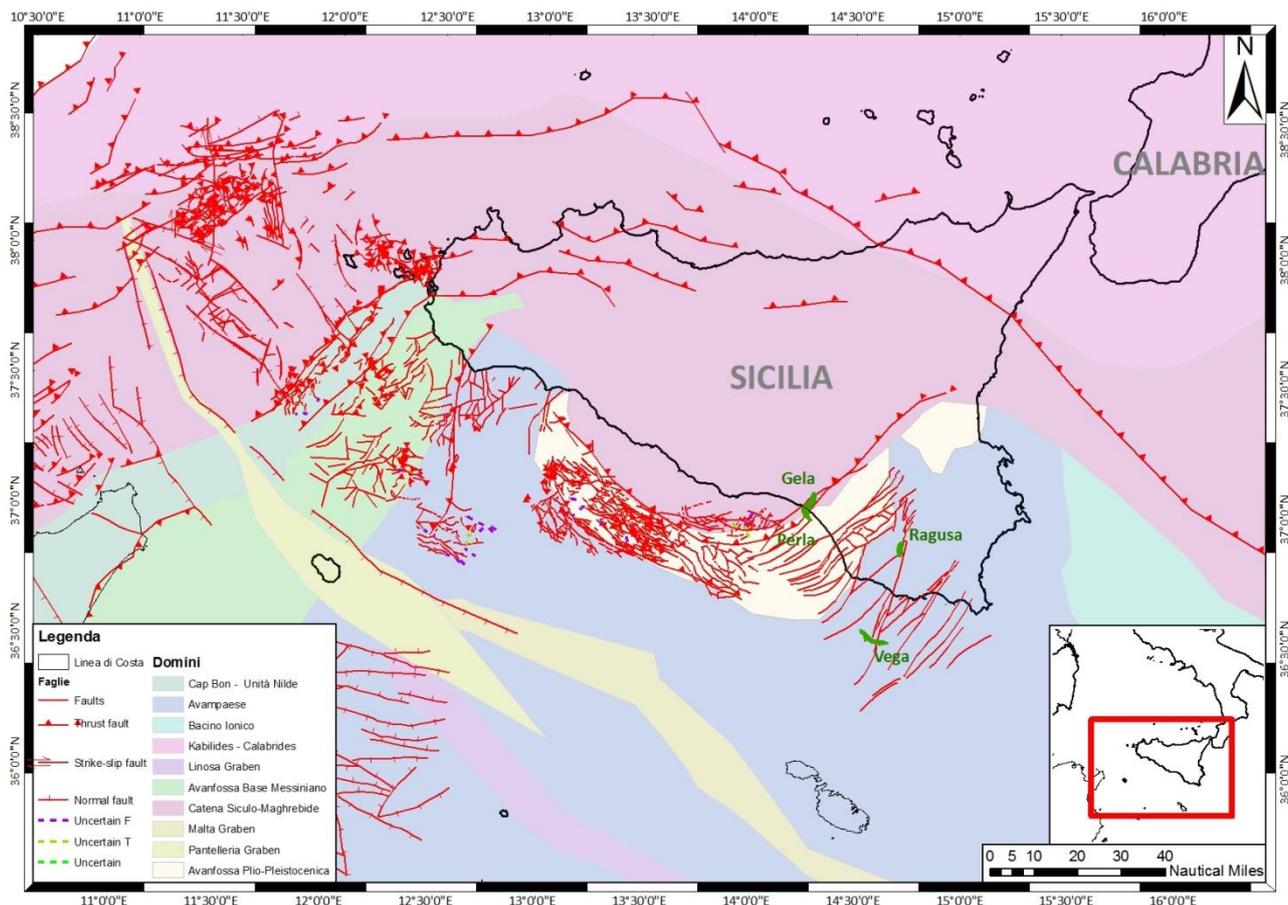


Figura 3.6 - Schema tettonico generale del Canale di Sicilia con l'indicazione dei principali campi ad olio

3.2.2 Stratigrafia

La successione stratigrafica nell'area in oggetto può essere ricostruita con riferimento sia alla geologia regionale, sia ai numerosi pozzi perforati nel permesso e nelle aree limitrofe.

L'area *off-shore* tra la Sicilia e Malta viene chiamata anche *Plateau* di Malta ed è delimitata ad ovest dai *graben* attivi della zona di *rift* del Canale di Sicilia e ad est dalla Scarpata di Malta, un importante limite tettonico tra crosta continentale ed oceanica attivo sin dal Mesozoico.

L'area è stata coinvolta nell'apertura della Neotetide durante il Triassico superiore – Giurassico inferiore. Durante questo periodo, si sono sviluppati una serie di bacini di intrapiattaforma con lagune anossiche (Fm Noto), evolutisi in bacini anossici a fortissima subsidenza (Fm. Streppenosa), delimitati da piattaforme carbonatiche (Fm Siracusa). La geometria di questi bacini era controllata da un regime transtensivo che ha portato allo sviluppo di bacini di *pull-apart* (Catalano and D'Argenio 1982, Catalano et al. 2002) lungo sistemi di faglie orientate NO-SE e NE-SO (Di Stefano et al. 2002). Tale estensione è contemporanea all'apertura della Neotetide con una distensione orientata WSW-ENE (Catalano et al. 2002). L'annegamento delle varie piattaforme carbonatiche presenti nell'area è probabilmente avvenuto nel tardo Sinemuriano (Giurassico Inferiore), prima dello stadio di *spreading* (Di Stefano 2002).

L'espansione dell'Oceano Ionico ha avuto inizio nella parte bassa del Giurassico medio e la Scarpata di Malta ha rappresentato il limite tra la crosta continentale e la crosta oceanica (Finetti 2003).

Lo *spreading* è cessato probabilmente durante il Giurassico medio-superiore (Rosembaum 2004) e successivamente vi sono solamente gli effetti della subsidenza termica.

Durante il Cretaceo, il regime estensionale è progressivamente migrato verso sudovest, con effetti sempre più deboli nel plateau Ibleo-Maltese.

A partire da Cretaceo superiore, la convergenza tra Africa ed Europa ha invertito le preesistenti strutture tettoniche, con debole tettonica compressiva nel Paleogene, con un apice durante l'Eocene.

Le deformazioni più intense hanno avuto luogo a partire dal Miocene, con lo nascita del *rift* del Canale di Sicilia e lo sviluppo di strutture transtensionali e transpressive orientate NE-SW in un *framework* tettonico particolarmente complesso (Gardiner et al. 1995).

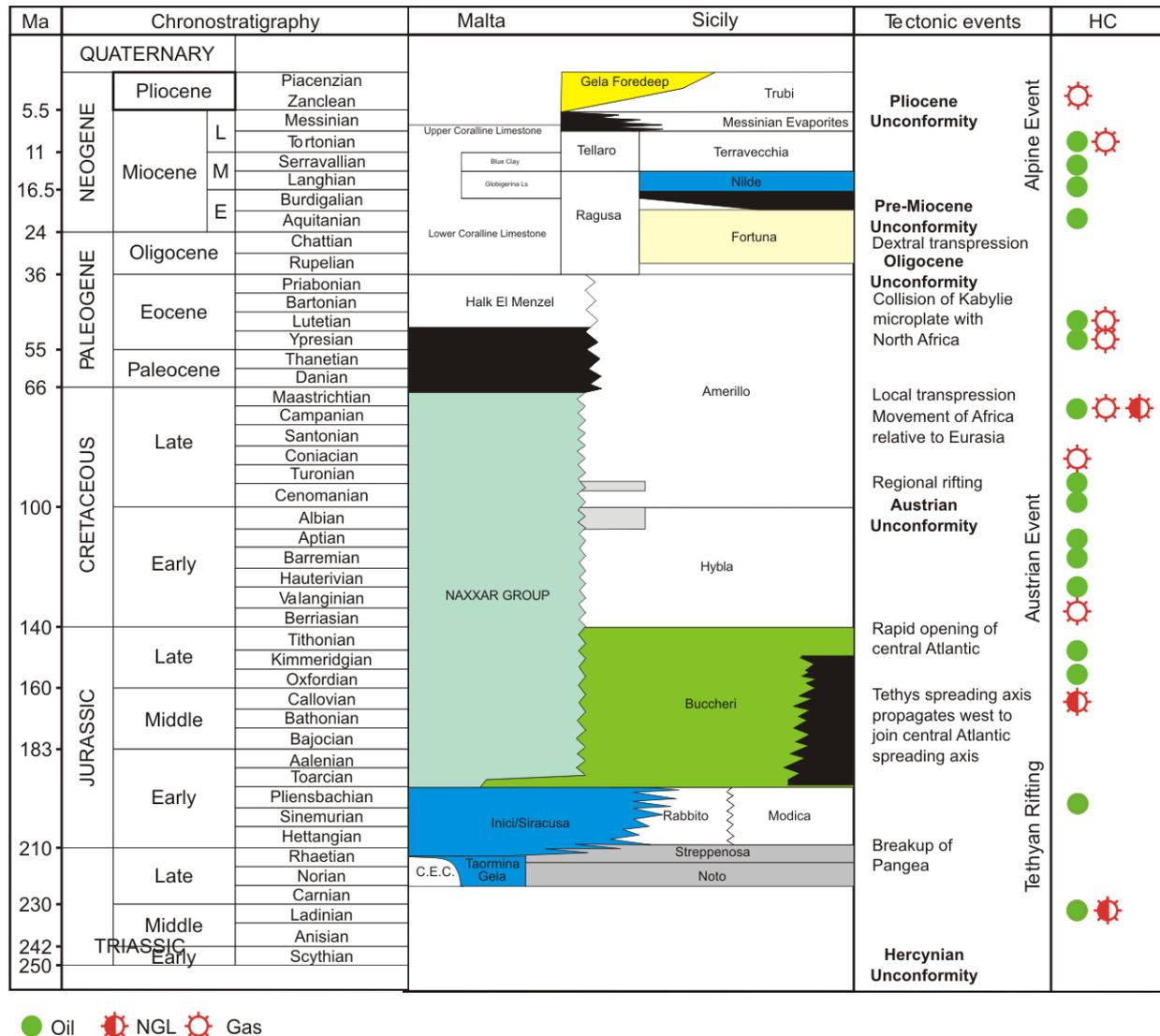


Figura 3.7 - Litostratigrafia dell'offshore fra Sicilia e Malta

Formazione Noto (Roccia Madre)

La Formazione Noto è un'unità diffusa nell'avampese ibleo e si è deposta nel Triassico Superiore (Retico). Si tratta di un'unità carbonatica-argillosa che mostra una notevole variabilità. Essa è costituita da *black shales*, calcari più o meno dolomitici laminati, laminiti argillose, calcari ricristallizzati e breccie dolomitiche intraformazionali.

Le *microfacies* sono rappresentate da *wackestone* a peloidi, *wackestone* bioclastici con peloidi e minerali di ferro, dolomicrospariti, *packstone* e *grainstone* ad ooidi e bioclasti, *packstone* a peloidi, *packstone* bioclastici e *wackestone* bioclastici.

Le precedenti *litofacies* fanno passaggio laterale, con complesse interdigitazioni, a una fascia marginale ("membro marginale") in cui l'unità è rappresentata da calcareniti ricristallizzate o dolomitiche ad ooidi o molluschi.

Lo spessore di quest'unità è abbastanza costante e si aggira sui 300 metri. Lateralmente passa alla piattaforma della Fm Sciacca e, verso il bacino, è eteropica alla parte bassa della Fm. Streppenosa.

L'ambiente deposizionale è riferibile ad una piana tidale canalizzata e laguna costiera euxinica, passante a bacinale nell'area di Gela. Il "membro di Mila" è riferito ad ambiente di soglia carbonatica a bassa profondità.

Formazione Streppenosa (Roccia Madre)

La Formazione Streppenosa è costituita prevalentemente da *black shales*, argille marroni e grigio scuro intercalate con siltiti e arenarie fini con tracce di pirite e da intercalazioni di torbiditi calcaree (*packstones-grainstones*) e dolomitiche. Si tratta di una successione molto spessa, che raggiunge fino a 3000 metri nel suo depocentro, localizzato nella zona di Capo Passero (Patacca et al. 1979).

Questa Formazione viene considerata la principale roccia madre dei giacimenti dell'*off-shore* ragusano (Pieri e Mattavelli 1986, Zappaterra 1994), con un minore contributo della Fm. Noto (Mattavelli e Novelli 1990). L'ambiente deposizionale è riferibile ad un bacino di intrapiattaforma di *pull-apart* con fondali anossici (Catalano e D'Argenio 1982, Catalano et al. 1996) delimitato dalla piattaforma carbonatica della Formazione di Siracusa.

L'età di questa formazione è compresa tra il Triassico superiore (Retico) al Giurassico inferiore (Sinemuriano) sulla base degli scarsi microfossili presenti e mediante correlazioni litostratigrafiche.

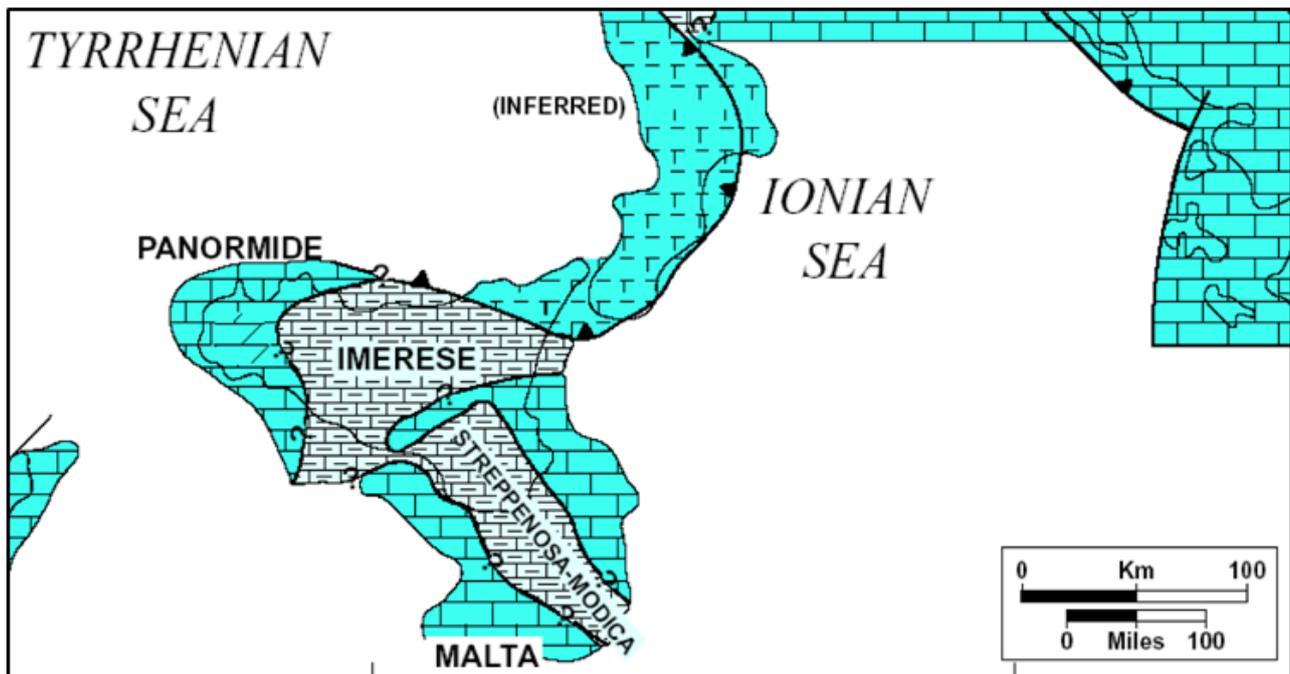


Figura 3.8 - Carta paleogeografica del bacino della Streppenosa durante il Giurassico Inferiore (fonte: Zappaterra, 1994)

Formazione Siracusa (Roccia Serbatoio)

Il principale *reservoir* dell'area è rappresentato dalla Formazione di Siracusa del Giurassico inferiore. Questa formazione, talora denominata Fm. Inici dalla coeva unità dell'area di Palermo, è una successione molto spessa (>1600 m) di carbonati peritidali sviluppati in un contesto tettonico altamente subsidente.

La Formazione di Siracusa può essere suddivisa in quattro facies: le facies di *platform-top*, le facies legate a fenomeni di paleocarsismo, le facies marginali e le facies di *slope*. La parte alta della Fm Siracusa può presentarsi anche dolomitizzata.

Le facies di *platform-top* sono costituite da *packstone-grainstone* a stromatoliti, con intraclasti, oncoidi, *birdseyes* e strutture di essiccamento. Questa facies diviene progressivamente più aperta spostandosi verso

sud, con lo sviluppo di *shoals* oolitici. Le facies legate ai fenomeni di paleocarsismo sono localizzate nella parte sommitale del *reservoir* e sono rappresentate da una zona di alterazione associata a brecce di collasso. La zona di alterazione presenta una spessa successione di *grainstones* marroni con calcrete, *caliches* ed altre strutture legate ad emersione. Al di sotto di questa zona, sono presenti anche brecce monogeniche interpretate come brecce di collasso legate a sistemi fossili di cavità carsiche. Le facies marginali sono rappresentate da *boundstones* a cementazione precoce e *packstones* a peloidi localizzati tra il *platform top* e le facies di *slope*. Le facies di *slope* sono probabilmente costituite da *grainstones* e brecce, caratterizzati da cementazione precoce. La cementazione precoce è necessaria per giustificare le elevate pendenze dello *slope* (40-45°) localizzato nel lato settentrionale della piattaforma carbonatica e contemporaneamente spiega la scarsa esportazione di carbonati nel bacino antistante, nonché l'assenza di megabrecce carbonatiche. L'origine dello *slope* è legato alla presenza di faglie sinsedimentarie che delimitavano due aree a differente subsidenza e che non erano in grado di sviluppare delle vere e proprie scarpate di faglia.

Basandosi su correlazioni litostratigrafiche con aree adiacenti, la base della piattaforma può essere attribuita al ?Retico – Hettangiano ed il tetto al Sinemuriano Inferiore - ?Pliensbachiano. L'annegamento di questa piattaforma potrebbe essere del Pliensbachiano inferiore, se è coevo a quello della Tunisia (Soussi e Ben Ismaïl 2000) oppure Sinemuriano.

Formazione Buccheri (Roccia di copertura)

La Formazione Buccheri costituisce il *seal* del *reservoir*. È costituita da marne, calcari, marne silicee e argille nella parte più bassa, con noduli dolomitici, belemniti, *Bositra buchi* Romer e Saccocoma nella parte superiore. Viene considerata come un equivalente bacinale del Rosso Ammonitico.

Questa formazione livella la topografia preesistente, risultando in *onlap* sui fianchi della piattaforma carbonatica della Fm di Siracusa. Questo rapporto geometrico comporta la presenza di un possibile *hiatus* tra la Fm. Buccheri e la Fm. di Siracusa al top del *reservoir*, che si attenua progressivamente spostandosi verso il bacino.

Lo spessore di quest'unità raggiunge 700 metri, documentando una forte subsidenza nell'intervallo Pliensbachiano – Kimmeridgiano.

3.2.3 Tettonica

L'evoluzione strutturale del Canale di Sicilia nell'*off-shore* di Ragusa è abbastanza complessa anche per la costante presenza di tettonica e di vulcanismo attivi nel tempo fin dal Mesozoico.

Una forte estensione e subsidenza legate al *rifting* della Neotetide sono documentate nel Triassico superiore e nel Giurassico inferiore.

Il movimento trascorrente destro tra Africa ed Europa (Catalano et al. 1996) ha favorito lo sviluppo di bacini di *pull-apart* di intrapiattaforma, come quello della Streppenosa (Catalano e D'Argenio 1982, Catalano et al. 1996). Durante questo periodo, faglie orientate NW-SE e NW-SW dividevano aree caratterizzate a differenti tassi di subsidenza, sviluppando *horst* e *graben* (Figura 3.9). In uno di questi *horst* si è sviluppata la piattaforma carbonatica di Siracusa, mentre le aree circostanti erano caratterizzate da una sedimentazione anossica di mare profondo (Fm. Streppenosa). La piattaforma carbonatica di Siracusa è probabilmente basculata verso SW prima del suo definitivo annegamento, avvenuto nel Sinemuriano o nel Pliensbachiano.

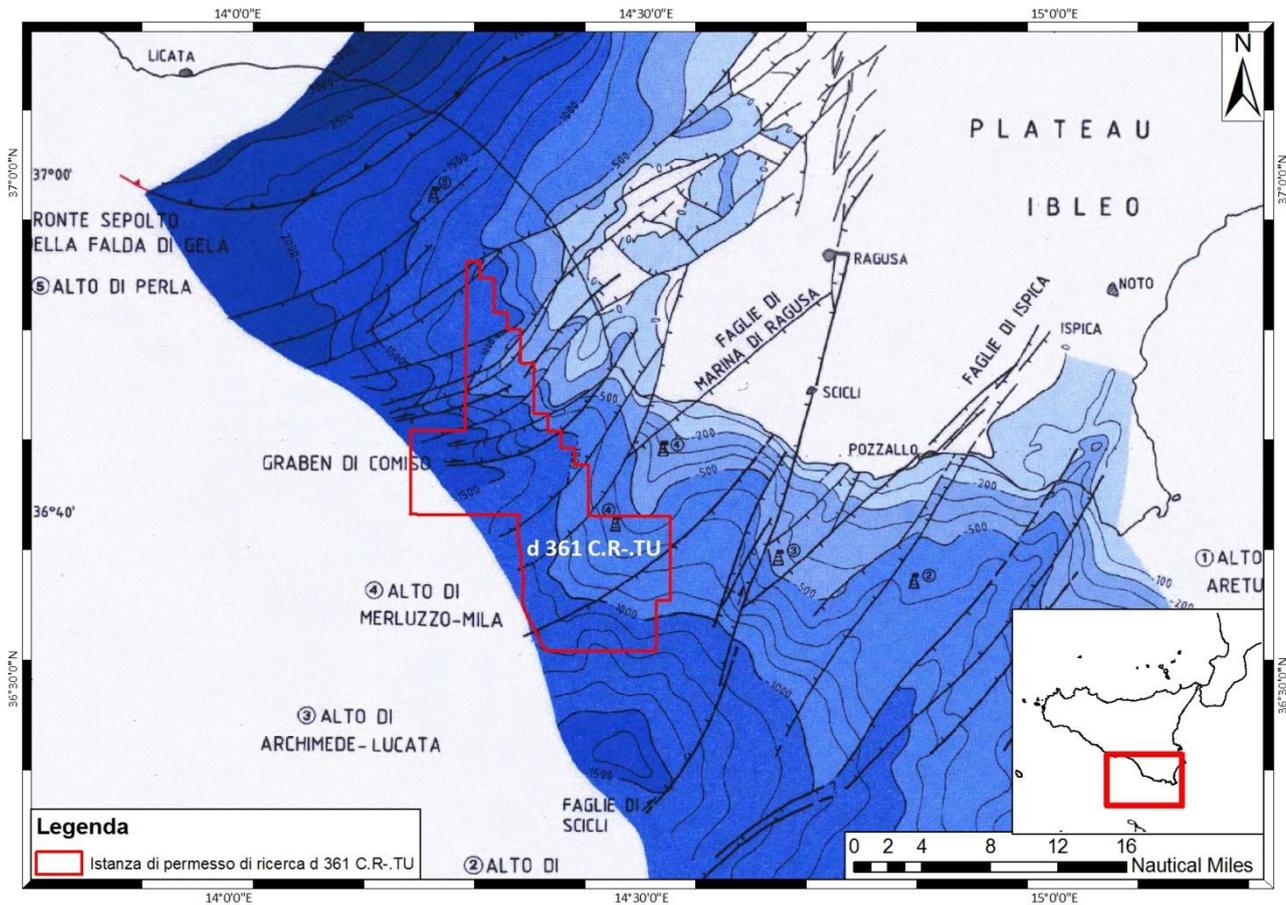


Figura 3.9 - Schizzo tettonico della Sicilia sudorientale con l'indicazione di faglie maggiori; le isopache rappresentano il top della Fm. Ragusa (Miocene inferiore) (fonte: Grasso et al., 1990)

La forte subsidenza di origine tettonica si è praticamente arrestata nella parte bassa del Giurassico Medio (Toarcian, Yellin-Dror et al. 1997, Soussi e Ben Ismail 2000), con il passaggio dallo stadio di *rifting* a quello di *spreading* dell'Oceano Ionico, situato più ad est.

Le stesse faglie associate con l'apertura della Neotetide hanno poi controllato la sedimentazione dal Giurassico inferiore ad oggi.

Dopo l'annegamento della piattaforma, la subsidenza era controllata solo dall'evoluzione termica crostale fino al Cretaceo inferiore. Il processo estensionale, infatti, era migrato verso S-SW con un apice di attività nel Cretaceo Inferiore ed è terminato bruscamente nell'Aptiano (Grasso et al. 1999). Nel blocco Pelagico, poche decine di chilometri a sud dell'*off-shore* ragusano, si sono sviluppati dei semigraben orientati NW-SE come propagazione verso sudovest del regime estensionale presente fin dal Giurassico.

La placca Africana ha cominciato a derivare verso nord a partire dal Cretaceo superiore e questa convergenza è continuata fino ad oggi. Dal Santoniano, le strutture estensionali precedenti sono state invertite come faglie inverse o piccoli sovrascorrimenti associati a blandi piegamenti (Klett 2001). Nell'Eocene Inferiore si sono attivate delle faglie di trasferimento orientate E-W o WNW-ESE.

Nel Paleogene, tuttavia, il regime tettonico era abbastanza uniforme per l'intera area ibleo-maltese con una direzione di massima compressione orientata NW-SE (Grasso et al. 1999). Questa prima fase tettonica compressiva ha avuto dei picchi di attività a 58 e 46 Ma (Grasso et al. 1999).

Tra l'Oligocene superiore al Miocene, l'intera regione è stata soggetta ad un forte sollevamento (Yellin-Dror et al. 1997) che ha portato ad erosione, non-deposizione (Klett 2001) oppure allo sviluppo di nuove piattaforme carbonatiche (Adam et al. 2000).

Durante il Messiniano, il sistema di faglie del Canale di Sicilia (*Sicily Rift Fault Zone – SCRZ –* comprende i *graben* di Pantelleria, Malta, di Medina e del Canale Malta-Medina) ha cominciato a svilupparsi per l'azione di faglie normali orientate NW-SE (Gardiner et al. 1995).

La deformazione relativa allo sviluppo di queste strutture continua a tutt'oggi, risultando in un *rifting* in un contesto trascorrente con uno stress massimo orizzontale orientato NW-NNW. La SCRZ è costituita da stretti *graben* NW-SE, divisi da faglie transtensive orientate NE-SW, E-W e NNW-SSE (Argnani et al. 1986, Yellin-Dror et al. 1997, Adam et al. 2000). Molte di queste faglie trascorrenti hanno inoltre agito come strutture di trasferimento o come faglie di rilascio (Destro et al. 2003).

Queste strutture tettoniche hanno quindi controllato la subsidenza e la sedimentazione nell'area, con forti variazioni di spessore delle unità post-messiniane.

Queste fasi tettoniche sono anche chiaramente visibili nelle sezioni sismiche a riflessione (Fossaluzza e Ronco 1990) disponibili, con faglie normali al top delle formazioni Noto-Gela, al top delle formazioni Streppenosa e Siracusa, ed al top della Formazione Gessoso-Solfifera. La fase più evidente è certamente l'ultima, anche per la presenza di una superficie molto riflettente localizzata al top delle evaporiti messiniane. Si tratta generalmente di faglie transtensive NE-SW o NNE-SSW con strutture a fiore negative (Harding 1985) che hanno sviluppato una serie di semigraben associati a faglie normali NW-SE.

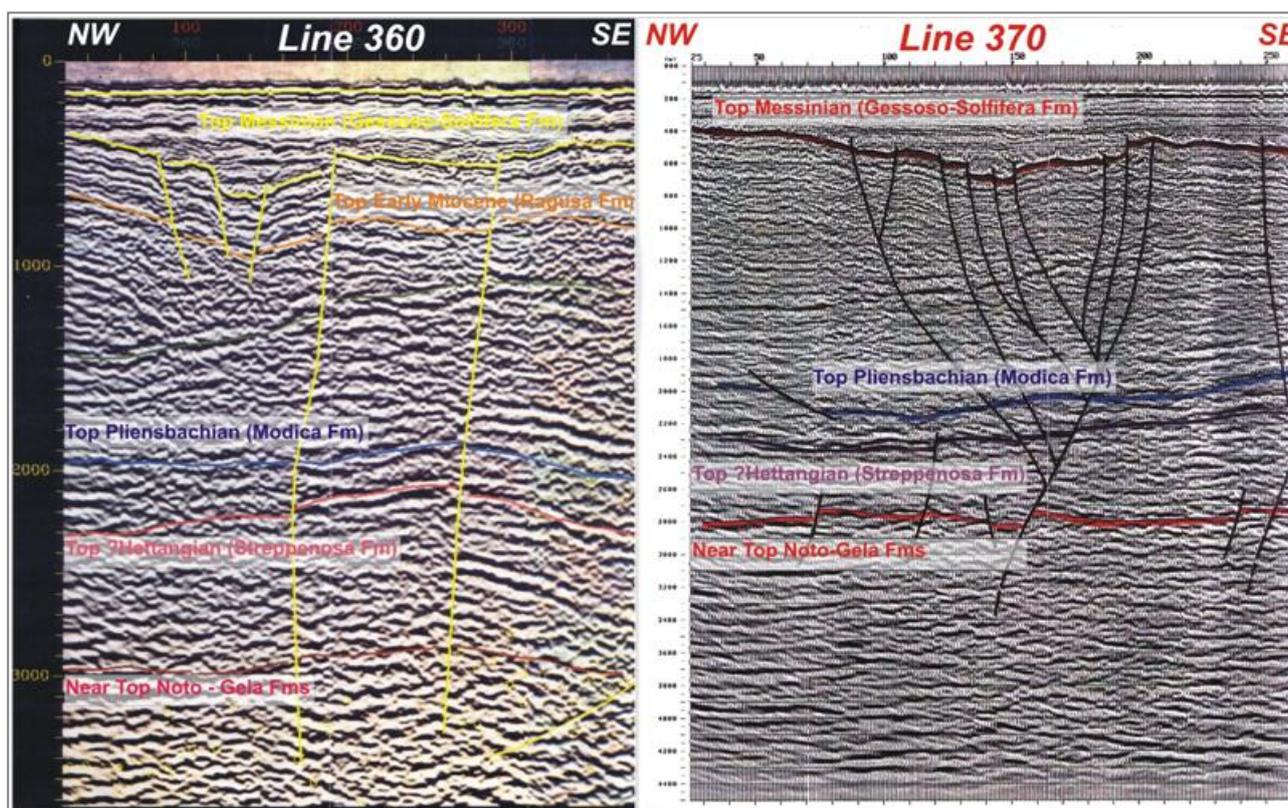


Figura 3.10 - Linea 360: strutture a fiore negative lungo faglie NE-SW associate a piccoli *graben* che hanno controllato la sedimentazione dal Messiniano in poi. La scarsa qualità dei dati sismici non consente di tracciare in profondità l'andamento delle strutture a fiore (da Grisi e Ronco 1991). Linea 370: parallela alla Linea 360, presa da Fossaluzza e Ronco (1990). Da notare che in questa interpretazione, più vecchia di quella eseguita sulla Linea 360, le faglie post-messiniane sono state propagate in profondità

3.3 Temi della ricerca nell'area in istanza

L'area in oggetto di istanza presenta un notevole interesse dal punto di vista geologico-minerario. A tal proposito l'evoluzione geologica strutturale che l'ha interessata ha permesso lo sviluppo di configurazioni geologiche tali da rendere questa zona molto favorevole per la realizzazione di complessi petroliferi completi. Le attività di ricerca preliminari, svolte da Transunion Petroleum Italia S.r.l. nella fase di valutazione dell'area in istanza di permesso di ricerca, hanno identificato la presenza di tutte le

caratteristiche idonee alla ricerca di idrocarburi. Nella sezione che segue vengono riportate le specificità del sistema petrolifero individuato ed analizzato (roccia madre, roccia serbatoio, roccia di copertura, trappole) nelle zone circostanti (Figura 3.11). Gli studi sviluppati confermano come il sistema petrolifero sia efficiente e produttivo.

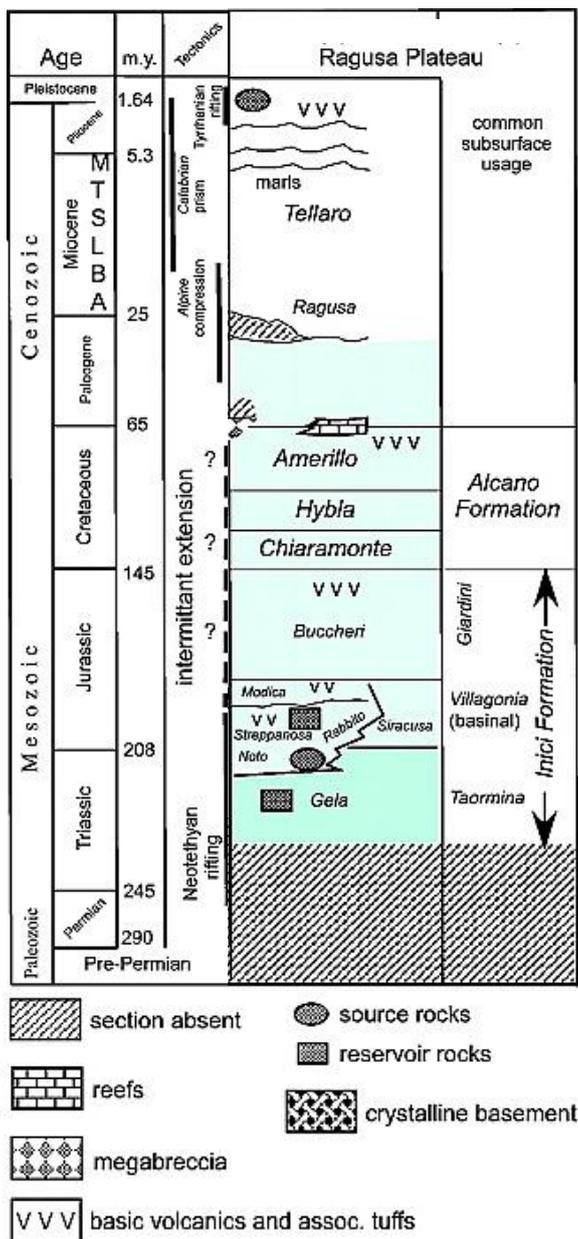


Figura 3.11 - Rappresentazione schematica del sistema petrolifero nelle zone limitrofe all'area oggetto di ricerca (fonte: Granath et al., 2004)

I principali obiettivi esplorativi nell'area in istanza di permesso sono rappresentati dagli idrocarburi nei livelli porosi e fratturati delle rocce carbonatiche appartenenti alla Formazione di Siracusa (Giurassico inferiore). Gli Idrocarburi sono rappresentati da idrocarburi pesanti generati dalla formazione di Streppenosa e contenuti all'interno di trappole miste (trappole stratigrafico-strutturali) e ricoperte delle rocce bacinali Cretaciche e Terziarie.

Obiettivi secondari sono gli idrocarburi nei livelli porosi e fratturati delle rocce carbonatiche appartenenti alla Formazione di Gela/Taormina (Triassico superiore). Gli Idrocarburi sono rappresentati da idrocarburi pesanti generati dalla formazione di Streppenosa (Giurassico inferiore) e contenuti all'interno di trappole miste (trappole stratigrafico-strutturali) e ricoperte delle rocce bacinali Giurassiche, Cretaciche e Terziarie.

3.3.1 Roccia Serbatoio (*reservoir*)

Il *reservoir* principale è rappresentato dalle dolomie e calcari giurassici della Formazione Siracusa. L'intervallo di interesse è situato nella parte sommitale della formazione e dai suoi equivalenti di scarpata (Fm. Rabbito). A confermare queste valutazioni sono le scoperte fatte nel limitrofo campo a idrocarburi liquidi di Vega (10.000 barili al giorno) che si trova appena al di fuori dell'area in istanza di permesso di ricerca, essendo già state trovate unità mineralizzate in condizioni molto simili. Gli equivalenti temporali laterali rappresentati dalla Formazione di Rabbito depositi in zona più esterna di scarpata sono altresì obiettivi della ricerca (Figura 3.12).

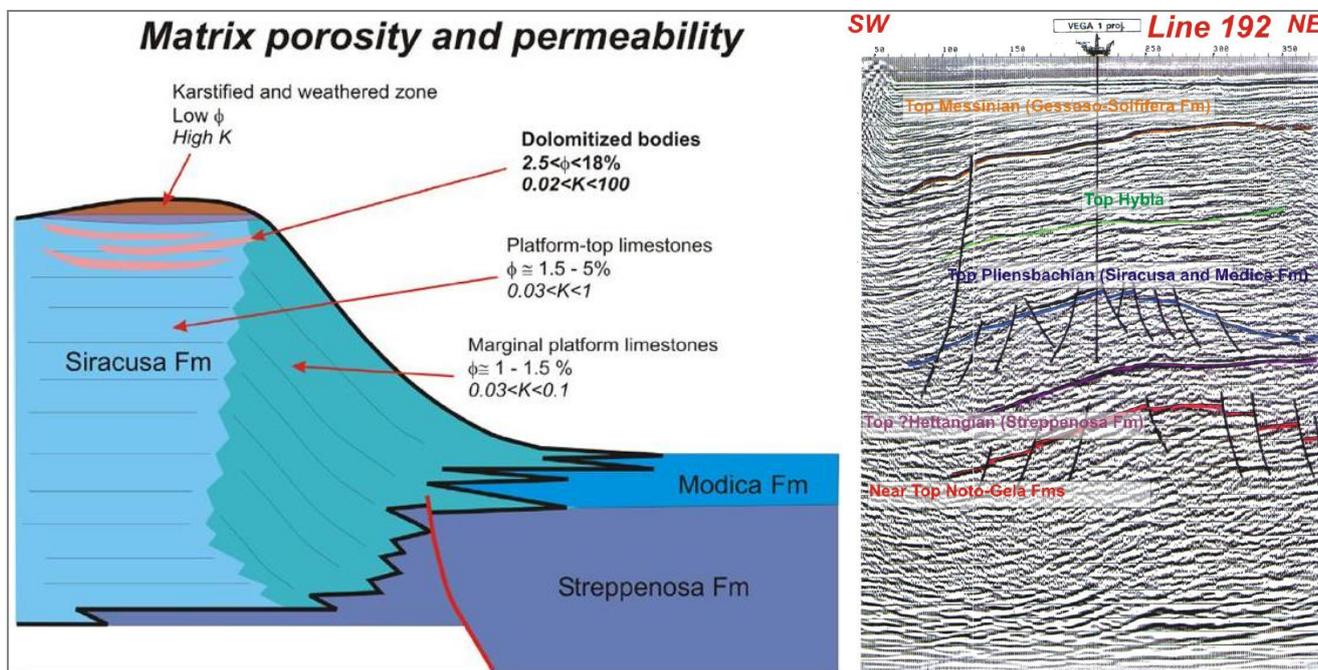


Figura 3.12 - Sezione schematica attraverso il passaggio piattaforma-bacino nelle unità del Giurassico inferiore. Le rocce serbatoio sono localizzate nel margine più esterno della piattaforma carbonatica e nella parte più interna dell'area di scarpata (Di Cuia et al., 2006)

La litologia della roccia serbatoio ha un grande impatto sulle qualità petrofisiche che lo caratterizzano, infatti i livelli dolomitici mostrano le migliori qualità petrofisiche con porosità che varia tra 8% e 20% e permeabilità fino a 300mDarcy, mentre i livelli calcarei sono quelli meno porosi e permeabili. La capacità produttiva è oltretutto incrementata dal reticolo di fratture sub verticali che attraversano la Fm. Siracusa. Il *reservoir* è infatti interessato da una fitta rete di fratture e faglie dovute all'intensa tettonizzazione dell'area fin dal Mesozoico: queste strutture, tuttavia, aumentano talvolta la permeabilità ma in altri casi favoriscono anche la compartimentalizzazione del *reservoir*.

La formazione di Siracusa, ed in particolare la sua parte sommitale è caratterizzata da fenomeni di carsismo che ha provocato una serie di geometrie tipiche di questo tipo di fenomeno di dissoluzione dovuta all'interazione tra acqua meteorica e acqua freatica. I fenomeni carsici possono incrementare o ridurre drasticamente le proprietà dinamiche della roccia serbatoio.

L'area è stata inoltre interessata anche da fenomeni di diagenesi sia precoce che più tardiva che hanno avuto anche un importante effetto sulla qualità petrofisiche della roccia serbatoio.

Il secondo obiettivo esplorativo è rappresentato dalla formazione di Gela/Taormina. Questa formazione è costituita da calcari e dolomie di piattaforma che presentano porosità e permeabilità di matrice abbastanza bassi. In assenza di eventi diagenetici e di fratturazione importanti questi carbonati mostrano scarse potenzialità come roccia serbatoio. Associata a questa unità vi sono spesso depositi di laguna con condizioni euxiniche.

3.3.2 Roccia di copertura (seal)

La Formazione Buccheri costituisce il *seal* del *reservoir* (Figura 3.13). È costituita da marne, calcari, marne silicee e argille nella parte più bassa, con noduli dolomitici, belemniti, Bositra buchi Romer e Saccocoma nella parte superiore. Viene considerata come un equivalente bacinale del Rosso Ammonitico.

Questa formazione livella la topografia preesistente, risultando in *onlap* sui fianchi della piattaforma carbonatica della Formazione di Siracusa. Questo rapporto geometrico comporta la presenza di un possibile *hiatus* tra la Fm. Buccheri e la Fm. di Siracusa al top del *reservoir*, che si attenua progressivamente spostandosi verso il bacino.

Lo spessore di quest'unità raggiunge 700 metri, documentando una forte subsidenza nell'intervallo Pliensbachiano – Kimmeridgiano.

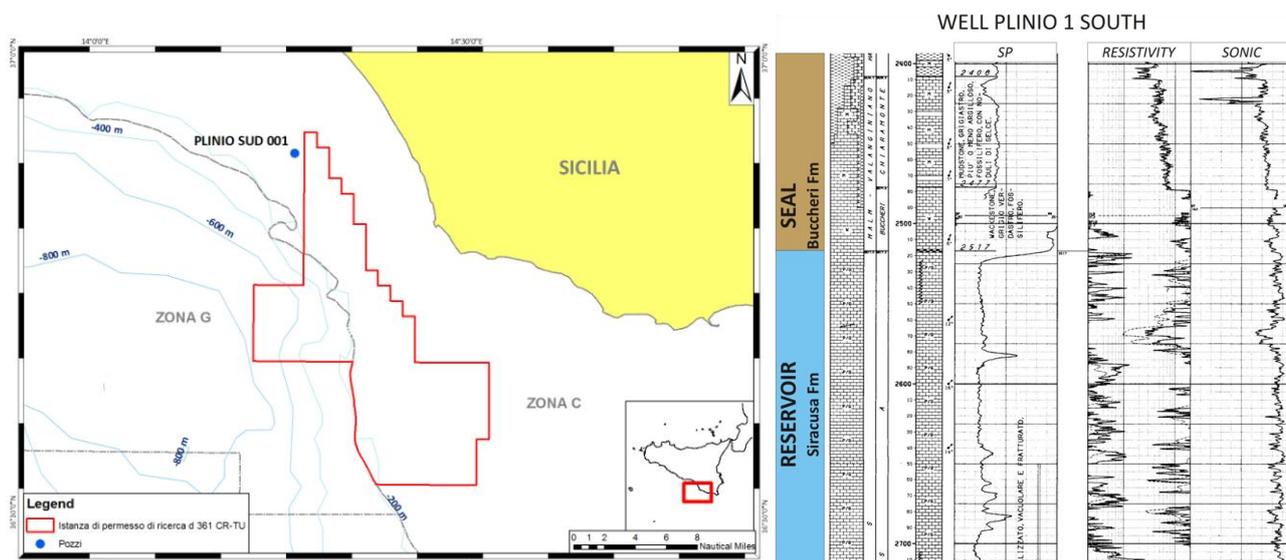


Figura 3.13 - Relazioni tra la principale unità di reservoir (Fm. Siracusa) e la relativa roccia di copertura (seal – Fm. Buccheri) nel pozzo Plinio 1 sud

3.3.3 Roccia madre e migrazione degli idrocarburi (source rock)

Le principali rocce madri dei giacimenti ad olio nel bacino di Ragusa sono rappresentate dalla Formazione Noto di età triassica superiore e la Formazione Streppenosa di età giurassica inferiore. La maggior parte dell'olio scoperto è pesante, come dimostrato a Vega (16° API), Ragusa (19° API) e Gela (14° API). Il piccolo campo di Mila rappresenta un'eccezione con olio leggero (45° API). Il tema di ricerca dell'istanza di permesso in oggetto è rappresentato da accumuli di olio a 16-20° API in trappole nei calcari giurassici di piattaforma della Formazione Siracusa e nelle dolomie triassiche nella Formazione Gela-Taormina. Le facies argillose della Formazione Noto predominano negli intervalli tidali e lagunari e si sono sviluppate durante la prima fase di subsidenza del bacino; queste facies sono molto ricche di sostanza organica (ne contiene fino al 13%), per cui costituisce un'ottima roccia madre. La Formazione Streppenosa viene suddivisa in tre differenti *litofacies*. La prima consiste in una sequenza relativamente ridotta di argilla scura ad elevato contenuto in sostanza organica (5%), localizzata al margine del bacino ed associata anche a calcari nodulari. La seconda e la terza sono costituite da argille scure e calcari dolomitici e sono localizzate nella parte centrale del bacino. La qualità di queste rocce madri è modesta, con una frazione di sostanza organica che si aggira attorno allo 0,8%. Il minor tenore di sostanza organica della Formazione Streppenosa rispetto alla Fm Noto è compensato dal suo elevato spessore, oltre 3.500 metri nel depocentro del bacino.

La generazione degli idrocarburi è probabilmente avvenuta Cretaceo inferiore - Eocene. Questa ipotesi è confermata dalla geochimica e dalla storia di seppellimento del bacino ma anche da correlazioni effettuate sui pozzi perforati in tutta l'area iblea e ragusana. Infatti la ricostruzione degli spessori delle formazioni con azzeramento (*datum*) alla Fm Ragusa (Oligocene-Miocene) conferma che gli attuali accumuli di olio risultano

essere in zone con valori minimi, probabili paleoalti ma soprattutto durante la deposizione della Ragusa si sono avute le migrazioni verso le trappole attuali. La ricostruzione dei pozzi perforati lungo il bordo sud-occidentale della piattaforma liassica evidenzia maggiormente come al tempo della Ragusa esistessero due principali aree di drenaggio che hanno fatto migrare l'olio verso Vega per la zona più a sud, e verso Gela, Perla e Prezioso per quella più a nord.

3.3.4 Tipi di Trappole

Le trappole attese all'interno dell'istanza sono di tipo strutturale/ stratigrafico lungo strutture trascorrenti mesozoiche. In particolare, risulta interessante la culminazione del margine della piattaforma carbonatica della Fm Siracusa, caratterizzata da chiusure strutturali lungo sistemi NE-SW, con frequenti strutture a pop-up (Figura 3.12 e Figura 3.14).

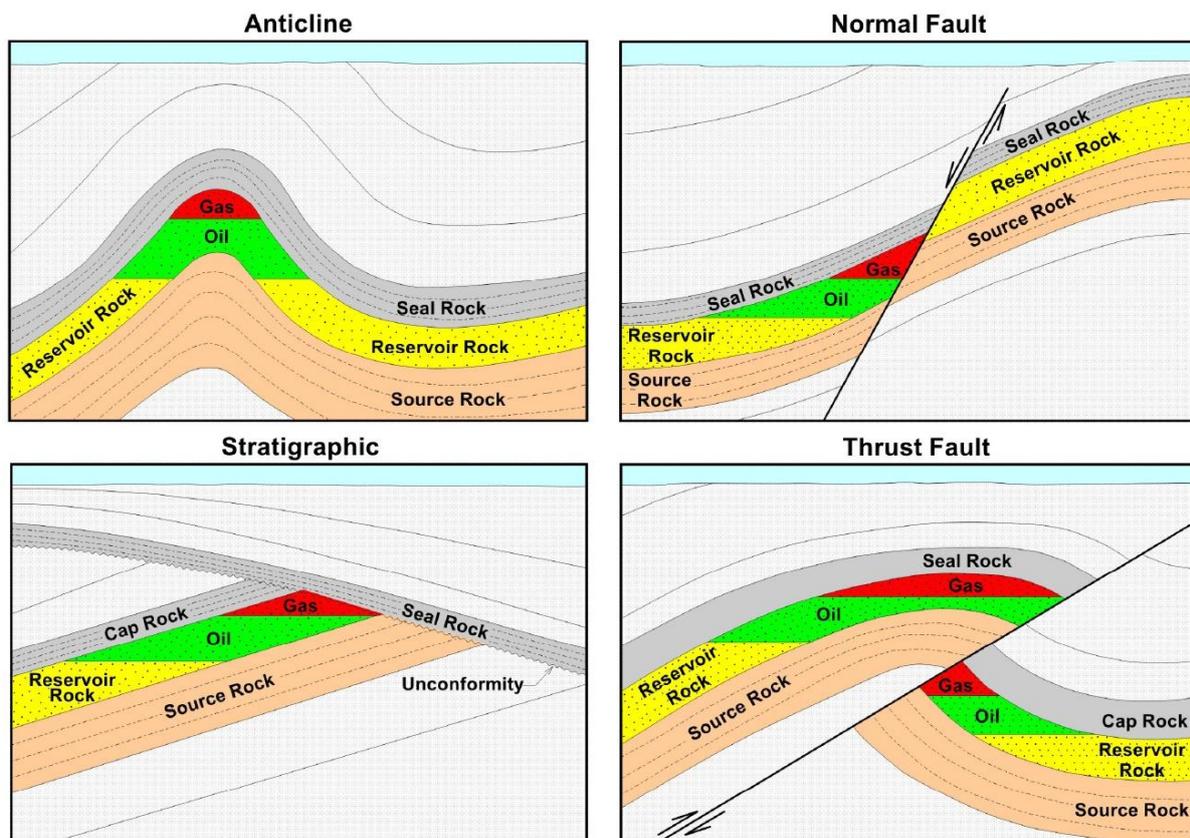


Figura 3.14 – Esempi semplificati che mostrano alcuni tipi di trappole comuni riconosciute in campi di produzione ad olio e a gas intorno al mondo (fonte: energy-alaska.wdfiles.com)

3.4 Programma lavori

L'attività di studio proposta ha l'obiettivo di valutare e stimare l'eventuale presenza di accumuli significativi di idrocarburi il cui sfruttamento sia economicamente vantaggioso. A tal proposito il programma lavori si compone di diverse fasi, ognuna propedeutica e strettamente interconnessa alle successive. La precedente fase di studio della letteratura geologica e delle conoscenze dell'area acquisite, servita per questa fase del progetto, che mira esclusivamente all'esecuzione di una campagna esplorativa, attraverso l'acquisizione di dati sismici e la loro successiva interpretazione ed integrazione coi dati già in disponibili.

3.4.1 Fase operativa di ricerca

La fase operativa di ricerca consiste nel reperire più informazioni possibili sia di carattere meramente scientifico (attingendo alla letteratura e agli articoli relativi) che applicativo (studi geofisici, perforazioni, etc.) sull'area di interesse, ai fini di migliorare le conoscenze sull'assetto geologico dell'area di studio.

L'obiettivo finale è volto ad individuare potenziali accumuli di idrocarburi il cui sfruttamento possa essere economicamente sfruttabile. La fase di ricerca, a sua volta, si articola su diversi passi essenziali:

- Studio geologico e geofisico: partirà dallo studio di inquadramento geologico a livello regionale per dettagliare via-via lo studio alla scala opportuna di bacino; le conoscenze già in possesso verranno arricchite da studi bibliografici pregressi disponibili. Un altro *step* consisterà nel reperimento e nell'interpretazione di dati di sottosuolo pubblici come sezioni sismiche e perforazioni, trattati secondo le più recenti tecniche e apparecchiature; in particolare verranno eseguite correlazioni con possibili manifestazioni di idrocarburi in mare utilizzando varie tecnologie basate sull'interpretazione dei dati satellitari.
- Rielaborazione ed interpretazione di linee sismiche 2D pre-esistenti - Per migliorare le conoscenze del sottosuolo in particolare per quanto riguarda la situazione geologico-strutturale dell'area e per poter identificare più precisamente i criteri e le caratteristiche con cui acquisire il rilievo sismico 2D, che rappresenta la fase successiva del programma lavori, Transunion Petroleum Italia S.r.l. si impegna a rielaborare secondo le tecnologie più all'avanguardia nel settore i dati sismici dell'area interessata il cui valore totale è soggetto alla qualità dei dati a disposizione.
- Acquisizione, elaborazione ed interpretazione di nuovi dati sismici 2D – L'ultimo passaggio della fase di ricerca consisterà nell'accertarsi adeguatamente dell'eventuale presenza di accumuli di idrocarburi liquidi o gassosi nei livelli mineralizzati descritti nella relazione tecnica, e per definire al migliore l'ubicazione del pozzo esplorativo, Transunion Petroleum Italia S.r.l. si impegna ad acquisire ed elaborare un totale di circa 100 km di linee sismiche 2D.

3.4.2 Fase operativa di perforazione

Una volta condotti e portati a termine gli studi in modo da definire un quadro completo delle conoscenze geologiche sull'area di interesse, solo nel caso in cui da essi dovesse emergere la possibilità di individuazione del sistema roccia serbatoio, roccia di copertura e trappole, si renderà necessaria una verifica delle condizioni reali delle potenzialità minerarie del sito. La verifica delle suddette condizioni potrà avvenire solo attraverso la realizzazione di un pozzo esplorativo opportunamente posizionato all'interno dell'area in oggetto, la cui profondità e ubicazione finali sono strettamente connesse alle caratteristiche stratigrafico-strutturali emerse dagli studi precedenti. Tuttavia, allo stadio attuale degli studi, delle conoscenze del sottosuolo acquisite e alla luce di analoghe situazioni geologiche riscontrate, si può fornire una stima della profondità massima che si intende raggiungere con la perforazione del pozzo esplorativo attestarsi preliminarmente attorno ai 2700 metri, in corrispondenza dei carbonati della Formazione Inici.

Tuttavia, è doveroso precisare che l'eventuale fase di perforazione dovrà essere oggetto di una nuova proposta progettuale da sottoporre a procedura di valutazione di impatto ambientale nonché specifica autorizzazione da parte del Ministero dello Sviluppo Economico.

3.5 Campagna di acquisizione sismica *off-shore*

3.5.1 Indagine geofisica: generalità

I metodi di indagine basati sull'acquisizione sismica, cioè svolta con l'utilizzo di fonti energetiche indotte dall'uomo, sono i più impiegati nel campo delle prospezioni geofisiche finalizzata alla ricerca d'idrocarburi.

I metodi sismici si basano sui fenomeni di riflessione e rifrazione delle onde elastiche generate da una sorgente artificiale di onde, la cui velocità di propagazione è funzione del tipo di roccia attraversata; tali metodi sono governati da apposite leggi della fisica della propagazione delle onde elastiche (assimilabili alla propagazione delle onde ottiche pur entro certi limiti).

L'indagine sismica a riflessione, fin dalle sue prime applicazioni dei primi decenni del '900, è stata ed è tuttora comunemente utilizzata per la ricerca di idrocarburi. Messa a confronto coi diversi metodi geofisici

disponibili, è particolarmente adatta a fornire un'immagine del sottosuolo maggiormente dettagliata, attendibile e, non ultima, minimamente impattante nell'ambiente circostante.

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

- riflettersi totalmente verso l'alto (conservando tutta l'energia di partenza);
- in parte penetrare nel mezzo sottostante, rifrangendosi;
- in parte riflettersi verso l'alto.

In base al fine da raggiungere (profondità d'indagine, grado precisione, risoluzione, logistica, etc...) si prenderà in esame il tipo di onde da analizzare e quindi i metodi da adoperare di sismica a riflessione o a rifrazione. Essi differiranno anche nella disposizione dei ricevitori in superficie rispetto alla 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 prospezione geofisica in mare, la scelta della sorgente di energia sismica è fondamentale poiché si deve tener conto che le onde elastiche, prima di penetrare nel fondale marino, devono attraversare una colonna d'acqua di altezza variabile più o meno consistente. I dispositivi utilizzati, infatti, danno luogo ad impulsi di pressione che devono fornire una quantità di energia sufficiente a conservarsi dopo l'attraversamento della colonna d'acqua. 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.

I metodi di prospezione geofisica hanno sviluppato nel tempo molteplici tipologie di sorgenti di energia utilizzate:

- a vapore;
- ad acqua;
- ad esplosivo;
- elettrica;
- ad aria compressa.

Tutte queste tecniche sono accomunate dall'invio di un impulso di pressione che, seppur di natura differente a seconda della sorgente, genera in acqua un'onda acustica sferica che si propaga dalla superficie del mare verso il fondale. Tra queste diverse sorgenti di energia, il metodo in assoluto più impiegato è l'*air-gun*: un dispositivo ad aria compressa utilizzato in quasi tutti i rilievi sismici marini. Il perché del grande impiego dell'*air-gun* risiede nei seguenti motivi: la quasi totalità dell'energia generata è compresa nella banda delle frequenze sismiche; l'assoluta affidabilità e versatilità nella scelta del segnale generato; gli elevati parametri di sicurezza, non prevedendo l'utilizzo di miscele esplosive.

Gli altri metodi geofisici vengono, eventualmente, 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;
- la magnetotellurica, (data la crescente attendibilità legata a programmi di elaborazione sempre più sofisticati e precisi);
- la radiometria.

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.

Tra i metodi geofisici attivi, oltre alla sismica a rifrazione e riflessione, si annovera anche il metodo geoelettrico.

In generale si possono assumere le prospezioni geofisiche come metodologie di indagine fondamentali per le ricerche geologiche, eco-compatibili e, per questo, molto diffuse in tutto il mondo ed adatte ad ogni tipo di ambiente naturale. Gli impatti sull'ambiente, caratteristici di questi tipi di rilievo, sono piuttosto limitate (Figura 3.15) sia nello spazio che nel tempo rivestendo carattere di temporaneità e utilizzo soltanto degli spazi relativi alla prospezione e la rete viaria esistente. Una volta terminate le attività, le operazioni di ripristino consistono in genere nel ritiro delle attrezzature utilizzate e nella stima eventuale e rimborso dei danni arrecati.

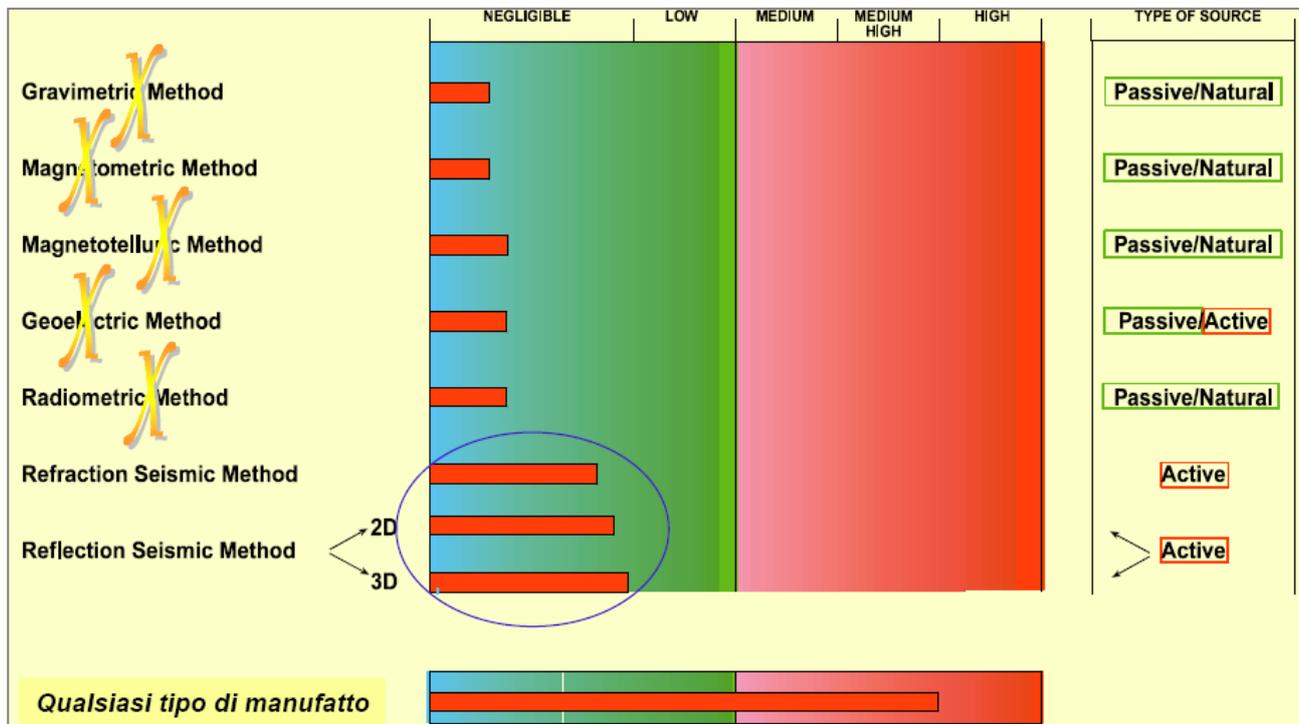


Figura 3.15 – Confronto tra gli impatti generati sull'ambiente dalle differenti tipologie di indagine sismica disponibili (fonte: convegno nazionale Assomineraria, 2003)

3.5.2 Sorgenti di propagazione di energia

Il risultato prodotto da una qualsivoglia sorgente di energia sismica utilizzata per le prospezioni è un'onda elastica in grado di penetrare il mezzo roccioso estremamente disomogeneo. Le discontinuità presenti tendono a modificare inevitabilmente struttura, percorso e velocità dell'onda originaria. Le principali discontinuità riscontrabili nel sottosuolo possono avere natura diversa:

- litologica (diversa densità, durezza...);
- geometrica (spessori della successione, giacitura degli strati...);
- strutturale (discontinuità strutturali come faglie, pieghe, fratture...);
- sedimentologico (porosità, permeabilità, compattazione...);
- deposizionale (facies differenti...);
- etc.

La registrazione, l'acquisizione e la digitalizzazione dell'onda di ritorno in superficie forniscono un'immagine indiretta più o meno chiara dell'inaccessibile sottosuolo. Le successive operazioni di elaborazione, esame e interpretazione degli elaborati risultanti, permettono di compiere un'indagine indiretta sulla natura, geometria e profondità degli orizzonti e delle strutture attraversati. Un enorme vantaggio di tali

applicazioni è, senza dubbio, il fatto che queste analisi possono spingersi anche a grande distanza dalla superficie, in funzione della strumentazione e della conformazione del sottosuolo.

Dal punto di vista geometrico, considerando le opportune differenze e limitazioni, i fenomeni sismici sono governati dai medesimi principi fisici di quelli ottici; pertanto, ad essi sono applicabili le leggi dell'ottica geometrica in merito ai fenomeni di riflessione e rifrazione attraverso cui l'onda modifica la sua traiettoria. Le modalità e le caratteristiche salienti di propagazione, rifrazione e riflessione delle onde elastiche verranno di seguito brevemente richiamate.

3.5.3 Generazione dei segnali sismici

Sismica a riflessione

Il metodo geofisico di sismica a riflessione consiste, in generale, nell'indurre un'energia idoneamente calibrata verso il semispazio inaccessibile costituito dal sottosuolo. L'energia fornita dovrà essere capace di raggiungere un'opportuna profondità e di tornare nuovamente in superficie dove saranno captati i gruppi di onde riflessi dalle varie superfici di discontinuità ivi presenti. La ricezione in superficie avverrà tramite appositi sensori noti con il nome di geofoni (se posti in terra) o idrofoni (se in mare). Si tratta di trasduttori mecano-elettrici in grado di trasformare l'impulso ricevuto e trasformarlo in segnale digitale registrando il tempo necessario all'onda elastica indotta artificialmente per tornare in superficie. La successiva elaborazione di queste registrazioni consente di ricostruire un'immagine del sottosuolo e di interpretare le principali strutture presenti fino a profondità di alcuni chilometri in funzione del tempo di registrazione e dell'energia indotta (Figura 3.16).

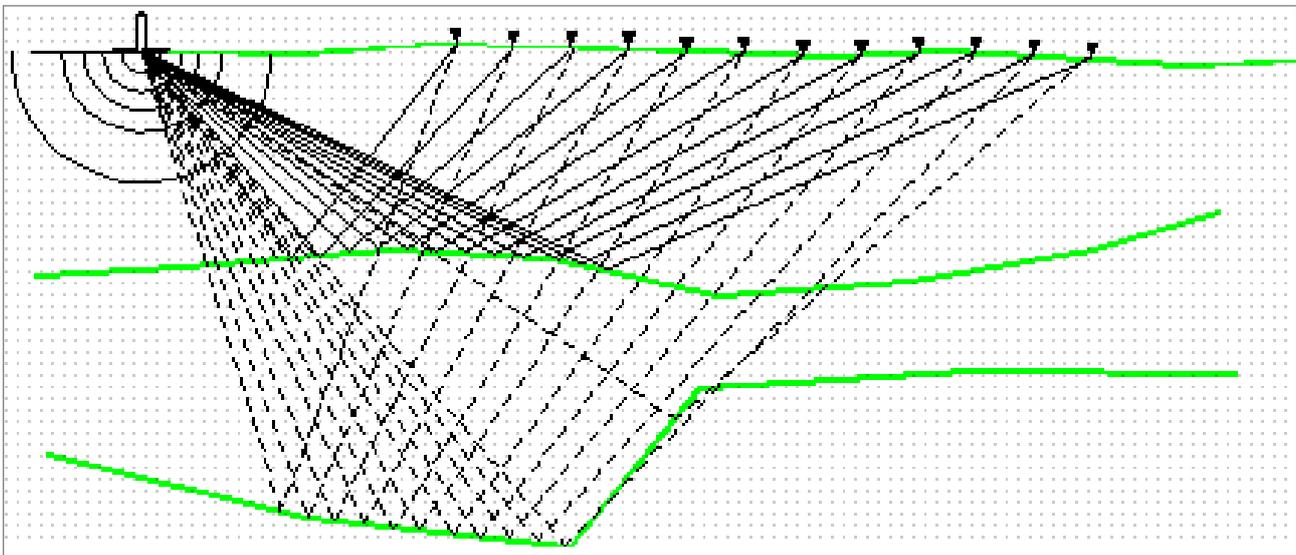


Figura 3.16 – Concetti base di sismica a riflessione con i percorsi delle onde captate dai ricevitori (fonte: www.retegeofisica.it)

Per esplicitare brevemente il concetto, si consideri ipoteticamente un profilo di lunghezza L tra la sorgente di energia e l'ultimo geofono/idrofono dello stesura: se 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 al 100% degli orizzonti riflettenti. Ogni elemento delle superfici sarà perciò "illuminato" una volta, ma sarà energizzato l'intero profilo di lunghezza L (Figura 3.17).

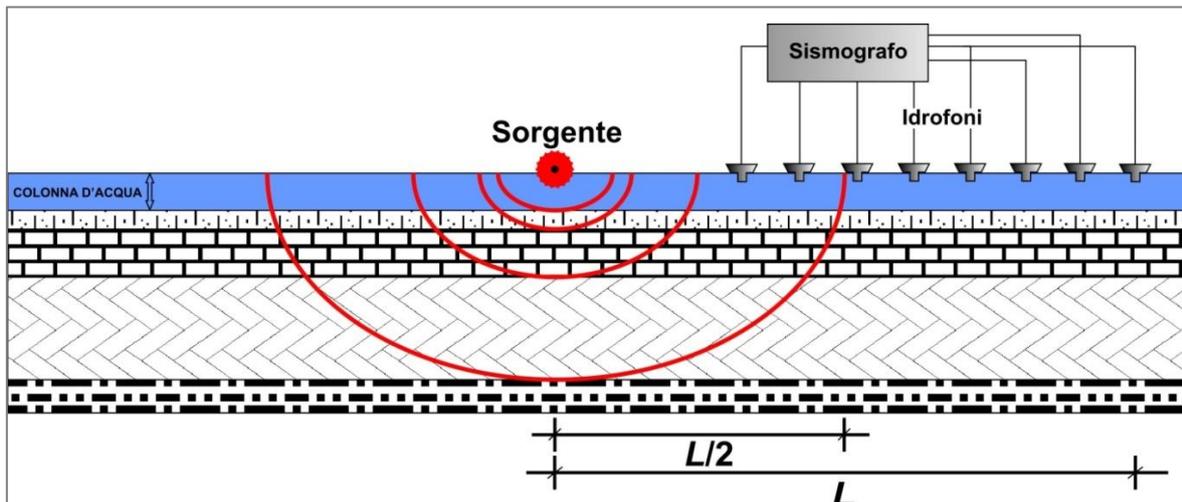


Figura 3.17 - Schema esemplificativo di uno stendimento sismico in mare energizzato da una fonte distante L dall'ultimo idrofono

Questo rappresenta 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. Per conoscenza, 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 tra loro. Quest’ultimo è il più significativo di tutti poiché per i riflettori piano-paralleli 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: tale fatto 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 preliminarmente ad hoc. A tal proposito si ricorda il *walkaway*, una procedura assai importante nella fase di acquisizione: essa viene affidata a tecnici esperti con il compito di saggiare le caratteristiche dei terreni e scegliere le migliori geometrie e parametri di acquisizione, effettuando una acquisizione sismica preliminare. 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. 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 3.18).

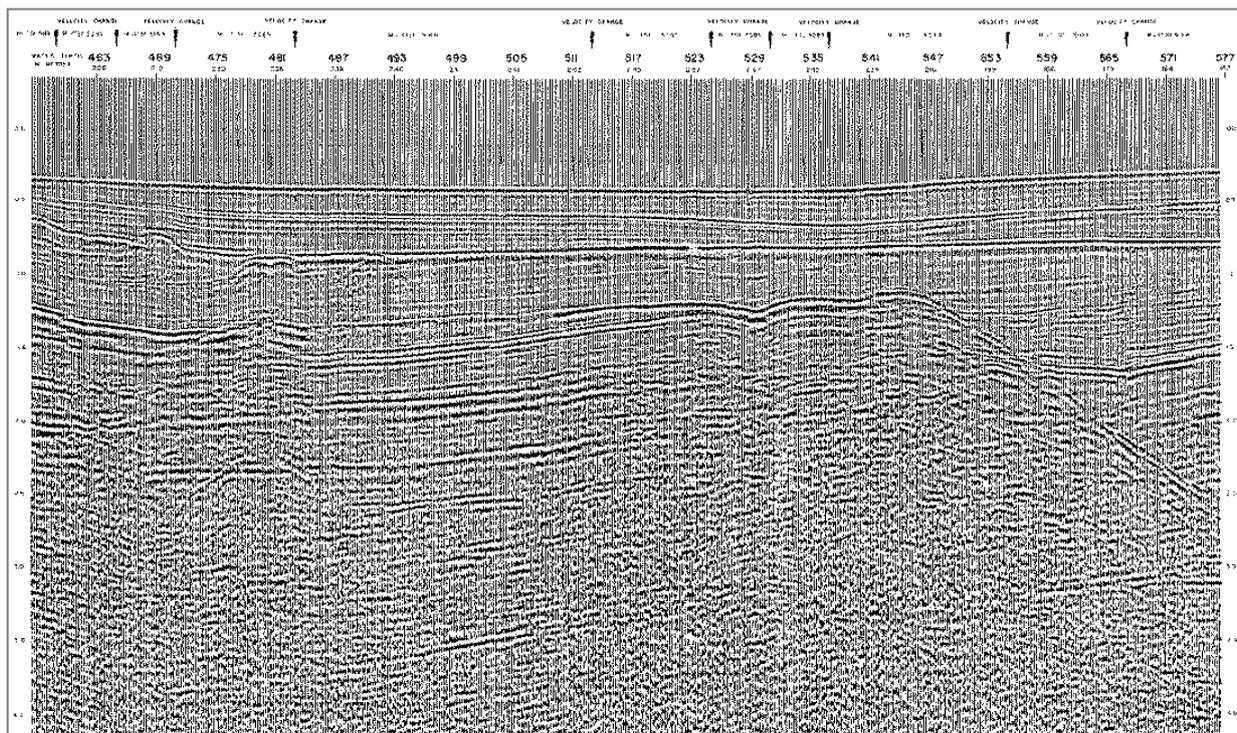


Figura 3.18 - Esempio di sezione sismica non interpretata risultante da coperture multiple

3.6 Descrizione delle tecnologie adottate nella ricerca sismica *off-shore*

Di seguito verranno mostrate dettagliatamente le principali tecniche di indagine in mare che verranno utilizzate per l'esecuzione della campagna di prospezione nell'area oggetto di interesse. Sebbene esistano diversi tipi di acquisizione ed esecuzione dei rilievi sismici (2D o 3D), in questa sede sarà trattata la sola progettazione della tecnica 2D. È facile intuire come le tecniche e le tecnologie impiegate nella ricerca sismica in mare differiscano dai rilievi eseguiti in terra nonostante i principi fisici rimangano i medesimi. Queste differenze si ripercuoteranno anche e non in minor misura sull'organizzazione logistica. L'immagine che segue, Figura 3.19, mostra un tipico esempio di stendimento per l'acquisizione sismica *off-shore* con una panoramica sui mezzi e attrezzature utilizzate.

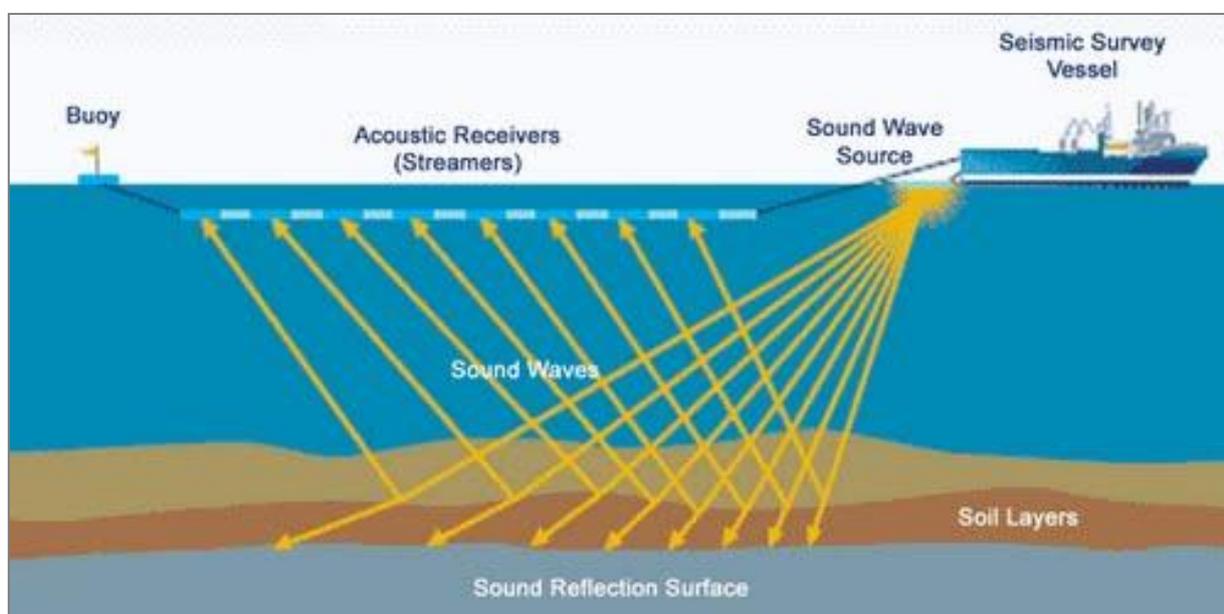


Figura 3.19 - Esempio di stendimento e linea di acquisizione sismica in mare (fonte: www.aig-instrumentos.com)

3.6.1 Sorgente di energizzazione: l'*air-gun*

Come precedentemente accennato, tra i molteplici tipi di sorgente disponibili, nel campo delle prospezioni sismiche in mare viene quasi esclusivamente usato l'*air-gun* (Figura 3.20). L'*air-gun* consiste in una sorgente pneumatica di onde acustiche a bassa frequenza che libera bolle d'aria compressa in acqua. La strumentazione è costituita da due camere di pressurizzazione, una superiore che viene caricata di aria compressa ed una inferiore di scarico sigillate tra loro da un doppio pistone ad albero. L'*air-gun* viene caricato di aria tramite compressori ad esso collegati presenti sulla nave sismica che traina la strumentazione che si trova sommersa appena al di sotto della superficie marina. L'aria passa dalla camera superiore a quella inferiore attraverso la sezione cava del pistone; quando l'*air-gun* è 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'*air-gun* e l'aria compressa viene espulsa all'esterno.

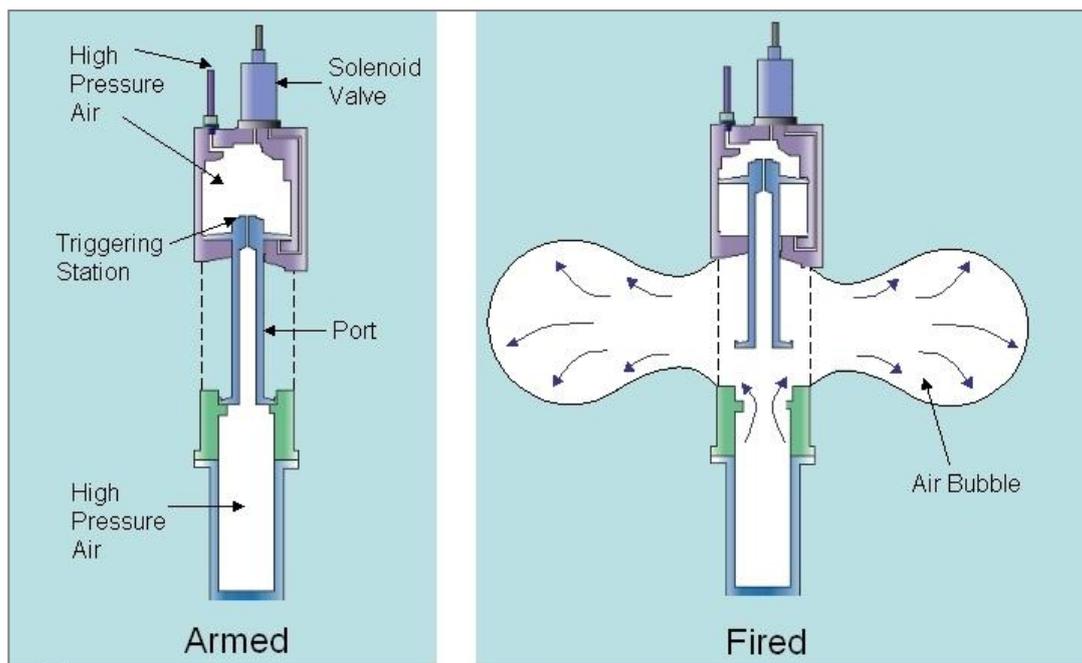


Figura 3.20 - Esempio di caricamento di un *air-gun* e rilascio dell'aria compressa verso l'esterno
(fonte: www.petroleumgeophysics.com)

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, utile per l'indagine sismica. La principale caratteristica del segnale di pressione di un *air-gun* è il picco iniziale seguito dagli impulsi provocati dalle bolle. L'ampiezza del picco iniziale dipende principalmente dalla pressione prodotta e dal volume dell'*air-gun*, 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'*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. In prossimità di un singolo *air-gun* si possono misurare picchi di pressione dell'ordine di 230 dB mentre un *array* costruito da 30 *air-gun* 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 *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.

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 *air-gun* che compongono l'*array*. Questa variabilità deve essere tenuta presente per predire in modo corretto il campo sonoro di un *array* di *air-gun*. Se la traccia dei singoli *air-gun* 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.

3.6.2 Parametri operativi di progetto per l'acquisizione sismica con *air-gun*

Parametri operativi *air-gun*

Per quanto concerne i parametri operativi di progetto relativi alla sorgente *air-gun* forniti per le attività in oggetto, vengono di seguito elencati le principali caratteristiche in una apposita tabella (Tabella 3.1).

PARAMETRI OPERATIVI	QUANTITÀ/ORDINE DI GRANDEZZA
Tipo di sorgente	<i>Sercel Soder G Gun</i>
Source Controller	<i>Seamap Gunlink 2000</i>
Numero di sorgenti	2
Volume di ogni sorgente	4330 cu in
Profondità sorgente (\pm tolleranza)	7m (\pm 1m)
Lunghezza dalla fonte	14 m
Numero di <i>Sub-Array</i> per sorgente	3
Separazione <i>Sub-Array</i>	10 m
Utilizzo <i>Flip/Flop</i> *	Si
Intervallo energizzazione per colpo	18.75 m
Definizione Misfire	\pm 1.0 mS
Pressione limite sorgente (\pm tolleranza)	2000 psi (\pm 10%)

Tabella 3.1 – Valore dei principali parametri operativi di progetto per l'*air-gun*

*La tecnologia del *Flip/Flop* consente di selezionare alternativamente camere di pressurizzazione di grandezza diversa (per esempio maggiori di 1,15 l fino a minori di 70 pollici³); questo consente di fornire energia al sistema alle diverse frequenze in base alle necessità geologiche. L'impiego del *Flip/Flop* si traduce in termini di risparmio energetico e nel minor impatto possibile sull'ambiente in cui esso viene utilizzato.

Configurazione degli *Array*

Qui di seguito vengono fornite le caratteristiche principali di configurazione del posizionamento degli *array* (sorgenti di energia), denominato modello 4330, utilizzato per la prospezione.

Questa configurazione è costituita da 3 *sub-array* di 14 metri di lunghezza posizionati a 10 metri di separazione tra loro, secondo uno schema composto da sorgenti individuali di varie dimensioni, che si combinano tra loro generando una sorgente sonora per il rilievo sismico. La sorgente di energia è posta a 7 metri di profondità e genererà una pressione di circa 2000 psi. Gli strumenti utilizzati sono del tipo *Sercel Soder G Gun*. La Figura 3.21 mostra la configurazione degli *array* secondo il modello 4330. La distanza tra *sub-array* è di 10 metri. In verde sono rappresentati i cluster, elementi sorgente che sono sufficientemente vicini tra loro da agire come sorgente unica, in bianco le sorgenti singole ed in nero le sorgenti di appoggio nel caso di mal funzionamento. La configurazione, così proposta, ha la finalità di concentrare verso il basso le onde acustiche, le quali penetrano nel sottofondo marino. Le onde si propagano nel terreno e vengono riflesse dalle diverse superfici di discontinuità che incontrano nel sottosuolo, gli idrofoni captano le onde

riflesse e registrano i diversi tempi che le onde impiegano a tornare in superficie. L'elaborazione dei dati raccolti avviene direttamente a bordo della nave e consente di ricostruire un'immagine delle principali strutture del sottosuolo.

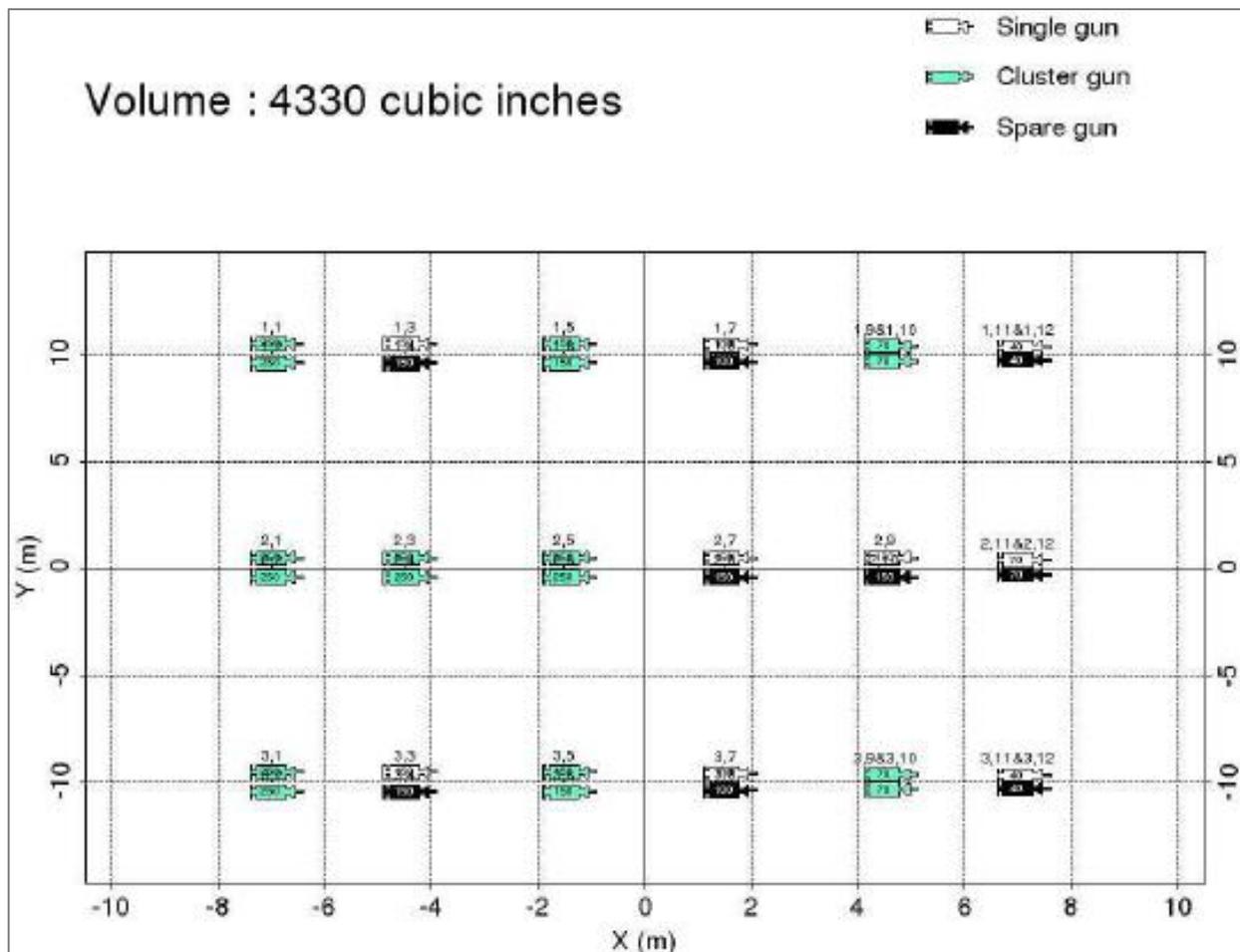


Figura 3.21 – Disposizione spaziale dei singoli elementi che compongono l'array secondo il modello 4330. In verde sono rappresentati i cluster (elementi sorgente che sono sufficientemente vicini tra loro da agire come sorgente unica) in bianco le sorgenti singole ed in nero le sorgenti di appoggio nel caso di mal funzionamento

3.6.3 Tipologia delle attrezzature di registrazione

L'attrezzatura per la registrazione delle onde sismiche si compone di due elementi principali:

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

L'idrofono (Figura 3.22) è un trasduttore elettroacustico, ossia converte le onde acustiche in segnali elettrici, utilizzato per rilevare le onde sismiche in acqua e determinare la direzione della loro sorgente. Poiché sott'acqua il suono si trasmette ad una velocità di circa 4,5 volte 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 di captare anche suoni emessi a grandi distanze. La direzione della sorgente è determinata dallo sfasamento dell'onda sonora tra idrofoni posti a distanza di diversi metri. 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 3.22 - Esempio di una serie di idrofoni usati nella prospezione sismica in mare (fonte: www.oilonline.com)

Il cavo sismico (o *streamer*) è un cavo galleggiante (Figura 3.23) che ha la duplice 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 delle condizioni meteorologiche e logistiche (vento, correnti marine e azione della marea) il cavo sismico si trova in genere su un tracciato non rettilineo rispetto alla direzione di navigazione. I cavi sismici possono rilevare anche valori molto bassi di energia riflessa che viaggia dalla sorgente sismica attraverso la colonna d'acqua fino al fondo del mare e negli strati sottostanti, tornando in superficie. Gli idrofoni collegati, convertendo i segnali di pressione riflessi in segnali elettrici, consentono di trasmettere i dati attraverso il cavo sismico fino al sistema di registrazione che si trova sulla nave sismica e digitalizzarli su un nastro magnetico. Le principali 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, di kevlar o acciaio, per mantenere il giusto sforzo sul cavo anche in condizioni di maltempo, il quale può essere sottoposto a parecchie tonnellate di peso durante il traino;
- 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.

Il cavo sismico ha un diametro di circa 6-8 cm ed è suddiviso in sezioni così che ogni 50-100 metri di lunghezza è possibile sostituire gli elementi eventualmente danneggiati. 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.

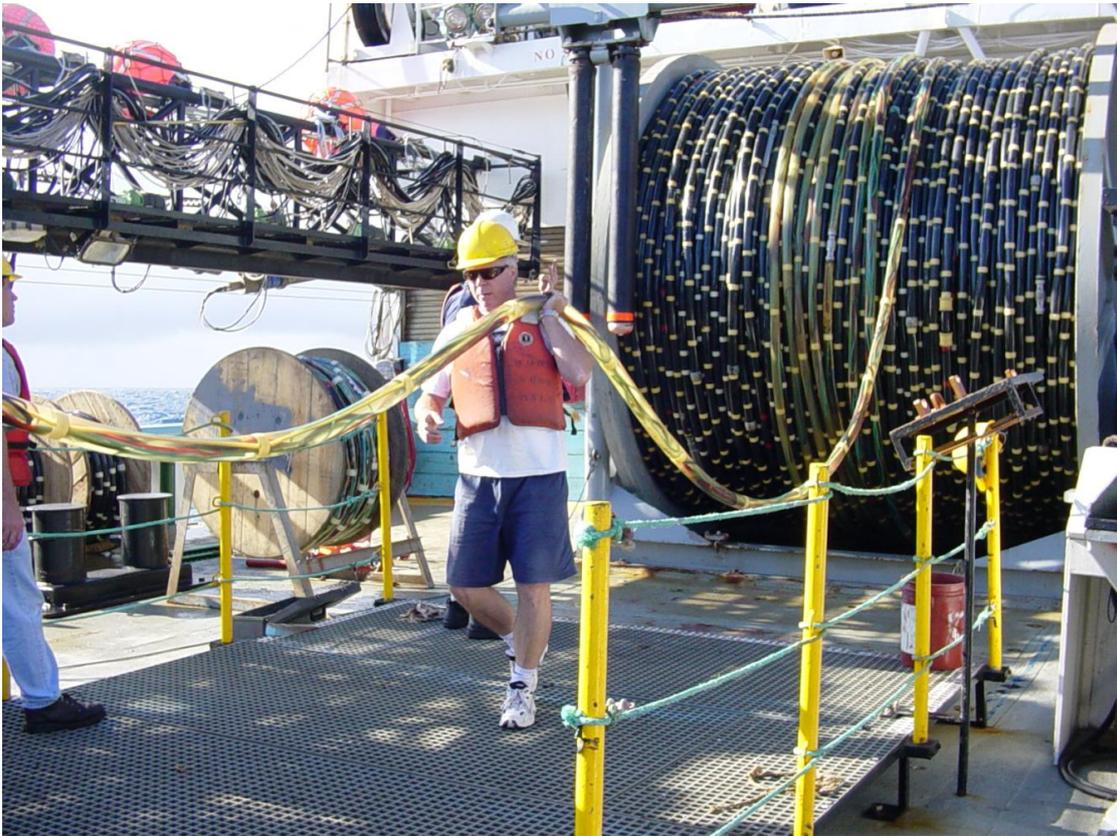


Figura 3.23 - Esempio di cavo per l'acquisizione sismica in mare raccolto in una grande bobina metallica (fonte: www.ig.utexas.edu)

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 3.24) 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 3.24 - Esempio di boa di coda in cui è visibile una parte del cavo sismico (fonte: www.jamstec.go.jp)

3.6.4 Navi per la prospezione sismica in mare

Per l'esecuzione a regola d'arte di una prospezione sismica in mare occorre disporre di apposite apparecchiature e di mezzi idonei atti allo scopo da raggiungere. Oltre alle attrezzature illustrate nei particolari nei paragrafi precedenti, un progetto di ricerca in mare necessita di mezzi natanti atti ad ospitare sia la complessa apparecchiatura descritta, sia la squadra di professionisti che ne governerà l'uso.

In una tipica campagna di acquisizione sismica in mare, il numero complessivo di imbarcazioni necessarie sono variabili da 2 a 3, ognuna avente un compito ben prestabilito:

1. Nave sismica di acquisizione (*seismic survey vessel*);
2. Barca da supporto (*support vessel*);
3. Barca da inseguimento (*chase vessel*).

Se la nave di acquisizione è fondamentale per lo svolgimento delle attività e acquisizione dei dati sismici, le altre imbarcazioni sono dedite al controllo e a supporto delle operazioni logistiche. Talvolta, tuttavia, l'utilizzo della barca da inseguimento non si rende necessario poiché le condizioni logistiche sono tali da non richiederne la presenza sul campo di acquisizione. Nelle pagine che seguono verrà fornita una completa descrizione relativa alle caratteristiche principali delle navi sismiche da utilizzare nel presente progetto di prospezione.

Nave per la prospezione sismica (*Eight Streamer seismic survey vessel*)

Le attuali navi per le prospezioni sismiche (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) sono dotate delle più moderne e sofisticate tecnologie sia per quanto riguarda la strumentazione di bordo finalizzata all'acquisizione dei dati richiesti, sia per ospitare l'equipaggio, sia per lo svolgimento delle essenziali attività logistiche.

Le moderne navi sismiche, infatti, sono strutturate in maniera tale da far fronte alle differenti esigenze tra cui: gli alloggi per l'equipaggio, la strumentazione di bordo, un mini eliporto, la scorta di carburante e vettovaglie in grado di garantire una discreta autonomia al natante. Il capitano è il responsabile della sicurezza a bordo della nave a cui spetta l'ultima parola sulle operazioni e le manovre della medesima.

La nave ospita a bordo tutti gli strumenti e le apparecchiature necessari per il rilievo:

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

L'ubicazione del settore adibito al deposito della strumentazione varia in base al modello della nave; tuttavia normalmente è posto al centro del natante, talvolta sotto il ponte principale o a poppa. Contiene i principali strumenti per l'acquisizione dei dati sismici, il controllo dei cavi e dell'energizzazione della sorgente. Il sistema principale di navigazione è anche collegato ad 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 in cui testare gli strumenti o per la loro manutenzione e riparazione.

Nel settore di poppa si svolgono in genere funzioni di manovra come la conservazione, il dispiegamento e il recupero della strumentazione sismica posta in mare. I cavi sismici sono raccolti in grandi bobine e quando l'acquisizione sismica comincia sono dipanati lungo i lati della nave e direttamente trainati dalla nave. Tutti gli elementi contenuti all'interno del cavo sismico sono collegati tramite speciali connettori alla sala della strumentazione. Durante le operazioni di prospezione sismica i cavi sismici sono calati in mare tramite uno scivolo che si trova nella parte posteriore del ponte. I parametri di flusso d'aria veicolato 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 *air-gun*. L'equipaggiamento per il traino ha la funzione di effettuare l'ideale trascinarsi dei cavi sismici e degli *array* della sorgente. Si tratta di una complessa serie di strumenti progettata con lo scopo di assicurare ai cavi sismici multipli e agli *array* l'accurata disposizione spaziale dei singoli elementi secondo il modello prestabilito. La manutenzione dell'*air-gun* e dell'equipaggiamento per il traino è assicurata dai meccanici che fanno parte dell'equipaggio della nave. Come ogni imbarcazione, 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 collegate alla sorgente di energizzazione o ai mezzi di traino del cavo.

Un'area della nave accoglie i motori e i compressori che forniscono elevati valori di pressione (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). Anche quest'area è sotto il controllo dei meccanici.

All'interno della nave sismica, infine, ha sede anche la sala di controllo e registrazione, in cui sono immagazzinati tutti i dati rilevati dagli idrofoni, dalle bussole magnetiche, dai sistemi di posizionamento. Da questa sala vengono anche gestiti gli *air-gun* e tutte le apparecchiature di servizio. Già da subito a bordo della nave è persino possibile eseguire un'analisi preliminare dei dati acquisiti finalizzata sia ad una funzione di controllo della qualità del dato, sia ad una sommaria e parziale interpretazione degli stessi dati. Il numero totale di persone dedite alle varie attività che compongono l'equipaggio di questo tipo di navi può anche raggiungere le cinquanta unità.

La Tabella 3.2 seguente riporta le specifiche tecniche della nave sismica che verrà utilizzata per i rilievi.

SPECIFICHE DELLA NAVE SISMICA		
Dimensioni nave	Lunghezza	74,4 m
	Larghezza	17,97 m
	Stazza	4396 (lorda)
Pescaggio		8,5 m
Velocità massima		13 nodi (24,1 km/h)

Tabella 3.2 - Dati operativi della nave sismica

Barca d'appoggio

L'attività della nave sismica verrà accompagnata e supportata da una nave d'appoggio (o supporto) che avrà la funzione di controllare le attrezzature trainate, verificare le condizioni ambientali, far fronte e risolvere qualsiasi problema logistico o richiesta da parte della nave sismica. Questo tipo di imbarcazione è anche in grado di eseguire il traino in caso di emergenza, garantire il rifornimento o il bunkeraggio della nave sismica. Il natante, inoltre, sarà dotato anche di gru da lavoro e la capacità di ospitare ed eseguire i cambiamenti di equipaggio. Talvolta, le più accessoriate, sono persino dotate di eliporto.

La tabella che segue (Tabella 3.3) riporta le specifiche tecniche della nave di appoggio che verrà utilizzata a supporto della nave sismica in merito al progetto di prospezione in esame.

SPECIFICHE DELLA NAVE DI APPOGGIO		
Dimensioni nave	Lunghezza	58,25 m
	Larghezza	12,8 m
	Stazza	4000 ton (circa)
Pescaggio		6,0 m
Velocità massima		12 nodi (22,2 km/h)

Tabella 3.3 - Specifiche tecniche della nave di appoggio

Nave da inseguimento

A supporto della nave sismica è talvolta richiesta anche la presenza di un'altra imbarcazione dedita al disbrigo di semplici ma essenziali attività logistiche che mirino sia a garantire la necessaria sicurezza del personale in mare, sia il buon esito delle operazioni di prospezione. La *Chase ship* (nave da inseguimento) per l'appunto, avrà il compito di garantire che il tragitto a prua della nave sismica sia del tutto sgombero da ostacoli o sia interessato da altre attività come quella di pesca. Tale imbarcazione avrà infatti lo scopo di comunicare e avvisare ai pescatori locali delle operazioni di ricerca in modo da non interromperne la continuità o verificare la presenza di eventuali altri natanti che possano ostacolare o inficiare le attività al disopra degli *streamers*.

La tabella che segue (Tabella 3.4) riporta le specifiche tecniche della nave da inseguimento che verrà utilizzata a supporto della nave sismica in merito al progetto di prospezione in esame.

SPECIFICHE DELLA NAVE DA INSEGUIMENTO		
Dimensioni nave	Lunghezza	36,00 m
	Larghezza	7,20 m
	Stazza	---
Pescaggio		4,06 m
Velocità massima		11 nodi (20,4 km/h)

Tabella 3.4 - Specifiche tecniche della nave da inseguimento

3.6.5 Modalità operative

Per quanto concerne i dettagli tecnici delle metodologie adottate e le modalità delle attività di prospezione, esse riguardano principalmente aspetti legati all'esatta localizzazione delle linee sismiche che comporranno la griglia di acquisizione, la tempistica e le specifiche relative alle operazioni di supporto. La grande esperienza di Transunion Petroleum maturata negli anni nella realizzazione di attività di esplorazione come quella proposta nel presente report, induce a non fornire a priori valori esatti privi di ragionevoli incertezze. Il motivo risiede nel fatto che le variabili in gioco sono molteplici e relative alle condizioni logistiche, meteorologiche e indeterminazioni varie che possono ripercuotersi sullo svolgimento delle attività stesse e sulle tempistiche. Tuttavia sempre a causa della pregressa esperienza è possibile fornire delle stime confrontando tali dati con le campagne di acquisizione già realizzate.

- Allo stato attuale dei fatti, in merito alla mappa delle linee sismiche da acquisire, non è ragionevole disporre al momento di una mappa finale della griglia composta dalle singole linee da acquisire. La ragione risiede nell'impossibilità di stabilire con certezza a priori le aree da dettagliare con la ricerca poiché sono funzione delle caratteristiche emerse dagli studi effettuati nella fase precedente e delle caratteristiche riscontrate di volta in volta dall'analisi dei dati raccolti.

Anche la tempistica risulta estremamente variabile perché funzione di numerosi aspetti, taluni, in continua evoluzione e impossibili da definire a monte delle attività nonostante una meticolosa pianificazione. Tra i fattori che possono influire la tempistica abbiamo:

- La velocità della nave sismica è stimata attorno ai 4-5 nodi; una velocità inferiore inficerebbe il normale stendimento dei cavi e delle attrezzature trainate dal natante con ripercussioni sulla qualità dei dati di acquisizione; una velocità superiore a quella di crociera aumenterebbe la tensione dei cavi di traino e non garantirebbe l'omogeneità e la regolarità degli intervalli di energizzazione.
- L'intervallo di energizzazione dipende anche dalla risoluzione che si vuole ottenere dell'immagine della geologia del sottosuolo; un usuale punto di energizzazione è di 25 metri ogni 2 *array*, pertanto 50 metri per ogni sorgente; studi in merito hanno evidenziato che per una maggiore copertura delle strutture sepolte l'energizzazione dovrebbe avvenire ad intervalli di 18,75 metri (37,5 metri per ogni sorgente). Inoltre, le sorgenti sismiche adoperate per le attività in oggetto, operano in modalità flip-flop, ossia mentre un *array* carica il colpo, l'altro emette l'impulso così da ottimizzare i tempi. Si

sottolinea infine che ogni *array* è composto da diversi *air-gun* ma che operano all'unisono come un'unica fonte di emissione.

Il calendario di massima per l'indagine in corso risulta difficile da stilare alla luce di quanto premesso; sono inoltre da considerare i tempi di inattività e i tempi tecnici di attesa che sono estremamente variabili a seconda delle diverse condizioni trovate *in situ*. Tuttavia per avere un'idea di massima è stato stimato che per un'indagine sismica 2D come quella in progetto e della lunghezza totale di circa 100 km, la durata massima delle operazioni dovrebbe aggirarsi attorno ai 10 giorni.

3.6.6 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 e non verrà lasciata alcuna strumentazione *in situ*. Inoltre non è prevista la costruzione di alcuna opera, sia essa temporanea o permanente. Pertanto, non è necessaria nessuna opera di ripristino per la tipologia di attività proposta e per l'ambiente in cui verrà eseguita.

3.7 Descrizione delle eventuali operazioni di perforazione

I paragrafi che seguono sono volti ad illustrare e descrivere le dinamiche e le tipologie di operazione da mettere in atto in una eventuale fase di perforazione. La campagna di perforazione costituisce una serie complessa e articolata di operazioni necessarie alla verifica diretta dell'esistenza di idrocarburi economicamente sfruttabili una volta definita la contemporanea presenza del sistema roccia-madre, roccia-serbatoio, roccia di copertura e trappole. Per questo motivo tale fase geognostica verrà posta in essere solo qualora gli studi pregressi, svolti nella precedente fase operativa di ricerca, dovessero confermare la presenza di indizi geologici che conducano alla potenziale presenza delle suddette condizioni. Una volta confermate tali condizioni, Transunion Petroleum Italia S.r.l., procederà alla perforazione di un pozzo esplorativo all'interno dell'area in oggetto la cui profondità finale sarà, comunque, funzione delle caratteristiche geologiche riscontrate. Si sottolinea comunque che l'eventuale fase di perforazione dovrà, in ogni caso, essere sottoposta ad una nuova procedura di VIA.

La descrizione delle operazioni di perforazione avviene attraverso dei passaggi schematici legati alla realizzazione di una postazione per la realizzazione di un pozzo esplorativo, le tecniche di perforazione e le tecniche di prevenzione dei eventuali rischi ambientali. Si ribadisce che queste attività sono strettamente interconnesse ai risultati delle indagini sismiche di rielaborazione dei dati disponibili e all'analisi di quelli che verranno acquisiti nella nuova campagna di rilievo sismico. Sono, inoltre, funzione 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.

3.7.1 Tipologia delle piattaforme di perforazione *off-shore*

L'esecuzione di un pozzo con scopi esplorativi ha la finalità di indagare gli obiettivi geologici (stratigrafici e/o strutturali) messi in evidenza dai rilievi geofisici precedentemente eseguiti per verificare la presenza d'idrocarburi e stimarne le caratteristiche qualitative e quantitative.

Di seguito sono descritti 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 ospitare 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 3.25): sono impiegate in fondali di profondità inferiore ai 200 metri. Per lo spostamento 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 al di fuori del piano. 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 lo 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 3.25 – Esempio di piattaforma mobile o jack-up (fonte: www.isleofbarra.com)

Qualora, per il permesso di istanza di ricerca in oggetto, le operazioni di ricerca dovessero avere esiti positivi, per le eventuali operazioni di perforazione da parte di Transunion Petroleum Italia S.r.l. la scelta ricadrebbe proprio su questo tipo di piattaforma.

- **Piattaforma semisommersibile (semisub):** le piattaforme semisommersibili (Figura 3.26) 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.



Figura 3.26 – Esempio di piattaforma semisommersibile (fonte: www.digilander.libero.it)

- **Piattaforme sommergibili:** sono degli impianti di perforazione *off-shore* 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, andando ad appoggiarsi 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 3.27): 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 metri, 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. 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.

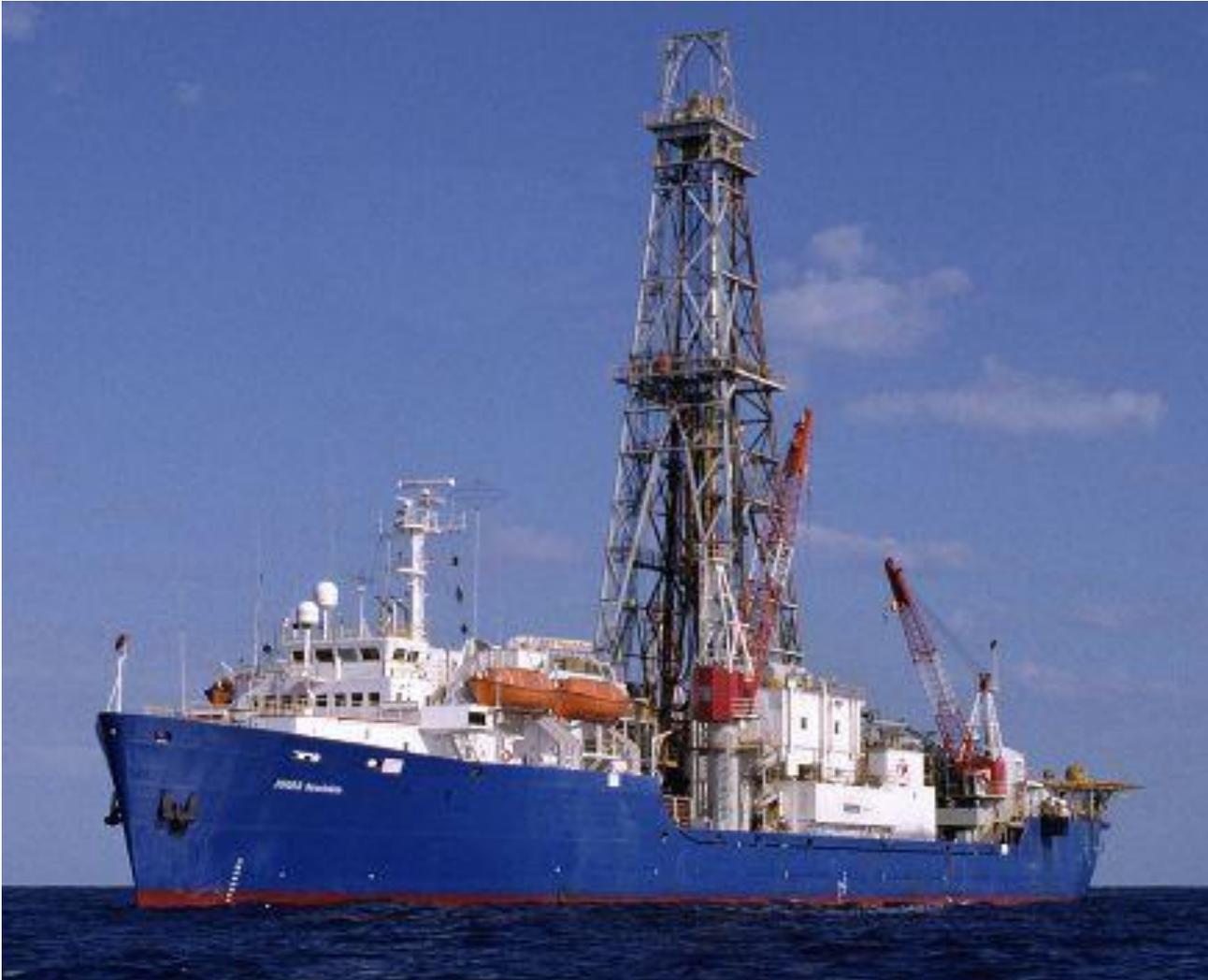


Figura 3.27 - Esempio di *drilling ship* (fonte: www-odp.tamu.edu)

- **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. 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 necessità hanno 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 3.28)*. 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 3.28 - Nave appoggio per piattaforma o *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 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.

3.7.2 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. Il sistema di

compensazione dell'alzata 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.

3.7.3 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 in oggetto, il fondale ad una profondità di esercizio variabile a seconda del punto esatto in cui verrà stabilita la perforazione del pozzo che si stima di 2700 metri dal substrato roccioso.

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

Tre le principali tecniche di perforazione comunemente utilizzate, si elencano di seguito gli 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. 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 nel 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 pressione mediante RFT (*Repeat Formation Tester*) o MDT (*Modular Formation Dynamics Tester*), al fine di acquisire dati di pressione e i 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 dalle 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 alimentato 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.

3.7.4 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.

3.7.5 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 allestimento della postazione una serie di misure preventive attraverso l'utilizzo di elementi che possano ridurre i rischi connessi alle attività di cantiere.

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 considerando i vari aspetti quali:

- presenza e ubicazione delle aree marine di ripopolamento;
- aree marine archeologiche;
- ambienti marini con informazioni su flora e soprattutto fauna ittica (pesca);
- presenza e avvistamenti di mammiferi, tartarughe e benthos.

Lo scopo di quest'analisi è quello di ottenere una panoramica quanto più dettagliata possibile sul quadro ambientale della zona, così da poter ridurre al massimo l'impatto antropico sulla stessa o addirittura annullarlo.

4.1 Delimitazione delle aree interessate dalle operazioni

L'area interessata dalle operazioni si trova ubicata nel Canale di Sicilia, braccio di mare compreso tra le propaggini meridionali della penisola italiana e quelle settentrionali nord-africane.

In dettaglio, l'area è localizzata nella porzione sud-orientale dell'isola a largo delle coste meridionali siciliane nel settore antistante la porzione occidentale della provincia di Ragusa (Figura 4.1).

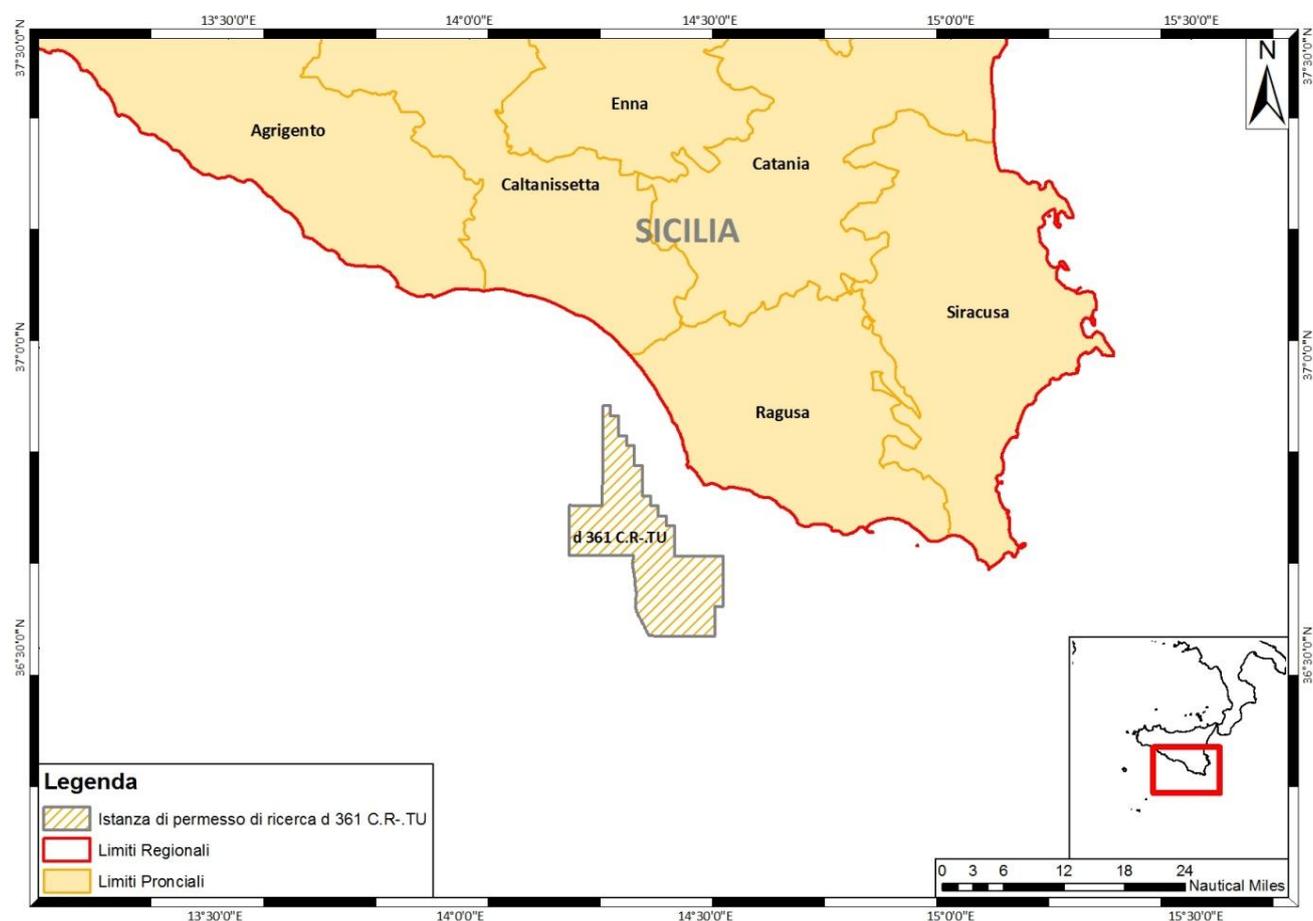


Figura 4.1 - Ubicazione del blocco in istanza di permesso di ricerca a largo delle coste siciliane sud-orientali

4.2 Suolo e sottosuolo

4.2.1 Inquadramento geologico dell'area

Il blocco ricade all'interno del *plateau* di Ragusa-Malta che si estende tra gli Iblei e l'isola di Malta ed è limitato ad ovest dai *graben* attivi della zona di *rift* del Canale di Sicilia e ad est dalla scarpata di Sicilia-Malta, un importante limite tettonico che separa un settore caratterizzato da crosta continentale ed un'area bacinale con presenza di crosta oceanica (Figura 4.2).

L'area è profonda meno di 200 metri ed è formata da un Mesozoico molto potente e da un Cenozoico che si assottiglia sia da ovest a est sia da sud a nord con modeste ondulazioni e faglie con direzione NE-SO.

L'apertura della Neotetide ha coinvolto l'intera area durante il Triassico superiore – Giurassico Inferiore. Questo processo ha dato il via ad una serie di movimenti tettonici che hanno portato alla formazione di bacini di intrapiattaforma con lagune anossiche (Fm. Noto) successivamente evolute in bacini anossici a fortissima subsidenza (Fm. Streppenosa), delimitati da piattaforme carbonatiche (Fm. Siracusa). Il regime transtensivo che si instaurò, ha controllato la geometria di questi bacini portando allo sviluppo di bacini di *pull apart* (Catalano & D'Argerio, 1982 e Catalano et alii., 2002) lungo i lineamenti orientati NO-SE e NE-SO (Di Stefano 2002). La distensione, contemporanea all'apertura della Neotetide, mostra un'orientazione OSO-ENE (Catalano et al. 2002). Prima della fase di *spreading*, intorno al tardo Sinemuriano, avviene l'annegamento delle piattaforme carbonatiche (Di Stefano 2002). Infatti sopra la piattaforma carbonatica della formazione Siracusa sono presenti successione di argille e marne bacinali appartenenti alla formazione Buccheri, che vanno a livellare la paleo topografia esistente caratterizzata da numerosi bacini e piattaforme.

L'oceano Ionico ha cominciato a espandersi a partire dall'inizio del Giurassico medio. In questo contesto la Scarpata di Malta ha rappresentato il limite tra la crosta continentale e la crosta oceanica (Finetti 2003). Lo *spreading* è cessato probabilmente durante il Giurassico (Rosembaum, 2004) e successivamente si sono registrati solamente dei fenomeni di subsidenza termica.

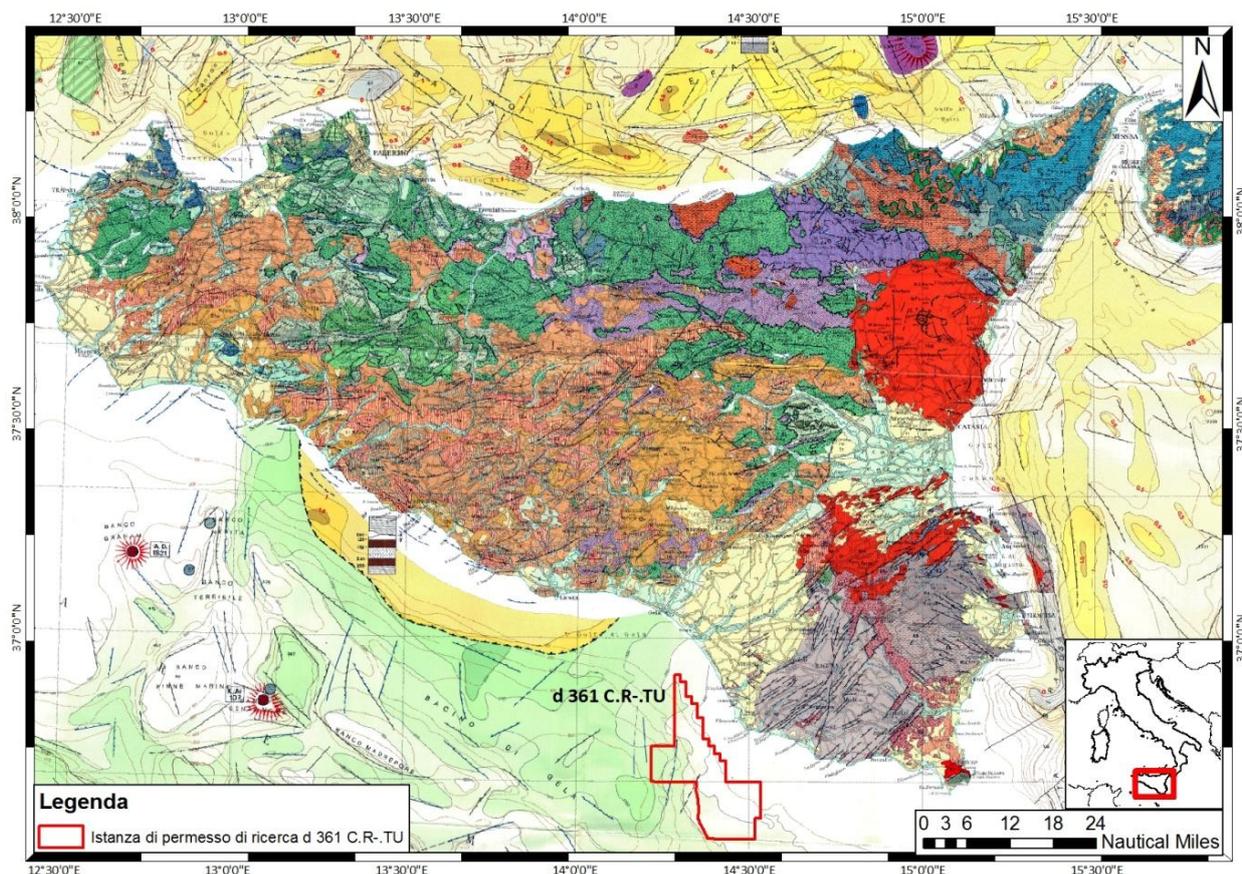


Figura 4.2 - Carta geologica della Sicilia in relazione alla posizione dell'area oggetto di studio (fonte: Bigi et al, 1992)

Il regime estensionale è progressivamente migrato verso sudovest durante il Cretaceo, con effetti sempre più deboli nel *Plateau* Ibleo-Maltese. Dal Cretaceo superiore c'è stata un'inversione delle preesistenti strutture tettoniche, il cui apice della fase compressiva si registra nell'Eocene, a causa della convergenza tra Africa ed Europa. La nascita del *rift* del Canale di Sicilia a partire dal Miocene ha scatenato una serie di intense deformazioni con lo sviluppo di strutture transtensionali e transpressive orientate NE-SO in un contesto tettonico molto complesso ed articolato (Gardiner et alii, 1995).

4.2.2 Inquadramento geomorfologico e batimetrico

Il Canale di Sicilia occupa la parte settentrionale della piattaforma continentale africana, tra la Tunisia e la Sicilia. Pur trattandosi di una area relativamente piccola, ospita una serie di elementi morfologici, strutturali, tettonici e vulcanici, senza eguali nel Mediterraneo. La maggior parte delle zone meno profonde (profondità dell'acqua variabile tra i 100 ed i 300 metri) sono state al di sopra del livello del mare durante l'ultimo massimo glaciale (~ 18000 anni fa), tanto che la linea di costa e la configurazione geografica antica erano molto diverse da oggi: il Canale di Sicilia si presentava come una sorta di arcipelago. Un sistema di *rift* tettonico si è sviluppato a partire dal Miocene superiore all'interno della piattaforma continentale africana (il blocco Pelagico), con la creazione di tre principali depressioni (Pantelleria, Linosa, Malta). Una significativa attività magmatica ha accompagnato questi processi, con la creazione di due isole di origine vulcanica (Pantelleria e Linosa) e di altre manifestazioni, alcune delle quali si sono verificate nel recente passato (ad esempio, l'Isola di Ferdinanda, emersa solo per alcuni mesi nel 1831). Nonostante questa ricchezza geologica e morfologica, il Canale di Sicilia è una delle zone meno conosciute del Mediterraneo, di cui mancano addirittura mappe batimetriche di un certo dettaglio. In realtà, relativamente pochi sono stati gli studi sistematici condotti in questa regione. La maggior parte delle informazioni provengono dalle esplorazioni marine pionieristiche degli anni '70, e dai dati delle compagnie petrolifere. Sondaggi sparsi ed arealmente molto ristretti sono stati condotti solo negli ultimi anni. Le strutture che interessano quest'area sono comunque ragguardevoli e caratterizzano la geomorfologia del bacino dell'area da SO verso NE, (Figura 4.3).

A partire dalla zona nord-occidentale del canale il primo complesso che si incontra è il Banco Avventura occupato dall'avanfossa tortoniana (detta Avventura) relativa alla catena appennino-maghrebide che occupa questo sito (Argnani et alii, 1987; Antonelli et alii, 1988). Diverse scaglie tettoniche scollate dal substrato e sovrascorse in direzione sud-est vanno a costituire la catena. I sedimenti tortoniani e il loro basamento, nella zona della catena Nilde, sono stati interessati nel Pliocene da una tettonica compressiva a pieghe e faglie inverse. Se non si considerano la presenza dei depositi tortoniani di avanfossa, la successione stratigrafica presente è simile a quella del plateau di Malta.

Muovendosi verso SE lungo il bacino si trovano le fosse di Pantelleria, Malta, Linosa che caratterizzano l'avampaese africano. Il bacino di Pantelleria (profondità 1317 metri), quello di Linosa (profondità 1529 metri) e la depressione di Malta (profondità 1721 metri) sono originati da faglie distensive aventi direzione prevalente nord-ovest/sud-est e che indicano rigetti di 500 metri a Pantelleria e 1000 metri a Malta e Linosa dei depositi miocenici superiori (Argnani, 1990). I bacini sono limitati da faglie trasversali aventi orientazione nord-sud. Sedimenti torbiditici plio-pleistocenici caratterizzano il riempimento dei bacini (Maldonado & Stanley, 1977). A Pantelleria si raggiungono i 1000 metri di spessore, a Malta 1500 metri e a Linosa 2000 metri.

L'area compresa tra il Banco Avventura e il plateau di Malta è caratterizzata dal sistema della falda ed avanfossa di Gela. Questa struttura rappresenta la parte più esterna appartenente al sistema deformativo delle Maghrebidi-Siciliane. La falda di Gela è costituita da terreni silicoclastici di età miocenica medio-superiore e da evaporiti messiniane entrambi fortemente caottizzati (Argnani et alii, 1987). In età pliocenica-pleistocenica inferiore si è verificato un sovrascorrimento da parte della falda di Gela e i terreni sui quali si è verificato il movimento mostrano un'età più recente procedendo verso sud. L'avanfossa di Gela si sviluppa a sud del fronte della falda e parzialmente anche sotto, con direzione E-O evidenziata dall'anomalia gravimetrica che continua il trend negativo coincidente con l'avanfossa di Caltanissetta. La genesi dell'avanfossa di Gela è iniziata nel Pliocene inferiore, ed è stato stimato che contenga 2500 metri di

torbiditi silicoclastiche di età plio-pleistocenica (Argnani *et alii*, 1987). Un grosso pacco di sedimenti di 600-800 metri di spessore è presente nell'area meridionale del bacino, è coinvolto in una frana di grandi dimensioni risalente al Pleistocene superiore (Trincardi & Argnani, 1990).

L'ultimo baluardo geologico che costituisce verso nord-est la parte settentrionale del canale di Sicilia è il Plateau di Malta con uno spessore di sedimenti di circa 5000 metri (individuato tramite la sismica) che sovrastano le rocce cristalline del basamento di tipo africano. Gli ultimi 500 metri di successione hanno età plio-quadernaria e giacciono al di sopra di una netta superficie erosiva originata durante il messiniano. L'area oggetto di studio si trova per l'appunto sulla piattaforma Maltese ed è caratterizzata da una profondità dell'acqua che da più di 65 metri ad oltre 800 metri nella zone più sudoccidentale dell'area.

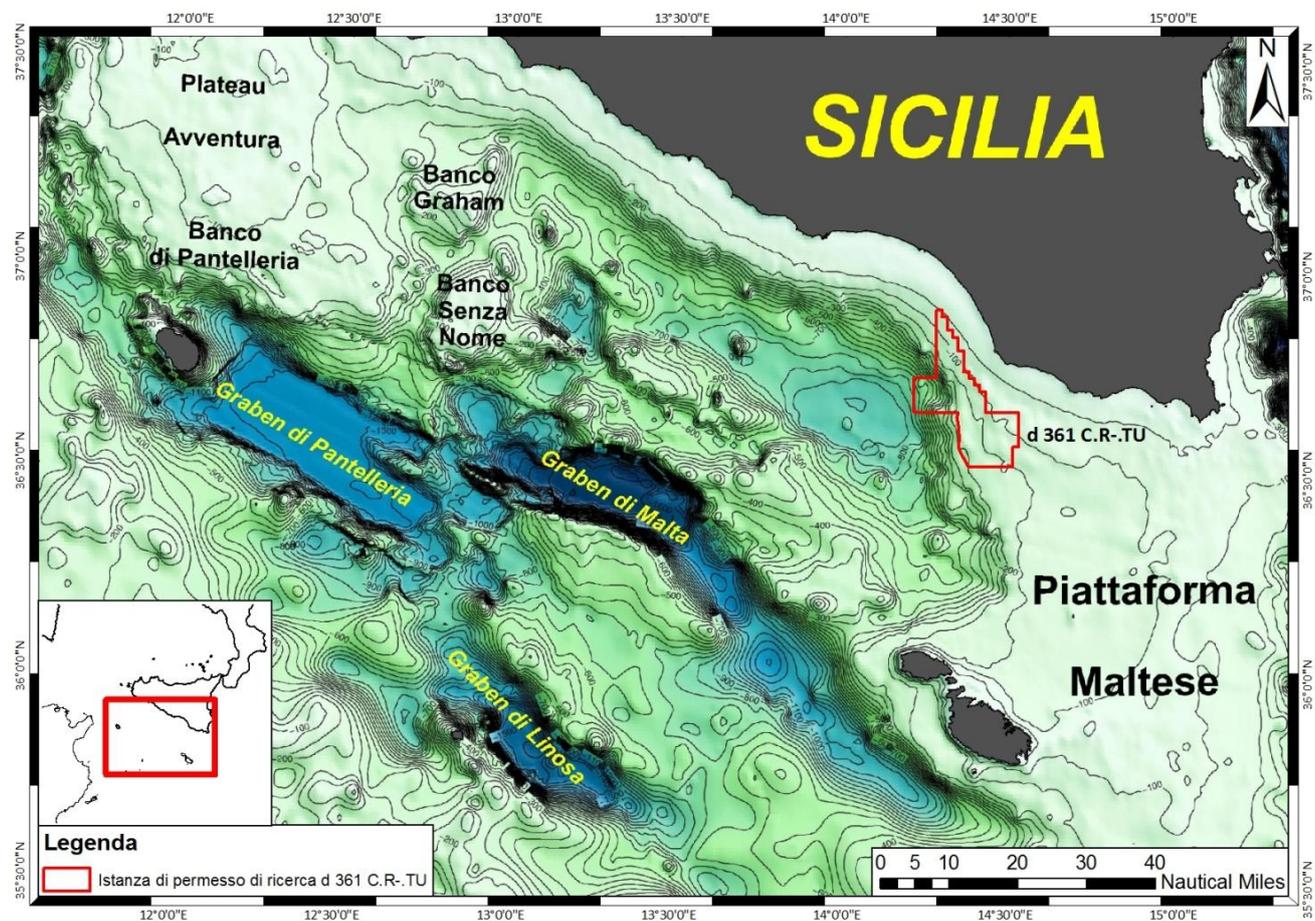


Figura 4.3 – Proiezione dell'area in istanza di permesso di ricerca sopra la mappa batimetrica generale del Canale di Sicilia (fonte: archivio OGS)

4.3 Ambiente Marino

4.3.1 Condizioni meteo marine

L'area in istanza di permesso di ricerca è localizzata al largo delle coste sicule e il clima predominante in quest'area è tipicamente mediterraneo (caratterizzato da estati calde e inverni miti) che muta a clima subtropicale in prossimità della costa. La temperatura annua raggiunge i 18°C, mentre le temperature più fredde toccano i 6°C (stagione invernale) e quelle più calde anche i 40°C nella stagione estiva. Le catene montuose settentrionali dell'isola mostrano escursioni termiche diurne notevoli e sono generalmente interessate da fenomeni nevosi durante il periodo invernale, mentre sulla costa questi fenomeni sono quasi inesistenti. Il clima della costa sud-occidentale risente delle correnti africane con il verificarsi di estati torride con valori di umidità superiori rispetto all'entroterra, anche se mai afose, con presenza di una buona ventilazione e brezze marine. L'entroterra è invece caratterizzato da piovosità scarsa a seguito di un clima

più asciutto. A tal proposito, la piovosità è un parametro basilare per definire le due stagioni che contraddistinguono questa regione: quella piovosa, fra novembre e gennaio, e quella asciutta con piogge nulle o scarse fra giugno e agosto. La causa delle piogge è imputabile allo Scirocco che arriva su questa regione carico di umidità, che riversa poi sotto forma di pioggia sull'isola. La temperatura dell'acqua varia da 15°C registrati in inverno a 27°C registrati in estate.

Nella figure a seguire vengono proposti i grafici con i valori della temperatura dell'acqua, temperatura dall'aria e dei livelli idrometrici di Porto Empedocle e Lampedusa che dall'osservazione della carta risultano essere le stazioni mareografiche più prossime all'area di studio. I dati sono stati scaricati dall'archivio digitale della rete nazionale dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) integrati con le mappe risultanti dalle campagne oceanografiche operate dal Gruppo di Oceanografia Operativa di Oristano.

Confrontando i dati della temperatura dell'acqua, registrati nello stesso intervallo temporale (dal 01/01/2011 al 01/01/2013), tra la stazione di Porto Empedocle e Lampedusa (Figura 4.4), si osserva che i picchi massimi di temperatura sono localizzati in corrispondenza del mese di agosto (circa 26°C registrati a Porto Empedocle, 28°C su Lampedusa) mentre nel mese di febbraio le temperature scendono fino ad un minimo di 12°C per entrambe le stazioni. Le temperature medie registrate a Lampedusa risultano sensibilmente più elevate rispetto a quelle rilevate a Porto Empedocle a causa della diversa posizione geografica. In effetti, analizzando le isoterme della carta redatta nel 2010 a seguito dei risultati emersi dalla campagna oceanografica operata dal gruppo di Oristano nel Canale di Sicilia, si nota come la temperatura mostri una diminuzione da nord-est a sud-ovest con valori che passano da 16,5-17°C a ridosso della costa siciliana (Porto Empedocle) fino a 18,5-19,5°C nella zona mediana del canale (Lampedusa), a conferma dei valori registrati da entrambe le stazioni. In questo contesto, l'area in istanza di permesso di ricerca è localizzata all'interno dell'isoterma 16,5-17°C.

Osservando inoltre l'andamento generale delle curve in Figura 4.4 è evidente come quello di Lampedusa risulti più "tortuoso" rispetto a quello lineare di Porto Empedocle. Molto probabilmente le registrazioni di Lampedusa risentono in maniera più importante dell'esposizione alle correnti marine a cui è continuamente soggetta. Questo si riflette inevitabilmente sulla curva della temperatura dell'acqua che registra escursioni più nette rispetto a quelle registrate su Porto Empedocle.

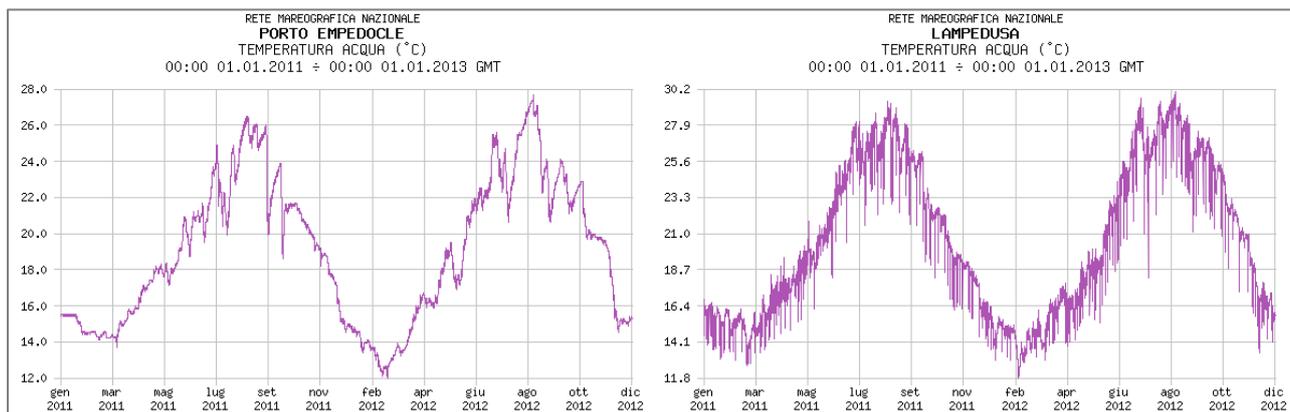


Figura 4.4 - Variazione della temperatura dell'acqua nelle stazioni di Porto Empedocle e Lampedusa, periodo 01/01/2011–01/01/2013 (fonte: www.mareografico.it)

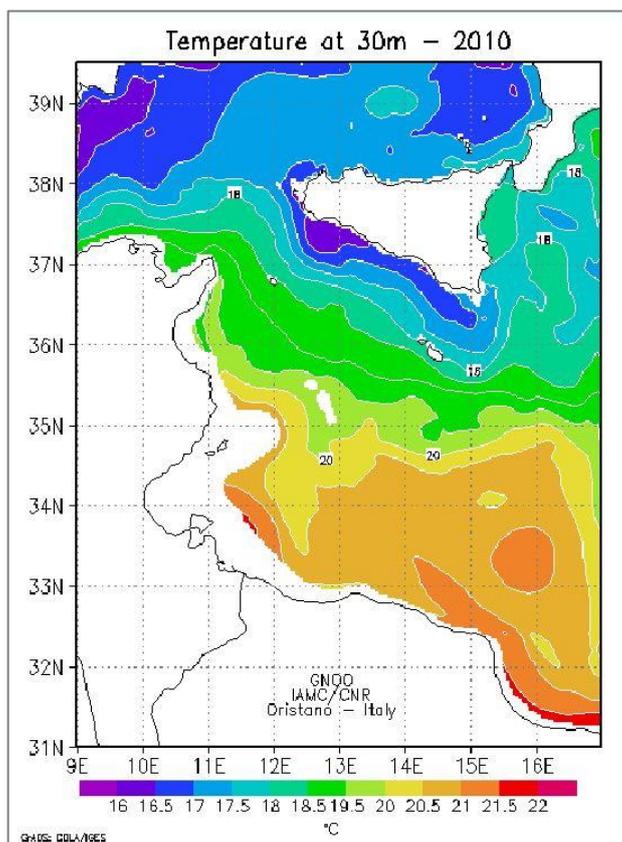


Figura 4.5 – Temperatura registrata nell’anno 2010 nel Canale di Sicilia (fonte: www.seaforecast.cnr.it)

La temperatura dell’aria è stata registrata in un intervallo di tempo di 2 anni (dal 01/01/2011 al 01/01/2013, Figura 4.6) e a differenza di quanto riscontrato nei grafici della temperatura dell’acqua, non ci sono evidenti disuguaglianze tra le due stazioni a questa scala temporale. In entrambi i casi le stazioni mostrano un picco di temperatura nel mese di agosto (34°C per Porto Empedocle e 33°C per Lampedusa) e un minimo nel mese di febbraio (4,6°C per Porto Empedocle e 6,5°C per Lampedusa).

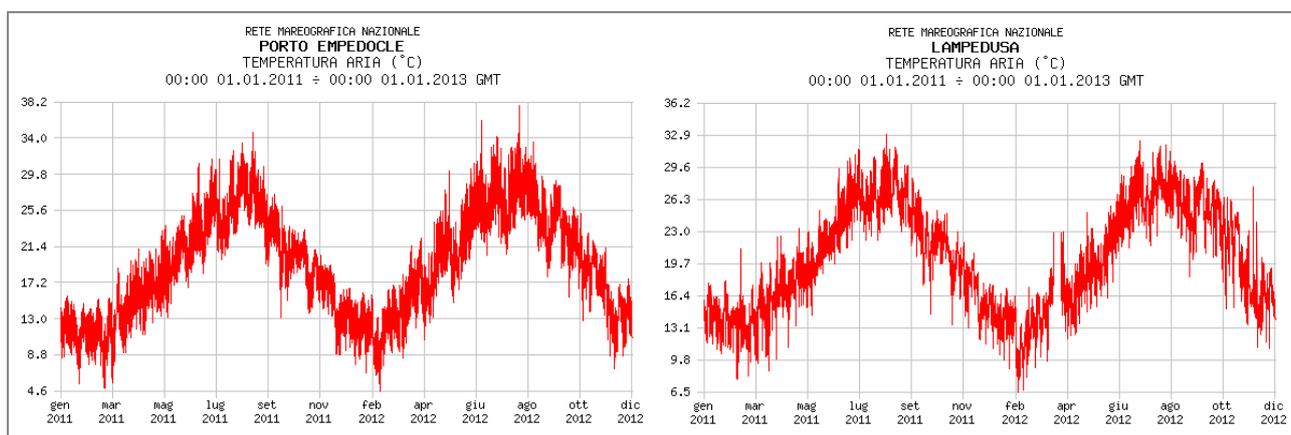


Figura 4.6 - Variazione della temperatura dell’aria nelle stazioni di Porto Empedocle e Lampedusa, periodo 01/01/2011–01/01/2013 (fonte: www.mareografico.it)

La variazione del valore del livello idrometrico è stata stimata su un spazio temporale di un anno (dal 20/02/2011 al 20/02/2012) e per la stazione di Porto Empedocle oscilla da un massimo di 0,65 metri registrato nel periodo tra aprile e maggio ad un minimo che tocca -0,39 metri in prossimità di ottobre mentre a Lampedusa il minimo idrometrico risulta di -0,30 metri ad aprile mentre il massimo rilevato tra maggio e giugno tocca i 0,50 metri (Figura 4.7).

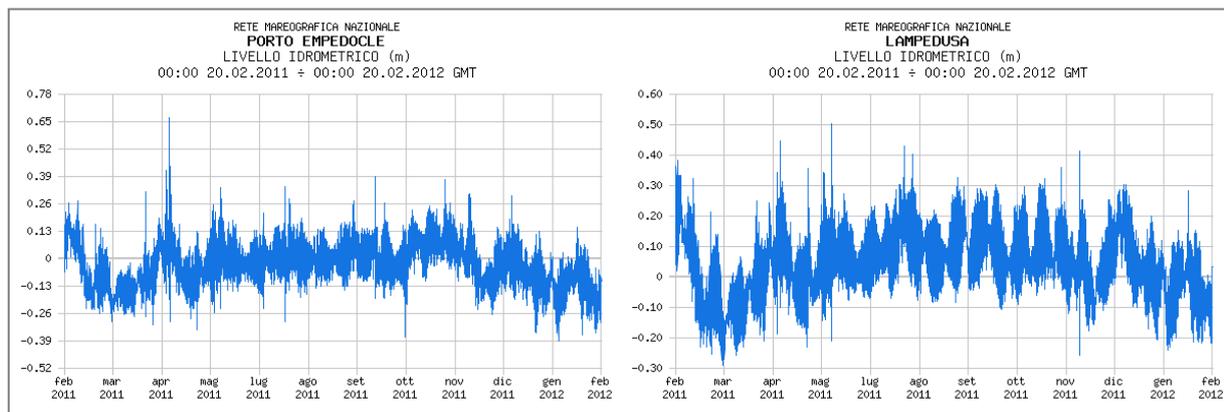


Figura 4.7 - Variazione del livello idrometrico nelle stazioni di Porto Empedocle e Lampedusa, periodo 20/02/2011–20/02/2012 (fonte: www.mareografico.it)

Nei prossimi paragrafi, verranno trattate con maggior dettaglio le tematiche di: salinità, venti e correnti marine che interessano l’area oggetto di studio facendo riferimento ai valori registrati dalle stazioni più vicine. Nella trattazione delle correnti marine che interessano l’area del Mediterraneo verrà dedicata anche una parte specifica alla porzione di mare che fa parte del Canale di Sicilia, più prossima alla area di istanza di permesso di ricerca.

4.3.2 Salinità

La salinità nel bacino Mediterraneo è una delle cause che regolano le dinamiche delle masse d’acqua all’interno dell’intero bacino condizionandone il movimento da est a ovest sottoforma di correnti sottomarine. Le condizioni di salinità che caratterizzano l’area oggetto di studio per i primi 30 metri si aggirano tra i 38,1-38,3 PSU (*Practical Salinity Units*) secondo i rilevamenti effettuati durante le campagne oceanografiche operate dal Gruppo di Oceanografia Operativa di Oristano (Figura 4.8). Le variazioni di salinità sono il risultato di un sistema di correnti marine che interessa l’intero bacino mediterraneo nell’ottica di un apparato dinamico costante e complesso che influenza i parametri chimico-fisici dallo stretto di Gibilterra fino alle costa libanesi (si rimanda al capitolo correnti marine).

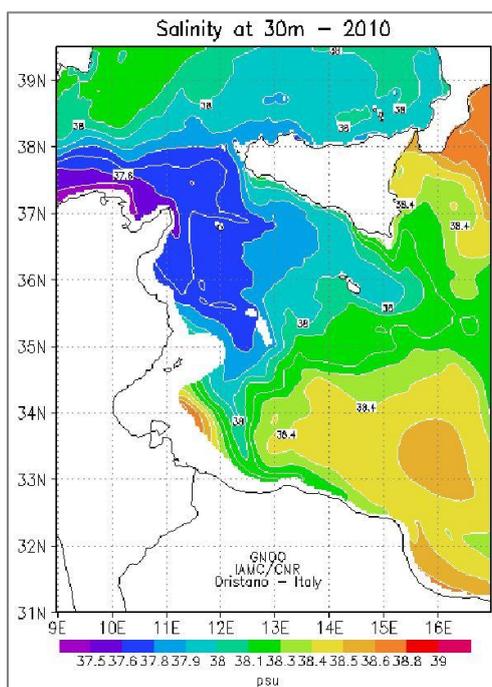


Figura 4.8 - Dettaglio della carta della salinità per l’anno 2010 nel Canale di Sicilia per una profondità di 30 metri (fonte: www.seaforecast.cnr.it)

La sezione mostrata in Figura 4.9 illustra la variazione del valore di salinità con la profondità nella sezione che corre lungo la direttrice del fuso di longitudine 13°E nell'intervallo di latitudine compreso tra il fuso 33°N e il 37°N. Come risulta evidente dalla sezione, il parametro della salinità è sensibile non solo al fattore profondità ma anche alla direttrice latitudinale che taglia da sud a nord il Canale di Sicilia.

Muovendosi lungo il fuso 13°E a partire da una latitudine di circa 33°N si nota come in prossimità delle coste libiche la salinità incrementi da 38,3-38,4 PSU in superficie (100 metri) fino a 38,8 PSU ad una profondità di 250 metri. Risalendo il fuso verso nord la condizione di salinità rimane pressoché imperturbata fino al raggiungimento di due delle più importanti depressioni che caratterizzano la zona del Canale di Sicilia: il bacino di Linosa e il bacino di Malta rispettivamente (36-37°N). Qui i valori di salinità registrati raggiungono profondità oltre i 1000 metri vista la batimetria della zona, con un aumento graduale che raggiungere un picco massimo di salinità intorno alla profondità di 800 metri (circa 39 PSU). In questo contesto la batimetria dell'area gioca un ruolo molto importante sul parametro salinità. Infatti masse d'acqua a maggior contenuto di sale mostrano un incremento di densità relativamente importante, tendendo così a depositarsi lungo depressioni e scalzando di conseguenza volumi d'acqua meno densi che si spostano verso la superficie (dinamica delle correnti). In Figura 4.10 è mostrato l'andamento del valore di densità lungo la stessa direttrice latitudinale della salinità evidenziando la relazione che intercorre tra questi due parametri. Gli incrementi di salinità e densità si manifestano sostanzialmente allo stesso modo in relazione alla profondità con un picco registrato per entrambe queste componenti in prossimità dei *graben* di Linosa e Malta.

Una volta a ridosso delle coste sicule la batimetria si assesta su profondità più superficiali (0-50 metri) dove la salinità mostra una diminuzione che si aggira intorno ai 38-38,2 PSU, intervallo di isoaline in cui è inclusa l'area in istanza di permesso di ricerca.

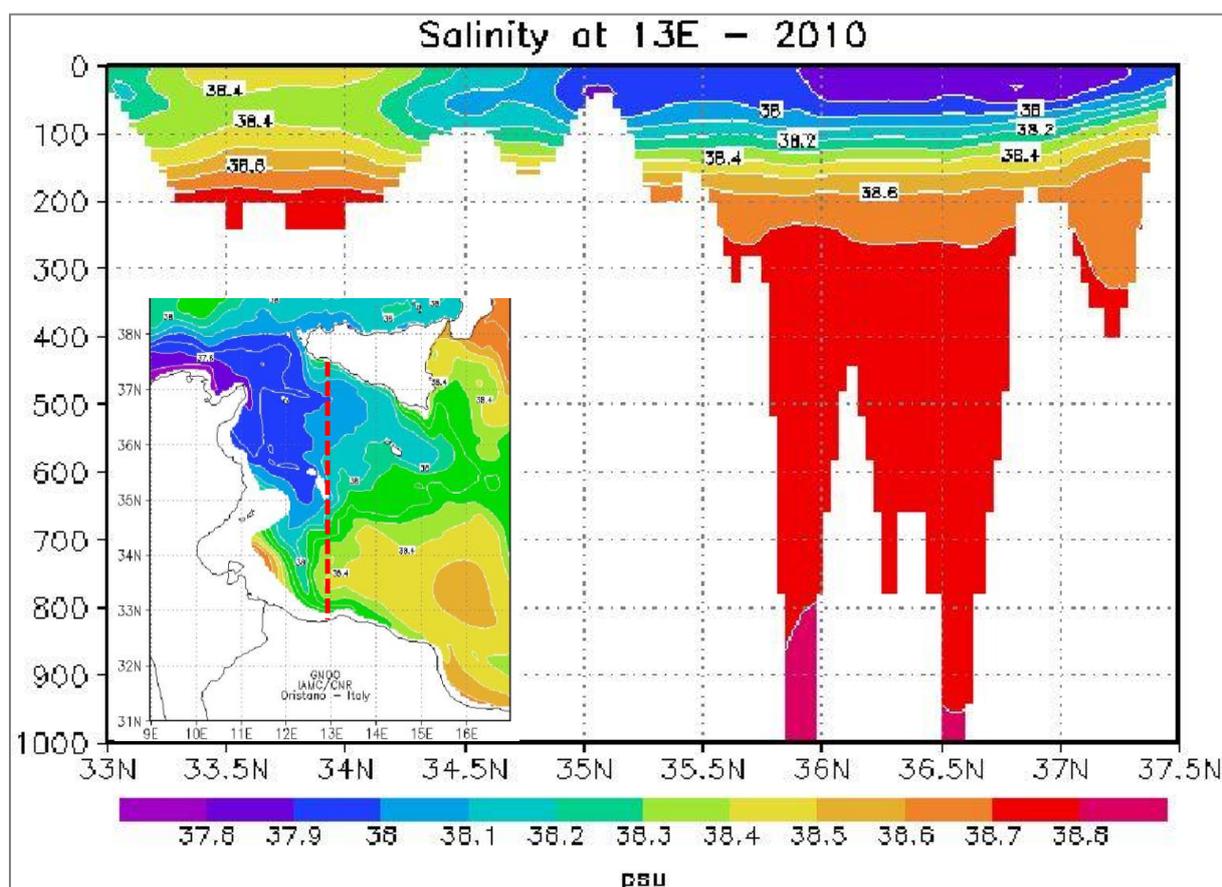


Figura 4.9 – Sezione nord-sud della salinità delle acque mediterranee all'interno del Canale di Sicilia lungo il fuso 13°E prossimo all'area in istanza di permesso di ricerca con a sinistra localizzazione del transetto della sezione (fonte: www.seaforecast.cnr.it)

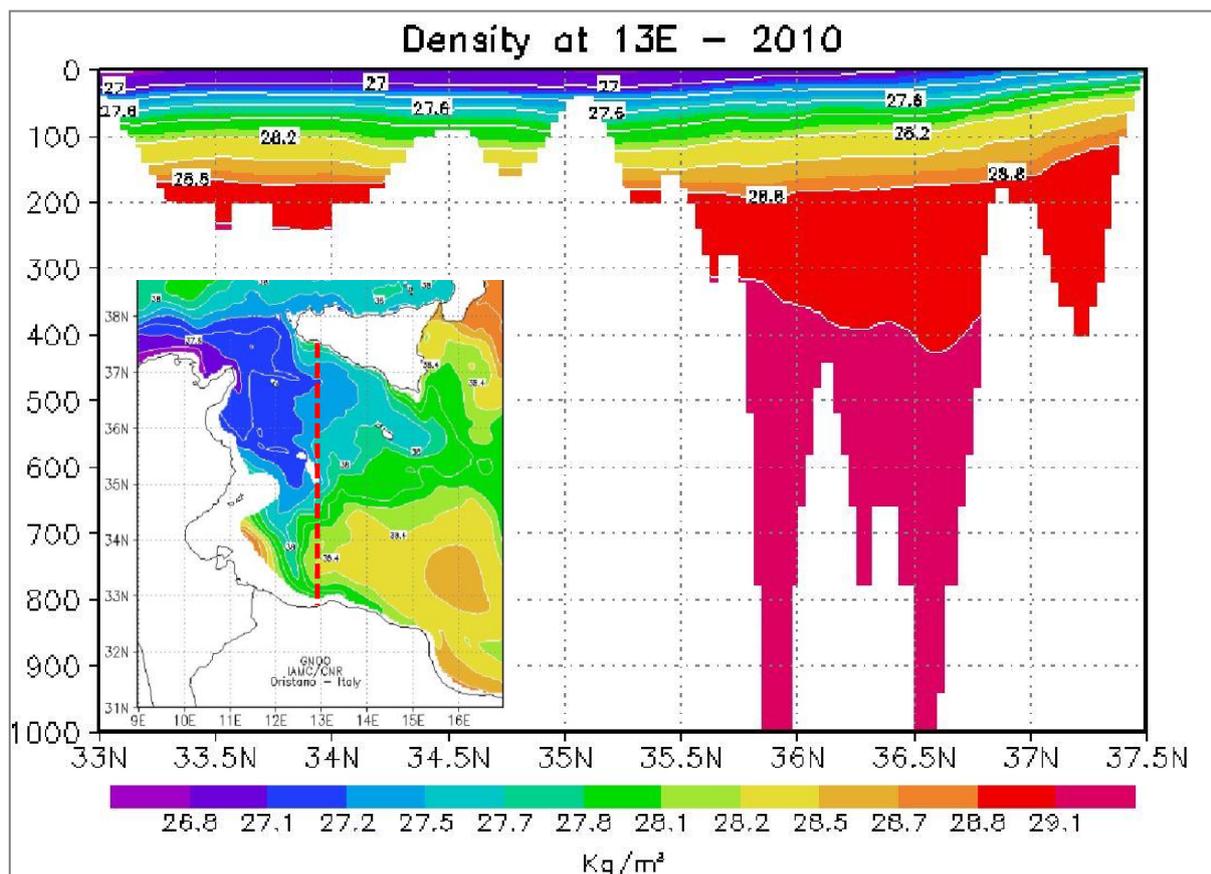


Figura 4.10 - Sezione nord-sud della densità delle acque mediterranee all'interno del Canale di Sicilia lungo il fuso 13°E prossimo all'area in istanza di permesso di ricerca con a sinistra localizzazione del transetto della sezione (fonte: www.seaforecast.cnr.it)

4.3.3 Venti

L'area mediterranea è condizionata dalla presenza di masse d'aria che ne influenzano la circolazione superficiale. I forti flussi d'aria da Ponente (provenienti dall'Atlantico) vengono spinti verso lo stretto di Gibilterra e da qui influenzati dall'iterazione che si crea tra le zone ad alta e bassa pressione che ne modificano il tragitto, veicolando i venti lungo direttrici differenti all'interno del bacino. In prossimità del Canale di Sicilia i venti tendono o a svoltare verso nord, andando a chiudersi a vortice all'interno del Mar Tirreno, oppure a continuare il loro percorso oltrepassando il canale di Sicilia (anche tramite lo stretto di Messina) spingendosi nella sezione più orientale del bacino. La zona tra Tunisia e Sicilia è di per se un'area molto complessa sotto questo aspetto, poiché caratterizzata dall'incontro dai venti di Scirocco, Grecale e Maestrale che causano delle variazioni nel clima durante tutto l'anno. Un esempio sono le forti piogge che si manifestano in seguito dell'arrivo dello Scirocco carico di umidità, che riversa una volta a contatto con le coste sicule.

Per meglio comprendere la dinamica dei venti che entrano in gioco a livello locale nell'area di istanza di permesso di ricerca si è fatto riferimento ai dati registrati dalle stazioni di Porto Empedocle e Lampedusa relativamente ad un intervallo di tempo di un anno (dal gennaio 2012 al gennaio 2013). I grafici delle direzioni e velocità del vento risultanti, mostrano orientazioni diverse tra le due stazioni (Figura 4.11). Questo perché gli anemometri di rilevamento dei dati di flusso d'aria si trovano al centro di una zona molto turbolenta in cui i venti subiscono continue variazioni nelle direzioni di provenienza, anche nel raggio di pochi chilometri.

La direzione principale di provenienza del vento nella stazione di Porto Empedocle è quella di N-NE (Grecale) con delle componenti minori che mostrano direzione N e E-NE (Levante). Questi venti mostrano tutti delle velocità generalmente comprese tra i 2 e i 4 m/s. Solo i venti provenienti da N-NE mostrano una percettibile

componente con velocità superiore ai 6 m/s. Per gli altri questa stima è poco apprezzabile. Nella stessa stazione spirano da ovest altri venti che mostrano degli intervalli di velocità più elevati (anche >12 m/s) se confrontati con quelli dalle altre direzioni.

A Lampedusa invece predominano i venti provenienti da N-NO (Maestrale) con velocità visibilmente superiori a quelli visti per Porto Empedocle. Le velocità sono in generale tutte superiori ai 6 m/s, fatto probabilmente riconducibile all'esposizione dell'isola.

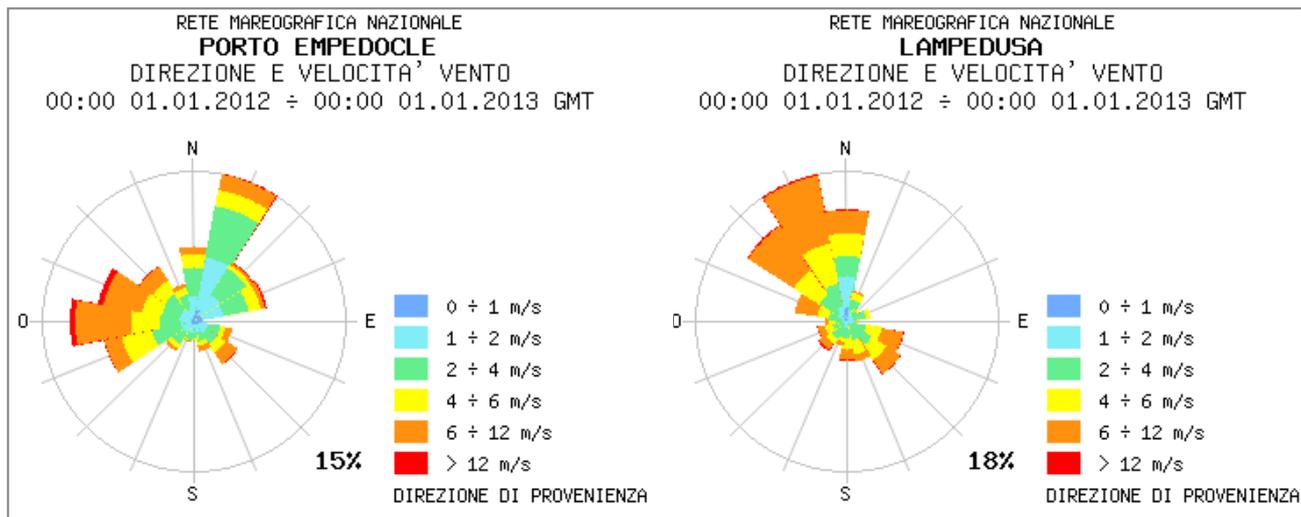


Figura 4.11 – Confronto tra le direzioni dei venti nelle stazioni più vicine all'area di permesso di ricerca: Porto Empedocle e Lampedusa nel periodo compreso tra gennaio 2012 e gennaio 2013 (fonte: www.mareografico.it)

4.3.4 Correnti Marine

La differenza di salinità tra le acque del Mediterraneo e quelle dell'Atlantico fa sì che già a Gibilterra il livello medio del Mediterraneo si trovi più basso di quello atlantico di 10-15 cm, dislivello che aumenta man mano che si procede verso est. Ciò dà luogo, lungo la soglia dello Stretto di Gibilterra, a uno scambio di acque: l'acqua atlantica, meno densa e salata, è forzata ad entrare nel Mediterraneo, mentre al di sotto di questa si instaura una controcorrente in uscita di acqua mediterranea profonda, più densa e salata.

Questa corrente, in direzione est, è più forte attraverso lo Stretto di Gibilterra e lungo la costa nordafricana, dove può raggiungere i 2 nodi (1 nodo = 1,852 km/h). Dopo aver superato il canale fra la Sicilia e la Tunisia, perde gradualmente di intensità man mano che si sposta a est. Le correnti del Mediterraneo si sviluppano per lo più seguendo le coste in senso antiorario, e più precisamente verso levante, lungo le coste meridionali, e verso ponente, lungo quelle settentrionali. Tale circolazione antioraria è presente in tutti e due i bacini principali, unita da una corrente verso est nella zona di Malta. Nel bacino occidentale il flusso si dirige a nord lungo la costa occidentale italiana, volge a ovest sulla costa meridionale francese e a sud lungo la Spagna (Figura 4.12).

Eccettuata la stabile corrente lungo la costa africana, le altre correnti sono molto variabili e considerevolmente influenzate da direzione e forza del vento e da situazioni locali. Le correnti più forti si incontrano nei Dardanelli, nel Bosforo, nello Stretto di Gibilterra e in quello di Messina; queste ultime due sono influenzate dalla marea.

A causa della scarsa affluenza d'acqua, le escursioni delle maree sono limitate mediamente a 50 cm e di conseguenza sono di bassa entità anche le correnti generate dalle maree, che raggiungono la velocità di 0,15 m/sec solamente nell'alto Adriatico, che è caratterizzato da maree di poco più di 1 metro solo in alcuni periodi dell'anno ed in particolari condizioni meteorologiche.

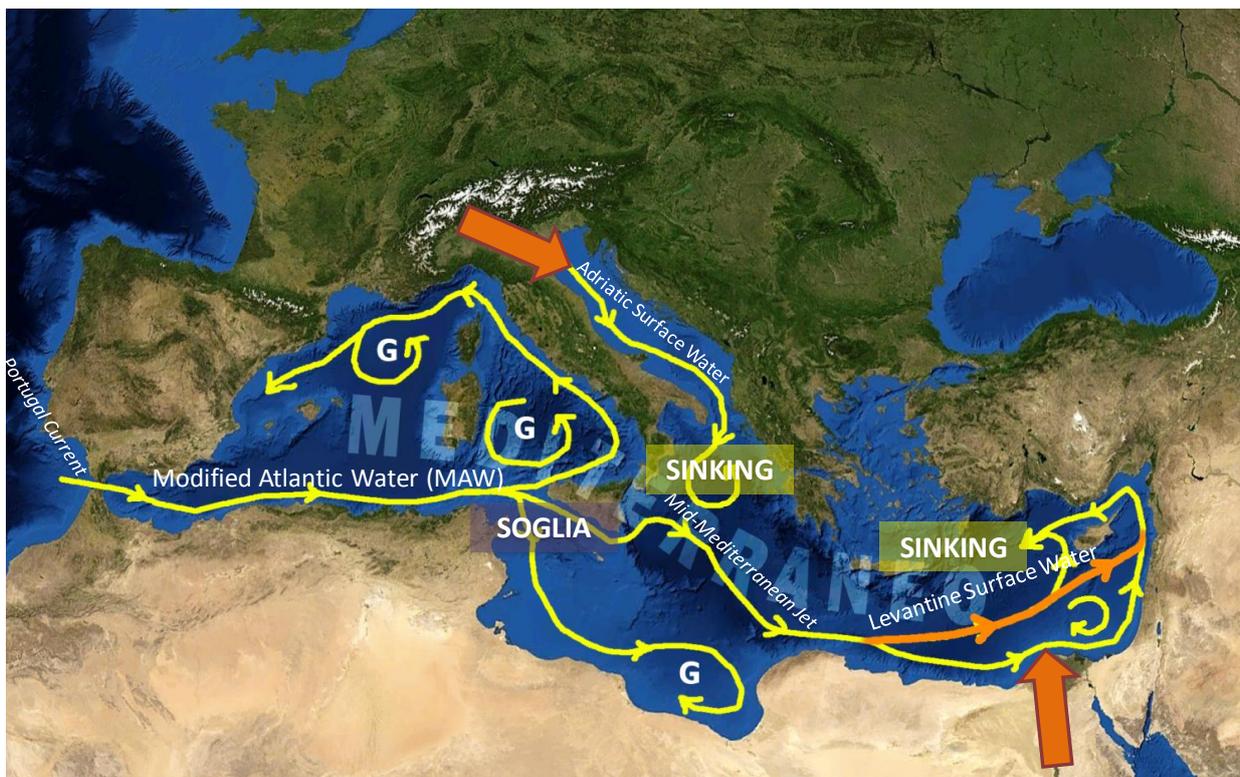


Figura 4.12 – Circolazione delle correnti all’interno del bacino mediterraneo. “G” sta per Gyre: sistemi di circolazione parzialmente chiusa, in cui una determinata massa d’acqua assume localmente un moto circolare indotto dalla frizione con/fra correnti maggiori e/o venti dominanti. Effetti: isolamento (in senso generale) di porzioni di oceano o di mare (fonte: Università di Padova)

Il sistema di correnti relativo al Canale di Sicilia mostra a livello regionale quanto visto sullo schema semplificato di circolazione delle correnti nel bacino Mediterraneo mostrato in Figura 4.12. A ridosso del Canale di Sicilia due sono le correnti che agiscono da protagoniste in quest’area: una superficiale (MAW: *Modified Atlantic Water*) fino ad una profondità di 150-200 metri, che scorre verso la parte orientale del Mar Mediterraneo ed un’intermedia (LIW: *Levantine Intermediate water*) che si sposta verso ovest nello strato d’acqua inferiore. Come descritto precedentemente in questo capitolo, l’acqua che entra dallo stretto di Gibilterra diviene corrente algerina lungo le coste nord africane e arriva al Canale di Sicilia prendendo il nome di corrente atlantico-ionica (*Atlantic Ionian Stream AIS*, Robinson et al., 1999). Questa corrente, scorrendo lungo il margine del Banco Avventura, tende ad avvicinarsi alla zona centrale per poi r allontanarsi quando incontra il banco di Malta, spostandosi verso nord nello Ionio lungo la scarpata continentale (Sorgente et al., 2003, Figura 4.13). A differenza della MAW la LIW mostra caratteristiche abbastanza stabili e non presenta significative variazioni a scala stagionale. Il motivo di tale stabilità deriva dal fatto che la LIW è il risultato di un mescolamento annuale nel bacino orientale tra le acque intermedie di nuova formazione e le acque presenti. Modelli recenti sviluppati da Béranger et al. (2004) evidenziano una variabilità spaziale e temporale dell’AIS a diverse scale (interannuale, stagionale, giornaliera), legata a fattori locali. L’AIS e le altre correnti cicloniche sono di fatto soggette a variazioni in lunghezza, dimensione e forma interagendo diversamente modificando la loro posizione sui campi di temperatura e salinità (García Lafuente et al, 2005; Fiorentino et al., 2005).

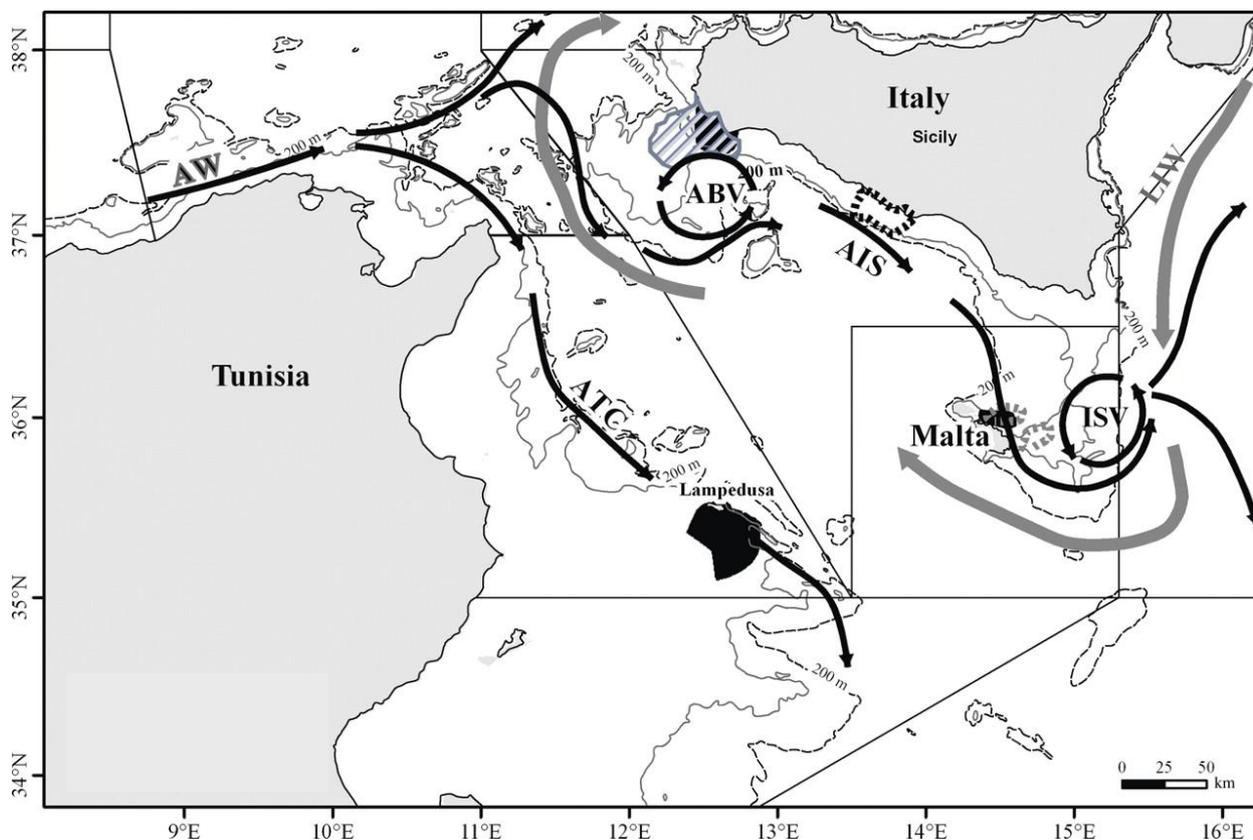


Figura 4.13 – Circolazione delle correnti marine nello Stretti di Sicilia. AW, Acqua Atlantica; ABV, Vortice del Banco Avventura; ISV, Vortice della corrente dello Ionio, AIS, Corrente Atlantico-Ionica; ATC, Corrente Atlantico Tunisina; LIW, Acque Ioniche-Levantine (fonte: Sorgente et al., 2003)

Le coste della Sicilia meridionale sono caratterizzate dalla manifestazione di frequenti eventi di *upwelling* indotti dal vento (Figura 4.14). I venti dominanti provenienti dai quadranti nord-occidentali (vedi direzioni dei venti in Lampedusa) a contatto con il sottile strato d'acqua superficiale espongono grandi porzioni d'acqua al fenomeno dell'*upwelling* (Mazzola et al., 1998). L'attrito che si manifesta tra acqua e vento può quindi condizionare le correnti della massa d'acqua fino da una profondità che oscilla tra i 40 metri e i 300 metri in condizioni ottimali (strato superficiale detto *Ekman Layer*, Figura 4.14). Questo spiegherebbe come a livello locale si possano creare piccole deviazioni che si concretizzano in movimenti isolati rispetto alla circolazione generale, dove le masse d'acqua sono costrette a muoversi in un moto circolare indotto dalla frizione tra i venti dominanti (con variazioni stagionali) e l'acqua stessa. La direzione della corrente d'acqua è ortogonale alla linea di costa e in allontanamento da essa, quindi la massa d'acqua allontanata può essere solo rimpiazzata dall'acqua proveniente dagli strati sottostanti (*upwelling*, Figura 4.15). In caso contrario, se il vento proviene da quadranti sud-orientali, lo strato d'acqua superficiale subisce una spinta verso la costa, dove viene fatto sprofondare (*downwelling*, Figura 4.15).

Un altro importante fattore che gioca un ruolo chiave nei movimenti delle masse d'acqua è la densità. Le acque più dense e pesanti tendono a sprofondare scivolando sotto quelle meno dense. Le differenze di densità sono legate da due parametri: la temperatura e la salinità già analizzate nei paragrafi precedenti.

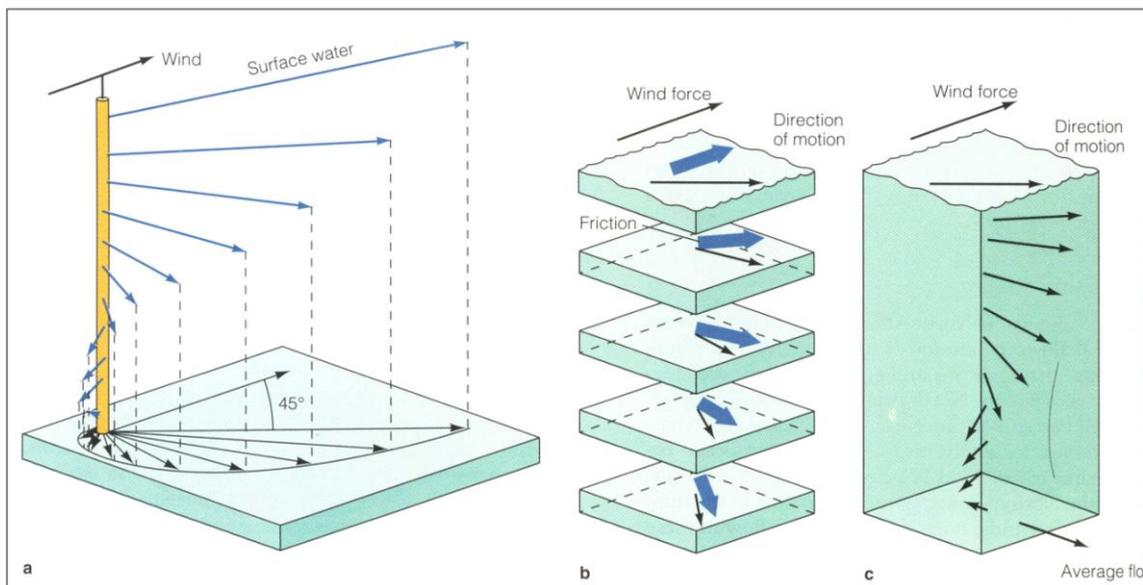


Figura 4.14 – Lo strato di Ekman è la porzione d’acqua dove il flusso di corrente risulta dal bilanciamento tra il gradiente di pressione, la forza di Coriolis e il vento. Nell’esempio riportato in questa figura il vento che soffia verso nord crea una superficie di sforzo al di sotto della quale si manifesta la spirale di Ekman lungo la colonna d’acqua (fonte: www.eeb.ucla.edu)

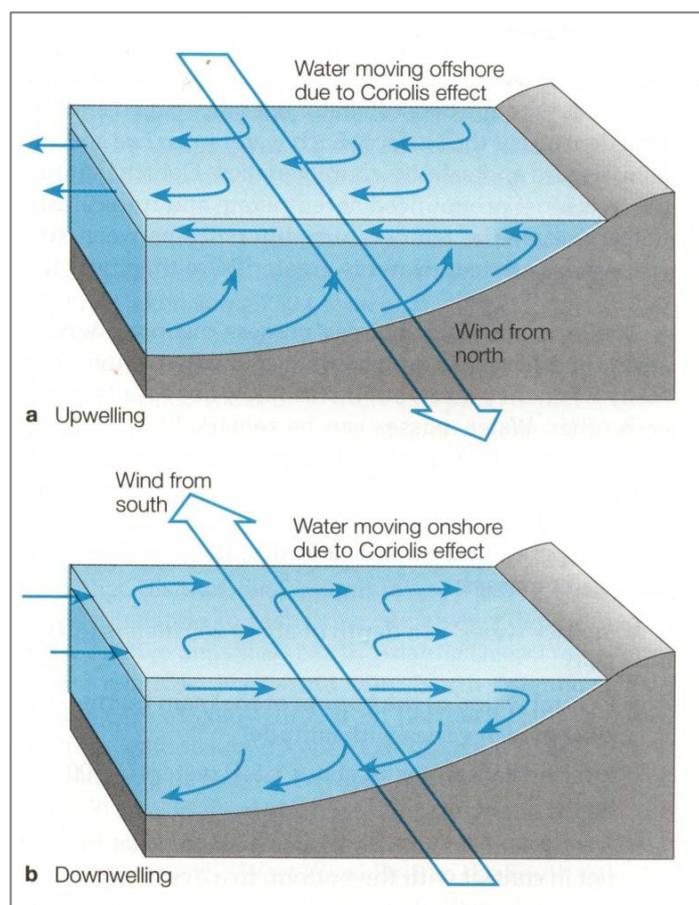


Figura 4.15 – Fenomeni di *upwelling* e *downwelling* indotti dal vento (fonte: www.eeb.ucla.edu)

Nella grafica in Figura 4.16, registrato per l’anno 2010 dal Gruppo di Oceanografia Operativa di Oristano e relativo ad una profondità, di 30 metri si nota di fatto che le direzioni seguite dalle correnti sono sostanzialmente tre: est-nordest, sud-est e sud-sudest come descritto alla scala regionale del Canale di

Sicilia. L'area di studio è interessata essenzialmente all'azione della corrente Atlantico-Ionica (AIS) lungo tutto il litorale costiero della Sicilia meridionale da Mazara del Vallo fino all'estremo sud-orientale di Capo Passero. L'AIS è in grado d'influire sull'estensione dell'area di *upwelling* e sulla temperatura dell'acqua apportando delle modificazioni considerevoli sui regimi di temperatura dell'acqua superficiale. Le variazioni si manifestano diversamente a seconda del percorso dell'AIS:

- se la corrente Atlantico-Ionica è lontana dalla terraferma, lungo la costa si ha una grande estensione dell'*upwelling*, che nel periodo estivo produce drastici cambiamenti nel regime di temperatura dell'acqua superficiale.
- se l'AIS passa vicino alla costa questo si ripercuote sulle masse d'acqua circostanti riducendo la dimensione del vortice ciclonico nel Banco Avventura (*Adventure Bank Vortex, ABV*) e di aumentando la temperatura dell'acqua della zona costiera.

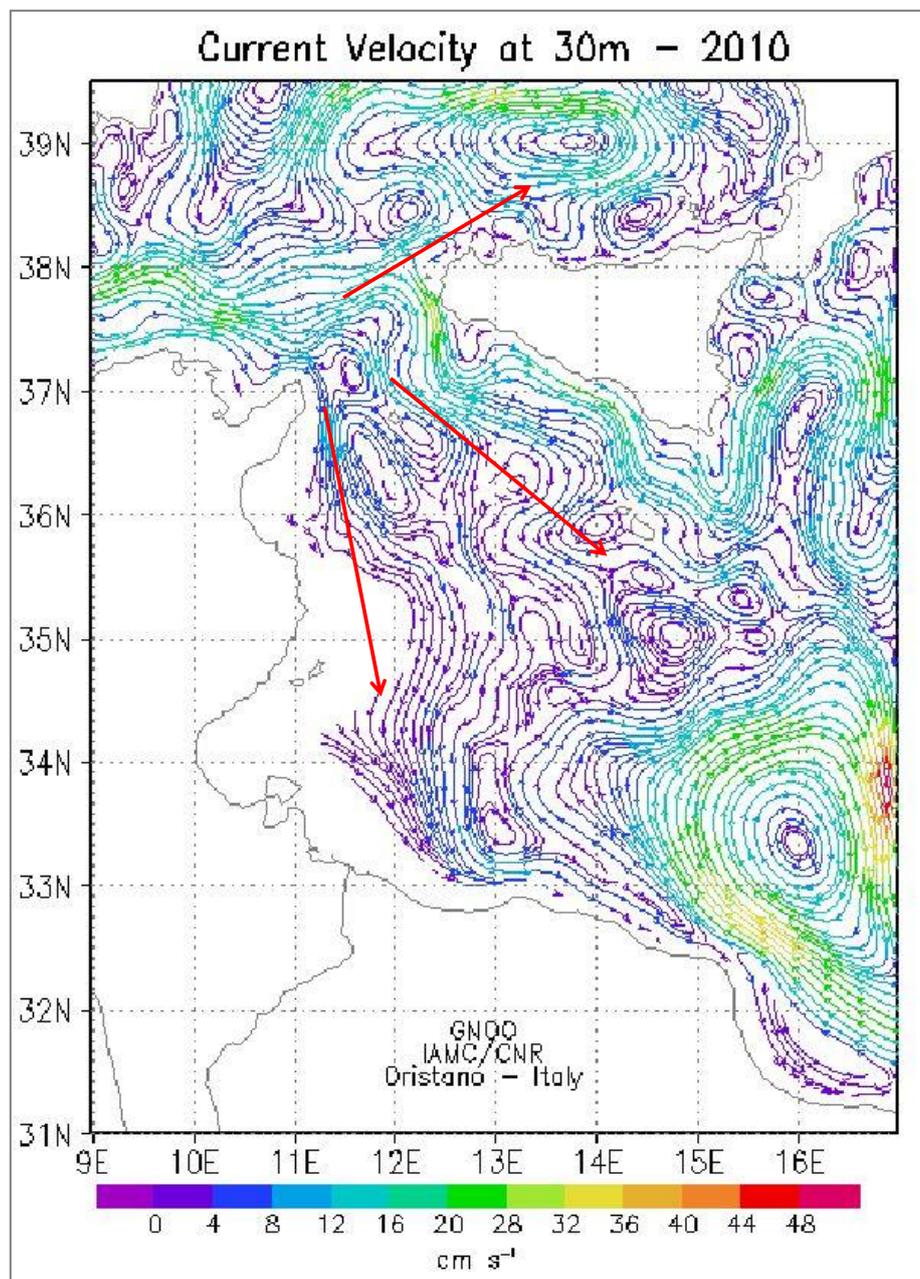


Figura 4.16 – Sistema di correnti locali nel Canale di Sicilia con velocità e direzioni variabili. Quando le correnti si spingono a ridosso del canale di Sicilia, tendono a dividersi in tre direzioni: ENE, SSE e SE. Notare anche la presenza di “mulinelli” isolati (sotto l’isola di Malta e di fronte alle coste libiche) dovuti alla azione combinata del vento e della complessa morfologia batimetrica in questa zona (fonte: gnoo.bo.ingv.it, modificata)

4.4 Aree Vincolate

L'area oggetto di istanza di permesso di ricerca è ubicata nello specchio d'acqua antistante le coste della provincia ragusana. Nonostante nessuna area protetta ricada direttamente entro i limiti dell'area d'indagine, si è fatta una ricerca sulle aree più prossime al blocco entro un raggio di 12 miglia marine. Va comunque sottolineato che le operazioni di indagine sismica non andranno ad interferire in alcun modo con le suddette aree.

4.4.1 Siti Rete Natura 2000

L'area in cui verranno realizzate le attività di prospezione sismica è localizzata di fronte alle coste meridionali della Sicilia. Nessuna area marina o costiera a qualsiasi titolo protette per scopi di tutela ambientale sono incluse all'interno del perimetro dell'area oggetto di studio. Ai fini di ottenere un quadro completo delle caratteristiche ecologiche della zona circostante l'area di istanza, si è comunque preferito descrivere in dettaglio le aree costiere più vicine (entro un raggio di 12 miglia marine), ma che, di fatto, non verranno influenzate dalle operazioni di indagine.

Per la valutazione e descrizione di tali aree si è 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 SIC e ZPS presenti nelle banche dati "Rete Natura 2000" sono stati poi integrati con le descrizioni degli Habitat reperite attraverso il "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 della Regione Sicilia che si affacciano sulle acque antistanti la costa della provincia di Ragusa, localizzati ad una distanza inferiore a 12 miglia nautiche. **Per la descrizione in dettaglio di tali siti si rimanda all'allegato 4 e all'Appendice I ad esso annessa.**

Come illustrato in Figura 4.17 nessuna area protetta ricade all'interno dei limiti dell'area d'indagine. Nella tabella seguente (Tabella 4.1) sono elencate le aree vincolate costiere comprese nell'arco di 12 miglia marine all'area in istanza, dettagliatamente descritte nelle sezioni seguenti.

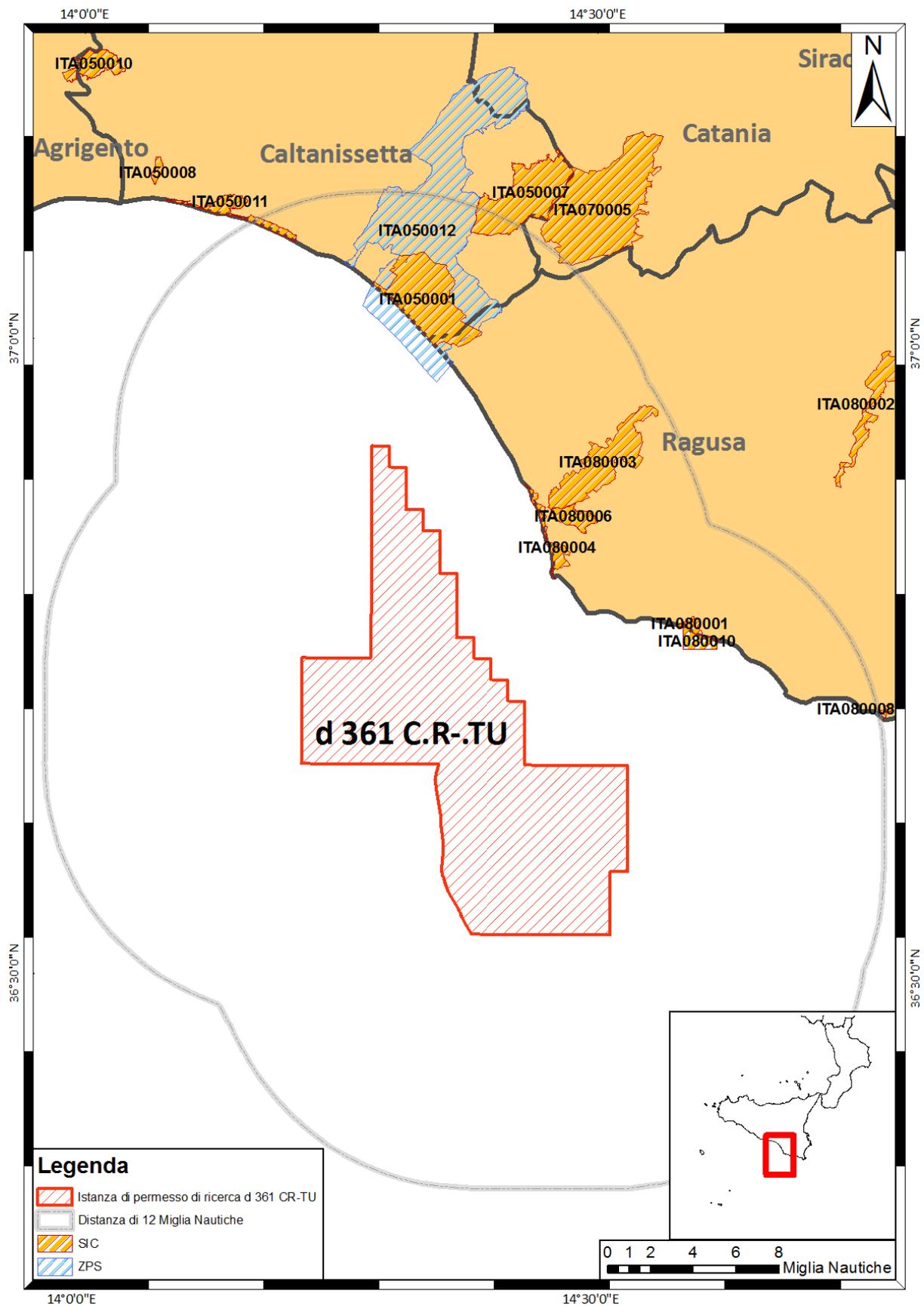


Figura 4.17 - Localizzazione area in istanza e aree protette (SIC e ZPS) rispetto all'ubicazione dell'istanza di permesso di ricerca a mare "d.361 CR-TU"; (gli shape file con cui sono state analizzate le Aree Protette sono stati scaricati dal sito www.minambiente.it)

TIPO DI VINCOLO	CODICE	DENOMINAZIONE	REGIONE	DISTANZA DALL'AREA DI PERMESSO DI RICERCA (km)
Zona Protezione Speciale (ZPS)	ZPS ITA050012	Torre Manfredia, Biviere e Piana di Gela	Sicilia	7,16
Sito di Importanza Comunitaria (SIC)	SIC ITA050011	Torre Manfredia	Sicilia	20,02
Sito di Importanza Comunitaria (SIC)	SCI ITA050001	Biviere e Macconi di Gela	Sicilia	9,81
Sito di Importanza Comunitaria (SIC)	SIC ITA080001	Foce del Fiume Irmio	Sicilia	13,05
Sito di Importanza Comunitaria (SIC)	SIC ITA080004	Punta Braccetto, Contrada Cammarana	Sicilia	8,13
Sito di Importanza Comunitaria (SIC)	SIC ITA080010	Fondali Foce del Fiume Irmio	Sicilia	11,37

Tabella 4.1 - Tabella riassuntiva delle aree vincolate presenti nelle zone limitrofe all'area oggetto di indagine sismica, con indicazione delle relative distanze dalla stessa, espresso in chilometri

4.4.2 Aree costiere soggette a vincolo di tutela paesistica

L'analisi relativa alla presenza di siti sottoposti a vincolo è avvenuta attingendo al database del SITAP (Sistema Informativo Territoriale Ambientale e Paesaggistico) del Ministero per i Beni Culturali. Questo importante strumento è dedicato ai vincoli ambientali e paesaggistici secondo la legge 1497 del 1939 (D.lgs 42/2004 art. 136) per la protezione delle bellezze naturali e la legge 431 del 1985 (D.lgs 42/2004 art. 142).

Una volta individuate tutte le aree sottoposte a vincolo nel settore sud-orientale attraverso la consultazione delle mappe disponibili nel sito (www.sitap.beniculturali.it), queste sono state appositamente georiferite per posizionare il blocco in istanza e valutarne la distanza dagli stessi siti. Sono stati, tuttavia, presi in considerazione i soli siti costieri e sono state valutate rispetto all'area di studio le rispettive distanze minime dai vertici del blocco (Figura 4.18).

Nella stessa immagine sono riportate due tipologie di vincolo definiti rispettivamente:

- Vincoli (L. 1497/39 e il D.lgs 42/2004 art. 136);
- Aree di rispetto (L. 431/85 e il D.lgs 42/2004 art. 142, recepite da L. 431/1985 cd. "Legge Galasso") definiti come vincoli relativi alla fascia di rispetto alla linea di costa di 300 metri, in cui i territori costieri compresi in una fascia di 300 metri dalla linea di battigia, anche se terreni elevati sul mare, sono sottoposti a vincolo paesaggistico.

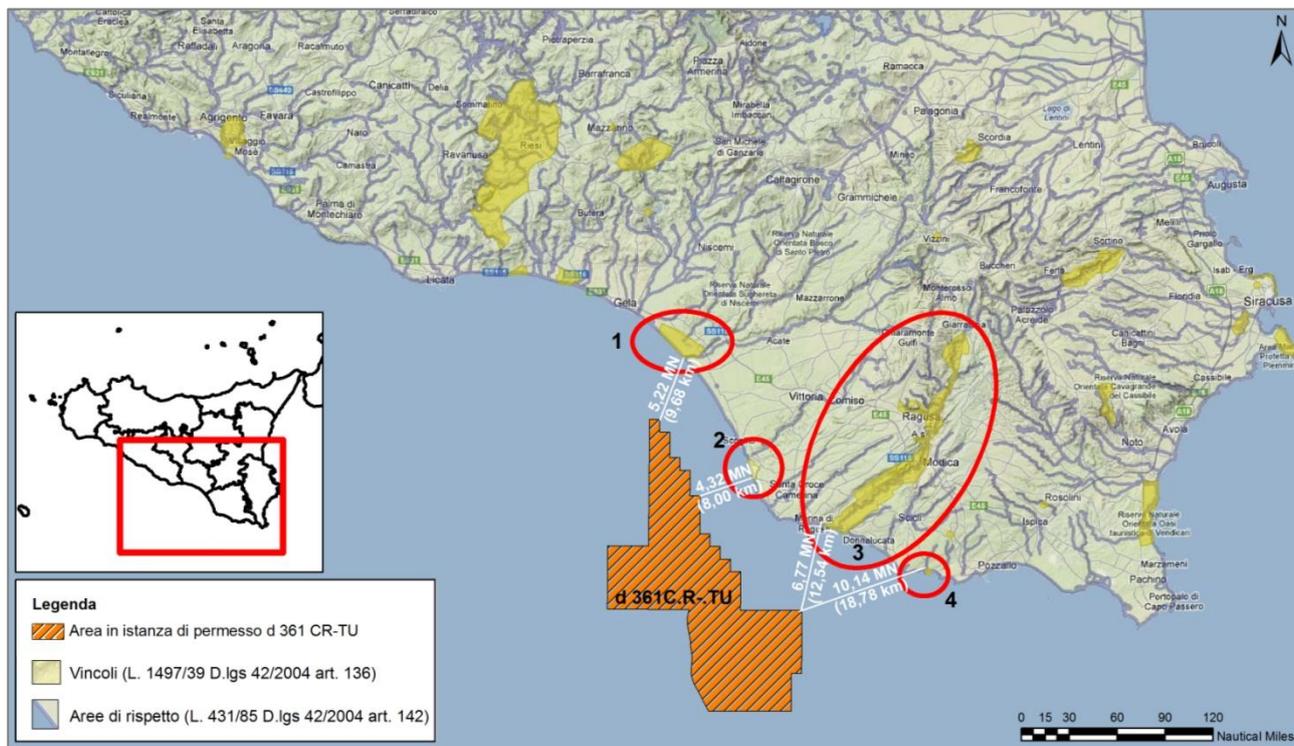


Figura 4.18 – Aree costiere sottoposte a vincolo e relativa distanza minima (in Miglia Nautiche e in chilometri) dai vertici del blocco in istanza; sono contemplati i due tipi di vincoli in legenda (fonte: www.sitap.beniculturali.it, modificata)

Di seguito verranno descritte in dettaglio i quattro siti più vicini alle aree in istanza mostrati in figura:

1. *“Zona del Lago di Biviere ultimo resto della palude caratterizzato da rive fatte di canneti e con qualche isolotto rifugio di ricchissima avifauna in Comune di Gela”;*
2. *“Dichiarazione di notevole interesse pubblico del tratto di costa di Contrada Branco Piccolo sita nel Comune di Ragusa”;*
3. *“Territorio comprendente il Fiume Irminio e zone circostanti nei comuni di Scicli Ragusa Modica e Giarratana”;*
4. *“Proroga del vincolo di immodificabilità temporanea dell'area degli ambienti costieri in prossimità di Sampieri ricadenti nei territori comunali di Scicli e Modica”.*

“Zona del Lago di Biviere ultimo resto della palude caratterizzato da rive fatte di canneti e con qualche isolotto rifugio di ricchissima avifauna in Comune di Gela”

Col decreto regionale 18 aprile 1986 si è proceduto alla dichiarazione di notevole interesse pubblico della zona del Lago di Biviere ricadente nel territorio del comune di Gela.

La zona sottoposta a vincolo paesaggistico risulta delimitata secondo la descrizione che segue: "dal Mar Mediterraneo (angolo sud-ovest) si segue verso nord il confine tra i fogli catastali del comune di Gela 226, 227 e 216, 228 fino ad incontrare la ferrovia Gela-Vittoria. Piegando ad est e, poi, a sud-est, si segue il confine settentrionale della ferrovia fino a raggiungere il confine tra le provincie di Caltanissetta e Ragusa. Piegando ancora a sud e, poi, ad ovest, si segue il confine provinciale tra Caltanissetta e Ragusa fino al mare e da qui, seguendo la costa, si perviene al punto di partenza. La zona da vincolare interessa, per intero, i fogli catastali 227, 238, 228, 239, 240, 248, 249, 250 ed in parte (sede ferroviaria), i fogli catastali 217, 218, 229, 231, 243 del comune di Gela".

Il Lago di Biviere è l'ultimo ancestrale resto della sconfinata palude, che si estendeva tra il rilievo di Manfria ed i primi contrafforti del tavolato ibleo; l'orografia della zona permette ancora oggi di riconoscere il lunghissimo "tombolo", che si estendeva tra la foce del Gela e quella del Dirillo, occludendo lo sbocco a mare del torrente della Valle Torta, che ha alimentato e continua a alimentare il Biviere. Il predetto lago,

nella sua configurazione odierna, si estende per circa 2 km in lunghezza e 500 metri in larghezza ed è risultato di una serie di opere, che sono state intraprese dal consorzio di bonifica nella pianura di Gela, allo scopo di regolarizzarne il livello per l'utilizzazione delle sue acque per usi agricoli, opere che qui di seguito si elencano:

- una serie di argini sono stati costruiti ad ovest, a sud ed a nord;
- è stato regolato il corso del Torrente di Valle Torta (immissario) e scavato un emissario che ne scarica le acque nel Dirillo;
- la parte centrale del lago, impaludata, è stata dragata e, presso la Casa Biviere, è stata ubicata l'opera di presa che solleva le acque ad una vasca di raccolta e, da qui, ai canali di irrigazione.

Nonostante la presenza delle opere predette, il lago conserva intatto l'aspetto di invaso naturale, con le rive fatte di canneti e con qualche isolotto, rifugio della ricchissima avifauna del Biviere; una splendida visione d'insieme della zona si può avere dalla collina, a quota 20 metri, che si trova immediatamente sopra la Casa Biviere, pittoresco fabbricato rurale. Da qui, infatti, si possono apprezzare a nord la Valle Torta, chiusa tra il Passo di Piazza e Piano Stella, e la breve serie di basse colline, che, separando la valle predetta dalla grande vallata del Dirillo (ad est), sono ricoperte ora di vigneti, ora di uliveti, con le siepi di cipressi che circondano i rari giardini sulle rive del lago ed i gelsi in simbiosi con i fabbricati rurali.

Verso est, attraverso i vigneti di Piano Merlino, lo sguardo spazia lungo la costa fino a Scoglitti; verso sud, al di là del lago, il tombolo naturale, che divide le acque del Biviere dal mare, si presenta basso e ricoperto di serre, avendo l'orizzonte aperto sul mare stesso; verso ovest, la campagna è riccamente coltivata e contrasta con la zona industriale, irta di ciminiere, che occlude la vista di Gela, mentre, verso nord, essa si perde nella piana, dove i vigneti lasciano il posto alle colture dei cereali.

In questo quadro di ampi panorami: il lago si inserisce quasi "a sorpresa" insinuandosi lungo gli anfratti della vallata con brevi golfi, cintati dai canneti che mediano il passaggio tra l'ambiente lacustre ed i campi coltivati tutt'intorno; le stesse colture agricole vanno via via arricchendosi man mano che si avvicinano alla riva, così da creare intorno alla conca una vasta cintura che marca, ancora di più, l'opera di mediazione tra i canneti rivieraschi ed il più vasto ambiente collinare; rilevato che, percorrendo il sentiero che corre lungo l'argine sud, lo sguardo indugia sui seni della riva opposta con la sommità delle colline interrotta dal grande taglio della Valle Torta, mentre, verso sud, gli spazi lasciati liberi dalle serre richiamano paesaggi sahariani di brevi dune mobili che si stagliano nettissime contro il mare.

In prossimità del ponte che attraversa il canale emissario, il lago si apprezza in tutta la sua lunghezza e lo sguardo è attratto dal complesso dell'ANIC, curioso sfondo scenografico allo spettacolo delle acque limpide e calme del Biviere; nella specie, ricorrono evidenti motivi di pubblico interesse che suggeriscono l'opportunità di sottoporre a vincolo paesistico la zona del Lago di Biviere, in conformità della proposta del 26 febbraio 1985, della commissione provinciale di Caltanissetta per la tutela delle bellezze naturali e panoramiche; entro i termini di cui alla legge n. 1497/1939, non è stata proposta alcuna opposizione alla sopracitata proposta della commissione provinciale di Caltanissetta per la tutela delle bellezze naturali e panoramiche.

L'apposizione del vincolo comporta soltanto l'obbligo per i proprietari, possessori o detentori, a qualsiasi titolo, degli immobili, ricadenti nella zona vincolata, di presentare alla competente soprintendenza per i beni ambientali ed architettonici, per la preventiva approvazione, qualsiasi progetto di opere che possano modificare l'aspetto esteriore della zona stessa.

L'area soggetta a vincolo si trova ad una distanza minima di 9,67 km (5,22 Miglia Nautiche) dal vertice nord-orientale del blocco "d 361 C.R.-TU".

"Dichiarazione di notevole interesse pubblico del tratto di costa di Contrada Branco Piccolo sita nel Comune di Ragusa"

Non è possibile fornire la descrizione dettagliata del sito sottoposto a vincolo paesistico in parola a causa della mancanza dell'apposito decreto istitutivo nel database utilizzato al reperimento delle relative

informazioni. Tuttavia la norma che definisce e regola la destinazione d'uso del territorio sottoposto a vincolo e i relativi tratti distintivi è riconducibile alla L. 1497/39 D.lgs 42/2004 art. 136.

L'area soggetta a vincolo, comunque, si trova ad una distanza minima di 8,00 km (4,32 Miglia Nautiche) da uno dei vertici nord-orientali del blocco "d 361 C.R.-TU".

"Territorio comprendente il Fiume Irmínio e zone circostanti nei comuni di Scicli Ragusa Modica e Giarratana"

Il decreto regionale 25 luglio 1981 dichiara di notevole interesse pubblico di parte del territorio in provincia di Ragusa. La commissione provinciale per la tutela delle bellezze naturali e panoramiche di Ragusa ha proposto di sottoporre a vincolo paesaggistico il Fiume Irmínio, dalla foce alla sorgente (esattamente, fino al bivio costituito dall'incrocio della strada "Ragusana" 194 e della provinciale n. 59 "Giarratana-Modica", a valle del cimitero di Giarratana), assieme alle zone circostanti, che ricadono nei comuni di Scicli, Ragusa, Modica e Giarratana. Il territorio vincolato risulta delimitato secondo la descrizione e relative precisazioni che seguono: "lo sviluppo del perimetro del territorio vincolato si rileva dalle carte topografiche dell'Istituto Geografico Militare, in scala 1/25:000, di S. Croce Camerina, Donnalucata, Monte Renna, Modica, Ragusa, Comiso e Giarratana, su cui la commissione provinciale per la tutela delle bellezze naturali e panoramiche di Ragusa ha tracciato il vincolo paesistico.

La descrizione dei confini del territorio vincolato va riferita a ciascuna delle predette tavolette dello Istituto Geografico Militare, tenendo presente che le zone, proposte per il vincolo, ricadono nei comuni di Scicli, Ragusa, Modica e Giarratana. La tavoletta di "S. Croce Camerina", essendo interessata per una minima parte, viene inglobata nella descrizione relativa alle zone ricadenti sull'adiacente tavoletta di "Donnalucata". La commissione delimita come segue tutta la zona, che, partendo dal mare, in Contrada Mormina, viene ad essere limitata ad ovest dalla Strada Provinciale per la marina n. 100, a nord dalla Saia di Ferrante, fino all'incrocio con una trazzera, orientata verso il mare, per proseguire lungo la trazzera fino al km 3 della vecchia Strada Provinciale n. 89 Donnalucata-Marina di Ragusa, sulla quale prosegue ancora in direzione est fino all'incrocio con la Strada Provinciale (Maggio-Caddamè-Ferrante) fino al km 2; si sposta, quindi, sulla trazzera verso nord fino a spuntare alla altezza della casa cantoniera - per un breve tratto sulla Strada Provinciale n. 37 S. Croce Camerina-Scicli, che risale sulla Strada Provinciale n. 81 Serragarofalo-Pozzillo-Ficarazza, nel limite superiore della tavoletta di Donnalucata. Sul versante opposto del predetto Foglio, a partire dal mare, il vincolo è delimitato dal Vallone Piano Grande fino alla mulattiera che congiunge la quota 87 con la quota 134 sulla strada cancelliere - Contrada S. Giuliano, prosegue sulla stessa fino all'incrocio con la strada consortile fornace alferi - S. Giuliano-Cancelliere, prosegue ancora, su quest'ultimo tratto, verso est fino a quota 195, si sposta poi incrociando la provinciale n. 37 presso il km 6, prosegue per 189 e 171 fino all'incrocio con la mulattiera, che passa per le quote 186 e 209 per incontrarsi con la Strada Provinciale 38 Betlem-Piano Ceci, a quota 240, fino al limite superiore del Foglio di "Donnalucata". Continuando con la tavoletta di Monte Renna, il limite del vincolo viene ad essere fissato dalla Strada Provinciale n. 81 Serra Garofalo-Pozzillo-Ficarazza fino al tratturo che collega la quota 539 con la provinciale n. 73, in località Fontana a quota 409, e prosegue, quindi sulla stessa provinciale, sempre in Contrada Galermi. Sul lato opposto del Foglio di "Monte Renna", il vincolo è delimitato dal percorso della Strada Provinciale n. 38 Betlem-Piano Ceci fino alla linea di confine tra i comuni di Scicli e Modica, entro i limiti del Foglio, seguendo la Cava Manca. A cominciare dalla tavoletta di Modica, il vincolo include la zona delimitata ad ovest dalla trazzera che passa per il Casale Fontana a quota 409 della carta di Monte Renna, costeggia la Contrada Marchesella e prosegue fino alla sua parte terminale, in località cava Moncillè a ridosso del pozzo di petrolio. A partire da questo, viene inclusa tutta l'area della cava Moncillè, delimitata, verso ovest, dalla poligonale ottenuta con la linea ideale che congiunge, in senso orario, la dislocazione dei pozzi petroliferi circostanti fino ad intersecare la strada Petrulli-Cortolillo a valle dei tornanti, e, proseguendo sulla stessa strada per incontrare la mulattiera in contrada "Lusia" e passando per la quota 354, continua sulla stessa mulattiera fino ad inserirsi nella Strada Comunale, che costeggia il boario, fino al viadotto sulla ferrovia Siracusa-Licata e su questa prosegue fino ai limiti del Foglio. Sul versante opposto, la predetta area delimitata dal confine amministrativo tra il territorio di Ragusa e quello di Scicli fino ad intersecare la Strada Provinciale n. 94 cimitero Modica-Mangiagesso, a quota 366, e da questa fino all'intersezione con la Strada

Statale sud - occidentale sicula 115. Su tale strada, il limite prosegue ad ovest fino al passaggio a livello km 331, seguendo, quindi, la strada ferrata anche per il tracciato in galleria fino ad incrociare la trazzera a quota 321 e, percorrendo la trazzera stessa, fino ad immettersi nella trazzera che costeggia ad est Pizzo Capradoro sino al limite del Foglio.

Per la parte del Fiume Irmínio ed affluenti circostanti (Cava Velardo - Fiumicello e S. Leonardo), inclusa nel Foglio di Ragusa, il vincolo include la zona delimitata ad ovest dalla linea che parte dalla strada ferrata, all'incrocio con il prolungamento di Via San Giovanni Bosco, prosegue sulla stessa fino ad incontrare Via Risorgimento, risale per un breve tratto fino ad incontrare la trazzera che disimpegna il pozzo petrolifero, percorre la stessa fino all'incrocio con l'acquedotto, ne segue il tracciato fino all'incrocio con il perimetro relativo al precedente vincolo della Vallata Santa Domenica di cui al decreto p.r. sic. n. 5099/s.g. del 7 settembre 1966, ne segue il confine est fino all'altezza di Piazza Carmine. dalla medesima parte, viene inclusa, inoltre, la zona dell'abitato, delimitata ad ovest dalla linea che comprende Piazza del Carmine, Via Scuole, Via XXIV Maggio, Via Ibla fino all'incrocio con Via Diaz e, risalendo con Via Generale Cadorna, segue il tratturo di Contrada Patrio fino al limite del Foglio. Dallo stesso lato, il vincolo prosegue, nel Foglio di Comiso, lungo lo stesso tratturo fino ad incontrare la Strada Provinciale n. 10 Annunziata Maltempo al km 0.575, prosegue a nord al km 2+100, includendo la zona di Nunziata Vecchia. Rientra, poi, lungo il percorso della strada di Scassale attraverso il tratturo che corre a fondo valle fino al limite del Foglio di Comiso, costeggia il cimitero di Ragusa, nel Foglio corrispondente, fino alla biforcazione della Cava di San Leonardo, da cui risale verso Contrada "Cilone" delimitata ad ovest dal fondo del torrente fino alla trazzera a quota 629 di Contrada Prato ed a nord-est dalla strada che bordeggia l'altopiano del prato fino alle Case Prato a quota 565, prosegue a sud sulla mulattiera, che, risalendo verso nord, incrocia la ferrovia a quota 367 e, quindi, include parte della Contrada "San Filippo", avendo come delimitazione il tracciato della strada poderale fino all'incrocio della strada San Filippo - Strada Statale Ragusana n. 194, segue quest'ultima fino al ponte di Bafarano a quota 389, donde segue a nord il corso dell'affluente Rio Burramaci fino al limite del foglio, includendo la Contrada "Carcallo". Sul versante opposto, il vincolo segue la trazzera che contorna il Pizzo Capradoro fino a quota 351, congiungendosi, poi, con una linea ideale a quota 502, prosegue, piegando ad ovest lungo il muro di confine passante per la stessa fino all'incrocio con il tracciato dell'acquedotto Giarratana-Modica, ne segue il percorso fino all'incrocio con la mulattiera in Contrada "Cozzo della Perrera", segue la mulattiera stessa fino alla quota 373 San Diego, da cui prosegue verso nord con una linea ideale che congiunge la località San Diego a quota 373 con l'acquedotto a quota 467 Contrada Scorsonara, al limite del Foglio. Per la parte del Fiume Irmínio inclusa nel Foglio di Giarratana, il limite del vincolo viene ad essere stabilito ad ovest dal corso del Rio Burramaci fino all'incrocio con il tratturo presso Casa Piazza a quota 647, piega ad est, seguendo il confine comunale fino a Piano Manna a quota 588 e da questa, con una linea ideale, fino al ponte sulla nazionale 194, all'incrocio con la Strada Provinciale 59 Modica-Giarratana. Sul versante sud, il limite del vincolo si attesta sul tracciato dell'acquedotto fino ad incrociare la Strada Statale Ragusana n. 194, ne segue il percorso fino a quota 430, piega ad est, seguendo il confine comunale fino all'incrocio con la mulattiera che passa da Casa Cammarcai a quota 501, ne segue il corso verso nord fino ad incontrare la Strada Statale 194 a quota 460 e prosegue sulla stessa strada fino all'incrocio con la Strada Provinciale n. 59 Modica-Giarratana. Il problema della tutela del Fiume Irmínio e delle zone circostanti, dalla foce sino alla prossimità della sorgente, ha costituito motivo di giustificata preoccupazione, espressa da più parti, e che esso trova la sua ragione d'essere in un complesso di motivazioni di carattere naturalistico, storico, archeologico, ambientale che ne fanno un "unicum" per la storia del paesaggio naturale e del territorio della costa, nonché della civiltà della cuspide meridionale della Sicilia. Rilevato, infatti, che la vallata del Fiume Irmínio costituisce un parco naturale, in cui si riscontrano preziosi relitti floro-faunistici di grande rilevanza, che si addentrano lungo tutta la estensione della vallata stessa; considerato, in particolare, che la macchia mediterranea della foce, come è stato indicato da alcuni autori (Antoci: aspetti naturali della provincia di Ragusa; la guida alla natura della Sicilia, pubblicata da Mondadori; vari studi monografici o di storici locali), costituisce un aspetto peculiare dell'ambiente litoraneo, a cui si accompagna il fenomeno dunoso, che è caratteristico della fascia litoranea meridionale della Sicilia. Di notevole importanza è anche l'aspetto faunistico, sia ornitologico che ittico, per la presenza di tipi di fauna di carattere stanziale e migratorio, come, ad esempio, la trota, l'anguilla e particolari tipi di piccoli crostacei. Anche la cornice

naturale viene ulteriormente arricchita dalla presenza di essenze in via di estinzione, come il platano orientale che è sopravvissuto soprattutto in questa zona e che fu ricordato dal g.b. odierna nel suo libro "*De systemate orbis comitici*", pubblicato nel 1656; considerato che tutta la vallata presenta un suo particolare interesse geologico, perchè è costituita, pressocchè unitariamente, da una faglia e che altro elemento caratterizzante, legato strettamente al fatto geologico, è rappresentato dalla presenza di banchi di calcare bituminoso, che, in tempi recenti, ha avuto uno sfruttamento minerario. I predetti caratteri distintivi sono distribuiti lungo tutto il percorso del fiume, che, dal punto di vista orografico, ha inizio proprio sotto l'abitato di Giarratana, da dove, in effetti, si definisce l'intaglio vallivo, che, con un progressivo e sempre più marcato approfondimento, giunge sino alla foce; considerato che le valli o "cave" intersecanti ed affluenti nel bacino fluviale (specie quelle di Ragusa: Annisarca - ora Moncillè, Fiumicello, S. Leonardo, Misericordia e Cava Volpe), presentano interessanti insediamenti, che vanno dall'età preistorica alla età medievale, costituendo un mondo naturale ed umano, che nella stessa funzione della via d'acqua trova la sua ragione insediativa. Nella zona sono state già individuate e recuperate ricche testimonianze, mentre altre attendono prossime esplorazioni: dal ripostiglio di bronzi dell'età di Cassibile (X - XI secolo), rinvenuto in Contrada "Castelluccio", all'Eracle - opera d'arte ellenistica - della Contrada Cafeo, dalla villa rustica romana dei "Margi" ai vari "Castellucci" medievali (tipico il palazzo dei ladri in cava Ammisarca - ora Moncillè). I predetti fatti naturali ed antropici, nettamente definiti, costituiscono un insieme unitario e sono totalmente fruibili attraverso il reticolo viario longitudinale, oltre che dagli attraversamenti, di cui il più spettacolare sarà costituito dal ponte sull'Irminio in via di ultimazione, indipendentemente dalla veduta costituita dal balcone del giardino ibleo, in affaccio sulla valle, le cui immagini sono ormai un patrimonio di memorie storiche. Il soprascriptificato complesso di beni ambientali è minacciato da lottizzazioni ed edilizie speculative, nonchè dalla spoliazione del manto arboreo, oltre che da iniziative irrazionali effettuate mediante prelievi di materiali od aperture di cave. L'assessorato regionale del territorio e dell'ambiente, in virtù del d.p.r.s. 28 febbraio 1979, n. 70 dà il proprio assenso, all'imposizione del vincolo di cui trattasi. Nella specie, ricorrono evidenti motivi di pubblico interesse che suggeriscono l'opportunità di sottoporre a vincolo paesistico il Fiume Irminio e le zone circostanti, dalla foce sino alla prossimità della sorgente, in conformità della proposta della commissione provinciale per la tutela delle bellezze naturali e panoramiche di Ragusa.

L'apposizione del vincolo non esclude l'utilizzazione economica del bene né implica soppressione dello *jus aedificandi*, ma, essendo intesa a regolare il concreto esercizio dei relativi diritti in rapporto all'interesse pubblico, comporta soltanto per i proprietari, possessori o detentori, a qualsiasi titolo, degli immobili ricadenti nel territorio vincolato l'obbligo di sottoporre alla preventiva approvazione della competente soprintendenza qualunque progetto di opere, affinché le stesse, nelle entità volumetrica ed altimetrica, nella distribuzione degli elementi decorativi e nei rapporti di colore, siano armonizzate e facciano maggiormente risaltare i particolari pregi paesistici, naturali ed ecologici dello stesso territorio vincolato.

L'area soggetta a vincolo si trova ad una distanza minima di 12,54 km (6,77 Miglia Nautiche) dal vertice sud-orientale del blocco "d 361 C.R.-TU".

"Proroga del vincolo di immodificabilità temporanea dell'area degli ambienti costieri in prossimità di Sampieri ricadenti nei territori comunali di Scicli e Modica"

Non è possibile fornire la descrizione dettagliata del sito sottoposto a vincolo paesistico in parola a causa della mancanza dell'apposito decreto istitutivo nel database utilizzato al reperimento delle relative informazioni. Tuttavia la norma che definisce e regola la destinazione d'uso del territorio sottoposto a vincolo e i relativi tratti distintivi è riconducibile alla L. 1497/39 D.lgs 42/2004 art. 136.

L'area soggetta a vincolo si trova ad una distanza minima di 18,78 km (10,14 Miglia Nautiche) dal vertice sud-orientale del blocco "d 361 C.R.-TU".

4.4.3 Aree Marine Protette (AMP)

L'individuazione e la descrizione delle Aree Marine Protette (AMP) è di fondamentale importanza per la loro salvaguardia e conservazione, sia inserite in dinamiche del tutto naturali sia per le attività antropiche che possano in qualche modo interessarle.

L'interesse ambientale e scientifico che esse rivestono, ha portato la Direzione generale per le Politiche Interne (febbraio 2010) a recepire le direttive del Parlamento Europeo, con l'istituzione di diverse aree marine protette in Sicilia (Tabella 4.2).

Ciascuna AMP comprende:

- un'area centrale dove è vietata la pesca sia professionale che ricreativa (nonché altre attività come la pesca con la fiocina, l'immersione, la navigazione e l'ormeggio);
- una zona cuscinetto o riserva generale;
- un'area periferica dove la pesca è regolamentata (tranne nell'Isola di Ustica, dove la pesca ricreativa è vietata nella zona cuscinetto, e nelle Isole Egadi, dove la pesca professionale e la pesca ricreativa sono consentite nella zona periferica) (Mabile e Piante, 2005).

AREE MARINE PROTETTE (Provincia)	DENOMINAZIONE	DATA	SUPERFICIE TOTALE km ²
Capo Gallo - Isola delle Femmine (Pa)	Area marina naturale protetta	2002	21,73
Isole Ciclopi (Ct)	Riserva marina naturale	1989	6.230
Isola di Ustica (Pa)	Area marina naturale protetta	1986	159,5
Isole Egadi (Tp)	Area marina naturale protetta	1991	540,3
Isole Pelagie (Ag)	Area marina naturale protetta	2002	32,30
Plemmirio (Sr)	Area marina naturale protetta	1982	1.840
Golfo di Castellammare (Tp)	Area di divieto di pesca a traino	1990	200,0
Isola di Ustica (Pa)	Zona di tutela biologica marina	1986	42,80
Isole dello Stagnone di Marsala (Tp)	Riserva naturale regionale/provinciale	1984	20,12
Zingaro (Tp)	Riserva naturale regionale/provinciale	1981	16,00

Tabella 4.2 - Aree marine protette in Sicilia (fonte: www.europarl.europa.eu)

La legge 394/91 articolo 19 individua le attività vietate nelle aree protette marine, quelle cioè che possono compromettere la tutela delle caratteristiche dell'ambiente oggetto della protezione e delle finalità istitutive dell'area.

I Decreti Istitutivi delle aree marine protette, considerando la natura e le attività socio - economiche dei luoghi, possono però prevedere alcune eccezioni (deroghe) ai divieti stabiliti dalla L. 394/91 oltre a dettagliare in modo più esaustivo i vincoli. A tal proposito si rimanda ad ogni singolo Decreto Istitutivo o eventuale successivo decreto di modifica e, laddove presente, al regolamento, per ognuna delle 16 aree marine protette.

In generale la legge 394/91 vieta nelle aree marine protette:

- la cattura, la raccolta e il danneggiamento delle specie animali e vegetali nonché l'asportazione di minerali e di reperti archeologici;
- l'alterazione dell'ambiente geofisico e delle caratteristiche chimiche e idrobiologiche delle acque;
- lo svolgimento di attività pubblicitarie;
- l'introduzione di armi, di esplosivi e ogni altro mezzo distruttivo e di cattura;
- la navigazione a motore;
- ogni forma di scarica di rifiuti solidi e liquidi.

Le AMP sono distribuite lungo la costa dell'isola (Figura 4.19), risultando in maggior misura concentrate nei settori costieri nord-occidentali (Province di Trapani e Palermo) e lungo le coste orientali (Province di Siracusa e Catania). Nel dettaglio, tra le diverse riserve siciliane, sono incluse nella base di dati globale delle AMP: l'area di divieto di pesca al traino nel Golfo di Castellammare, e le riserve naturali di Zingaro e (Wood, 2007).

Sono inoltre state individuate come AMP anche alcune isole minori siciliane come Ustica (Palermo), Stagnone (Trapani) e l'arcipelago delle Pelagie (Agrigento) e altre sono in via di definizione: tra i progetti



Figura 4.20 – Panoramica dei Consorzi di ripopolamento ittico lungo le zone costiere siciliane (fonte: www.consitticoct.it)

Nella Figura 4.21, tuttavia, sono riportate le principali oasi di ripopolamento presenti in Sicilia (evidenziate con un cerchio verde):

- Golfo di Castellammare (Tp), istituita nel 1981, ha un margine litorale di 70 km e si estende per un'area di 30.000 ha;
- Golfo di Patti (Me) nata in contemporanea a quella di Castellammare (1981);
- Golfo di Catania, la cui data di istituzione è riconducibile al 1995.

Altre agenzie o consorzi che hanno realizzato o pianificato barriere artificiali nell'ottica del ripopolamento sono le Province Regionali di Palermo, di Agrigento e di Ragusa. Sempre nella stessa immagine è riportata l'ubicazione delle barriere artificiali già realizzate e di prossima realizzazione (segnalate da un asterisco).

Nel dettaglio dell'area in permesso del presente studio, è visibile come una piccolissima porzione orientale del blocco, lambisca l'area destinata alla costruzione delle barriere artificiali a largo delle coste ragusane. Va, tuttavia, sottolineato che tali opere sono annoverate come "progettate ma non ancora realizzate" quindi non interferiscono con le attività in progetto, le quali in ogni caso rivestono carattere di assoluta e ridotta temporaneità.

Sfortunatamente non è stato possibile reperire ulteriori informazioni relative alla posizione di queste aree, e la loro eventuale presenza non segnalata. In ogni caso, comunque, sono fatte salve ulteriori aree di ripopolamento non presenti in Figura 4.21 e ubicate in prossimità dell'area in istanza. In caso di eventuale presenza di aree di ripopolamento nella zona oggetto di studio le operazioni verranno immediatamente bloccate e ne verrà fatta comunicazione del ritrovamento alle autorità competenti.

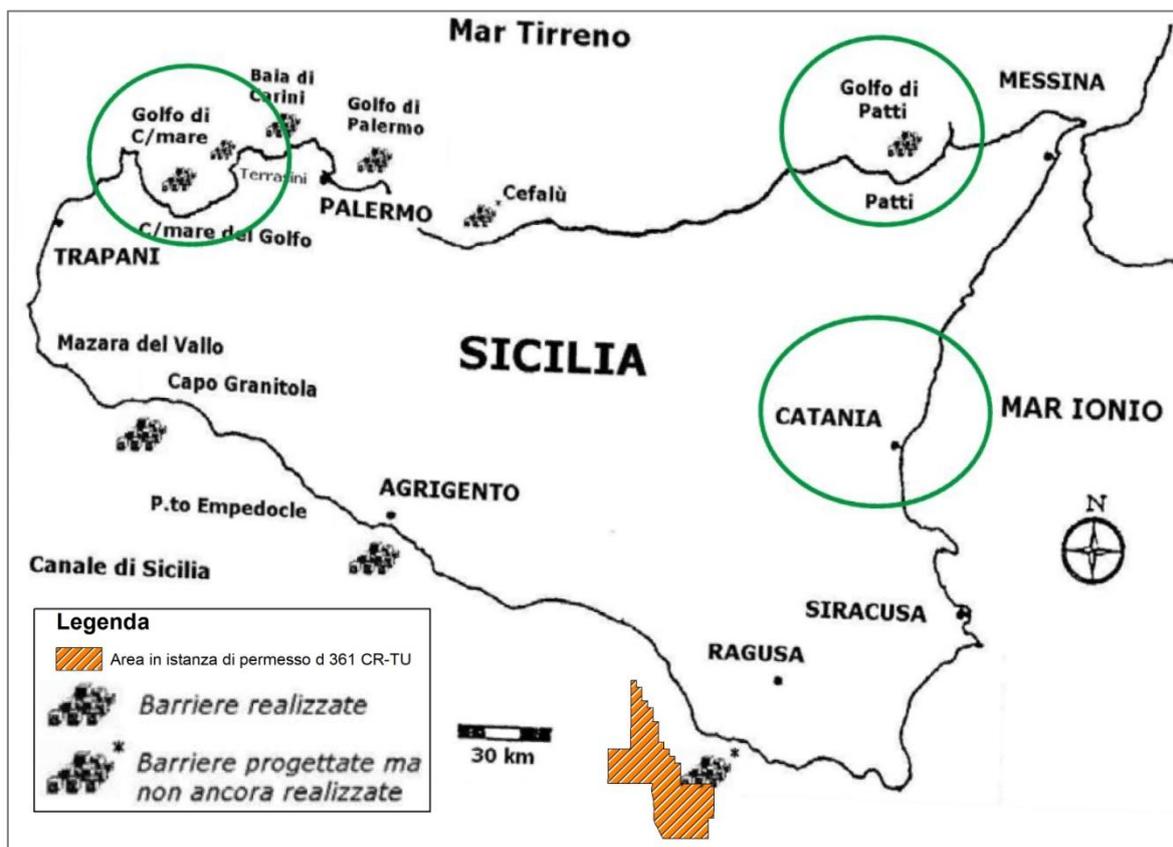


Figura 4.21 - Localizzazione dei principali consorzi titolari delle oasi di ripopolamento in Sicilia, delle barriere artificiali realizzate o di prossima realizzazione e dell'area in istanza di permesso d 361 C.R.-TU (fonte: Le oasi di ripopolamento del Golfo di Castellamare, 2006, modificata)

4.4.5 Aree marine archeologiche

La posizione geografica della Sicilia rappresenta e ha rappresentato nel corso degli anni un crocevia di importanza strategica assoluta per i traffici marittimi e, nondimeno, tragico teatro di conflitti di carattere storico. La testimonianza più tangibile è data dalla presenza di innumerevoli ritrovamenti di relitti storici in zone catalogate di interesse archeologico disseminate principalmente lungo le coste dell'isola.

Una zona archeologica è un'area nella quale gli organi statali costieri hanno giurisdizione in materia di protezione del patrimonio culturale sottomarino, come stabilito dal diritto internazionale marittimo. Essa ha un'ampiezza massima di 24 miglia dalla linea di costa o più precisamente dalle linee di base dalle quali è misurata l'ampiezza delle acque territoriali. La zona archeologica coincide con la cosiddetta "zona contigua".

In Figura 4.22 è riportata la posizione dell'area oggetto di studio in relazione alle aree in cui sono stati individuati relitti di interesse storico-culturale-archeologico. Questi siti sono disposti prevalentemente sotto costa e, nelle immediate vicinanze dell'area oggetto di istanza, non sono presenti relitti o aree di interesse archeologico. Si sottolinea che in caso di rinvenimento, durante l'attività di acquisizione sismica, di reperti di interesse storico e archeologico verranno bloccate le attività e prontamente avvertite le autorità competenti.

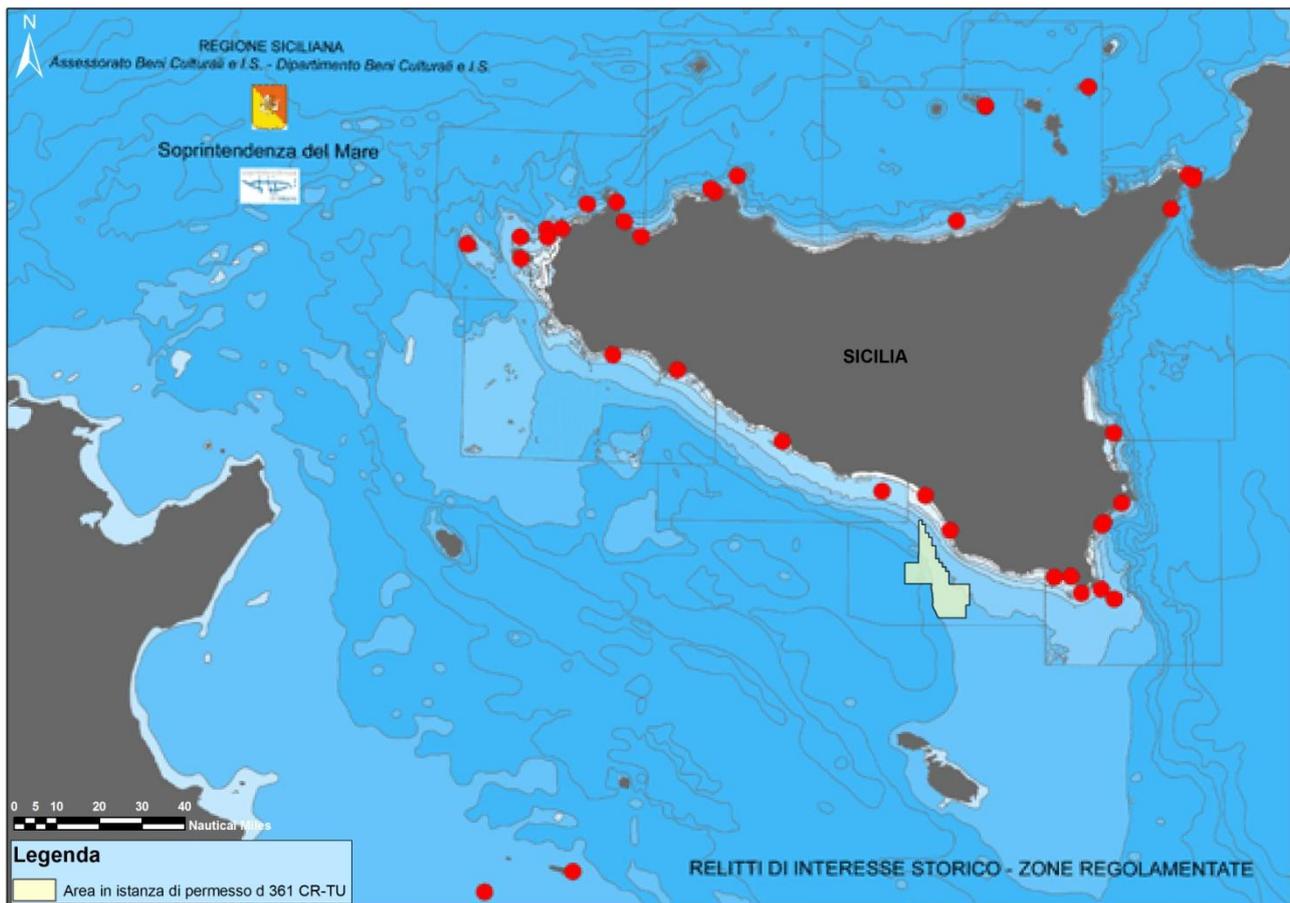


Figura 4.22 - Localizzazione delle aree archeologiche marine e dell'area oggetto di istanza
(fonte: www.regione.sicilia.it, modificata)

4.4.6 Aree marine militari

L'eccezionale sviluppo lineare costiero della penisola italiana, comprese le sue isole, che si aggira attorno ai 7458 km e caratterizzato dalle più svariate morfologie, si presta alla necessità di trovare le differenti condizioni ove svolgere le normali operazioni di esercitazione militari navali. In esse saltuariamente vengono eseguite esercitazioni sia di unità di superficie, di sommergibili, di tiro, di bombardamento, di dragaggio ed anfibia. Dette zone sono naturalmente soggette a particolari tipi di restrizioni e regolamentazioni dei quali viene data notizia a mezzo di apposito Avviso ai Naviganti (Figura 4.23).

I tipi di regolamentazione vengono istituiti a seconda del tipo di esercitazione che in esse si svolge e possono essere: semplice interdizione alla navigazione od avvisi di pericolosità all'interno delle acque territoriali, o avvisi di pericolosità nelle acque extraterritoriali.

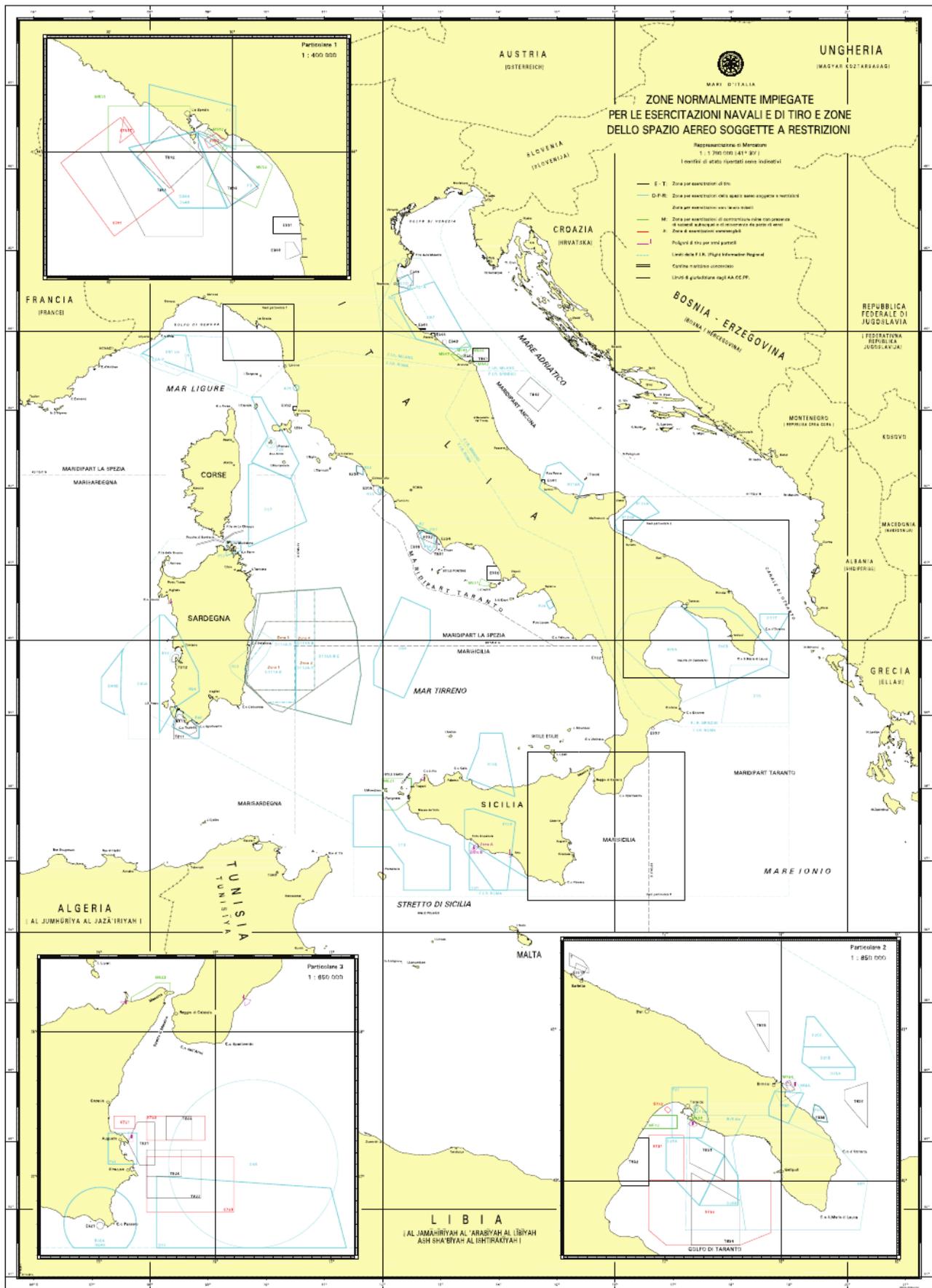


Figura 4.23 - Zone normalmente impiegate per le esercitazioni navali e di tiro e zone dello spazio aereo soggette a restrizioni – Scala 1:1.700.000 (Istituto idrografico della marina – Premessa agli avvisi ai naviganti 2012 – www.difesa.it)

Ciascuna zona è indicata con una lettera alfabetica seguita da cifre: la lettera indica il tipo di attività che causa l'interdizione o la pericolosità della zona, mentre i numeri sono di più cifre dove, la prima è associata al tipo di zona, la seconda individua il Dipartimento di giurisdizione. Le ulteriori cifre si riferiscono alla zona specifica.

In particolare le zone presenti sul territorio italiano possono essere riassunte in 4 principali tipologie:

- **E3** – “Zone impiegate per esercitazioni di tiro (terra-mare)”;
- **M5** – “Zone in cui sono presenti ostacoli subacquei (esercitazioni di dragaggio)”;
- **S7** – “Zone in cui vengono svolte esercitazioni con sommergibili”;
- **T8** – “Zone impiegate per esercitazioni di tiro (mare-terra)”.

Nel dettaglio della zona di pertinenza dell'area di studio e di quelle limitrofe siciliane, è possibile individuare aree militari adibite a servitù di diverso tipo e distribuite nei diversi settori dell'isola (Figura 4.24). Queste sono localizzate grossomodo nei tre vertici della Sicilia. In merito all'area di studio del presente elaborato, tuttavia, nessun'area di servitù militare risulta interessare il blocco in istanza di permesso per cui non sono ascrivibili ad esso interferenze con le attività da svolgervi e quindi restrizioni di alcun tipo.

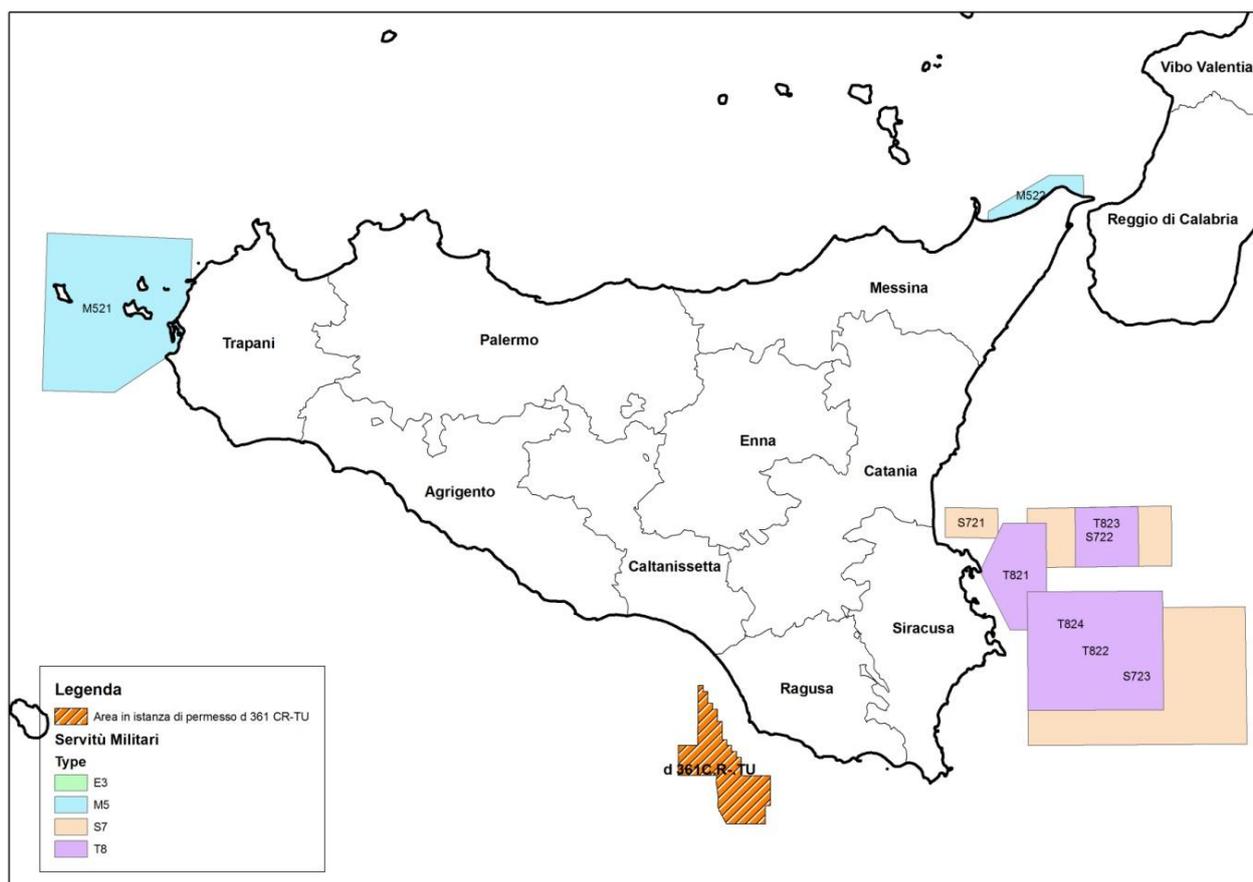


Figura 4.24 – Servitù militari presenti lungo le coste della Sicilia e relativa posizione dell'area in istanza di permesso

4.5 Flora e fauna

Il Mediterraneo è un mare particolarmente ricco di flora e fauna. Vi 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 e di particolare importanza commerciale. Queste specie, assieme a molte altre di cui verrà trattato a seguire, vengono pescate con vare tecniche dalle flotte appartenenti alle marinerie siciliane, in quanto costituiscono una delle maggiori fonti di sostentamento dell'isola di Sicilia. A seconda delle stagioni vengono pescate specie diverse in zone diverse del Mediterraneo.

4.5.1 Fauna ittica

Il Canale di Sicilia è uno dei mari a più alta biodiversità del Mediterraneo grazie a una serie di complessi processi oceanografici che influiscono sulla produttività delle sue acque. In questa zona di transizione, che connette il bacino occidentale del Mediterraneo con quello orientale (Gasparini et al., 2005; Bianchi, 2007), si incontrano infatti la corrente atlantica più superficiale e quella più profonda proveniente dal levante che si muove in direzione opposta fino a circa 500 m di profondità (Napolitano et al., 2003). Dalle grandi foreste di gorgonie e coralli di profondità, che vivono su fondali rocciosi e ospitano una ricchissima fauna, a fondali più fangosi, importanti per la riproduzione di specie ittiche di interesse commerciale come il nasello e la triglia, il Canale di Sicilia rappresenta un'area unica in tutto il Mediterraneo.

Uno studio effettuato dall'Istituto Zooprofilattico Sperimentale dell'Abruzzo e del Molise, per quanto riguarda i periodi riproduttivi delle specie ittiche dei mari italiani, ha individuato i periodi di maggiore attività riproduttiva delle specie maggiormente commercializzate. Lo studio mostra 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 4.25).

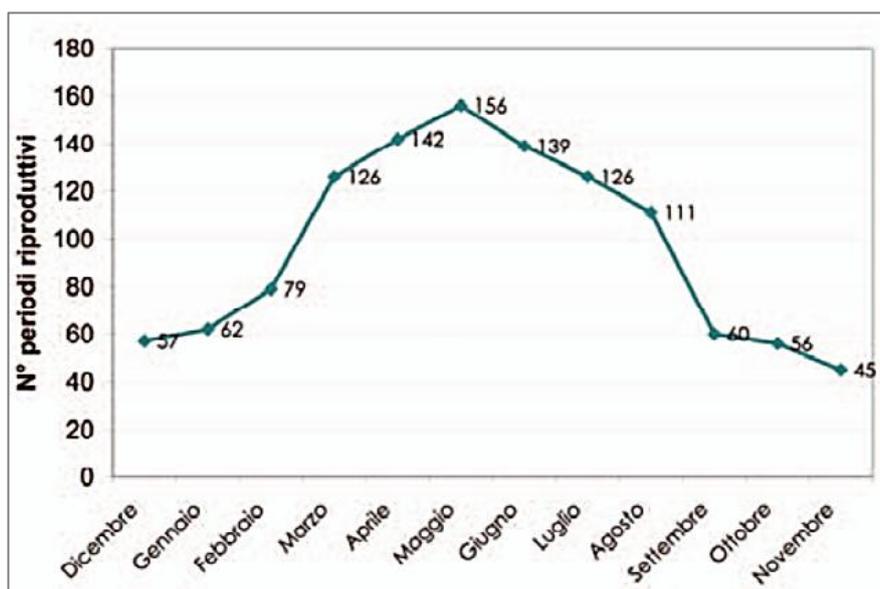


Figura 4.25 - Periodi riproduttivi delle specie ittiche dei mari italiani (fonte: Istituto Zooprofilattico Sperimentale dell'Abruzzo e del Molise "Giuseppe Corporale")

Il tonno è un genere della famiglia Scombridae che raggruppa 8 specie di grandi pesci pelagici predatori. Nell'area del Canale di Sicilia, le specie più comuni sono, 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.

I mari italiani mostrano anche la presenza di numerose specie di squalo. Gli squali nei mari d'Italia corrispondono in numero e specie a quasi tutti i pesci cartilaginei del bacino del Mediterraneo. Attraverso pubblicazioni e *checklist* già esistenti si hanno indicazioni della presenza accertata di 70 specie diverse,

comprendenti squali e razze e chimere. Altre 8 specie sono invece segnalate per il Mediterraneo, ma la presenza nelle acque italiane è ancora da accertare. Infine 2 specie sono al momento dubbie in quanto gli ittiologi non hanno ancora pareri unanimi nell'accettarle o meno come specie valide.

Nella tabella a seguire (Tabella 4.3) è possibile osservare una lista che raccoglie alcune specie rappresentative del Canale di Sicilia.

Specie	Nome comune	Specie	Nome comune
<i>Alosa fallax</i>	Cheppia	<i>Myliobatis aquila</i>	Aquila di mare
<i>Alopias vulpinus</i>	Squalo volpe	<i>Oblada melanura</i>	Occhiata
<i>Boops boops</i>	Boga	<i>Odontaspis ferox</i>	Cagnaccio
<i>Caranx sp.</i>	Carango	<i>Oxinotus centrina</i>	Squalo porco
<i>Carcharhinus altimus</i>	Squalo grigio	<i>Phycis phycis</i>	Musdea
<i>Carcharhinus brevipinna</i>	Squalo pinna nera	<i>Prionace glauca</i>	Verdesca
<i>Carcharias taurus</i>	Squalo toro	<i>Pteromylaeus bovinus</i>	Vaccarella
<i>Carcharodon carcharias</i>	Squalo bianco	<i>Pteroplatytrygon violacea</i>	Trigone viola
<i>Centrophorus granulosus</i>	Squalo centroforo	<i>Raja alba</i>	Razza bianca
<i>Cethorinus maximus</i>	Squalo elefante	<i>Raja asterias</i>	Razza stellata
<i>Cetornhinus maximus</i>	Squalo elefante	<i>Raja batis</i>	Razza bavosa
<i>Chimera monstrosa</i>	Chimera	<i>Raja circularis</i>	Razza rotonda
<i>Chromis chromis</i>	Castagnola	<i>Raja clavata</i>	Razza chiodata
<i>Coris julis</i>	Donzella	<i>Raja fullonica</i>	Razza spinosa
<i>Dactylopterus volitans</i>	Pesce rondine	<i>Raja miraletus</i>	Razza quattrocchi
<i>Daliatis licha</i>	Scimnorino	<i>Raja montagui</i>	Razza maculata
<i>Dasyatis centroura</i>	Trigone spinoso	<i>Raja oxyrinchus</i>	Razza monaca
<i>Dasyatis pastinaca</i>	Trigone comune	<i>Raja polystigma</i>	Razza polistimma
<i>Dasyatis violacea</i>	Trigone pelagico	<i>Raja radula</i>	Razza scuffina
<i>Dentex dentex</i>	Dentice	<i>Raja undulata</i>	Razza ondulata
<i>Diplodus sargus</i>	Sarago maggiore	<i>Rhinobatos cemiculus</i>	Razza o pesce chitarra
<i>Diplodus vulgaris</i>	Sarago fasciato	<i>Rhinobatos rhinobatos</i>	Razza o pesce violino
<i>Epinephelus marginatus</i>	Cernia bruna	<i>Rostroraja alba</i>	Razza bianca
<i>Etmopterus spinax</i>	Moretto	<i>Sciaena umbra</i>	Corvina
<i>Galeorhinus galeus</i>	Galeo	<i>Scorpaena scorfa</i>	Scorfano rosso
<i>Galeus melastomus</i>	Squalo gattuccio boccanera	<i>Scyliorhinus canicula</i>	Gattuccio
<i>Gobius bucchichi</i>	Ghiozzo rasposo	<i>Scyliorhinus stellaris</i>	Gattopardo
<i>Gymnura altavela</i>	Altavela	<i>Seriola dumerili</i>	Ricciola
<i>Heptranchias perlo</i>	Squalo manzo	<i>Serranus scriba</i>	Sciarrano
<i>Hexanchus griseus</i>	Capo piatto, pesce vacca	<i>Squalus acanthias</i>	Spinarolo
<i>Hippocampus guttulatus</i>	Cavalluccio camuso	<i>Squalus acanthias</i>	Spinarolo
<i>Hippocampus hippocampus</i>	Cavalluccio marino	<i>Squalus blainvilei</i>	Spinarolo bruno
<i>Isurus oxyrinchus</i>	Squalo mako	<i>Squatina aculata</i>	Squadro pelle rossa
<i>Labrus merula</i>	Tordo	<i>Squatina squatina</i>	squadro
<i>Labrus mixtus</i>	Tordo fischietto	<i>Thalassoma pavo</i>	Donzella pavonina
<i>Lamna nasus</i>	Smeriglio	<i>Thunnus alalunga</i>	Tonno bianco
<i>Mobula mobular</i>	Mobula	<i>Thunnus thynnus</i>	Tonno rosso
<i>Mullus Surmuletus</i>	Triglia di scoglio	<i>Torpediniformes</i>	Torpedine

<i>Mustellus asteria</i>	Palombo stellato	<i>Umbrina cirrosa</i>	Ombrina
<i>Mustellus mustellus</i>	Palombo	<i>Xiphias gladius</i>	Pesce spada
<i>Mustellus punctulatus</i>	Palombo puntato	<i>Xyrichthys novacula</i>	Pesce pettine
<i>Mustelus mustelus</i>	Palombo	<i>Zeus faber</i>	Pesce S. Pietro

Tabella 4.3 - Fauna ittica presente nella Canale di Sicilia (fonte dati: www.strategiamarina.isprambiente.it)

Tra le specie di squali, la più conosciuta e temuta è quella dello squalo bianco, noto per la sua aggressività verso l'uomo. Le difficoltà di studio e comprensione di questa specie ci inducono a non essere certi della posizione delle aree di riproduzione, così come dei periodi di riproduzione e della durata della gestazione. L'area, per altro molto vasta, compresa nel triangolo fra Malta, Tunisia e Sicilia sembra essere una zona di riproduzione di questa specie.

4.5.2 Nursery

Per la distribuzione delle *nursery* dello Stretto di Sicilia, sono state prese in considerazione le aree di intensità del reclutamento relative alla GSA16, zona in cui ricade l'area di studio del presente rapporto. Con il termine *nursery* si indicano quegli ambienti e quelle aree marine idonee in cui le diverse specie ittiche svolgono le proprie attività riproduttive. L'importanza di individuare, delimitare e studiare da vicino le *nursery* è essenziale in un'ottica di ripopolamento e di rinnovo delle risorse alieutiche, alla luce delle attività commerciali di pesca.

Tra i fattori principali responsabili della distribuzione delle *nursery* relative alle varie specie di questo settore di mare, è la presenza di correnti intense e stabili. Tali correnti ne influenzano sia la biologia riproduttiva, l'attività di deposizione e i processi di reclutamento delle risorse da pesca nell'area.

Una recente sintesi sulla distribuzione delle aree di *nursery* delle principali specie demersali e delle relazioni con le correnti e i principali processi oceanografici nella GSA 16 sono riportati in letteratura da Garofalo et al., 2012 (Figura 4.26). In essa è riportata nel dettaglio la distribuzione delle *nursery* delle specie principali che popolano la GSA 16 in funzione delle correnti, delle caratteristiche idrologiche e morfobatimetriche del settore settentrionale dello Stretto di Sicilia, oltre all'esatta ubicazione dell'area in istanza di permesso (in rosso). Tra le specie considerate sono annoverate:

- Triglia di fango;
- Merluzzo;
- Moscardino bianco;
- Gambero rosa;
- Mostella di fango;
- Scampo;
- Gambero rosso.

Se si considerano gli indici di reclutamento dal 1994, le principali specie bersaglio hanno mostrato buoni indici di reclutamento della seconda metà degli anni 2000. Sono da segnalare i picchi di reclutamento della serie temporale rilevati per il gambero rosa nella primavera del 2004 e per la triglia di fango nell'autunno del 2004. Tali picchi sono da mettere in relazione alla forte anomalia delle temperature delle acque superficiali nello Stretto di Sicilia registrate nell'autunno del 2003.

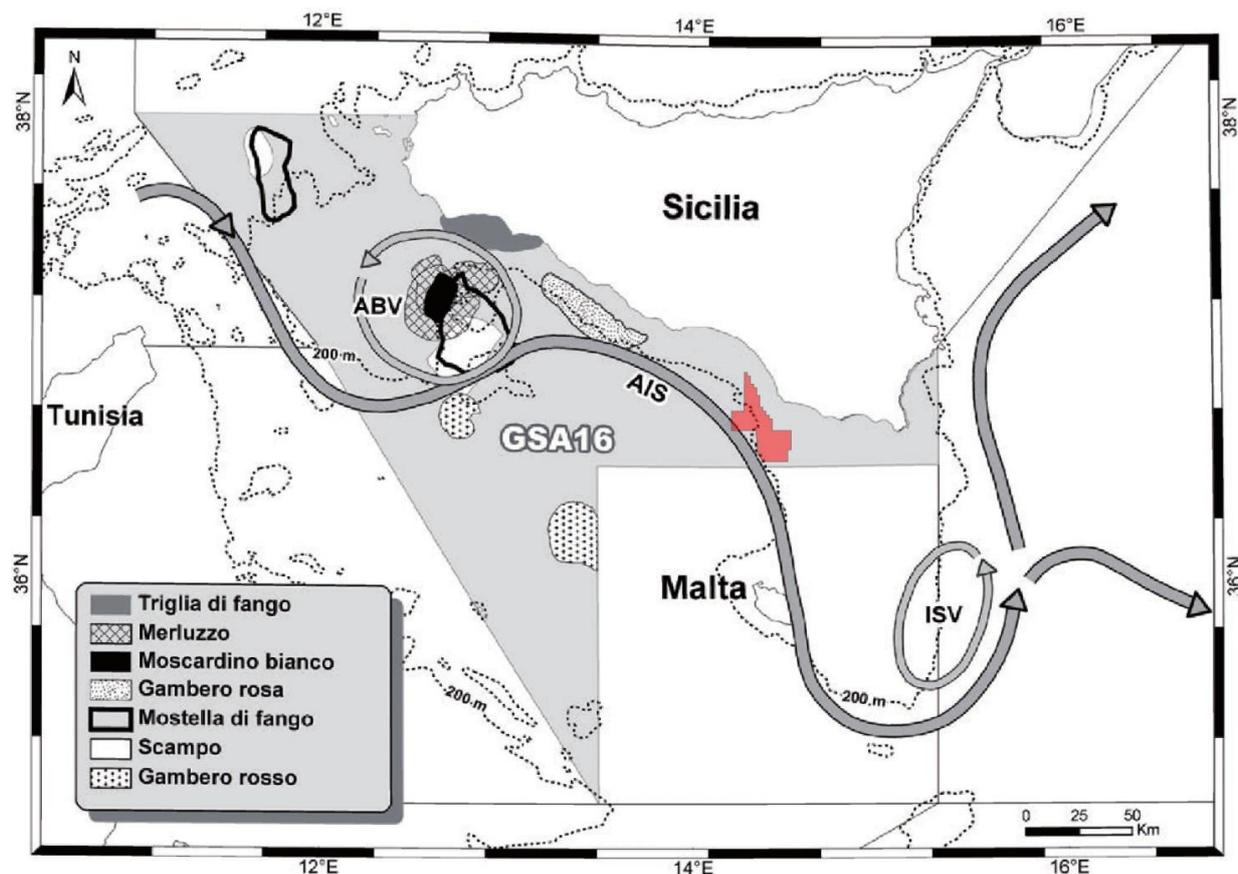


Figura 4.26 – Le principali nursery della zona GSA16 di triglia di fango, merluzzo, moscardini bianco, gambero rosa, mostella di fango, scampo e gambero rosso. Sono inoltre indicate le principali caratteristiche idrologiche (ABV: Vortice del Banco Avventura; AIS: Corrente Atlantica; ISV: Vortice Ionico) e morfobatimetrie del settore nord dello Stretto di Sicilia (fonte: Garofalo et al., 2011, modificata)

In riferimento alla Figura 4.26, il blocco per cui si richiede l'istanza di permesso ricade in un settore della GSA 16 caratterizzato in maniera predominante dalla presenza di *nursery* della mostella di fango (*Phycis blennoides*) appartenente alla categoria dei Teleostei. I Teleostei sono la categoria più abbondante in questo settore di mare e mostrano negli ultimi anni una fase di crescita che non ha subito grandi variazioni.

Detta anche Musdea, la Mostella, viene altresì chiamata Pastenula nera, in Liguria "mustella di scoglio", per distinguerla da una specie molto simile la "mustella di fondale" (*Phycis blennoides*). La musdea è un pesce bentonico relativamente alto e compresso ai lati, la mandibola è sporgente e la bocca è munita di un barbiglio; le pinne dorsali sono contigue, la prima è triangolare, la seconda decorre lungo tutto il resto del dorso fino alla pinna caudale; quest'ultima di forma triangolare con il margine posteriore convesso. Le pinne ventrali sono assottigliate ed assomigliano a due lunghi barbigli, mentre quelle anale decorre lungo la parte posteriore del ventre fino alla coda. Il colore è nerastro con riflessi rossastri, lungo tutte le pinne si osserva una banda marginale nera. Può raggiungere 65 cm più comune da 10 a 40 cm. Vive su fondali sabbiosi e rocciosi e si trova in tutto il Mediterraneo; è attiva soprattutto di notte quando caccia crostacei e piccoli pesci, mentre di giorno resta nascosta in fessure fra le rocce. Può raggiungere profondità di 650 metri, ma è frequente a profondità minori di 200 metri.

4.5.3 Mammiferi

I mammiferi marini presenti nel Mediterraneo e nei mari italiani sono rappresentati da più specie appartenenti all'ordine dei cetacei e una sola specie appartenente alla famiglia dei focidi.

La Società Italiana di Biologia Marina (SIBM), su incarico della Direzione Generale per la Protezione della Natura e del Mare (DPNM) del Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MiATTM), ha rivisto ed aggiornato la *checklist* delle specie marine della fauna italiana. Lo studio ha suddiviso i mari italiani in otto aree principali, più un “microsettore” (Figura 4.27).

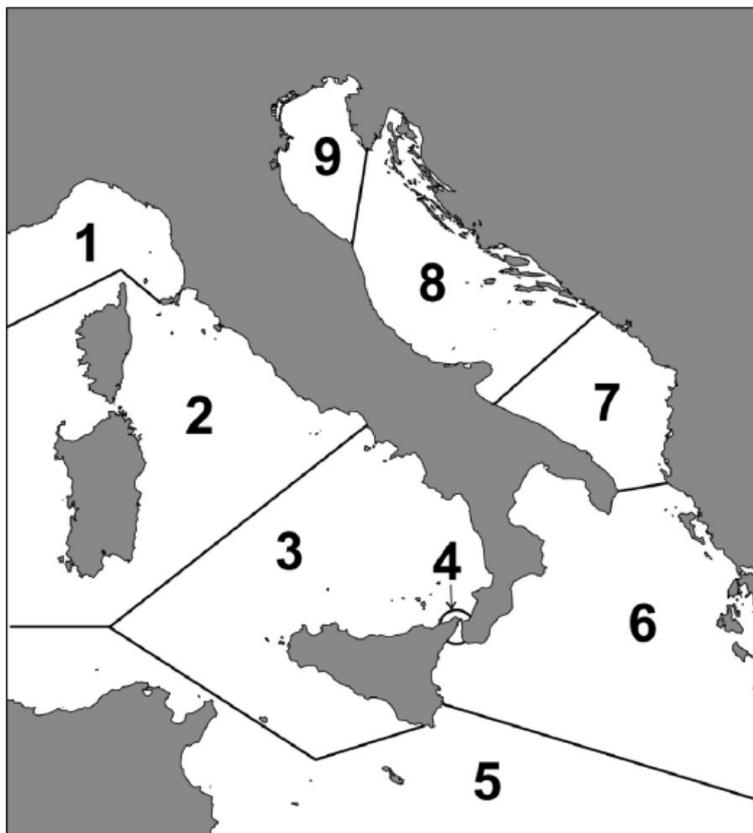


Figura 4.27 – Nove settori biogeografici dei mari italiani (fonte: Biologia Marina Mediterranea, 2010; www.sibm.it)

La lista dei mammiferi marini presenti nell’area del Canale di Sicilia, zona oggetto dell’istanza, fa capo al settore numero 3. Il settore comprende tutte le coste campane, le coste tirreniche della Basilica, della Calabria e della Sicilia, nonché gran parte delle coste siciliane meridionali, afferenti alla sezione meridionale del settore centroccidentale del Mediterraneo.

L’analisi, oltre a fornire la lista di specie, per i diversi mari italiani implementa lo studio con nuove informazioni. Nella dodicesima colonna (CAR), vengono indicate le possibili caratteristiche: E) endemica italiana, M) minacciata, sulla scorta delle conoscenze dell’autore o perché presente nelle liste di allegati di Convenzioni Internazionali, AL) aliena o non indigena (senza distinzione tra le varie tipologie). Nella tredicesima colonna (SIN) vengono indicate con una sigla eventuali sinonimie e nella quattordicesima (NOTE) annotazioni riguardanti questioni sistematiche, nuove segnalazioni, etc (Tabella 4.4).

Inoltre, al fine di proteggere la cetofauna, è stato siglato l’accordo ACCOBAMS (Accordo sulla Conservazione dei Cetacei nel Mar Nero, Mar Mediterraneo e Aree Atlantiche Contigue) che è uno strumento di cooperazione per la conservazione della biodiversità marina nel Mar Mediterraneo e nel Mar Nero. Il suo scopo è quello di ridurre le minacce per i cetacei e migliorare la nostra conoscenza di questi animali.

La direttiva impone agli Stati membri di attuare un dettagliato piano di conservazione per i cetacei, basato sul rispetto della legislazione che vieta la cattura intenzionale di cetacei, sulle misure per ridurre al minimo la cattura accidentale e, infine, sulla creazione di aree protette.

L'accordo di ACCOBAMS deriva dalla cooperazione tra i Segretariati di quattro convenzioni:

- La Convenzione di Barcellona sulla Protezione dell'Ambiente Marino e della Costa Mediterranea (e il suo nuovo Protocollo di Applicazione relativo alle Zone a Protezione Speciale e alla Diversità Biologica nel Mediterraneo, adottato il 10 giugno 1995);
- La Convenzione di Bonn sulla Conservazione delle Specie Migratrici della Fauna Selvatica;
- La Convenzione di Berna sulla Conservazione della Fauna Selvatica Europea e degli Habitat Naturali;
- La Convenzione di Bucarest sulla protezione del Mar Nero contro l'inquinamento si è iscritta al gruppo delle convenzioni più tardi.

Nel corso di due incontri nel Principato di Monaco le Parti hanno negoziato un progetto di accordo sulla conservazione dei cetacei nel Mediterraneo e del Mar Nero. Al tavolo erano presenti rappresentanti oltre 20 paesi del Mediterraneo e del Mar Nero, nonché osservatori di molte organizzazioni intergovernative e non governative.

L'accordo è stato disposto alla firma dal 24 novembre 1996 ed è entrato in vigore il 1 giugno 2001.

La fauna appartenente ai cetacei, o cetofauna, del Mar Mediterraneo può essere considerata come un sottoinsieme di quella nordatlantica. Delle 86 specie conosciute di cetacei, 19 sono state osservate in Mediterraneo. Di queste 19 specie, 8 possono essere considerate come regolari, 4 occasionali e 7 accidentali. Le specie regolari sono definite tali in quanto svolgono tutte le loro funzioni vitali in Mediterraneo. 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 (Notarbartolo di Sciarra & Demma, 1997).

Delle 8 specie di cetacei che vivono regolarmente nel Mediterraneo, una è rappresentata dai Mysticeti e le altre sette dai Odontoceti. Si riconoscono:

- la balenottera comune (*Balaenoptera physalus*);
- il capodoglio (*Physeter macrocephalus*);
- lo zifio (*Ziphius cavirostris*);
- il globicefalo (*Globicephala melas*);
- il grampo (*Grampus griseus*);
- il tursiope (*Tursiops truncatus*);
- la stenella striata (*Stenella coeruleoalba*);
- il delfino comune (*Delphinus delphis*).

L'osservazione di esemplari delle rimanenti specie occasionali ha riconosciuto e osservato:

- l'orca (*Orcinus orca*);
- il delfino di grosse dimensioni detto steno (*Steno bredanensis*);
- la pseudorca (*Pseudorca crassidens*);
- la balenottera minore o balenottera rostrata (*Balaenoptera acutorostrata*);
- la balena franca nordatlantica (*Eubalaena glacialis*) più raramente;
- la megattera (*Megaptera novaeangliae*) più raramente;
- la cogia di Owen (*Kogia sima*) più raramente.

In base alle loro preferenze di habitat si riconoscono mammiferi marini che prediligono aree costiere, come il tursiope e il delfino comune, con profondità che non superano i 500 metri, ed area pelagiche, dove si

riscontrano la balenottera comune, lo zifio, il globicefalo e la stenella striata. Nella scarpata profonda invece è l'habitat prediletto dalle forme come il capodoglio e il grampo.

			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)							x			M		A1, A17
Famiglia Balaenopteridae														
<i>Balaenoptera</i>	15674	Lacépède, 1804												
<i>Balaenoptera acutorostrata</i>	15675	Lacépède, 1804	x	x	x	x	x	x	x				a1	A2, A17
<i>Balaenoptera musculus</i>	15676	(Linnaeus, 1758)												A3, A17
<i>Balaenoptera physalus</i>	15677	Lacépède, 1804	x	x	x	x	x	x	x	x	x	M	a2	A4, A17
<i>Megaptera novaeangliae</i>	15678	(Borowski, 1781)								x				A5, A17
Famiglia Physeteridae														
<i>Kogia</i>	15679	Gray, 1846												
<i>Kogia sima</i>	15680	(Owen, 1866)		x	x									A7, A17
<i>Physeter</i>	15681	Linnaeus, 1758												
<i>Physeter catodon</i>	15682	Linnaeus, 1758	x	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	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	x	M		A10, A17
<i>Globicephala</i>	15687	Lesson, 1828												
<i>Globicephala melas</i>	15688	(Traill, 1809)	x	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	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	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	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

Tabella 4.4 – Lista dei mammiferi marini dei mari italiani. La colonna N° 6 fa riferimento alla fauna presente nel bacino ionico (fonte: www.sibm.it – Biologia Marina Mediterranea 2010)

Per quanto riguarda la famiglia delle Phocidae, la foca monaca (*Monachus monachus*) è una specie in rarefazione in tutto il suo areale di ripartizione, è osservata occasionalmente lungo le coste della Sardegna,

delle isole minori della Sicilia sudoccidentale e del Salento. Considerando le osservazioni registrate in Italia in questi ultimi anni, non è da escludere che tali esemplari possano trattenersi lungo le coste italiane per periodi superiori a qualche settimana (Mo et al, 2007).

La “Valutazione e mitigazione dell’impatto acustico dovuto alle prospezioni geofisiche” redatta dall’Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (maggio 2012) raccoglie nell’Allegato V la descrizione delle specie di mammiferi marini.

Balenottera comune (*Balaenoptera physalus*):

La balenottera comune è un cetaceo prevalentemente pelagico, tuttavia non è raro incontrarlo anche in prossimità delle coste a seconda della distribuzione delle sue prede.

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) si presentano preferenzialmente isolati o in coppia e, più raramente, in gruppi che possono raggiungere i 6 o 7 individui. In Mediterraneo la preda più nota è il *krill*, l’eufausiaceo planctonico *Meganyctiphanes norvegica*, di cui sembra si alimenti prevalentemente in estate.

Ha una distribuzione regolare in tutti i mari italiani eccetto l’Adriatico, 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 nello Ionio.

In Figura 4.28 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 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 Canale di Sicilia, oggetto dell’attività proposta, l’osservazione della balenottera comune risulta un evento raro e occasionale.

Le frequenti osservazioni estive di neonati lasciano presumere che la stagione riproduttiva non sia esclusivamente legata al periodo invernale come avviene nelle popolazioni atlantiche.

I segnali acustici prevalenti hanno una frequenza che va da 15Hz a 35Hz.

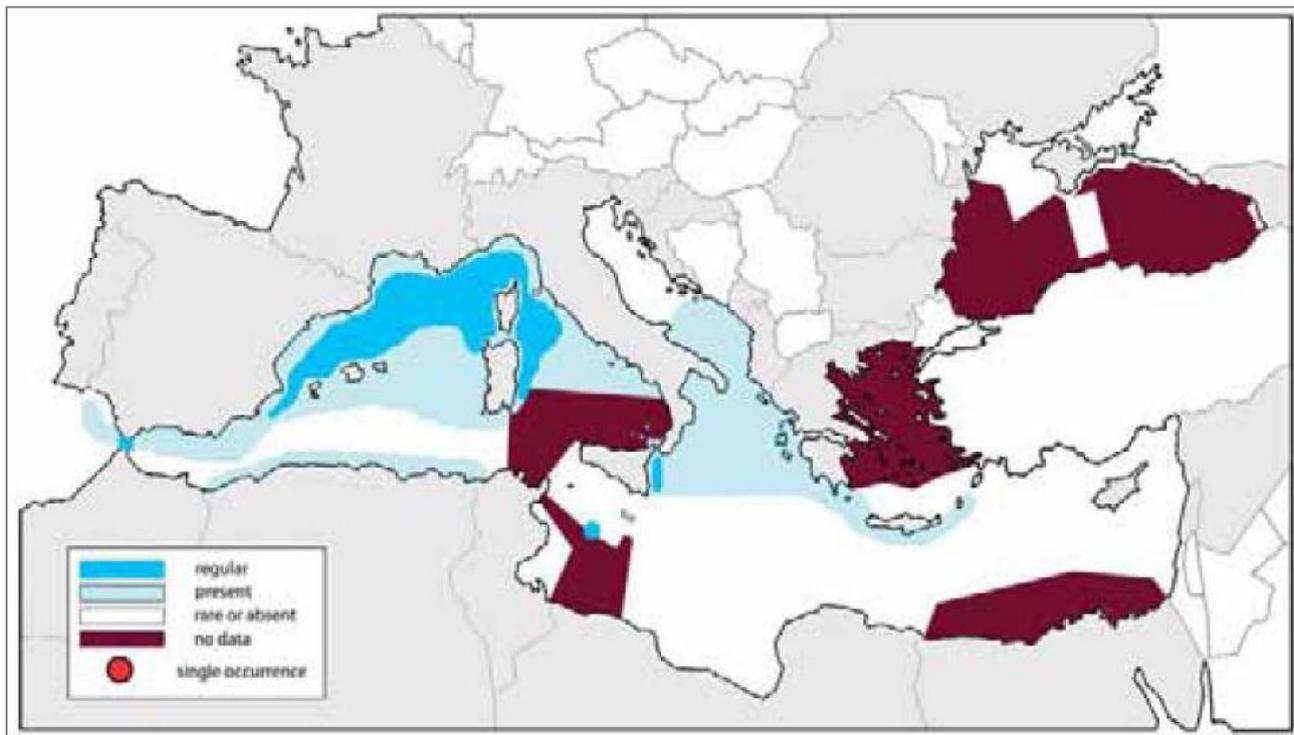


Figura 4.28 – Distribuzione della Balenottera Comune nel Mediterraneo (fonte: Notarbartolo di Sciara & Birkun, 2010)

Balenottera minore (*Balaenoptera acutorostrata*):

È la più piccola della famiglia (7-10 metri) e sembra essere un animale piuttosto solitario, con gruppi di massimo tre individui. Viene avvistata piuttosto raramente nel Mediterraneo, in cui la sua presenza è ritenuta occasionale. 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. 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.

Gli accoppiamenti e le nascite avvengono nelle acque calde di entrambi gli emisferi, dove le balenottere minori migrano dai poli come fanno altri Mysticeti. Gli adulti degli oceani settentrionali hanno una lunghezza media di 7 metri, valore quasi massimo per le acque italiane, mentre quelli dei mari australi possono raggiungere i 10 metri. 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 Canale di Sicilia, oggetto dell'attività proposta, la presenza della balenottera minore è considerata come occasionale (Figura 4.29).

I segnali acustici prevalenti hanno una frequenza che va da 80 Hz a 22 kHz.

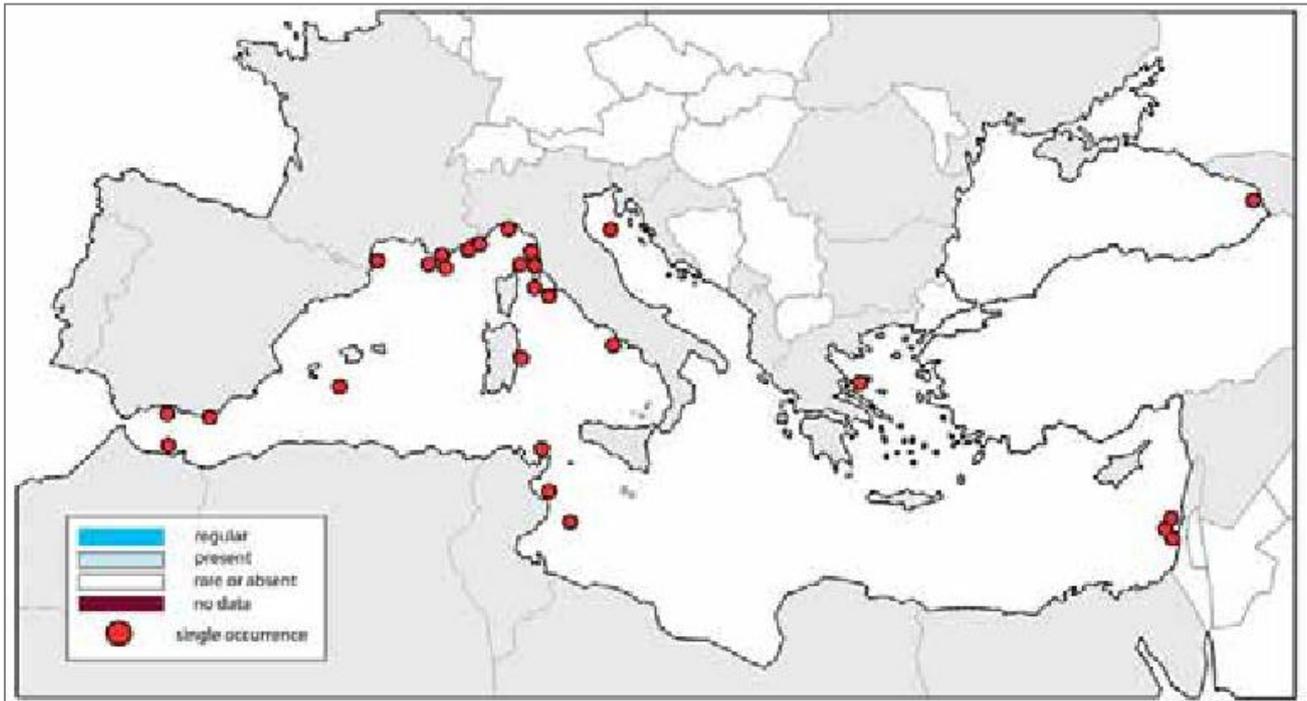


Figura 4.29 – Avvistamenti della Balenottera minore nel Mediterraneo (fonte: Notarbartolo di Sciarra & Birkun, 2010)

Cogia di Owen (*Kogia sima*):

Il Cogia di Owen raggiunge i 2,7 m di lunghezza e i 250 kg di peso. Rappresenta la specie più piccola tra gli odontoceti. Il corpo è solitamente grigio bluastrò con le regioni inferiori più chiare, su cui possono essere visibili striature leggermente gialle simili a venature. Dietro ad ogni occhio è presente una falsa branchia bianca. Le natatoie sono molto brevi e larghe. La punta del naso si proietta sulla mascella inferiore, che è piccola. Hanno lunghi denti ricurvi e acuminati (0-6 nella mascella superiore, tra 14 e 26 in quella inferiore). La Cogia di Owen sono creature solitamente solitarie ma in qualche occasione sono stati visti in piccoli gruppi. Si nutrono principalmente di calamari e granchi.

Preferisce le acque profonde e il suo habitat preferito sembrano essere quello delle acque subito oltre la piattaforma continentale. È diffuso nelle acque atlantiche, pacifiche e dell'Oceano Indiano. Nel Mediterraneo risulta molto rara e per quanto riguarda l'area del Canale di Sicilia, oggetto dell'attività proposta, la presenza della Cogia di Owen è considerata puramente occasionale (Figura 4.30).

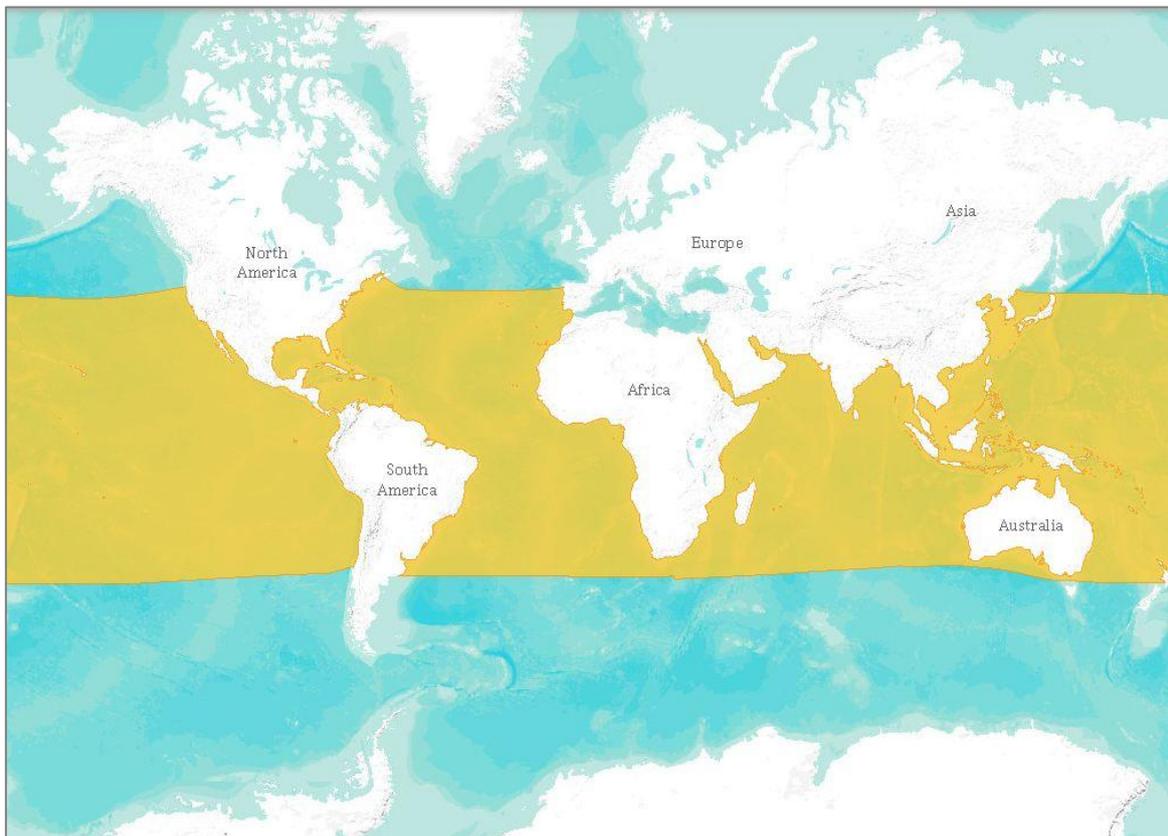


Figura 4.30 – Distribuzione della Cogia di Owen (Fonte: www.iucnredlist.org)

Capodoglio (*Physeter macrocephalus*):

Il capodoglio è il più grande odontocete esistente, il maschio raggiunge i 18 metri di lunghezza e supera le 50 tonnellate di peso, mentre la femmina si ferma a circa 12 metri di lunghezza. Il capodoglio 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).

È diffuso 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 (Figura 4.31). Un cospicuo numero di esemplari è stato 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 "schicchi" 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 Canale di Sicilia, oggetto dell'attività proposta, il capodoglio risulta presente, ma non con regolarità.

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.

I segnali acustici prevalenti hanno una frequenza che va da 200Hz a 32kHz.

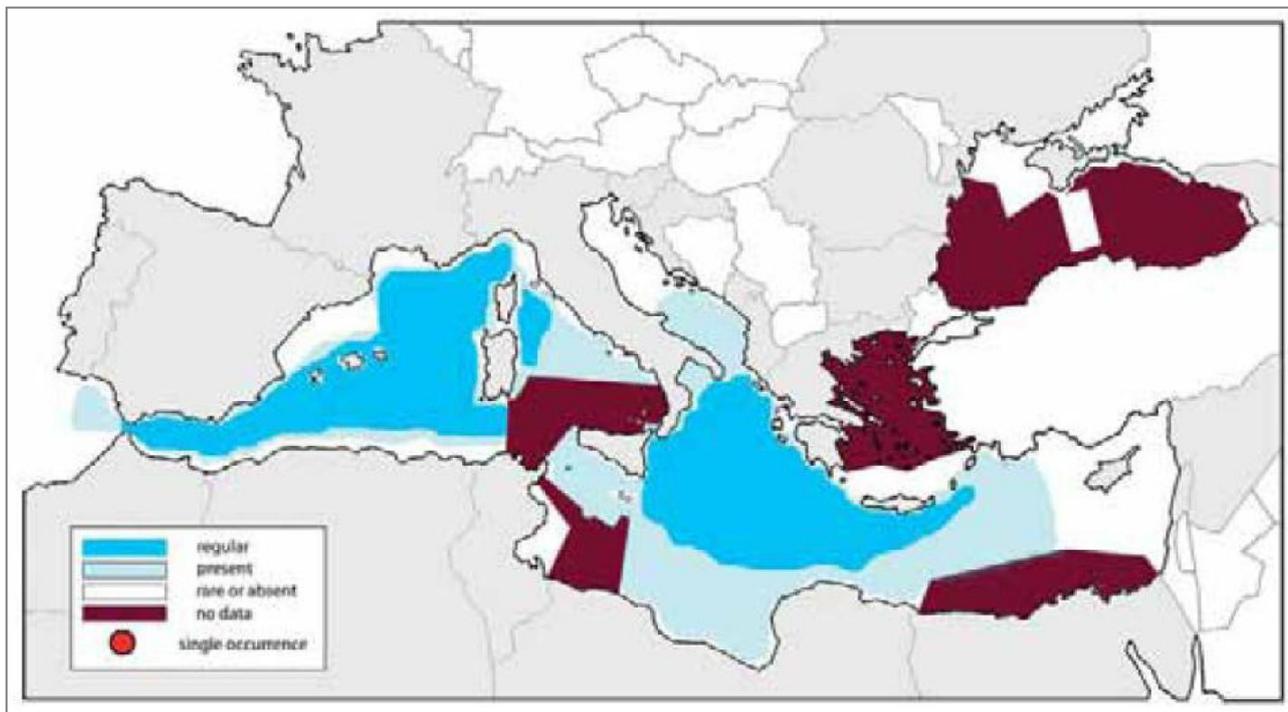


Figura 4.31 – Distribuzione dei Capodogli nel Mediterraneo (fonte: Notarbartolo di Sciara & Birkun, 2010)

Orca (*Orcinus orca*):

L'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. È un animale tipicamente gregario, che forma branchi costituiti da una media di 15 individui, probabilmente imparentati tra loro. Anche se inserita nei progetti generali di protezione dei Cetacei, la specie non è oggetto di specifiche misure.

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 sua presenza nel Mediterraneo è ritenuta occasionale con avvistamenti in zone localizzate. Gli avvistamenti sono per lo più localizzati nella parte occidentale del bacino (Figura 4.32). Si ipotizza che sporadicamente alcuni esemplari entrino nel Mar Mediterraneo attraverso lo Stretto di Gibilterra. Per quanto riguarda l'area del Canale di Sicilia, oggetto dell'attività proposta, la presenza dell'orca è ritenuta un evento raro e occasionale.

I segnali acustici prevalenti hanno una frequenza che va da 150 Hz a 160 kHz.

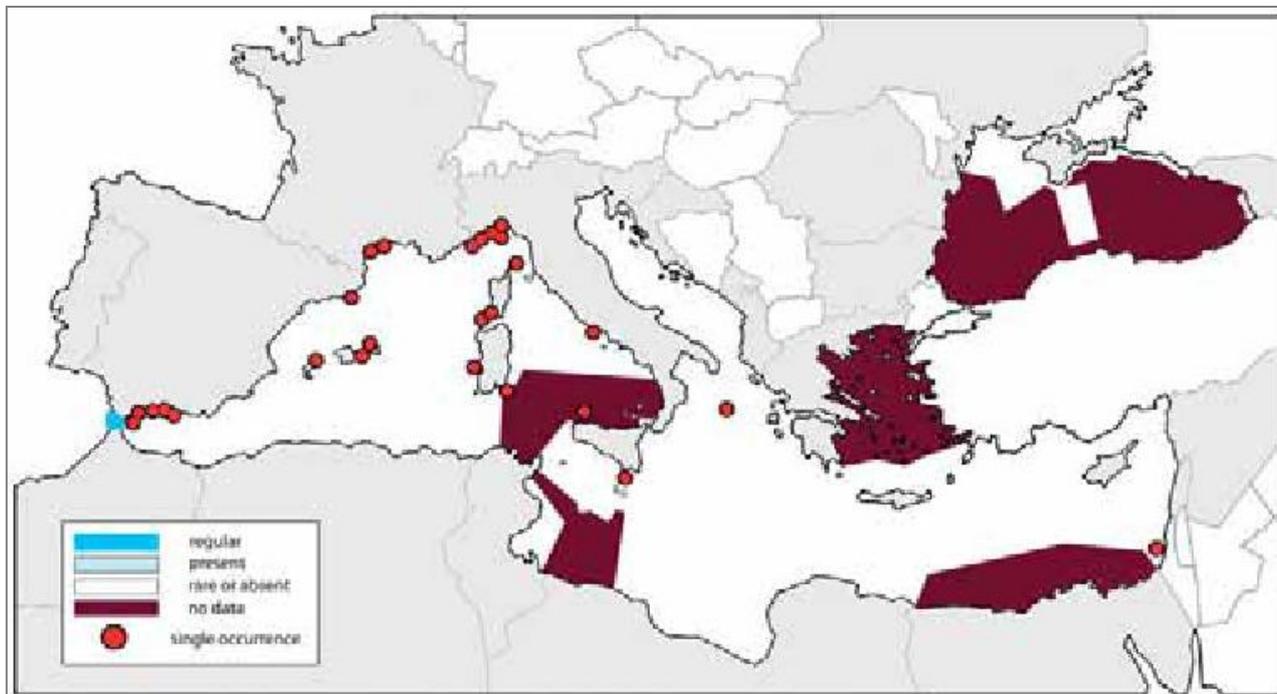


Figura 4.32 – Avvistamenti di Orche nel Mediterraneo (fonte: Notarbartolo di Sciara & Birkun, 2010)

Zifio (*Ziphius cavirostris*):

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.

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.

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 zifii 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 (Figura 4.33). Per quanto riguarda l'area del Canale di Sicilia, oggetto dell'attività proposta, lo zifio risulta presente, ma non in modo regolare.

Sembra non vi sia una stagionalità degli estri e la maturità sessuale avviene al raggiungimento di 5.5 metri di lunghezza.

I segnali acustici prevalenti hanno una frequenza che va da 20kHz a 150kHz.

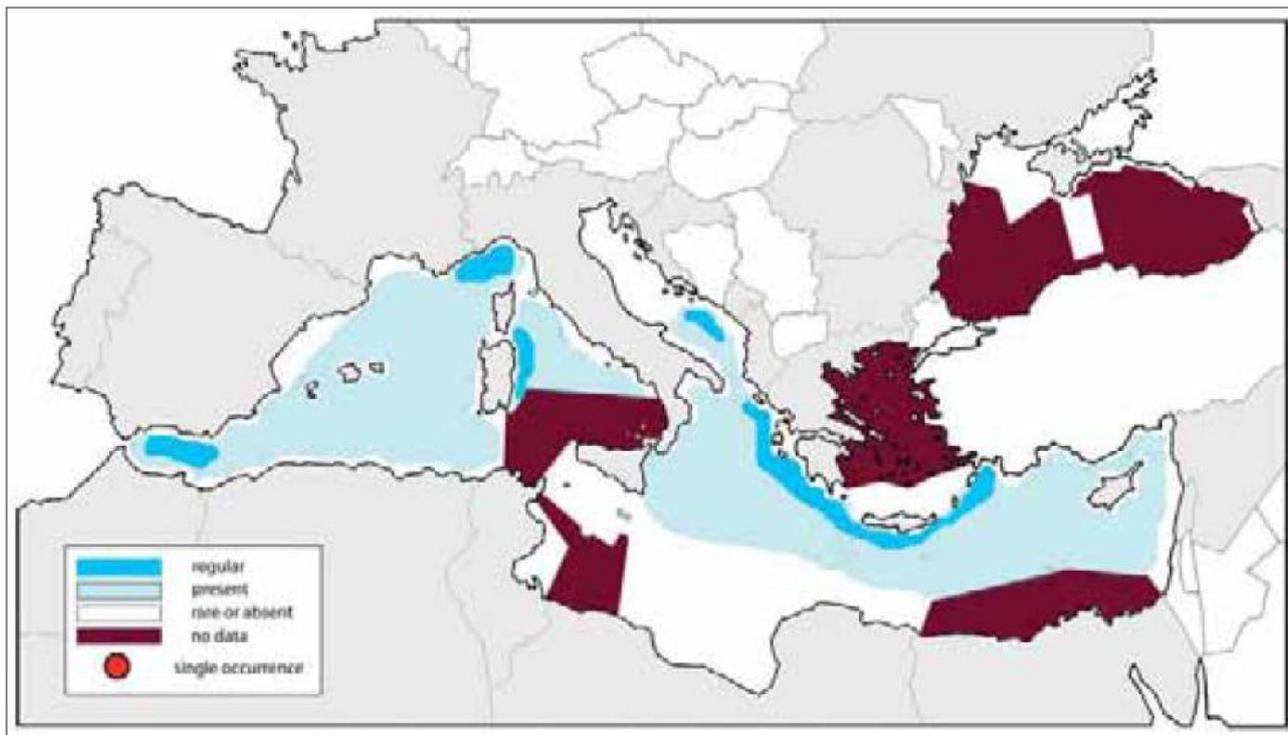


Figura 4.33 – Distribuzione dello Zifio nel Mediterraneo (fonte: Notarbartolo di Sciarra & Birkun, 2010)

Globicefalo (*Globicephala melas*):

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

In Mediterraneo prediligono le acque profonde del bacino occidentale, mentre non si hanno dati precisi circa la presenza di questo cetaceo nel bacino orientale (Figura 4.34). Per quanto riguarda l'area del Canale di Sicilia, oggetto dell'attività proposta, la presenza del globicefalo è considerato un evento raro e occasionale.

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

I segnali acustici prevalenti hanno una frequenza che va da 1kHz a 65kHz.

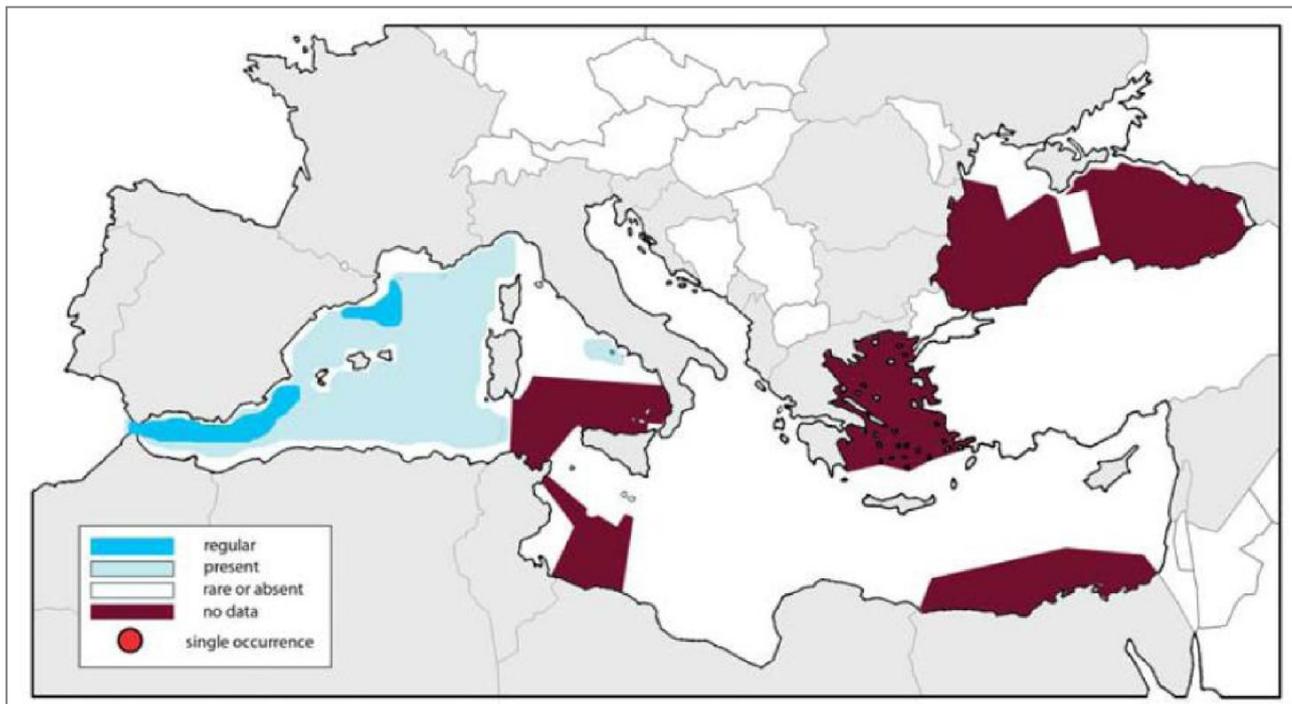


Figura 4.34 – Distribuzione del Globocefalo nel Mediterraneo (fonte: Notarbartolo di Sciarra & Birkun, 2010)

Grampo (*Grampus griseus*):

Il grampo 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. 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.

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. In particolare, sembra preferire le acque del bacino corso-ligure-provenzale dove si è registrata la sua presenza durante tutto l'anno (Figura 4.35). Relativamente all'area del Canale di Sicilia, oggetto dell'attività proposta, la presenza del grampo risulta essere un evento raro e occasionale. 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.

I segnali acustici prevalenti hanno una frequenza che va da 2kHz a 16kHz.

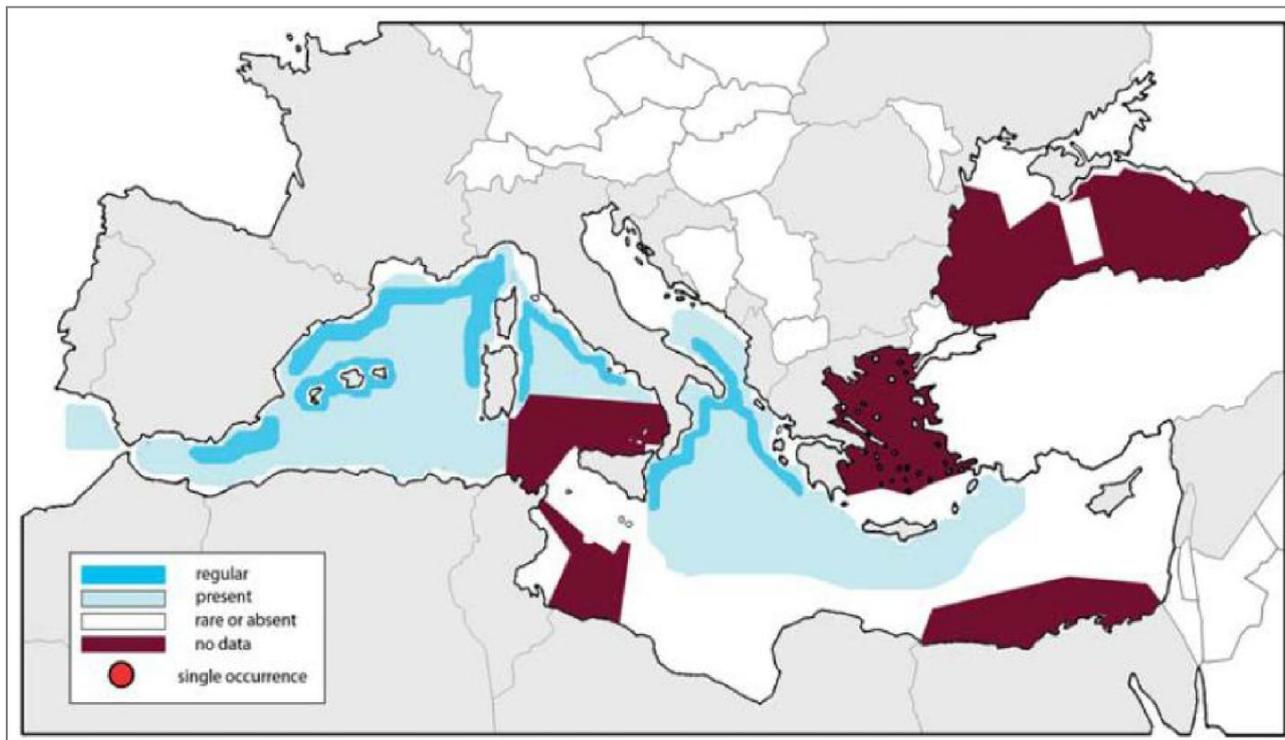


Figura 4.35 – Distribuzione del Grampo nel Mediterraneo (fonte: Notarbartolo di Sciarra & Birkun, 2010)

Tursiope (*Tursiops truncatus*):

Il tursiope 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.

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 (Figura 4.36). Per quanto riguarda l'area del Canale di Sicilia, oggetto dell'attività proposta, il tursiope risulta presente, ma non in modo regolare.

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

I segnali acustici prevalenti hanno una frequenza che va da 4kHz a 130kHz.

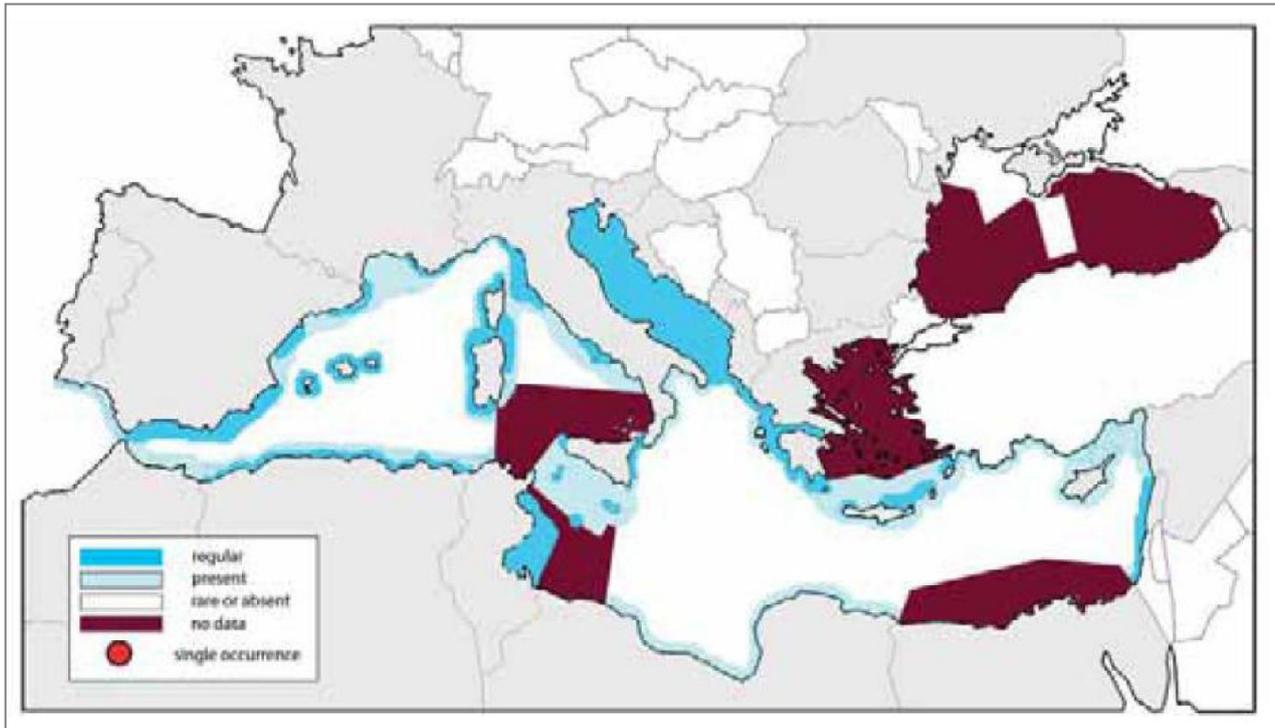


Figura 4.36 – Distribuzione del Tursiope nel Mediterraneo (fonte: Notarbartolo di Sciarra & Birkun, 2010)

Stenella striata (Stenella coeruleoalba):

La stenella striata è un delfino di piccola mole che non supera i 2 metri di lunghezza ed i 100 kg di peso. Predilige le acque produttive profonde al di là della piattaforma continentale.

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 (Figura 4.37). Per quanto riguarda l'area del Canale di Sicilia, oggetto dell'attività proposta, la Stenella risulta presente in modo regolare.

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

I segnali acustici prevalenti hanno una frequenza che va da 4kHz a 65kHz.

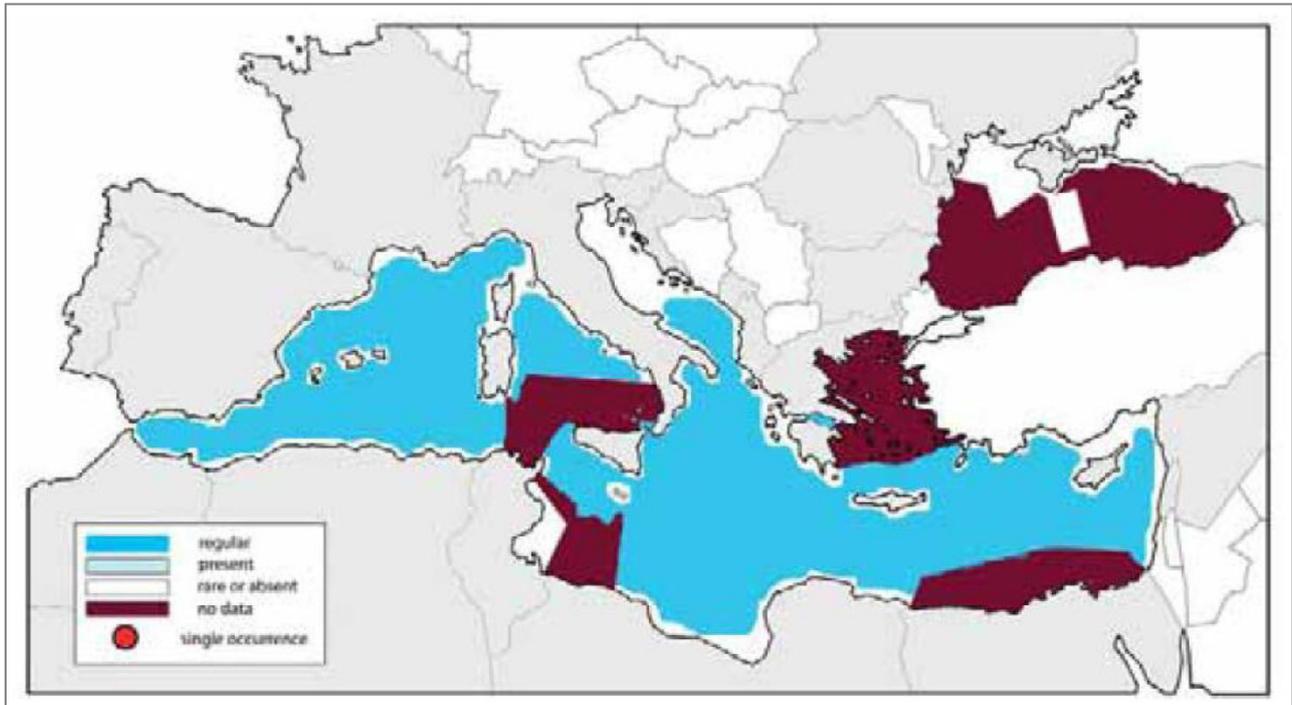


Figura 4.37 – Distribuzione della *Stenella striata* nel Mediterraneo (fonte: Notarbartolo di Sciara & Birkun, 2010)

Delfino comune (*Delphinus delphis*):

Il delfino comune (*Delphinus delphis*) 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.

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 (Figura 4.38). 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 Canale di Sicilia, oggetto dell'attività proposta, il delfino comune risulta essere presente in modo regolare.

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.

I segnali acustici prevalenti hanno una frequenza che va da 2kHz a 67kHz



Figura 4.38 – Distribuzione del Delfino comune nel Mediterraneo (fonte: Notarbartolo di Sciara & Birkun, 2010)

Steno (*Steno bredanensis*):

Raramente presente in Mediterraneo, è una delle specie meno conosciute in quanto vive soprattutto in mare aperto e in acque profonde. Si presenta in branchi, a volte in associazione con altre specie. Gli aspetti caratteristici di questo delfino sono la forma conica della testa e il naso snello. Le pinne pettorali sono situate più indietro sul corpo che in altre specie simili ed è caratterizzato da una pinna dorsale pronunciata.

Le labbra, la gola e il ventre sono bianco-rosato. I fianchi sono grigio chiaro e il dorso e la pinna dorsale di un grigio un po' più scuro. Le dimensioni raggiungono circa 2,5 m di lunghezza e circa 150 kg di peso. La specie è socievole. I gruppi comprendono normalmente una cinquantina di esemplari. Per quanto riguarda l'area del Canale di Sicilia, la presenza dello Steno è da considerarsi puramente occasionale (Figura 4.39).

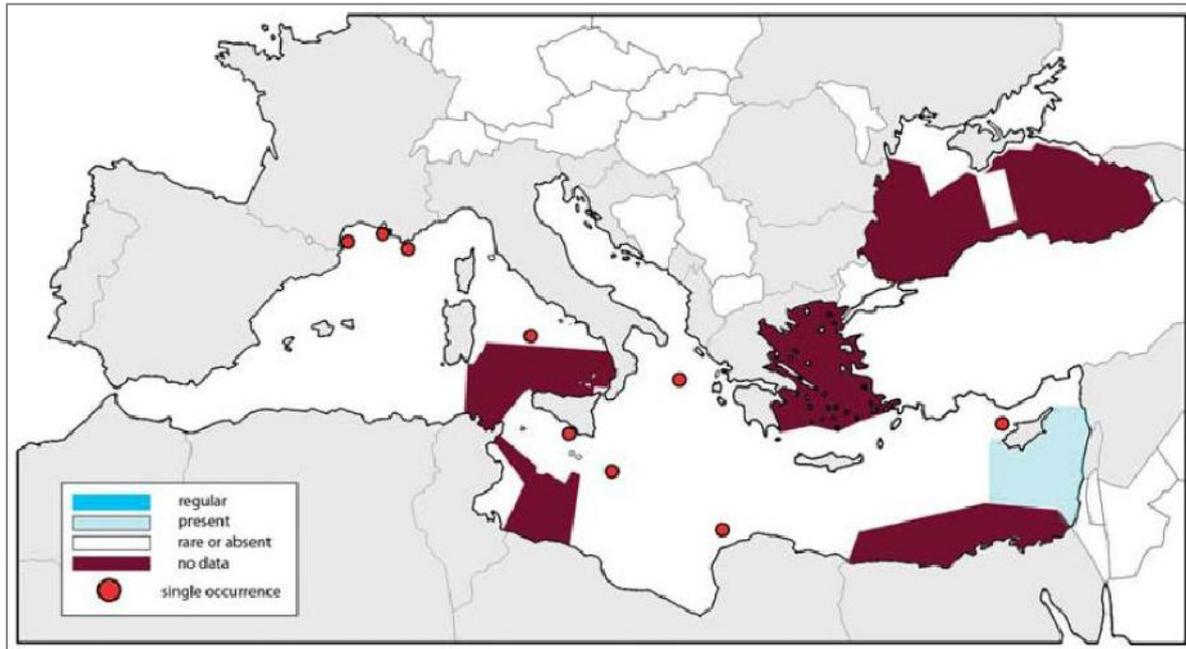


Figura 4.39 – Distribuzione dello Steno nel Mediterraneo (fonte: Notarbartolo di Sciara & Birkun, 2010)

Pseudorca (*Pseudorca crassidens*):

Si presenta nelle acque meridionali del bacino Mediterraneo e si ipotizza che gli esemplari si introducano in queste acque attraverso lo Stretto di Gibilterra e/o dal Mar Rosso. È un cetaceo socievole, vive in branchi di 10-20 individui, ma a volte si raduna anche in gruppi di oltre 300 esemplari. La pseudorca è la terza specie più grande della famiglia dei Delphinidae dopo l'orca e il globicefalo, lunga fino a 6 metri e pesante 1,4 tonnellate. Il corpo è allungato e snello, con una testa grossa che ospita l'encefalo. Possiede 22 paia di denti robusti. Le pinne sono lunghe e appuntite. La colorazione è grigio nera, più chiara sui fianchi. La pseudorca vive in acque temperate e tropicali di tutto il mondo, principalmente in acque profonde. A volte si spinge in acque costiere, arrivando anche a spiaggiare. Per quanto riguarda l'area del Canale di Sicilia, la pseudorca risulta essere presente, ma non in modo regolare (Figura 4.40).

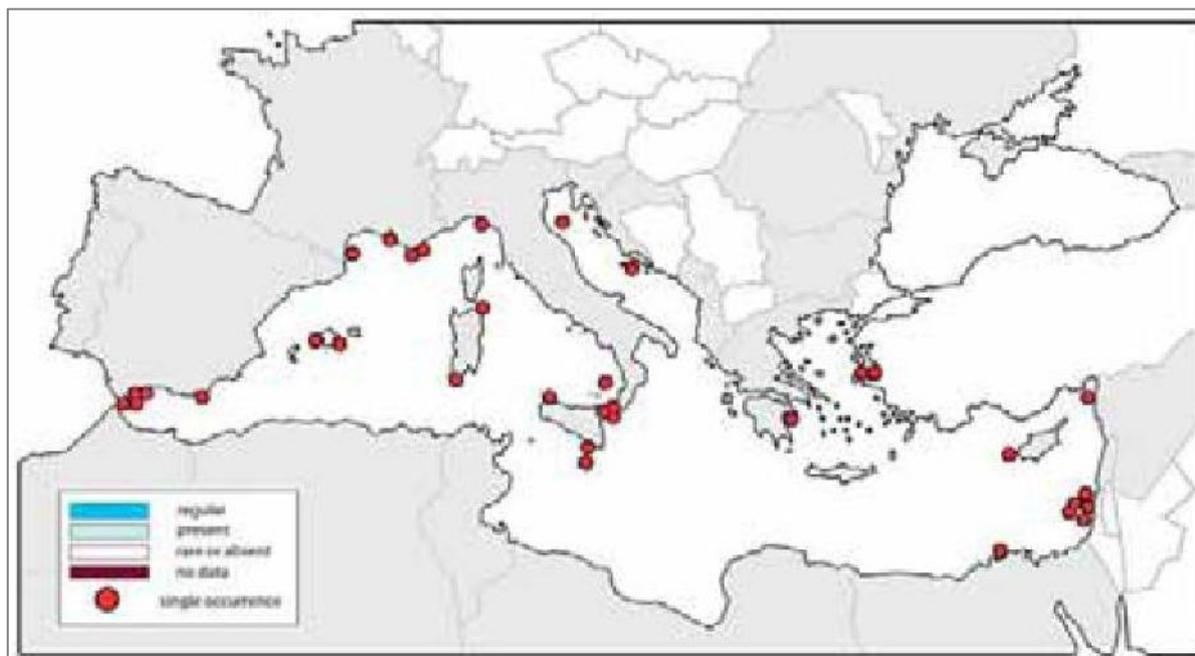


Figura 4.40 – Distribuzione della Pseudorca nel Mediterraneo (fonte: Notarbartolo di Sciarra & Birkun, 2010)

Foca monaca (*Monachus monachus*):

La foca monaca mediterranea 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.

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 (Figura 4.41). La specie è pertanto da considerarsi in pericolo critico di estinzione.

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.

I segnali acustici prevalenti hanno una frequenza che va da 75 Hz a 75kHz.

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.

La Figura 4.41 riporta graficamente la distribuzione a cadenza temporale degli avvistamenti di foca validati dal 1998 al 2010, lungo le coste italiane. Nell'area del Canale di Sicilia sono stati segnalati 5 avvistamenti nei pressi di Pantelleria quale il più recente risale al 2007 e uno nella zona del ragusano nel 1998. La foca monaca non frequenta abitualmente la zona in cui ricade l'istanza ed il suo avvistamento può essere considerato un evento raro ed occasionale.



Figura 4.41 – Distribuzione a cadenza temporale degli avvistamenti di foca validati dal 1998 al 2010. I cerchi neri indicano le località, le stelle la presenza di documentazione fotografica, i numeri tra parentesi indicano il numero di avvistamenti riferiti all'anno (fonte: Mo et al., 2011)

4.5.3.1 Fenomeno dello Spiaggiamento

La raccolta sistematica di informazioni sugli spiaggiamenti di mammiferi marini sulle coste italiane è iniziata nel 1986 grazie all'impegno del Centro Studi Cetacei e dei volontari ad esso aderenti. Il Centro costituisce una rete nazionale di osservatori per tenere sotto controllo le coste e intervenire nel caso di animali spiaggiati per effettuare il riconoscimento delle specie, prelevare campioni di tessuti, o l'intero corpo, per necessità di studi sulle cause della morte o sulla specie in questione. L'impegno scientifico del CSC si è anche concretizzato nella pubblicazione di rapporti annuali sugli animali rinvenuti e sulle cause di mortalità. I rapporti sono stati pubblicati fin dalle origini dal Museo Civico di Storia Naturale di Milano (MSNM).

La rete costituita dal CSC è stata per molti anni un importante punto di riferimento e un modello per le reti di monitoraggio di altre nazioni sia nel Mediterraneo che al di fuori di esso. In anni recenti altre organizzazioni hanno incominciato ad occuparsi di spiaggiamenti e a raccogliere dati creando così reti di monitoraggio locali. Questo aspetto ha in parte portato ad una maggiore e più distribuita attenzione per il fenomeno, ma ha anche reso più difficoltosa la centralizzazione delle informazioni, per scopi scientifici, ma anche per le esigenze di controllo del Ministero dell'Ambiente e in particolare dell'Ispettorato Difesa Mare. Per ovviare a questi problemi, ma anche per ottemperare a nuove esigenze di monitoraggio dell'ambiente marino e di controllo degli impatti delle attività umane, talvolta causa diretta (collisioni con natanti, interazioni con attrezzi da pesca, uccisioni deliberate) o concausa degli spiaggiamenti (inquinamento chimico, inquinamento acustico), anche in risposta a raccomandazioni espresse da organizzazioni internazionali quali ACCOBAMS, il Ministero ha istituito una Banca Tessuti, presso l'Università di Padova, e un Centro di Coordinamento per la raccolta dei dati sugli animali spiaggiati.

La banca dati suddivide gli spiaggiamenti lungo le coste italiane in diversi settori. Ai fini del presente studio, sono stati analizzati i dati inerenti il settore del Canale di Sicilia (CSi) relativamente alla regione Sicilia (Figura 4.42).

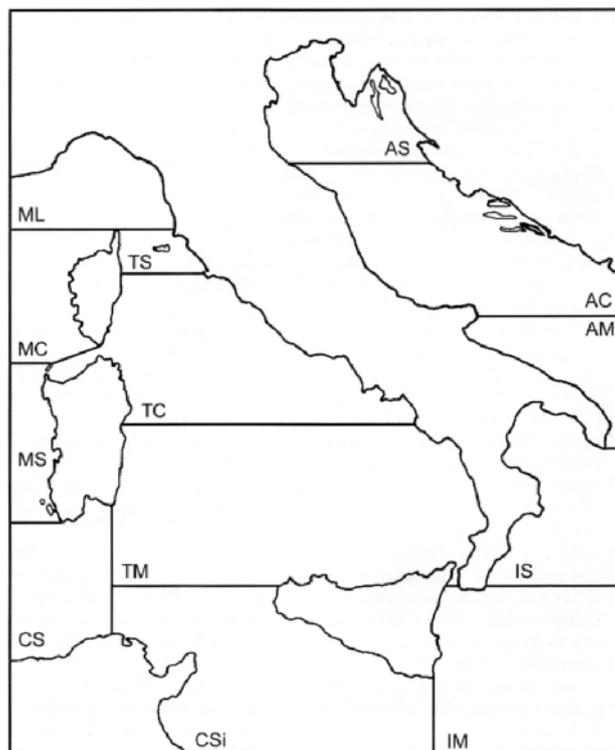


Figura 4.42 – Mappa dei 13 settori in cui sono state divise le coste italiane per la raccolta dei dati sugli spiaggiamenti (fonte: www.mammiferimarini.unipv.it)

Le cause degli spiaggiamenti non sono del tutto chiare e 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).

Nelle tabelle seguenti si riportano i dati relativi agli spiaggiamenti delle specie di mammiferi marini precedentemente descritti. Queste informazioni provengono dalla banca dati con riferimento al settore del Canale di Sicilia, in cui ricade l'area oggetto di istanza (www.mammiferimarini.unipv.it), (Tabella 4.5).

Specie	N. spiaggiamenti (Canale di Sicilia)	%
<i>Balaenoptera acuto rostrata</i> (Balenottera minore)	-	-
<i>Balaenoptera physalus</i> (Balenottera comune)	2	1,25
<i>Physeter macrocephalus</i> (Capodoglio)	15	9,38
<i>Ziphius cavirostris</i> (Zifio)	6	3,75
<i>Delphinus delphis</i> (Delfino comune)	7	4,38
<i>Globicephala melas</i> (Globicefalo)	4	2,5
<i>Grampus griseus</i> (Grampo)	9	5,63
<i>Orcinus orca</i> (Orca)	-	-
<i>Stenella coeruleoalba</i> (Stenella striata)	57	35,63
<i>Tursiops truncatus</i> (Tursiope)	52	32,5
<i>Monachus monachus</i> (Foca monaca)	-	-
<i>Kogia sima</i> (Cogia di Owen)	1	0,63
<i>Pseudorca crassidens</i> (Pseudorca)	1	0,63
<i>Steno bredanensis</i> (Steno)	6	3,75

Tabella 4.5 – Spiaggiamenti di cetacei avvenuti nel periodo 1986 fino a settembre 2012 all'interno del settore (CSi – Canale di Sicilia), suddivisi per Specie (fonte: www.mammiferimarini.unipv.it)

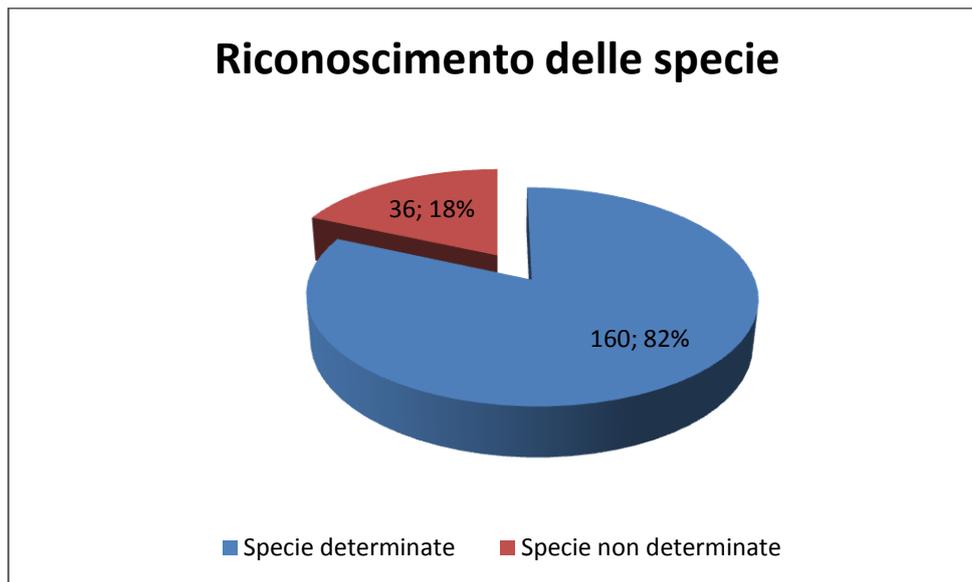


Figura 4.43 – Per un totale di 196 spiaggiamenti avvenuti nel periodo 1986 fino a settembre 2012 solo nel 16% dei casi non è stato possibile la determinazione della specie (fonte: www.mammiferimarini.unipv.it)

4.5.4 Tartarughe marine

Tra le varie specie di tartaruga marina presenti nel Mediterraneo, la *Caretta caretta* (Linnaeus, 1758) è di sicuro la più comune. Il suo habitat naturale di preferenza è caratterizzato prevalentemente da ambienti con acqua profonda e tiepida, prossimi alle coste. L'abbondanza di ambienti che rispondano a tali caratteristiche fanno sì che la distribuzione della *Caretta caretta* sia pressoché uniforme dall'Atlantico, al Mar Nero, dall'Oceano Indiano, al Pacifico oltre che nel citato Mediterraneo.

Le aree predilette per la nidificazione sono limitatissime a causa dello sviluppo del turismo costiero e balneare. In Italia le aree di nidificazione sono in Calabria, sulla costa bagnata dallo Ionio e in Sicilia sulla costa a sud nella zona compresa fra Agrigento e Licata. Di seguito vengono elencate nel dettaglio le principali zone di nidificazione in Sicilia:

- la spiaggia della Pozzolana di Ponente di Linosa (Arcipelago delle Pelagie);
- la spiaggia dell'Isola dei conigli di Lampedusa (Arcipelago delle Pelagie);
- l'Oasi faunistica di Vendicari (Noto) – area protetta e tutelata dal corpo forestale regionale.

Deposizioni occasionali e talvolta eccezionali, sono state segnalate anche in altre zone dell'isola. 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 diverse da quelle naturali. 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.

Nel dettaglio, l'area oggetto di istanza si trova al di fuori e sufficientemente distante delle aree consuete di deposizione delle uova da parte di questi animali, mentre sulle coste più vicine allo specchio di mare interessato da questo studio sono più frequenti gli spiaggiamenti. Inoltre l'attività preposta non andrà ad interessare queste aree proprio perché le attività di rilievo sismico verranno effettuate ad una distanza minima di sicurezza dalla costa tale da non interferire con le specie marine il cui habitat è sottocosta.

La situazione degli spiaggiamenti in Sicilia è riassunta nella Figura 4.44:

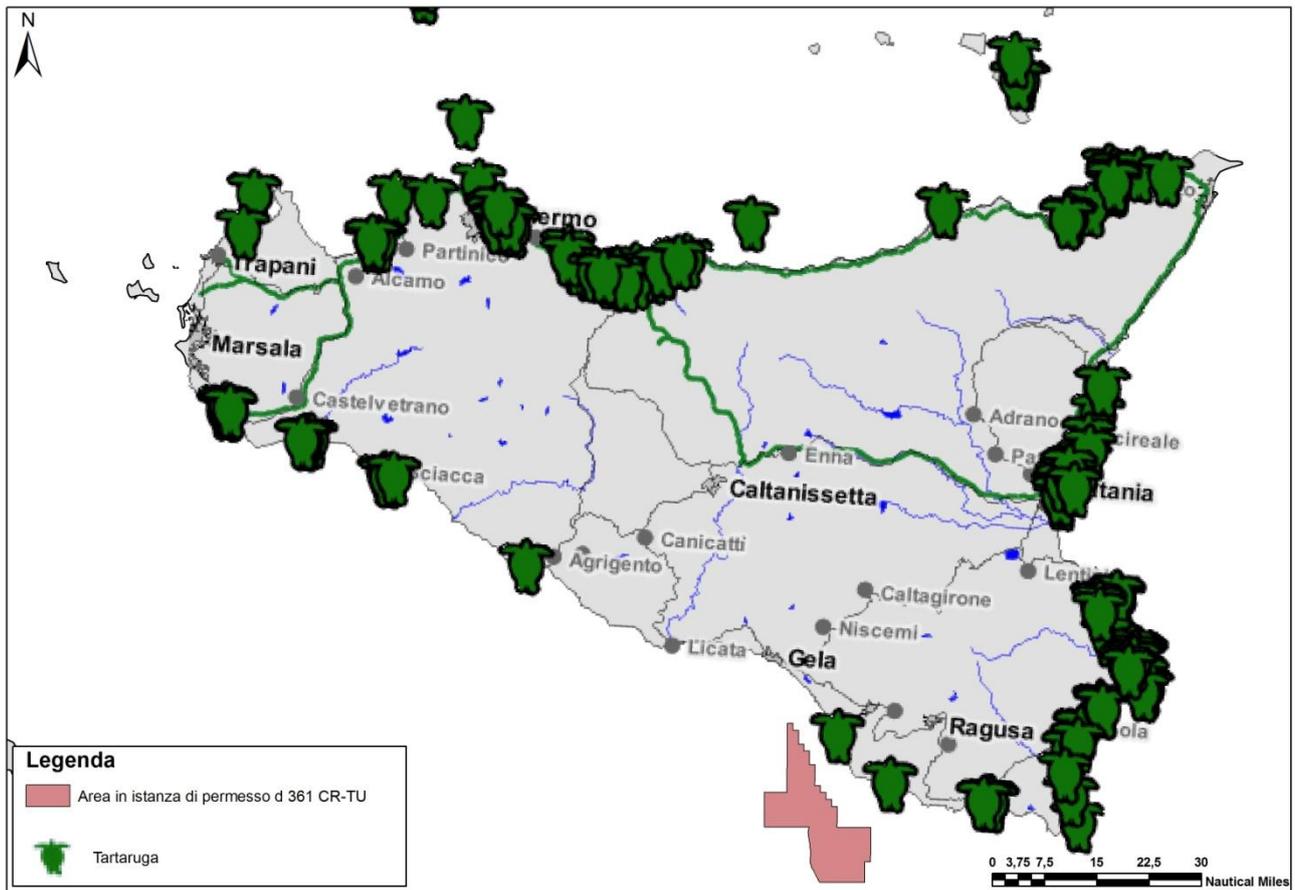


Figura 4.44 - Aree di spiaggiamento di Tartarughe. In rosso è indicata l'area oggetto di studio (2006)
(fonte: www.sidimar.tutelambiente.it, modificata)

4.5.5 Benthos e Biocenosi

Con il termine *benthos*, si rappresenta la categoria ecologica che comprende gli organismi acquatici, siano essi animali o piante, che vivono in stretto contatto con il fondale. Questi organismi possono essere suddivisi in due categorie:

- Epibentonici che raggruppano gli organismi che vivono sopra il substrato roccioso che costituisce il fondale
- Endobentonici raggruppano gli organismi che vivono infossati nel fondale, per lo più pondali sabbiosi e fangosi.

Il dominio bentonico a seconda del grado di penetrazione della luce può essere nel sistema fitale cioè il limite di compensazione delle alghe fotofile dove le alghe producono tanto ossigeno quante ne consumano per i loro processi metabolici e il sistema afitale da dove termina il sistema fitale.

Il dominio bentonico può essere suddiviso in cinque piani che sono: sopralitorale, mesolitorale, infralitorale e circalitorale:

- Piano sopralitorale comprende le zone emerse bagnate dagli spuzzi delle onde;
- Piano mesotidale è compreso tra l'alta e la bassa marea. Gli organismi viventi in questo ambiente sopportano lunghi periodi di emersione alternati a periodi di immersione;
- Piano infralitorale rappresenta l'ambiente sommerso caratterizzato dallo sviluppo di alghe fotofile e praterie di *Posidonia oceanica*. Questo settore si estende dal limite di bassa marea ad una profondità variabile a seconda della penetrazione della luce. Il limite inferiore del piano è

segnato dal limite inferiore della distribuzione della *Posidonia* che in acque trasparenti può raggiungere una profondità di 40 metri;

- Piano circalitorale è un ambiente sciafalo che 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.

Le diverse specie bentoniche risultano strettamente correlate alla profondità del fondale. Essendo organismi fotosintetici, la loro distribuzione è limitata alla zona fotica, in cui la luce solare è sufficientemente forte per sostenere i processi di fotosintesi. Il limite dalla zona fotica nel Canale di Sicilia si aggira intorno ad una profondità di circa 200 metri che varia a seconda della zona e dagli apporti di sedimento, i quali aumentano la torbidità dell'acqua.

Lo Stretto di Sicilia è caratterizzato da una complessa variabilità biocenotica (Garofalo et al., 2004), che spiega in parte l'elevata biodiversità dell'area anche in merito ai differenti sedimenti su cui esse si impostano (Figura 4.45).

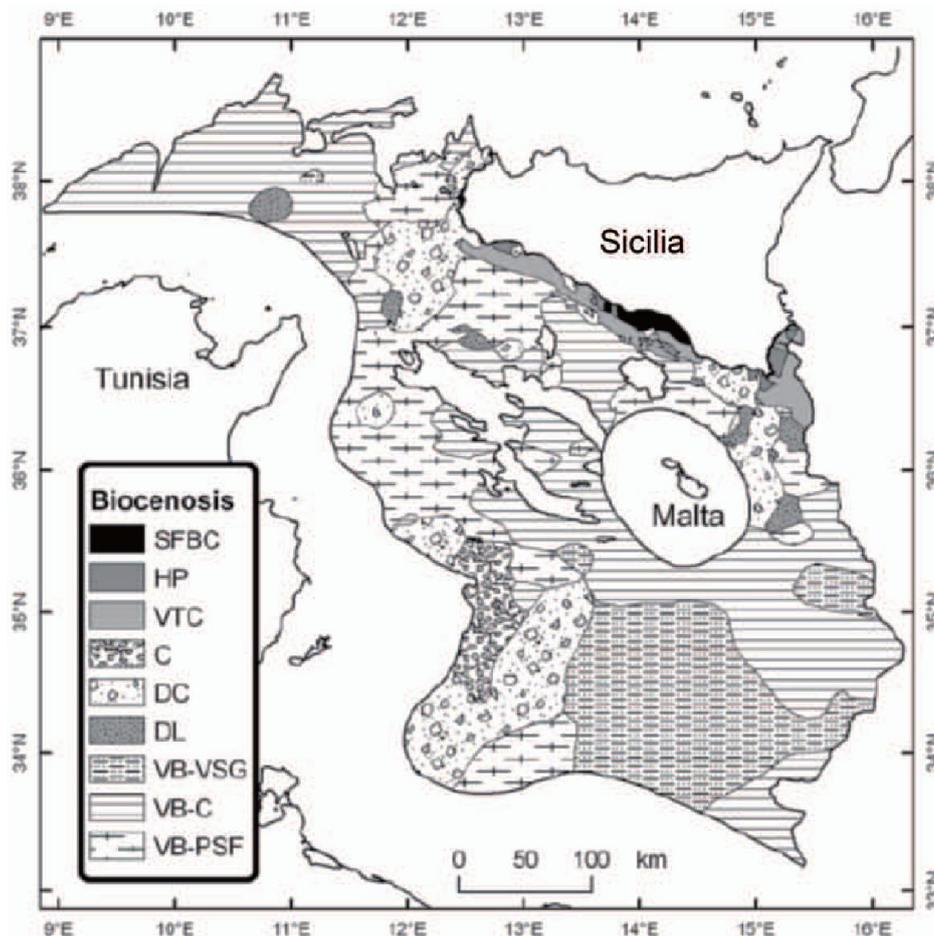


Figura 4.45 – Mappa delle principali biocenosi nello Stretto di Sicilia; Sabbie fini ben calibrate (SFBC); Praterie di *Posidonia* oceanica (HP); Fanghi terrigeni costieri (VTC); Coralligeno (C); Detritico costiero (DC); Detritico del largo (DL); Fanghi batiali con ghiaie (VB-VSG); Fanghi batiali compatti (VB-C); Fanghi batiali soffici (VB-PSF) (fonte: Garofalo et al., 2004)

Recenti studi hanno evidenziato elevati livelli di biodiversità di pesci demersali che popolano le aree costiere (Vitale et al., 2011) e i banchi del largo, come il Banco Avventura (Garofalo et al., 2007a). Tali aree, contraddistinte da fondi detritici, sono anche caratterizzate dai più elevati valori di biomassa di specie di alto valore commerciale (Gristina et al., 2004).

Nel dettaglio dell'area di studio le principali biocenosi che caratterizzano il blocco in istanza sono visibili in Figura 4.46. Si tratta essenzialmente, tra tutte le diverse tipologie illustrate in figura, delle seguenti:

- *Sabbie fini ben calibrate (SFBC)* – seppur in una piccola porzione settentrionale estrema del blocco;
- *Praterie di Posidonia oceanica (HP)* – in un piccolo settore settentrionale;
- *Fanghi terrigeni costieri (VTC)* – area centro-settentrionale;
- *Detritico costiero (DC)* – porzione meridionale del blocco;
- *Fanghi batiali soffici (VB-PSF)* – è la tipologia predominante che dal settore centrale giunge alla parte meridionale estrema dell'area di studio.

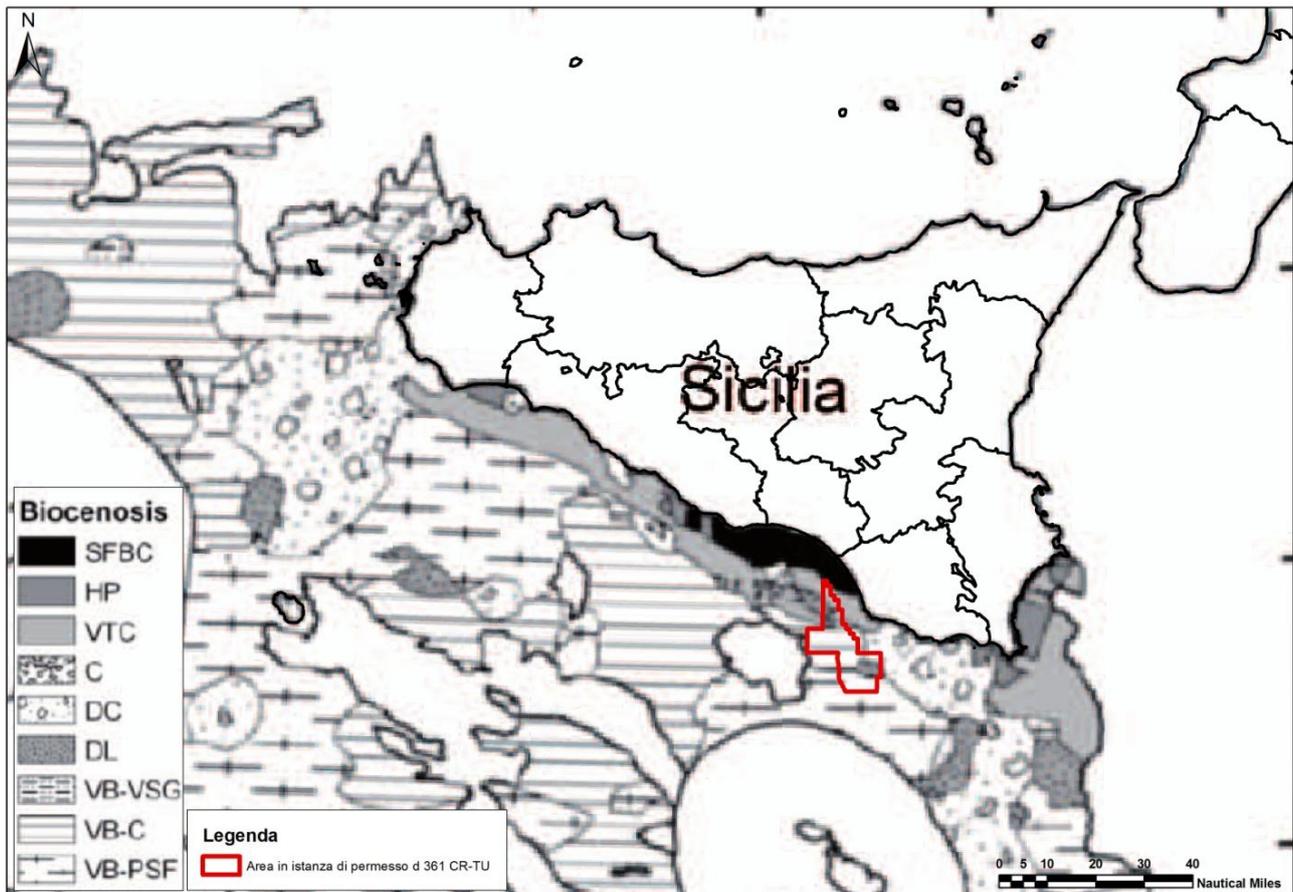


Figura 4.46 – Dettaglio della diversità biocenotica nell'area in istanza in rosso (fonte: Garofalo et al., 2004, modificata)

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 che si sviluppano lungo il litorale costiero fino a circa 40 metri di profondità.

La *Posidonia* si trova 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 (circa 14 l/mq all'anno) e di sostanze, 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.

Un'altra funzione della *Posidonia* è quella di attenuare 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. Oltre alla competizione con le alghe invasive alloctone, *Caulerpa racemosa* e *Caulerpa taxifolia*, contribuiscono al regresso della specie, con effetti altamente destabilizzanti per l'equilibrio dell'intero ecosistema marino, altri importanti fattori di disturbo, come la cementificazione delle rive, l'inquinamento, gli effetti dannosi delle reti "a strascico", gli ancoraggi, etc. 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 n° 426/98.

A partire degli anni '90 sono state realizzate le mappature delle praterie di *Posidonia oceanica* lungo le coste italiane. La banca dati del Sistema Difesa Mare (Si.Di.Mar.) è un sistema informativo in grado di fornire un panorama completo e coordinato sulla condizione del nostro territorio marino e costiero, sia sulla base delle relative condizioni ecologiche e sia in relazione alle attività antropiche, economiche ed industriali che intervengono sulla fascia costiera emersa e sommersa. Il sito del Si.Di.Mar. fornisce la distribuzione delle varie tipologie di *Posidonia*, da cui sono state ricavate differenti mappe per poi essere assemblate in un'unica carta di distribuzione (Figura 4.47).

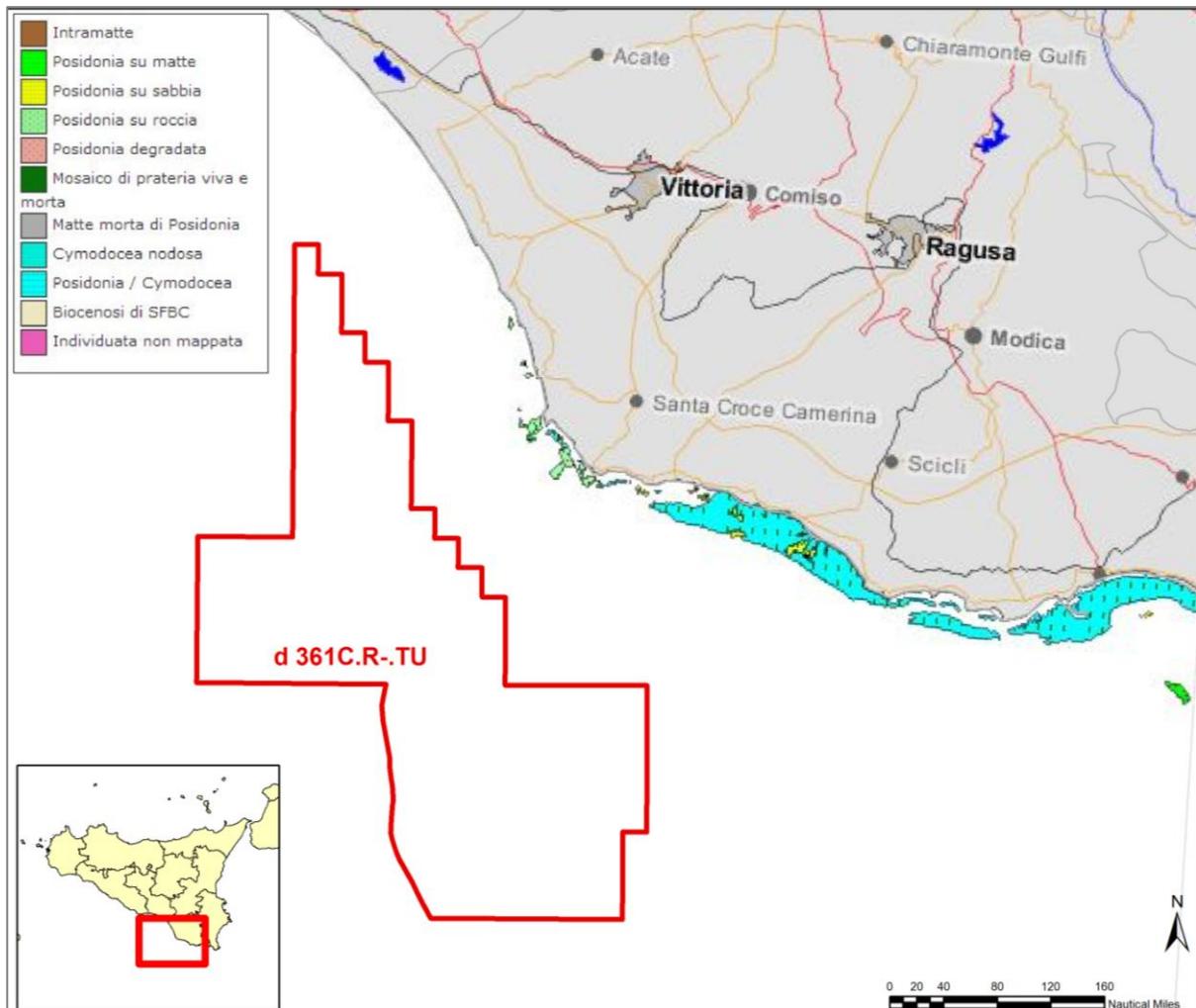


Figura 4.47 – Mappa della distribuzione delle praterie di *Posidonia* lungo il settore ragusano del litorale meridionale siciliano (fonte: www.sidimar.tutelamare.it, modificata)

La mappa della distribuzione mostrata in Figura 4.20, fornisce una panoramica delle tipologie di *Posidonia* presenti sottocosta lungo il litorale ragusano. Si tratta in prevalenza del tipo *Cymodocea* presente nel settore orientale della provincia (in azzurro in figura) la cui profondità di distribuzione non supera i 20 metri e la cui distanza dal perimetro dell'area in istanza è sempre superiore ai 10 km. Le macchie in giallo presenti a talvolta tra la *Posidonia Cymodocea* indicano la presenza di praterie su substrato sabbioso. In verde, prevalentemente tra Punta Secca e Marina di Ragusa, la *Posidonia* presente cresce su substrato roccioso, ha una distribuzione tale da non superare i 30 metri di profondità e dista sempre più di 7 km dall'area di prospezione.

In definitiva, seppur presente lungo la fascia litoranea della provincia ragusana, la distribuzione delle praterie di *Posidonia* non sarà minimamente inficiata dalle operazioni geofisiche in progetto data la loro ragguardevole distanza dall'area in esame e vista la loro profondità che risulta attestarsi non oltre i 30 metri.

4.6 Attività commerciali

Le attività commerciali e di pesca all'interno del canale di Sicilia sono elementi fondamentali per l'economia della Regione Sicilia. Con i suoi quasi 1500 km di costa, la Sicilia vanta infatti una vocazione naturale per le attività legate al mare e alla pesca, che fa emergere l'isola nel panorama sia nazionale che internazionale. L'istituzione di vie marittime dedicate allo svolgimento di tali attività risultano quindi essenziali in un panorama globale ecocompatibile e sostenibile delle risorse marine ed in particolare di quelle alieutiche, passaggio necessario per pervenire ad uno sviluppo equilibrato della pesca che opera in ambiente costiero e marino. Nei prossimi paragrafi verranno descritte le principali attività di pesca e commercio focalizzando l'attenzione nelle zone di interesse comprese all'interno dell'area in istanza di permesso di ricerca.

4.6.1 Pesca

L'attività di pesca all'interno del Canale di Sicilia è una delle pratiche di sostentamento economico-commerciale più importanti per tutte le province marittime costiere che si affacciano nel Mar Mediterraneo. Già a partire dai primi anni '50 questa zona si è rivelata come una delle aree principali riconosciute a livello nazionale. Un gran numero di imbarcazioni esercita l'attività di pesca in questo tratto di mare particolarmente favorevole alla tipologia di pesca a strascico apportando nel tempo diverse migliorie in termini di tecniche, strumentazioni di bordo e attrezzature impiegate. Nel corso degli anni queste trasformazioni hanno permesso di spostarsi da zone in cui ormai si andava a delinarsi una diminuzione delle risorse biologiche rinnovabili, in zone di pesca poco esplorate aumentando e stabilizzando le rese di pesca.

Con 3323 pescherecci (all'inizio del 2010), la flotta siciliana è la più grande in assoluto fra le regioni d'Italia per numero di imbarcazioni (24,4% della flotta nazionale), stazza (33,1%) e forza motrice (25,2%). Questi dati mostrano l'importanza del settore produttivo regionale a livello nazionale secondo i dati raccolti nell'anno 2010.

La continua ricerca di risorse meno sfruttate e con un più alto valore commerciale ha condotto i pescherecci a spostare progressivamente il loro esercizio dai fondi strascicabili presenti lungo la platea continentale (Banco Avventura, Banco Pantelleria, Banco Talbot, Banco Graham), verso tre principali aree di pesca (Figura 4.48):

- la Zona di Ponente (area H), compresa approssimativamente nel triangolo individuato da Capo Bon (Tunisia), il Banco Scherchi e Mazara, che ha come principale obiettivo il Gambero rosa (*Parapenaeus longirostris*), la cui fascia batimetrica ideale oscilla tra i 100 e i 250 metri;
- la Zona Centrale (area L), compresa nel triangolo ideale che ha come vertici Pantelleria, Linosa e Malta (al di là delle 25 miglia che definiscono il limite delle acque internazionali) e che ha come specie bersaglio principale il Gambero rosso (*Aristaeomorpha foliacea*) che ha un habitat preferenziale tra 400 e 500 metri e lo Scampo (*Nephrops norvegicus*) con un range batimetrico che oscilla tra 250 e i 400 metri;

- la Zona Meridionale (area C), che presenta come limite settentrionale l'isola di Linosa, come limite occidentale le acque tunisine, come limite meridionale le acque libiche e come limite orientale il 14° meridiano. In questa zona di pesca il target principale è costituito da Triglia rossa (*Mullus surmuletus*), Triglia bianca (*Mullus barbatus*), Merluzzo (*Merluccius merluccius*) e Gambero bianco (*Parapenaeus longirostris*).

Come accennato in precedenza, la pesca a strascico predomina con il 43,7% sul totale delle catture, seguita dalle reti a circuizione (26,7%) e dalla pesca artigianale (14,4%). In termini di valore delle catture, gli sbarchi della pesca artigianale rappresentano il 19,4% del valore totale, vale a dire più di tutti gli altri metodi di pesca eccetto le reti a strascico (Popescu, 2010). Gli attrezzi di pesca più comunemente utilizzati dalle imbarcazioni siciliane sono i palangari fissi (43% dei pescherecci), seguiti dalle reti a circuizione (26%) e dalle reti a strascico divergenti (21%). Le reti da posta derivanti e le reti da posta fisse rappresentano il 10%, mentre le lenze trainate e le lenze a mano sono utilizzate da meno dell'1% delle imbarcazioni. Ciononostante, i pescherecci con reti a strascico predominano in termini di stazza lorda e di forza motrice della flotta siciliana (rispettivamente il 74% e il 58%). Solo il 16% delle imbarcazioni è considerato specializzato (ossia non dichiara alcun attrezzo sussidiario). Questa categoria rappresenta il 55% della stazza lorda della flotta siciliana e include prevalentemente pescherecci con reti a strascico a divergenti e reti da posta fisse. Il restante 84% dichiara diversi tipi di attrezzi. Le combinazioni più frequenti sono palangari fissi (attrezzo principale) – reti da posta fisse (39%) e reti a circuizione (attrezzo principale) – palangari fissi (22%).

A seguito del rapporto del 2010, redatto in occasione della richiesta avallata della commissione per la pesca del Parlamento Europeo, vengono riportate qui di seguito alcuni dei dati relativi al settore della pesca siciliano, concentrando in particolare l'attenzione su aspetti quali, la gestione delle risorse, le catture, la flotta peschereccia, l'industria della pesca (Popescu, 2010).

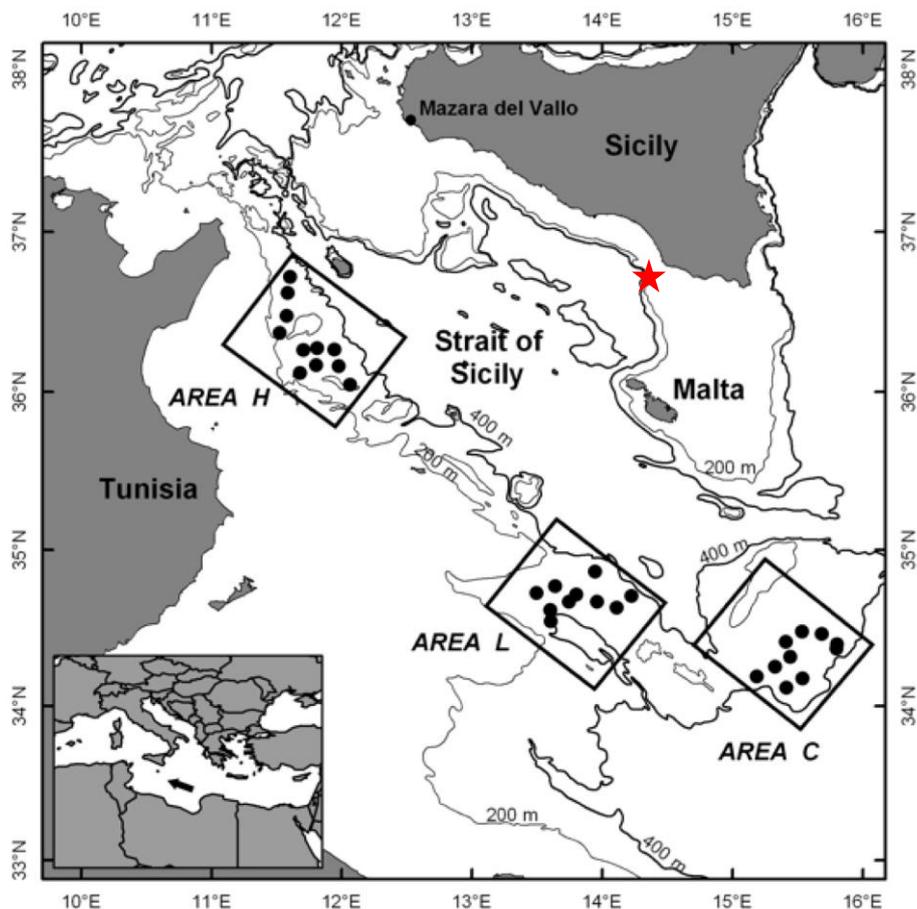


Figura 4.48 – Localizzazione dell'area in istanza, indicata dalla stella rossa, rispetto alle principali aree di pesca denominate H, L e C (fonte: Gristina et al. 2003, modificata)

Nel 2008 sono state registrate in Sicilia 43301 tonnellate di catture, tra cui un numero elevato di specie ittiche (69% sul totale), molluschi (10%) e crostacei (21%).

- Il volume maggiore di catture è costituito da piccoli pesci pelagici, quali acciughe (*Engraulis encrasicolus*) 12,9% e sardine (*Sardina pilchardus*) 5,8%;
- Le principali specie demersali sbarcate sono il nasello (*Merluccius merluccius*) 3,9%, la triglia di fango (*Mullus barbatus*) 3,2% e la triglia di scoglio (*Mullus barbatus surmuletus*) 3,4%;
- Le principali specie di grandi pesci pelagici sono il pesce spada (*Xiphias gladius*) 6,8%, l'adalunga (*Thunnus alalunga*) 4,3% e il tonno rosso (*Thunnus thynnus*) 2%;
- L'elevata percentuale di "pesce diverso" (17,1%) riflette il carattere estremamente eterogeneo della pesca siciliana;
- Le catture di molluschi sono ripartite fra totani (*Todarodes sagittatus*) 2,3%, seppie (*Sepia officinalis*) 1,9%, polpi (*Octopus vulgaris*) 1,6%, moscardini muschiati (*Eledone moschata*) 1,5%, calamari (*Loligo sp.*) 1,2% e moscardini bianchi (*Eledone cirrhosa*) 1,1%;
- Gli sbarchi di crostacei sono costituiti per la maggior parte da gamberi bianchi (*Parapenaeus longirostris*) 14,5%, seguiti da gamberi rossi (*Aristeus antennatus*, *Aristeomorpha foliacea*) 3,3% e scampi (*Nephrops norvegicus*) 1,6%.

Le risorse ittiche siciliane sudorientali beneficiano dell'estesa zona di pesca esclusiva maltese, nella quale la pesca a strascico è limitata e prevalentemente finalizzata alla cattura di gamberi viola. Nella Sicilia sudoccidentale, lo sforzo di pesca si è ridotto nell'ultimo decennio a causa di cambiamenti strutturali e dello spostamento dei pescherecci con reti a strascico di Mazara verso zone di pesca più lontane.

Per quanto concerne i metodi di pesca, la flotta siciliana è caratterizzata da una forte dipendenza economica e sociale dalla pesca artigianale. Ad eccezione di alcune zone specifiche come Mazara del Vallo, le imbarcazioni artigianali costituiscono il segmento più importante in Sicilia. Nel 2010, le barche con una lunghezza inferiore a 12 metri rappresentano il 67% dei pescherecci (proporzione rimasta pressoché invariata dall'inizio degli anni '90), ma equivalgono soltanto al 6% della stazza lorda e al 16% della forza motrice della flotta siciliana. La pesca artigianale ha per lo più un basso livello di specializzazione e utilizza attrezzi fissi su fondali non strascicabili, come reti da posta fisse e palangari. In questo modo è possibile pescare specie a elevato valore commerciale su fondali rocciosi, proteggendo nel contempo l'attrezzatura dai danni causati dai pescherecci con reti a strascico. Le zone di pesca sono situate sulla piattaforma continentale, generalmente fino a 100 metri di profondità, ed entro le 6 miglia nautiche dalla costa.

La Sicilia è un'importante zona di pesca al traino. La pesca con reti a strascico è caratterizzata da un'elevata variabilità delle zone di pesca sfruttate, che possono mutare anche nel corso della stessa giornata, dalla piattaforma continentale alla scarpata media, fino a 700 metri di profondità. Gli sbarchi dei pescherecci con reti a strascico sono caratterizzati quindi da un numero elevato di specie aliutiche, crostacei e molluschi, in diverse categorie commerciali. La maggior parte delle imbarcazioni che possiede una licenza per la pesca a strascico è basata a Mazara del Vallo e a Porto Empedocle. L'attività dei pescherecci a strascico di Mazara del Vallo è particolarmente rilevante, poiché essi producono il 57% delle catture totali mediante reti a strascico in Italia, soprattutto di gamberi rosa mediterranei. In Sicilia si trova circa il 40% dei pescherecci con reti a circuizione presenti in Italia, che pescano prevalentemente acciughe.

I porti pescherecci registrati in Sicilia al 2010 sono 48. A livello regionale, la Sicilia possiede il 17% dei porti italiani, con un numero di barche più elevato (e di dimensioni più grandi) rispetto alla media del paese. Nella parte occidentale dell'isola si concentra la capacità maggiore della flotta peschereccia (78% della stazza lorda), precisamente nelle provincie di Trapani, Agrigento e Palermo (Figura 4.49).

Il porto principale in termini di stazza è Mazara del Vallo, che è anche il porto di sbarco più importante d'Italia (Figura 4.50). Mazara del Vallo rappresenta circa la metà della stazza lorda dei porti siciliani (43%), seguita da Sciacca (9%). Il Porticello di Palermo, che ospita numerose imbarcazioni con una capacità individuale inferiore, è il terzo porto siciliano (5% della stazza). Anche a Portopalo di Capo Passero, Catania, Trapani e Porto Empedocle vi sono pescherecci con una capacità significativa, e numerose imbarcazioni sono registrate a Scoglitti, Marsala e Licata.

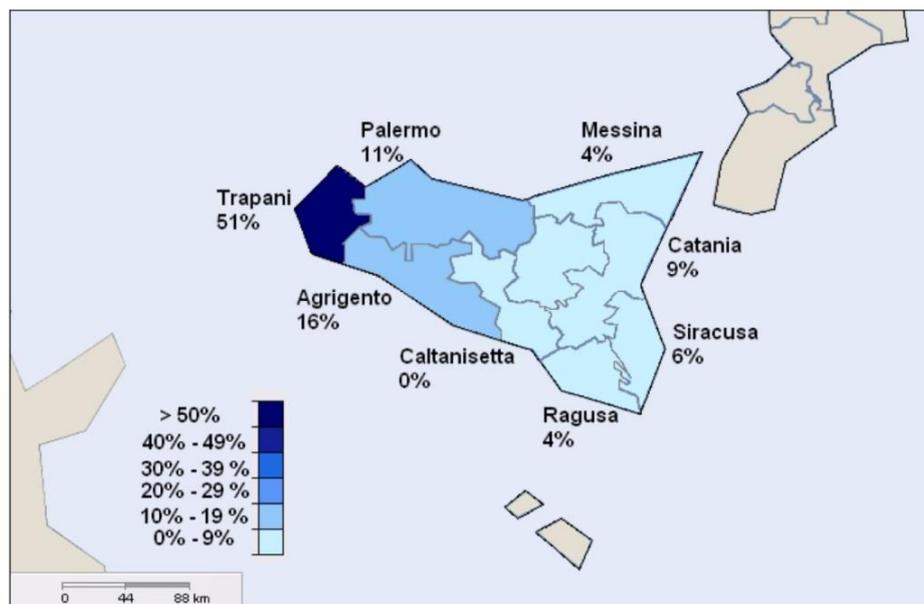


Figura 4.49 – Capacità della flotta nelle provincie siciliane in termini % della stazza lorda totale (fonte: Registro della flotta peschereccia dell’UE; elaborazione dati a cura di J. Iborra e D.A. Popescu)

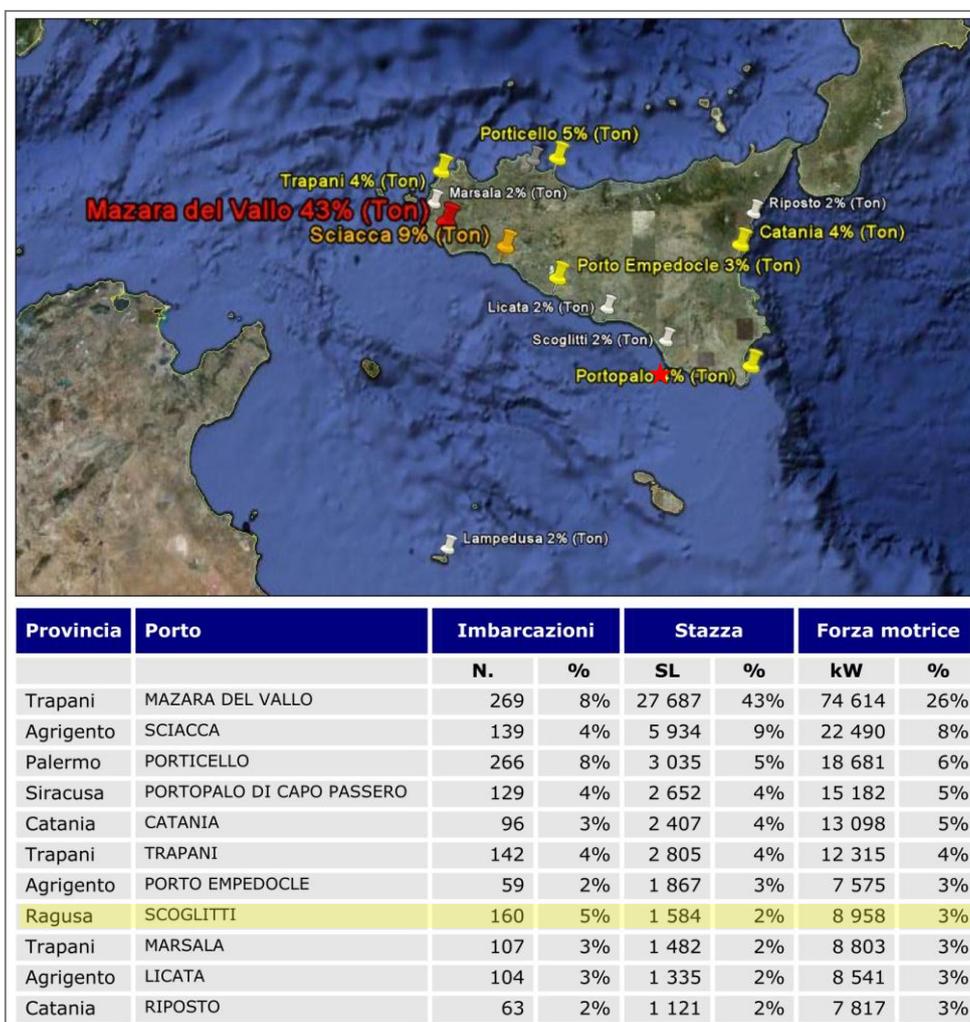


Figura 4.50 – Ubicazione e catalogazione dei principali porti pescherecci della Sicilia, con evidenziato il porto di Scoglitti localizzato sulle costa di fronte all’area in istanza di permesso di ricerca (stella rossa in mappa) (fonte: registro della flotta peschereccia dell’UE; elaborazione dati a cura di J. Iborra e D.A. Popescu)

In Figura 4.51 è riportata una grafica che mostra l'impiego degli attrezzi da pesca nello Stretto del Canale di Sicilia. Dall'osservazione dei risultati di analisi nella zone antistanti l'area oggetto di indagine sismica (specchio d'acqua d'interesse compreso tra le località di Pozzallo e Scoglitti) si evince che l'attività di pesca maggiormente esercitata è quella della pesca artigianale (che opera mediante l'uso di attrezzi da posta quali tramaglio, nasse, palangari da fondo e di superficie, lenze) mentre la pesca a strascico è limitata alle zone più occidentale dell'area dello stretto (IRMA-CNR, 2000 a). A livello generale si nota un incremento di numero di imbarcazioni totale impiegate nell'attività di pesca spostandosi da sud-est verso nord-ovest lungo la fascia costiera compresa tra Marsala e Sciacca, area in cui le caratteristiche del territorio hanno storicamente favorito l'insediamento di porti sicuri, l'impianto di biocenosi diversificate ed altamente produttive e, nella porzione più esterna della piattaforma continentale, lo sfruttamento di estese porzioni di fondali strascicabili. La maggior parte delle flotte sono concentrate a Mazara del Vallo, con un alto numero di pescherecci a strascico (182). I porti ubicati lungo il tratto di costa compreso tra Porto Empedocle e Scoglitti, ospitano un numero sensibilmente inferiore di imbarcazioni, per la maggior parte si tratta di piccole barche dedite alla pesca artigianale e di piccoli strascichi costieri concentrati.

Nell'area in istanza di permesso di ricerca le quantità sono notevolmente ridotte, eccettuata l'area portuale di Scoglitti dove l'attività di pesca artigianale con attrezzatura di messa in posta risulta importante. Questa attività prevede sostanzialmente la messa in posto di reti da posta fisse che vengono segnalate in mare, permettendone così l'individuazione e quindi la non compromissione con l'attività d'indagine in programma.

Impiego degli attrezzi da pesca nello Stretto di Sicilia

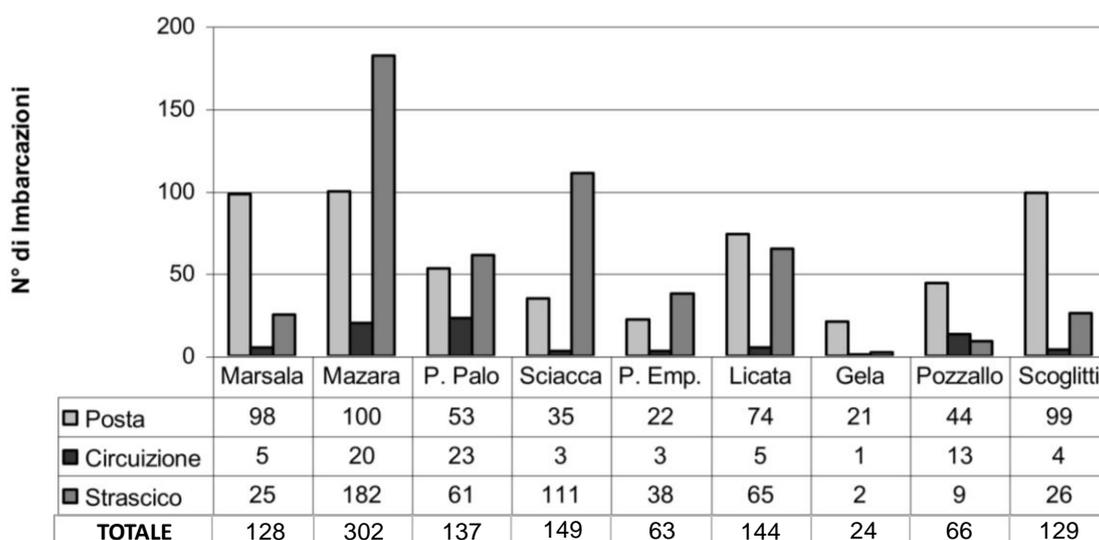


Figura 4.51 – Impiego degli attrezzi da pesca nello Stretto di Sicilia distinti per marinerie portuali (fonte: IRMA-CNR, 2000 a)

Un altro dato a conferma di quanto sopra riportato è rappresentato dalla distribuzione della flotta a strascico per potenza HP (*Horse Power*) per le località pescherecce mostrato in Figura 4.52 (IRMA-CNR, 2000a). Anche in questo caso il grosso delle imbarcazioni, con motori superiori ai 500 Hp, sono prevalentemente concentrate nel porto di Mazara del Vallo, dove praticano la pesca alturiera e conducono bordate all'interno della linea di mezzera che possono protrarsi per quasi un mese. Le paranze motorizzate con potenze comprese tra i 200 ed i 500 Hp (pesca Costiera Ravvicinata), operano sotto costa, ma conducono bordate che possono protrarsi per circa una settimana. Le barche dotate con motori a di meno di 200 Hp e che si muovono principalmente nell'intorno dei porti di Sciacca e Licata, conducono bordate di pesca (campagna di pesca commerciale) giornaliera (IRMA-CNR, 2000a). Anche in questo caso lo spiegamento di flotte destinate all'attività di pesca mostra un accentuato aumento della distribuzione della flotta da est verso ovest interessando in minima parte l'area di indagine, con un totale di 35 imbarcazioni comprese tra i 200 Hp e i 500 Hp in attività sullo specchio d'acqua antistante le zone di Scoglitti e Pozzallo.

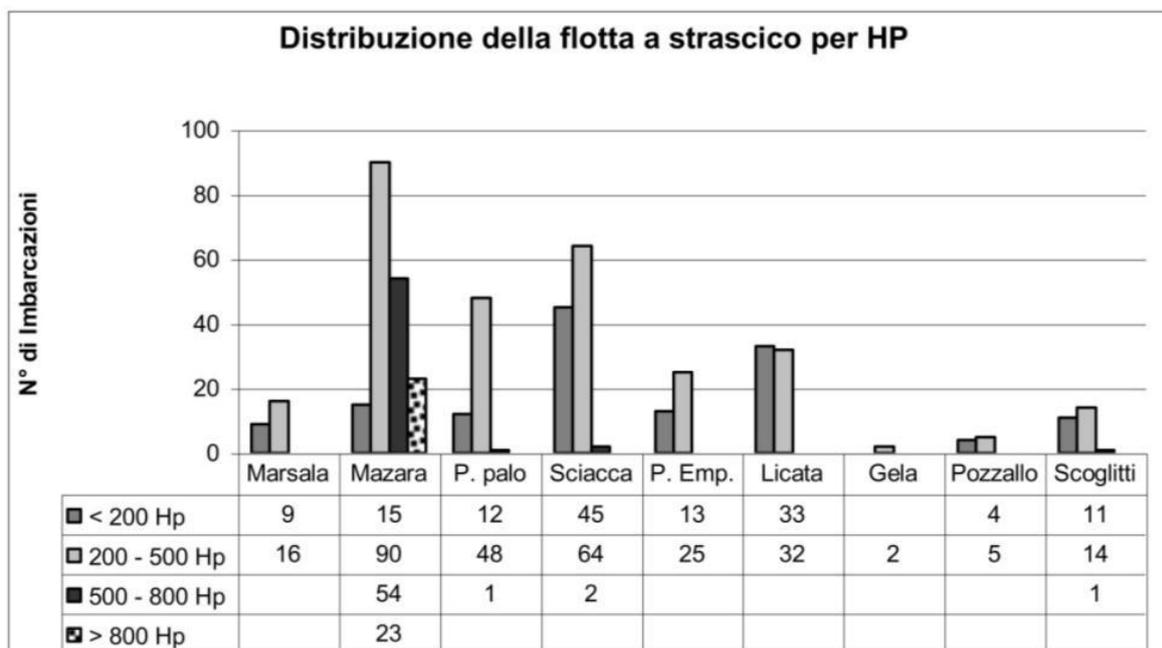


Figura 4.52 – Distribuzione della flotta a strascico per HP (fonte IRMA-CNR, 2000a)

I dati utilizzati in questa analisi sono stati validati dall'Ufficio Marittimo locale di Scoglitti che ne ha confermato la veridicità affermando che "il numero di pescherecci generalmente attivi nelle acque che interessano l'attività di acquisizione sismica sono 30, con le seguenti specifiche: motopesca per la pesca ravvicinata, entro le 20 miglia, dal peso maggiore alle 3 tonnellate di stazza che operano dentro lo specchio d'acqua compreso tra Pantano Longarini e la foce del fiume Dirillo all'interno del Canale di Sicilia. Per la piccola pesca locale entro le 1-3-6 miglia e con stazze minori di 3 tonnellate ci sono da aggiungere altre 50 unità (campagne di pesca commerciale giornaliera) il cui numero varia con una frequenza giornaliera non sistematica, risultando quindi trascurabile se contemplata insieme alle attività commerciali regolari.

A conclusione di questa sezione si è voluto inoltre dedicare uno spazio all'analisi delle zone a maggior densità faunistica nel Canale di Sicilia riportando alcune valutazioni realizzate da F. Fiorentino del *Marine Living Resources Assessment (MaLiRA) Group*, CNR-IRMA, Sezione di Mazara del Vallo, e proposte all'interno di uno studio incentrato sulla distribuzione spaziale delle risorse demersali nel Canale di Sicilia. Le variazioni del numero di pescherecci sono state caratterizzate per otto zone, divise per stagioni a seconda dell'abbondanza delle specie di valore commerciale.

In Figura 4.53 è rappresentata la variazione del numero di pescherecci nelle diverse aree pescose in funzione della stagione. La grafica mostra come a partire dalla primavera non ci siano più di trenta navi per area e in taluni casi anche meno di dieci unità (Lampedusa, costa sud-occidentale dell'isola). In estate c'è un incremento della densità faunistica nella zona sotto l'isola di Malta confermato dalla massiccia presenza di pescherecci (tra i 41-50) mentre in tutte le altre aree non ci sono mai meno di 10 navi. In autunno c'è un drastico calo dell'attività di pesca testimoniato dalla riduzione del numero di pescherecci nelle aree antistanti la provincia ragusana e isola di Malta, quella di Caltanissetta e di Agrigento e nell'intorno dell'isola di Pantelleria. Le aree a ovest della Sicilia e a ovest di Malta sembrano invece mantenere un buon livello di pescosità. In inverno infine la situazione subisce un'ulteriore modifica e l'attenzione sembra spostarsi verso ovest al largo delle coste siciliane diminuendo nelle zone a ovest di Malta. A seguito dei risultati riportati nell'analisi effettuata in questo studio, è doveroso sottolineare che l'area in oggetto di permesso di ricerca inclusa nell'off-shore ragusano, appartiene ad una zona che non risulta interessata da un'attività di pesca particolarmente attiva.

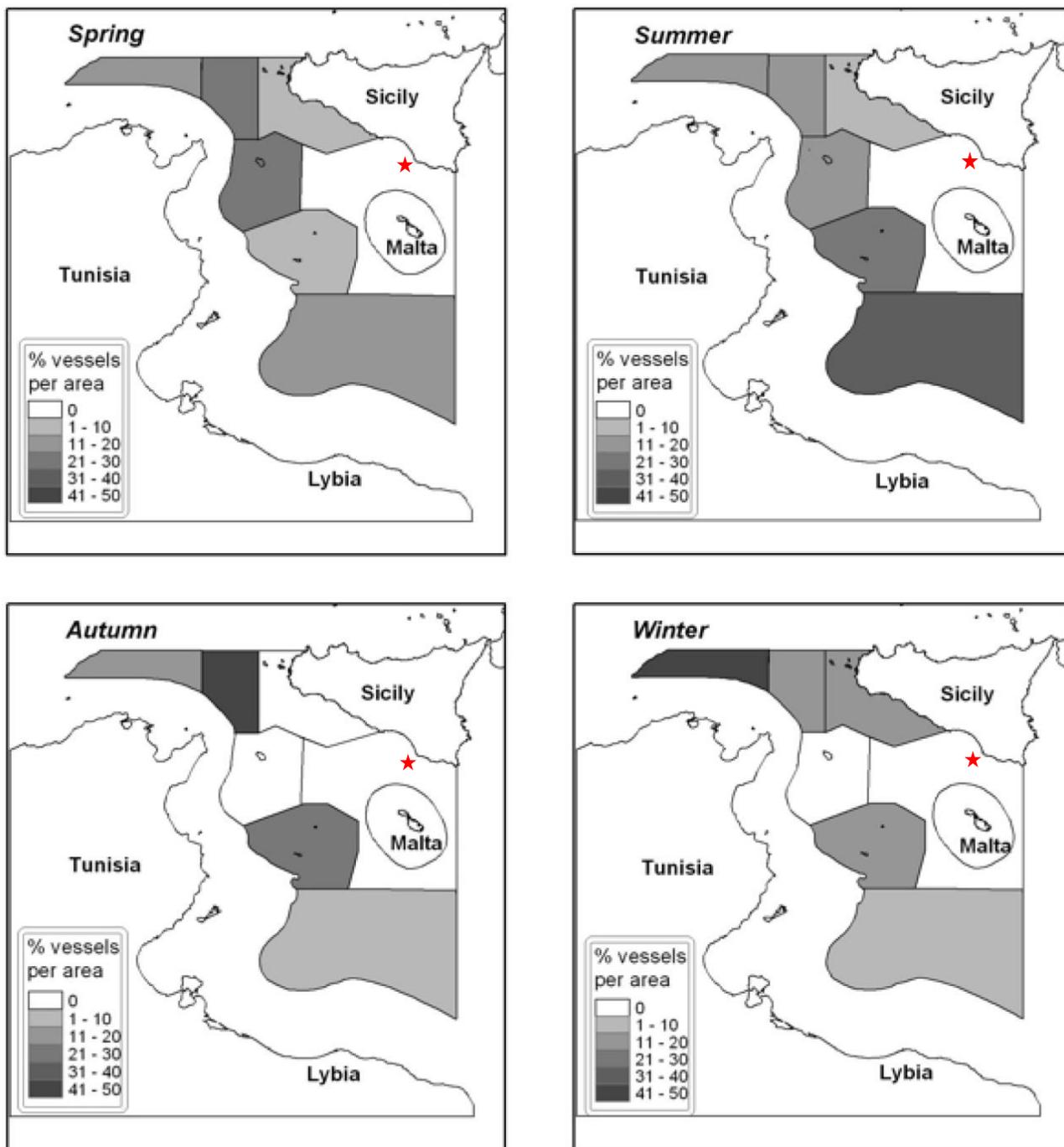


Figura 4.53 - Distribuzione stagionale delle aree di pesca con localizzazione dell'area in istanza di permesso di ricerca, indicato da una stella rossa (fonte: Fiorentino 2003, modificata)

4.6.2 Traffico marittimo

Le attività commerciali via mare sono di gran lunga una delle fonti di sfruttamento principali nelle zone a contesto marittimo e costiero di cui la Sicilia fa parte. La tutela delle zone di pesca insieme con l'annessa attività commerciale hanno fatto da catalizzatore per l'instaurazione di vie nautiche marittime per il commercio e la pesca. I regolamenti atti a preservare le aree di interesse per l'attività ittica e il traffico marittimo sono stati redatti per salvaguardare le specie che vivono in questi mari così da conservarne lo stato fisico.

Lungo le coste siciliane questa attività si è dimostrata di grande importanza e si quindi si è ravvisata le necessità di redigere delle normative per regolamentare e controllare l'esercizio ittico in un contesto ecocompatibile e sostenibile delle risorse marine ed in particolare di quelle alieutiche.

A conferma della cospicua attività commerciale svolta in generale del Mediterraneo e in particolare nel Canale di Sicilia, crocevia di vivacità e scambi intercontinentali, il CNR nell'ambito della Conferenza del Dipartimento Terra e Ambiente nell'Anno Internazionale del Pianeta Terra, ha redatto una mappa quanto mai illustrativa della distribuzione spaziale della flotta commerciale (Figura 4.54). L'attività in parola, oltre che strettamente legata alla pesca, è di sicuro connessa anche al trasporto merce via mare e agli scambi sia nazionali che internazionali.

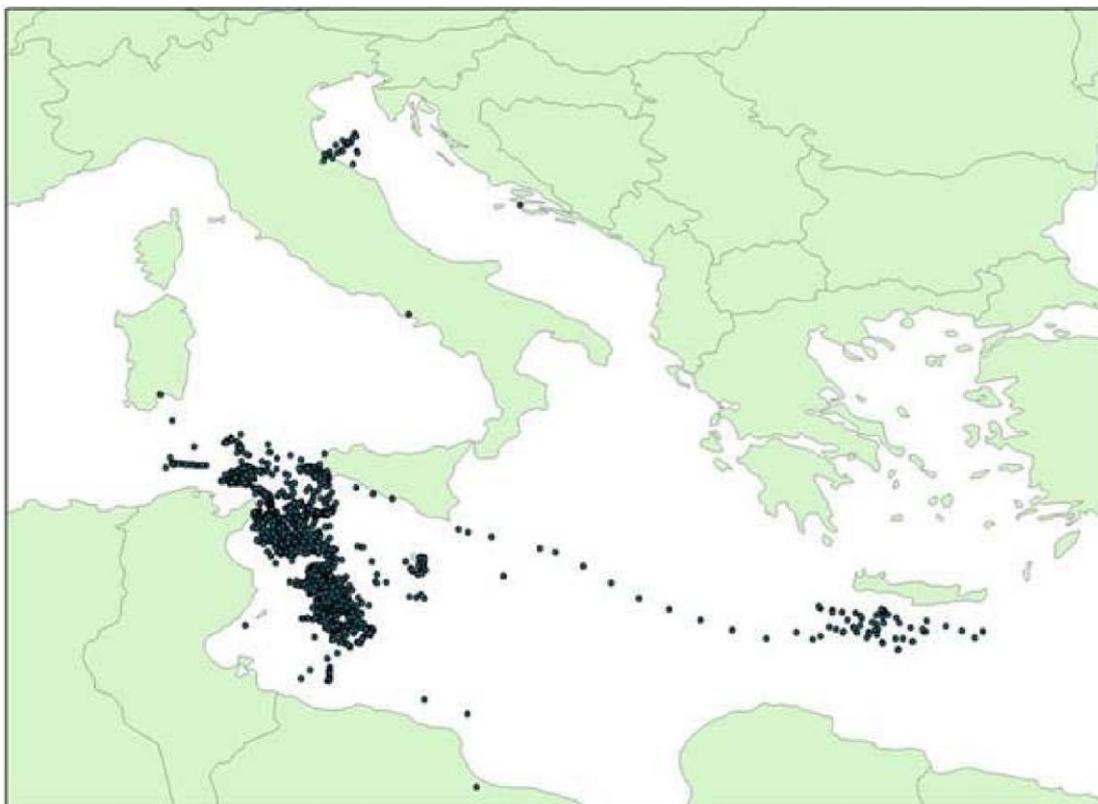


Figura 4.54 - Distribuzione spaziale della flotta commerciale principalmente nel basso Mediterraneo (fonte: Conferenza del Dipartimento Terra e Ambiente nell'Anno Internazionale del Pianeta Terra - CNR, Maggio 2008)

Per quanto riguarda l'area in istanza, come è visibile anche dalla consultazione della mappa, non risulta essere interessata da un intenso traffico marittimo, il quale è principalmente localizzato nel settore di mare compreso tra le coste sud-occidentali siciliane e il settore prospiciente alle coste tunisine.

5 ANALISI E STIMA DEGLI IMPATTI POTENZIALI

5.1 Introduzione

In questo capitolo le specifiche tecnico-logistiche dell'attività di acquisizione geofisica proposta, verranno messe in relazione con le componenti ambientali descritte all'interno dell'area in istanza, in modo da esaminare con estrema attenzione le potenziali interferenze che potrebbero scaturire, al fine di valutarne gli impatti potenziali.

L'area in istanza, denominata d361 C.R-TU, ricade nel Canale di Sicilia nel settore prospiciente alle coste meridionali siciliane a sud di Gela nei pressi di Scoglitti (RG), ricomprendo un'area complessiva di 497,00 km². Il bordo nord-orientale dell'area in istanza dista oltre cinque miglia nautiche dalla costa. La profondità dell'acqua varia da 65 metri ad oltre 800 metri nella zona sud-occidentale dell'area. Essa ricade in parte nella zona marina C e parzialmente nella zona marina G.

Durante la fase dell'indagine geofisica, utilizzando come fonte di energia l'*air-gun*, le possibili interazioni con la costa e le attività costiere, sono da considerarsi nulle, vista la notevole distanza.

In merito alle aree marine che necessitano di un particolare livello di attenzione come: aree marine protette, di ripopolamento, archeologiche, nonché quelle deputate alla nidificazione delle tartarughe, queste non verranno assolutamente coinvolte nelle operazioni di indagine.

Inoltre, il carattere temporaneo delle operazioni, si traduce nel fatto che, al termine di ogni sessione di indagine, tutte le attrezzature utilizzate verranno prontamente rimosse, issate a bordo e riportate a terra.

In definitiva, il progetto risulta nel suo complesso, del tutto compatibile con quanto previsto dai vincoli normativi vigenti al momento della stesura di questo studio ambientale. Si ricorda inoltre che l'attività di energizzazione, effettuata attraverso gli *air-gun*, non andrà ad interessare le seguenti aree:

- siti archeologici ufficialmente riconosciuti, relitti sommersi di interesse storico;
- aree marine protette;
- aree SIC-ZPS;
- aree di nidificazione delle tartarughe;
- aree di ripopolamento ittico.

Queste aree non solo non verranno interessate dell'energia immessa vera e propria, ma neppure dalle operazioni di supporto 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

L'ambiente marino è un sistema piuttosto complesso dal punto di vista acustico, caratterizzato da un'ampia varietà di segnali sonori, che si differenziano per origine, intensità, caratteristiche spettrali, etc.

Un recente studio condotto dal CNR-IDASC del 2011 per conto del GIONHA (*Governance and Integrated Observation of Marine Natural Habitat*) ha focalizzato l'attenzione sulle problematiche relative all'inquinamento acustico in ambiente marino.

In linea generale, è possibile eseguire una classificazione delle sorgenti sonore marine sulla base della tipologia in:

- sorgenti naturali - insieme dei suoni prodotti da fenomeni di natura sia fisica che biologica;
- sorgenti antropiche - risultato delle molteplici attività che insistono e sfruttano le risorse marine.

Le sorgenti antropiche, a loro volta, possono suddividersi in: intenzionali e non-intenzionali.

Uno tra i primi studi condotti sul rumore ambiente nei sistemi marini, e che tutt'oggi costituisce ancora un valido punto di riferimento è stato condotto negli anni '60 da Wenz (Wenz, 1962) ed è riassunto nella sottostante Figura 5.1. Da essa si può notare come le varie sorgenti naturali, a carattere sia intermittente

che continuo, abbracciano una porzione considerevole dello spettro sonoro, andando dai pochi Hz fino alle centinaia di kHz.

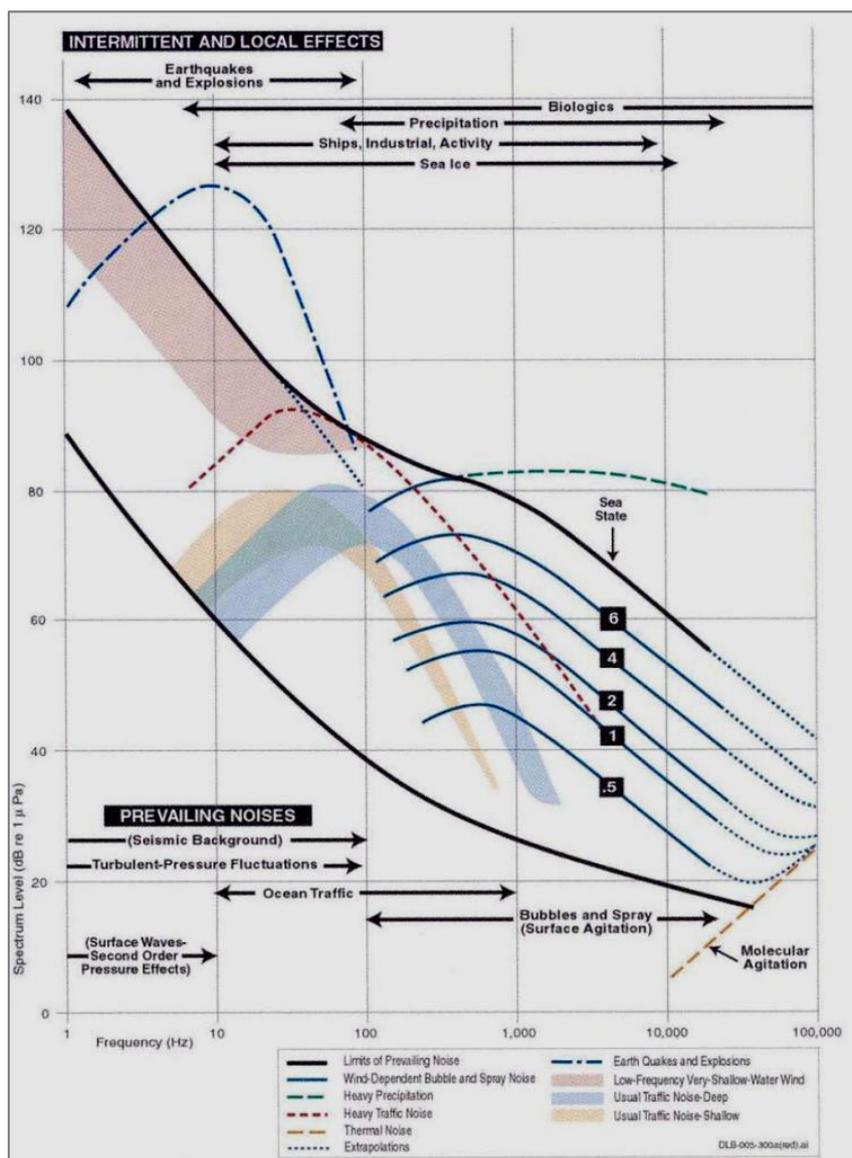


Figura 5.1 - Curve di Wenz: l'asse verticale mostra i valori dei livelli sonori (dB re 1 μ Pa), mentre quello orizzontale le frequenze (fonte: Wenz, 1962)

Nel presente studio saranno, in particolare, prese in esame le sole sorgenti di origine antropica con un dettaglio sull'attività relativa alle indagini geosismiche.

La frazione antropica del rumore è la componente che contribuisce maggiormente ad alterare il livello del

I suoni emessi durante le indagini geosismiche, sono generalmente caratterizzati da alta intensità e basse frequenze; questi vengono diretti verso la crosta terrestre e da questa, a loro volta, riflessi per poter così fornire una conoscenza dei vari assetti geologici che caratterizzano l'area indagata. Il suono riflesso viene processato per ottenere informazioni riguardo alla struttura e alla composizione delle formazioni geologiche, e per individuare potenziali riserve di idrocarburi.

Durante queste operazioni la sorgente acustica, un *array* di *air-gun* (come da progetto del presente studio), viene trainato ad una profondità di 4-10 metri con una velocità di 4-5 nodi, mentre la catena idrofonica (per la rilevazione dei segnali riflessi) viene posizionata ad una profondità di 10-12 metri e ad una distanza di alcuni chilometri dall'*array* delle sorgenti.

Ad ogni singolo *air-gun* è associabile un livello sonoro tra 215-230 dB re 1 μ Pa, con una concentrazione dell'energia tra i 10 ed i 300 Hz (Greene et al. 1994) e, se utilizzato acque poco profonde (20-25 metri) può essere percepibile anche in aree distanti decine di chilometri.

Per rendersi realmente conto, sia qualitativamente che quantitativamente, dell'impatto acustico che può generare nell'ambiente marino circostante una attività di prospezione sismica si demanda al sito *web* www.sonsdemar.eu, nel quale sono messe a confronto diverse fonti sonore potenzialmente presenti in mare.

Il fenomeno di propagazione delle onde sonore è molto complesso e funzione di diversi fattori e parametri fisici. Generalmente la velocità con cui le onde sonore si propagano attraverso un qualsiasi mezzo (gassoso, liquido o solido) non è una costante in ogni punto, ma dipende dalle caratteristiche del mezzo stesso. Essa, infatti, aumenta al diminuire di tre parametri, quali temperatura, livello di salinità e pressione. In questo ambito si parla più frequentemente di pressione intesa in *sensu latu* come profondità dal momento che, con l'aumentare della prima, la pressione aumenta in modo lineare. La temperatura e la salinità, invece, variano secondo latitudine, stagione, ora del giorno, condizioni meteorologiche e altri fattori oceanografici.

I tre parametri citati modificano il valore della velocità di propagazione secondo la seguente formula di Mackenzie (1981):

$$c(P,S,T) = 1448.96 + 4.591 T - 5.304 \times 10^{-2} T^2 + 2.374 \times 10^{-4} T^3 + 1.340 (S - 35) + 1.630 \times 10^{-2} P + 1.675 \times 10^{-7} P^2 - 1.025 \times 10^{-2} T(S - 35) - 7.139 \times 10^{-13} TP^3$$

dove:

c = velocità del suono (m/s); T = temperatura ($^{\circ}$ C); S = salinità (*ppt*) e P = profondità (m).

Questa relazione fornisce un errore di 0,07 m/s ed è valida entro valori di temperatura tra 0 e 30 $^{\circ}$ C, livello di salinità tra 25 e 40 *ppt* e profondità tra 0 e 8000 m.

Il valore convenzionale della velocità del suono in acqua, ad una temperatura di riferimento di 23 $^{\circ}$ C, è di circa 1500 m/s, ossia circa 4,3 volte il valore in aria.

Entrando nel merito dell'attività oggetto di studio e, nel particolare, conoscendo il tipo di configurazione e di modello degli *array* utilizzati visti precedentemente nel paragrafo 3.6.2, è possibile fornire gli spettri di pressione sonora per le emissioni di energia che verranno poste in essere dall'utilizzo del modello 4330. La modellizzazione della sorgente utilizzata prende il nome di "*Far Field*" e verrà illustrata qui di seguito.

5.2.1 Modellizzazione della sorgente nel "*Far Field*"

A causa del movimento fisico dell'aria compressa e del fatto che la sorgente di energia si trova immersa in acqua di 7-8 metri e si muove ad una velocità di circa 8-9 km/h risulta abbastanza difficoltoso misurare in modo preciso l'effettivo livello della pressione sonora. Di conseguenza si sono dovute fare delle assunzioni per poter modellare la risposta del campo lontano a seguito dell'energia emessa. Le valutazioni sono state effettuate attraverso un modello che ha permesso di ottenere dei valori applicabili al lavoro proposto (Figura 5.2).

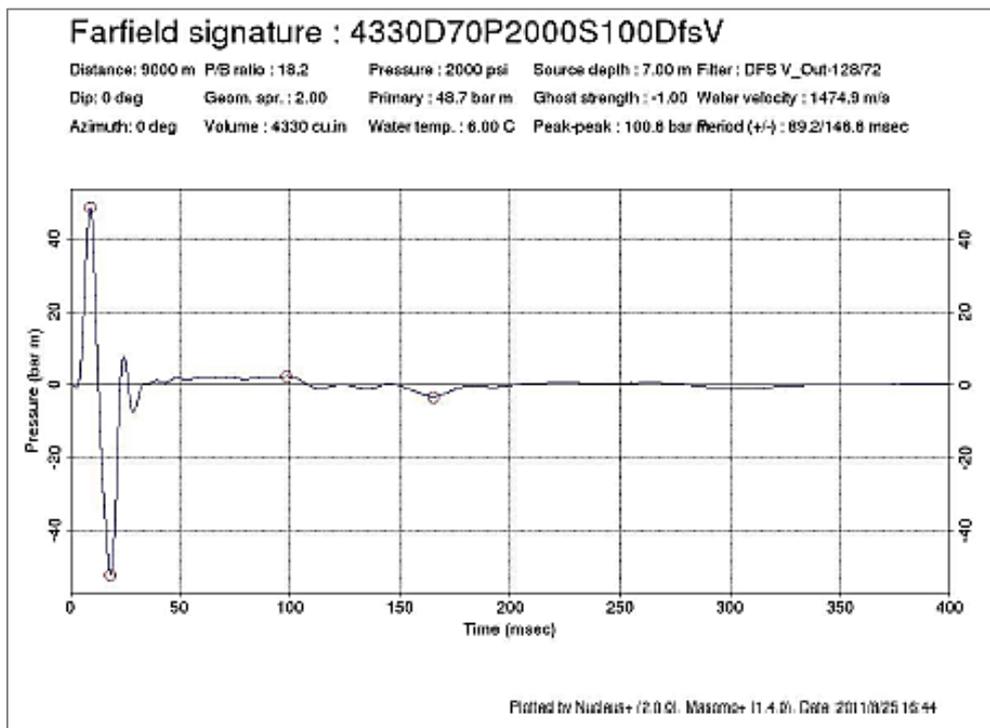


Figura 5.2 - Modello dello spettro della pressione sonora per un'emissione di energia in un campo lontano, secondo la configurazione 4330

Per questo tipo di acquisizione, il calcolo dell'impulso sorgente viene ricavato dalla registrazione nel campo lontano della sorgente di energia. Inizialmente la sorgente di energia viene considerata sulla verticale del punto di ricezione, assumendo che sorgente e ricevitore si trovino perfettamente allineati uno sopra l'altro. In questo modo si assume che tutti gli impulsi arrivino con lo stesso tempo di ritorno a questo punto ipotetico. I dati così calcolati vengono successivamente ricorretti attraverso dei modelli matematici prendendo in considerazione anche il fattore di obliquità e la divergenza sferica.

Come noto, il picco massimo di energia da ogni elemento sorgente non si allinea nella sua posizione vicino alla sorgente di energia (*near field*) poiché essa non è più rappresentata da un punto ma è distribuita lungo il gruppo di sorgenti (*array*) e nello spazio/tempo. Pertanto il livello di pressione emesso vicino alla sorgente è inferiore rispetto a quello calcolato nel campo lontano. La posizione spaziale dei singoli elementi di origine dell'energia è mostrato nella Figura 5.3.

Il valore verticale in uscita del campo lontano (*far field signature*) è stato modellato utilizzando frequenze fino a 100 Hz sebbene misure di calibrations non siano disponibili per valori superiori ai 140 Hz. La Figura 5.3 mostra lo spettro di ampiezza per una sorgente d'energia modellata sul calcolo del campo lontano.

Si può osservare come il livello massimo di pressione sonora (SPL) in uscita dalla sorgente sia di poco superiore ai 210 dB rif. 1 μ P/Hz @ 1m (notazione standard del settore sismico per una fonte in uscita di campo lontano). Questa potenza massima si verifica a frequenze inferiori a 80 Hz. Va inoltre osservato che gli effetti di assorbimento sono maggiori per le alte frequenze rispetto alle frequenze al di sotto degli 80 Hz, il che suggerisce che le alte frequenze risultano attenuate più rapidamente rispetto alle basse frequenze. Si deve inoltre osservare che l'emissione di un gruppo di sorgente di energia è di tipo direzionale e che deve tenere conto che il valore massimo di emissione è diretto verso il basso.

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 *air-gun* che compongono l'*array*. Questa variabilità deve essere tenuta presente per predire in modo corretto il campo sonoro di un *array* di *air-gun*.

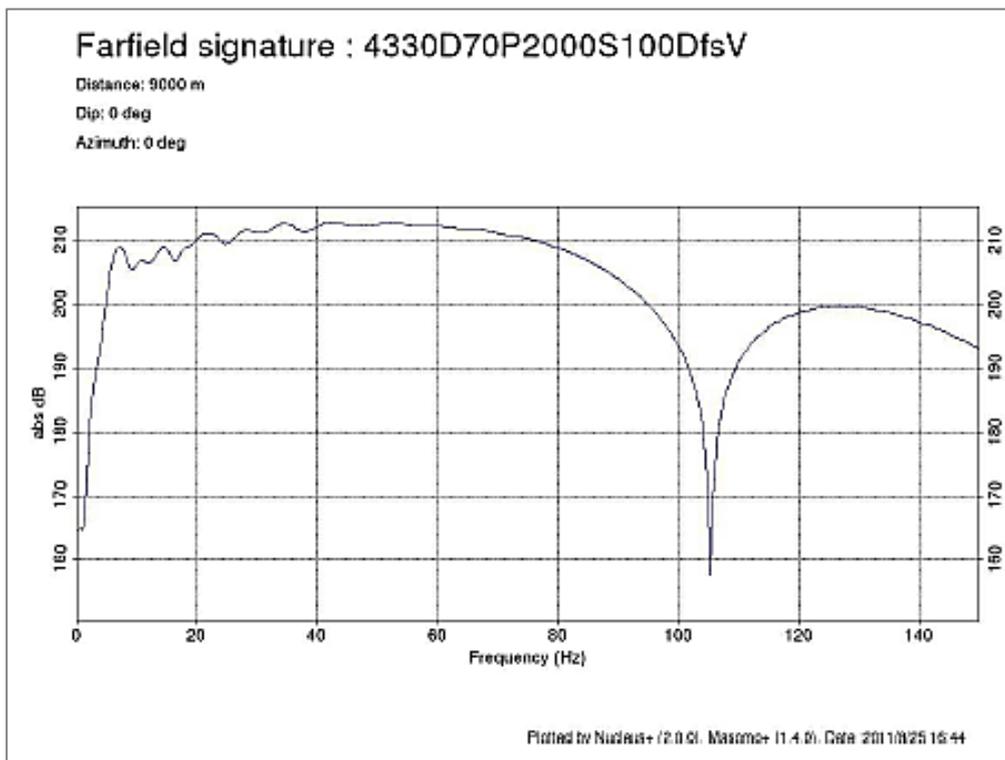


Figura 5.3 - Modello dello spettro di ampiezza per un'emissione di energia in un campo lontano, secondo la configurazione 4330

5.2.2 Limiti acustici per la tutela dei mammiferi marini

I suoni di origine antropica possono avere intensità e frequenze tali da sovrapporsi ai suoni utilizzati normalmente dai cetacei, i quali, a seconda delle loro capacità uditive, vengono suddivisi in cetacei che percepiscono le basse, medie e alte frequenze.

Le prospezioni geofisiche sono incluse fra le attività antropiche a potenziale rischio acustico, in quanto responsabili dell'introduzione di rumore in ambiente marino, ed i cetacei che utilizzano per le loro comunicazioni suoni a bassa frequenza percepiscono maggiormente la propagazione dei suoni prodotti dagli air-gun (Figura 5.4) e potrebbero quindi essere la categoria più esposta a rischi (Lanfredi et al., 2009).

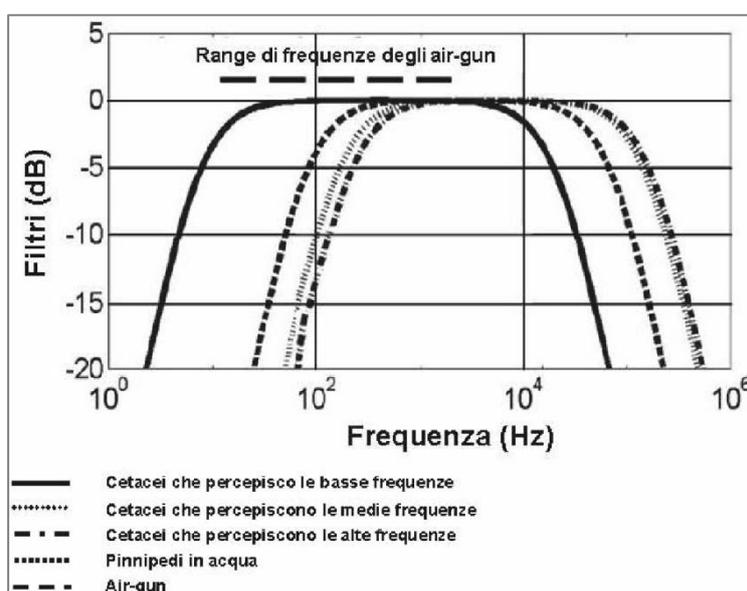


Figura 5.4 - Grafico riportante il range di frequenze percepite dai mammiferi marini, con indicazione delle frequenze prodotte dagli air-gun (fonte: Lanfredi et al., 2009)

Nella tabella seguente (Tabella 5.1) 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	<i>Balaena</i> , <i>Caperea</i> , <i>Eschrichtius</i> , <i>Megaptera</i> , <u><i>Balaenoptera</i></u>
Cetacei che percepiscono le medie frequenze	150 – 160.000	<u><i>Steno</i></u> , <i>Sousa</i> , <i>Sotalia</i> , <u><i>Tursiops</i></u> , <u><i>Stenella</i></u> , <u><i>Delphinus</i></u> , <i>Lagenodelphis</i> , <i>Lagenorhynchus</i> , <i>Lissodelphis</i> , <u><i>Grampus</i></u> , <i>Peponocephala</i> , <i>Feresa</i> , <u><i>Pseudorca</i></u> , <u><i>Orcinus</i></u> , <u><i>Globicephala</i></u> , <i>Orcacella</i> , <u><i>Physeter</i></u> , <i>Delphinapterus</i> , <i>Monodon</i> , <u><i>Ziphius</i></u> , <i>Berardius</i> , <i>Tasmacetus</i> , <i>Hyperoodon</i> , <i>Mesoplodon</i>
Cetacei che percepiscono le alte frequenze	200.000 – 180.000	<i>Phocoena</i> , <i>Neophocaena</i> , <i>Phocoenoides</i> , <i>Platanista</i> , <i>Inia</i> , <u><i>Kogia</i></u> , <i>Lipotes</i> , <i>Pontoporia</i> , <i>Cephalorhynchus</i>
Pennipedi: percezione in ambiente acquoso	75 – 75.000	<i>Arctocephalus</i> , <i>Callorhinus</i> , <i>Zalophus</i> , <i>Eumetopias</i> , <i>Neophoca</i> , <i>Phocarcos</i> , <i>Otaria</i> , <i>Erignathus</i> , <i>Phoca</i> , <i>Pusa</i> , <i>Halichoerus</i> , <i>Histiophoca</i> , <i>Pagophilus</i> , <i>Cystophora</i> , <u><i>Monachus</i></u> , <i>Mirounga</i> , <i>Leptonychotes</i> , <i>Ommatophoca</i> , <i>Lobodon</i> , <i>Hydrurga</i> , and <i>Odobenus</i>

Tabella 5.1 - Frequenze udibili dalle diverse categorie di mammiferi marini. Sono state sottolineate le specie presenti nell'area del Canale di Sicilia (fonte: Southall et al, 2007)

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*.

Il *National Marine Fisheries Service* (NMFS), 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 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 geofisiche (Tabella 5.2).

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)

Il lavoro pubblicato da Southall et al. nel 2007 rappresenta il lavoro più recente e aggiornato in cui sono riportati i valori soglia del rumore oltre i quali si possono verificare effetti negativi a livello dei mammiferi marini. I valori indicati tengono conto delle diverse caratteristiche dei rumori di origine antropica (suoni a impulsi singoli, impulsi multipli e suoni non impulsivi), delle caratteristiche acustiche delle diverse specie di mammiferi marini (cetacei a bassa, media e alta frequenza) e di tre tipologie di effetti biologici legati all'esposizione al rumore (perdita temporanea TTS o permanente PTS di sensibilità uditiva e disturbi comportamentali).

Nella tabella seguente sono riportati i valori soglia per mammiferi marini esposti a diversi tipi di rumore (*single pulses*, *multiple pulses*, *non-pulses*) capaci di originare perdita temporanea (TTS) di sensibilità uditiva (Southall et al., 2007). Come si evince dalla Figura 5.5, i cetacei (a bassa, media ed alta frequenza) esposti a

suoni a impulsi multipli, in cui rientra la categoria dei survey geosismici, con valori di picco di RL (*received level*) pari a 224 dB re: 1 μPa possono essere soggetti a perdita temporanea di sensibilità uditiva.

Marine mammal group	Sound type		
	Single pulses	Multiple pulses	Non-pulses
Low-frequency cetaceans			
Sound pressure level	224 dB re: 1 μPa (peak)(flat)	224 dB re: 1 μPa (peak)(flat)	224 dB re: 1 μPa (peak)(flat)
Sound exposure level	183 dB re: 1 $\mu\text{Pa}^2\text{-s}$	183 dB re: 1 $\mu\text{Pa}^2\text{-s}$	195 dB re: 1 $\mu\text{Pa}^2\text{-s}$
Mid-frequency cetaceans			
Sound pressure level	224 dB re: 1 μPa (peak)(flat)	224 dB re: 1 μPa (peak)(flat)	224 dB re: 1 μPa (peak)(flat)
Sound exposure level	183 dB re: 1 $\mu\text{Pa}^2\text{-s}$	183 dB re: 1 $\mu\text{Pa}^2\text{-s}$	195 dB re: 1 $\mu\text{Pa}^2\text{-s}$
High-frequency cetaceans			
Sound pressure level	224 dB re: 1 μPa (peak)(flat)	224 dB re: 1 μPa (peak)(flat)	224 dB re: 1 μPa (peak)(flat)
Sound exposure level	183 dB re: 1 $\mu\text{Pa}^2\text{-s}$	183 dB re: 1 $\mu\text{Pa}^2\text{-s}$	195 dB re: 1 $\mu\text{Pa}^2\text{-s}$

Figura 5.5 - Valori soglia per mammiferi marini esposti a diversi tipi di rumore (il tipo di attività in oggetto rientra nella categoria *multiple pulses*) capaci di originare perdita temporanea (TTS) di sensibilità uditiva (fonte: Southall et al., 2007)

5.3 Salute pubblica

L'area oggetto di studio è collocata nel settore sud-occidentale della Sicilia nelle coste prospicienti il territorio provinciale di Ragusa in corrispondenza della località di Scoglitti alla distanza minima di oltre cinque miglia nautiche dal bordo nord-orientale dell'area in istanza.

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.

5.4 Impatti sulla percezione del paesaggio

Per valutare l'impatto sulla componente della percezione del paesaggio causato dalla presenza della nave di rilievo geofisico ed analizzare la distanza entro la quale è visibile la nave dalla costa è opportuno richiamare qualche nozione sull'orizzonte visibile.

La distanza dell'orizzonte per un osservatore vicino alla superficie terrestre, tenendo in considerazione l'effetto della rifrazione atmosferica, è data dalla seguente formula matematica:

$$d \approx 3.86 \sqrt{h}$$

Dove "h" è l'altezza sul livello del mare in metri e "d" risulta calcolato in chilometri.

Pertanto, prendendo come esempio un osservatore posto in piedi sulla terraferma con altezza media degli occhi di 1,70 metri, l'orizzonte, e quindi la massima visibilità, è ad una distanza di 5,0 km ($d \approx 3,86\sqrt{1,70}$). Analogamente, per un osservatore in piedi sulla terraferma con l'altezza degli occhi di 2 metri, l'orizzonte risulta essere ad una distanza di circa 5,5 km ($d \approx 3,86\sqrt{2}$).

Prendendo in considerazione una tipologia di nave sismica tra le più grandi utilizzate, che emerge dalla superficie del mare di 7 metri, il calcolo per stimare la distanza dalla costa entro la quale si percepisce la nave è rappresentato dalla seguente formula:

$$D_{BL} \approx 3.86 \left(\sqrt{h_B} + \sqrt{h_L} \right)$$

La Figura 5.6 mostra graficamente i fattori esposti nella formula matematica.

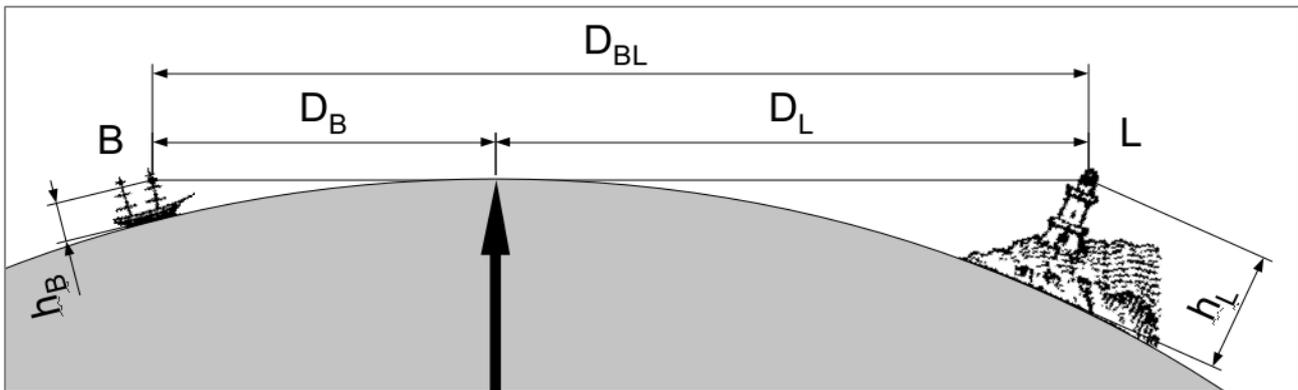


Figura 5.6 - Distanza geometrica dell'orizzonte (fonte: it.wikipedia.org, modificata)

Pertanto, utilizzando la formula sopra citata, per un osservatore più alto della media (altezza degli occhi a 2 metri) presente lungo la costa, in condizioni di ottima visibilità sarà possibile percepire la nave che effettuerà il rilievo geofisico ad una distanza massima di 15,6 km. Il valore è stato ottenuto sostituendo i valori all'interno della formula: $D_{BL} \approx 3,86 (\sqrt{7} + \sqrt{2})$.

Come precedentemente detto, il vertice esterno più vicino alla costa dell'area entro la quale è prevista l'attività del rilievo geofisico, è quello nord orientale dell'istanza d 361 C.R.-TU, che dista 9,68 chilometri dal litorale meridionale siciliano. Osservando la Figura 5.7, in cui è stata proiettata la distanza di 15,6 km dalla costa ragusana, è possibile notare come la nave sismica potrebbe essere visibile, esclusivamente in condizioni ottimali di visibilità, dalla battigia solo per il breve periodo di tempo in cui stia percorrendo il settore nord-orientale del blocco d 361 C.R.-TU.

L'impatto visivo è comunque del tutto assimilabile a quello prodotto dal transito di una normale imbarcazione con le stesse caratteristiche dimensionali di quella utilizzata per le operazioni di prospezione.

Si ricorda che le operazioni hanno carattere temporaneo, benché al termine dell'acquisizione dei dati, la nave e tutte le attrezzature rientreranno in porto, e che l'attività verrà svolta indicativamente nel periodo autunno-invernale, ossia al di fuori del periodo di stagione turistica caratterizzato da maggior affluenza costiera.

In conclusione è possibile affermare che, durante la fase dell'indagine geofisica condotta utilizzando come fonte di energizzazione l'*airgun*, la presenza della nave sismica non produrrà interazioni in grado di alterare in modo significativo e/o danneggiare la percezione del paesaggio da parte di un osservatore lungo le coste limitrofe, se non in maniera del tutto trascurabile.

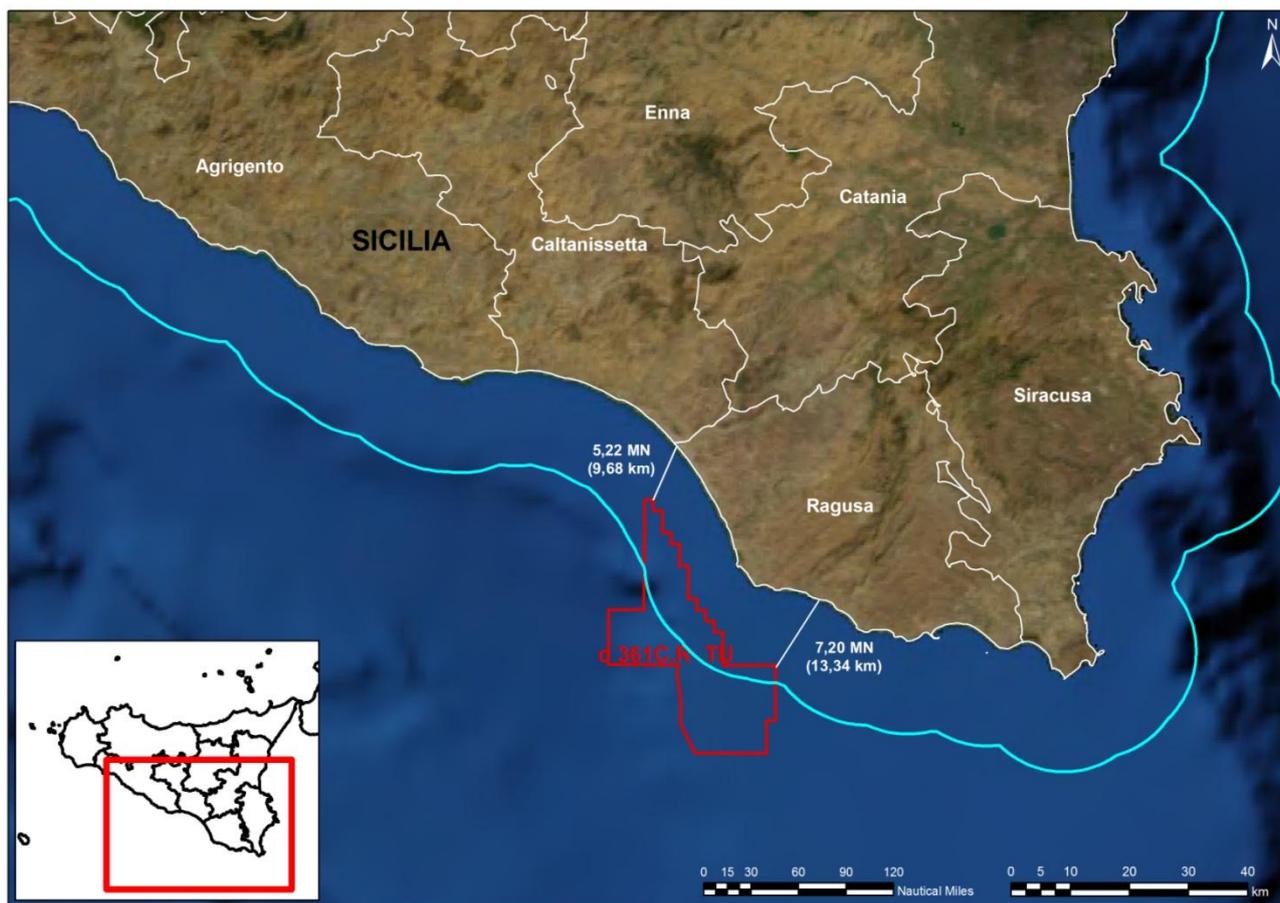


Figura 5.7 - In azzurro è indicata la distanza di 15,6 km dalla linea di costa, entro cui è possibile vedere dalla terraferma una nave alta 7 metri, da parte di un osservatore con altezza occhi di 2 metri, in condizioni ottimali di visibilità

5.5 Rischio sismico

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).

Per quanto riguarda la classificazione del rischio sismico sul territorio nazionale italiano sono state aggiornate, nel tempo, diverse mappe disponibili basate su criteri e parametri fisici differenti. Sulla base di tali norme, tra questi criteri di classificazione è stata, di recente, prodotta la mappa di classificazione sismica aggiornata al 2012 (Figura 5.8). Secondo tale mappa la penisola italiana viene suddivisa in quattro principali zone sismiche in relazione al differente livello di pericolosità. Sono presenti, tuttavia, sottozone la cui identificazione scaturisce dalla necessità di interventi ed indagini ad hoc in caso di studio.

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. 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.



Figura 5.8 - Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale italiano al 2012
 (fonte: Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia)

L'area considerata nel 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) (Figura 5.9). Il massimo grado di pericolosità entro il range considerato è rappresentato dal settore nord-orientale del blocco in oggetto con valori comunque molto bassi compresi tra 0,075 e 0,1 g; la pericolosità diminuisce costantemente allontanandoci dalla linea di costa raggiungendo valori di 0,05 g. In entrambi i casi si tratta di una sismicità molto bassa in tutta l'area relativa al permesso di ricerca.

L'attività di prospezione geofisica in oggetto è chiamata comunemente sismica marina, in quanto utilizzatrice di onde elastiche (prodotte artificialmente) della stessa tipologia delle onde sismiche, naturalmente a energia infinitamente minore. Ciò può evocare nell'immaginario comune, proprio per l'uso del termine legato ad attività telluriche, scenari inverosimili di terremoti o scosse sismiche. In realtà, la comunità scientifica concorda nell'affermare che questo genere di attività non può essere in alcun modo la causa scatenante di attività sismiche di qualsiasi tipo.

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.

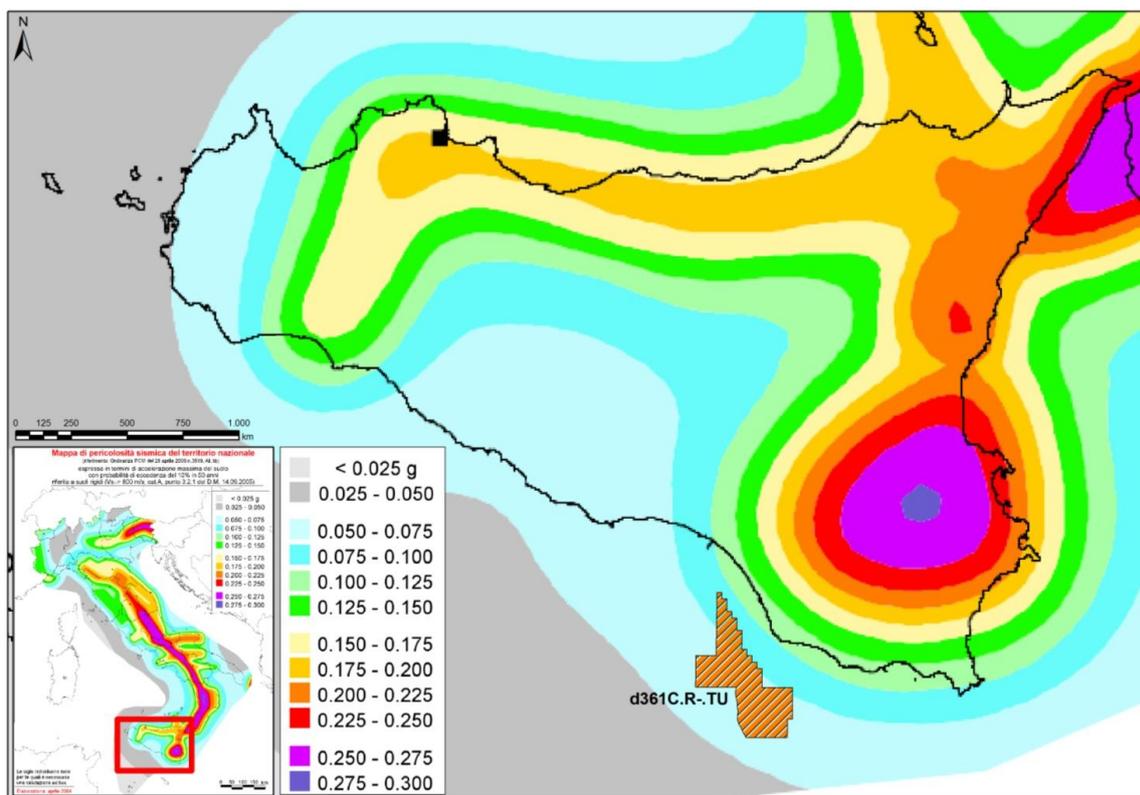


Figura 5.9 – Estratto della mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale italiano per la Regione Sicilia; è riportata anche la posizione dell'area in istanza (fonte: Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, modificata)

5.6 Sottofondo marino e subsidenza

La strumentazione necessaria all'attività di acquisizione sismica, che prevede l'uso degli air-gun come sorgenti di energizzazione, opera ad una profondità massima di 10 metri dalla superficie del mare e non prevede alcuna interazione con il fondo marino. Il tipo di attività non è in grado di determinare in alcun modo modifiche all'assetto geologico strutturale del sottosuolo, né alle caratteristiche chimico-fisiche dei sedimenti marini. Non sono previste attività di estrazione di nessun tipo di materiale, sia esso liquido, solido

o gassoso. L'assenza di interazioni con il sottosuolo garantisce l'impossibilità di favorire fenomeni in grado di generare processi di subsidenza nel sottofondo marino dell'area oggetto di istanza e nelle zone limitrofe.

5.7 Occupazione dello specchio d'acqua

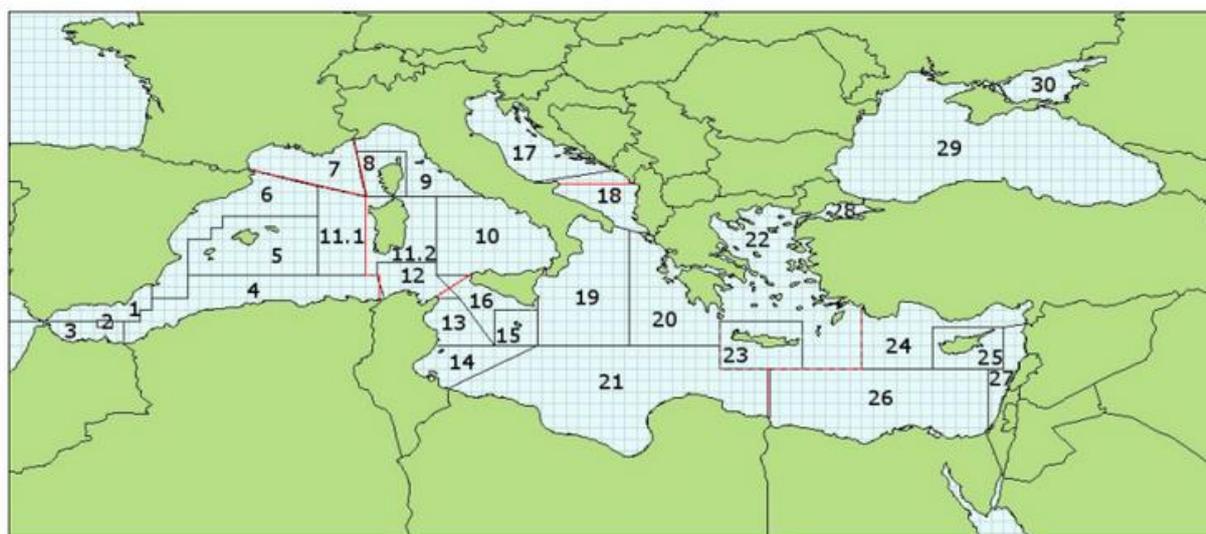
La durata della campagna sismica si aggira attorno ai 10 giorni, durante i quali l'area in istanza di ricerca verrà occupata dalle varie strumentazioni ed imbarcazioni. L'occupazione dello specchio d'acqua è un fattore d'impatto a durata limitata ed al termine di ogni sessione di indagine si provvederà al recupero dell'area indagata ed alla restituzione dell'originaria destinazione d'uso. L'impatto potenziale durante la fase di acquisizione è estremamente ridotto, dato che le attrezzature presentano modeste dimensioni, mentre l'impatto della nave sismica è assimilabile a quello del normale traffico marittimo di pescherecci e traghetti presenti nella zona.

Al fine di ridurre al minimo le interferenze con la navigazione indotte dalle attività in progetto, 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.

Con lo scopo di limitare al più possibile qualsiasi eventuale interferenza tra l'attività proposta e le attività di pesca presenti nell'area, Transunion Petroleum 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.

5.7.1 Interferenza con le attività di pesca

La zona interessata dalla prospezione sismica rientra nella sub area geografica numero 16 (GSA 16) relativa al Canale di Sicilia (Figura 5.10) individuata dalla Commissione Generale per La Pesca nel Mediterraneo, approvata dalla FAO e composta da 23 paesi membri, insieme all'Unione Europea.



— FAO Statistical Divisions (red) — GFCM Geographical Sub-Areas (black)

01 - Northern Alboran Sea	07 - Gulf of Lions	13 - Gulf of Hammamet	19 - Western Ionian Sea	25 - Cyprus Island
02 - Alboran Island	08 - Corsica Island	14 - Gulf of Gabes	20 - Eastern Ionian Sea	26 - South Levant
03 - Southern Alboran Sea	09 - Ligurian and North Tyrrhenian Sea	15 - Malta Island	21 - Southern Ionian Sea	27 - Levant
04 - Algeria	10 - South and Central Tyrrhenian Sea	16 - South of Sicily	22 - Aegean Sea	28 - Marmara Sea
05 - Balearic Island	11.1 - Sardinia (west) 11.2 - Sardinia (east)	17 - Northern Adriatic	23 - Crete Island	29 - Black Sea
06 - Northern Spain	12 - Northern Tunisia	18 - Southern Adriatic Sea	24 - North Levant	30 - Azov Sea

Figura 5.10 – Sub-Aree Geografiche (GSA) del Mediterraneo istituite dalla Commissione Generale per la Pesca nel Mediterraneo, approvata dalla FAO (fonte: www.gfcm.org)

L'edizione 2011 del "Rapporto Annuale sulla Pesca e sull'Acquacoltura in Sicilia del 2011" redatto dall'Osservatorio Mediterraneo della Pesca si conferma un punto di vista privilegiato per la focalizzazione delle più importanti questioni inerenti la pesca. Alla stesura del Rapporto 2011 hanno collaborato ricercatori, giuristi ed economisti di diversi Paesi con l'obiettivo di proporre una strategia comune per la pesca nel Mediterraneo e per la salvaguardia delle risorse alieutiche. All'interno della sezione relativa alle interazioni tra pesca e ambiente viene decretato in fase conclusiva che non si sono verificati eventi di inquinamento antropico, né da sorgenti a terra né in mare, capaci di condizionare l'attività di pesca professionale. Per quanto riguarda i tipi di attività antropiche che potrebbero avere un impatto sulle risorse ittiche commerciali e sulla pesca, il rapporto sostiene che *"le cause di alterazione ambientale direttamente legate all'attività umana che creano un impatto sulle risorse ittiche commerciali e la pesca sono notevoli e ampiamente dibattute, sebbene poco studiate. Molte di esse sono sistemiche, altre cripte o sconosciute. Si vuole ricordare la pressione sul mare degli agglomerati urbani e industriali, delle aree portuali, dei dragaggi, dell'erosione costiera, dell'esplorazione e dell'estrazione petrolifera, del traffico marittimo e in particolare di quello petrolifero, del turismo costiero, della nautica da diporto, delle attività militari, dei relitti in mare, degli incidenti in mare, dei naufragi, dell'affondamento volontario di rifiuti, del littering. Riferendoci al 2011 non sono stati registrati nei mari siciliani eventi di particolare rilevanza o emergenziali. Anche in Mediterraneo, al di là di eventi puntiformi localmente anche gravi, non si sono verificati problemi che hanno avuto riflessi su scala di bacino"*.

Per completare il quadro dei possibili effetti che potrebbero generarsi tra l'attività di prospezione geofisica e la pesca, sono stati analizzati i piani di gestione locale attinenti le varie unità gestionali individuate nei compartimenti marittimi prossimi e/o in relazione all'area del permesso di ricerca in argomento. A questo proposito lo specchio d'acqua antistante la provincia di Ragusa in cui è localizzata l'area di indagine, non risulta annoverato all'interno di nessuno dei 10 piani di gestione locale redatti per la regione Sicilia (www.fep.sicilia.it), quindi non si è potuto procedere con una valutazione esaustiva relativa a quest'ambito. Ad ogni modo, le fonti analizzate per l'analisi in questione sembrano confermare che le prospezioni geofisiche potrebbero avere qualche impatto negativo per l'ambiente marino, ma non sembrano esserci risultati certi che indichino danni seri e prolungati alla popolazione ittica e ai mammiferi marini.

È opportuno ricordare che l'attività d'indagine sismica per cui è stato richiesto il permesso è un'attività di carattere temporaneo, infatti, una volta terminata la fase di acquisizione dei dati tutte le apparecchiature utilizzate saranno issate a bordo e sul posto non rimarrà alcun tipo di strumentazione. Inoltre, le operazioni di acquisizione verranno effettuate durante il periodo tardo autunnale o invernale, caratterizzato da una minima attività di pesca, già limitata nella zona.

Quali siano le interferenze che possono avvenire durante le operazioni di rilievo geofisico è ancora argomento di discussione con opinioni molto controverse. Quanto riportato in questa sezione è il risultato di una ricerca approfondita nell'ambito della letteratura di settore, della documentazione tecnica relativa alle fasi progettuali, e dell'esperienza maturata su progetti simili.

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'*air-gun* è il 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 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'*air-gun* sulla fauna ittica, è stato possibile dedurre che i danni causati dall'*air-gun* su esemplari presenti nelle immediate vicinanze della 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'*air-gun* 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.

Uno studio condotto in Australia tra il 1969-1999, afferma che la pesca a strascico potrebbe risentire negativamente dell'attività di rilievo geofisico condotta utilizzando l'*air-gun*, fino a 1-2 km dall'imbarcazione ma non necessariamente registrando ripercussioni negative sulla popolazione ittica. Gli studi condotti in Norvegia e sul Mar Adriatico rispettivamente da Slotte et al. 2004 e La Bella et al. 1996 non hanno rilevato effetti a breve termine sulla distribuzione orizzontale degli organismi ma bensì hanno evidenziato 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. Tuttavia, lo studio in Adriatico di La Bella et. al 1996 non ha registrato differenze significative nel numero di catture prima e dopo il rilievo sismico.

Per ciò che concerne le interferenze con le imbarcazioni che praticano l'attività di pesca nell'area, 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. In base alle norme di sicurezza sulla navigazione, è previsto che le navi e le imbarcazioni di qualsiasi genere non impegnate nelle prospezioni debbano mantenersi a distanza di sicurezza dall'unità che effettua i rilievi (normalmente non inferiore a 3.000 metri dalla poppa per tutta l'ampiezza del settore di 180° a poppavia del traverso della stessa) ed in ogni caso evitare di intralciarne la rotta. Pertanto sarà interdetta la navigazione lungo le rotte che verranno comunicate alle Autorità marittime competenti.

In conclusione, l'interferenza che si potrebbe generare con l'attività di pesca è di carattere temporaneo, limitato e del tutto trascurabile, dovuto al fatto che si conosceranno a priori le rotte interessate dalla nave geofisica, dando modo ai pescatori di poter scegliere quotidianamente aree alternative a quelle più prossime alla prospezione.

5.8 Impatti in atmosfera

Gli aspetti legati agli impatti in atmosfera prodotti dall'attività di prospezione in progetto, verranno idoneamente trattati in 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)

Nella fattispecie della 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.

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 quelle 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 10 giorni, pertanto gli impatti generati da emissioni in atmosfera sono di carattere temporaneo e limitato, strettamente legato alla durata delle operazioni ed alla posizione della nave.

Si ritiene, in definitiva, che le attività oggetto del presente studio, possano provocare impatti trascurabili sulla qualità dell'aria, considerato che non vi sono punti di emissione in atmosfera fissi e duraturi e che l'unico impatto in atmosfera possa derivare dalle emissioni prodotte dalla nave sismica e dalla nave di appoggio, del tutto assimilabili alle emissioni dei pescherecci che transitano abitualmente nella zona.

5.9 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.

5.10 Rifiuti

Per quanto riguarda il trattamento dei rifiuti prodotti dalle attività in oggetto, si farà riferimento all'Annesso IV e V "Norme per la prevenzione dall'inquinamento da rifiuti solidi scaricati dalle navi" della convenzione MARPOL 73/78 e relative tipologie di inquinanti la cui descrizione è stata dettagliatamente trattata nel precedente capitolo 5.8.

L'attività in oggetto, in ogni caso, non prevede alcuna produzione di rifiuti e nessuno scarico in mare di alcun tipo. I rifiuti prodotti dall'equipaggio presente a bordo della nave e quelli relativi alle attività a supporto dell'attività in progetto, rimarranno rigorosamente a bordo, classificandoli e differenziandoli a seconda della tipologia e verranno scaricati all'arrivo in porto.

5.11 Impatti su ecosistemi flora e fauna

In questo capitolo verranno analizzati e stimati i potenziali impatti che l'attività in progetto potrebbe provocare su ecosistemi, flora e fauna. A questo scopo si punta ad utilizzare una metodologia in grado fornire una valutazione il più possibile oggettiva delle implicazioni del progetto, rappresentata dalla matrice ambientale di Leopold.

Il progetto andrà ad insistere su una porzione di mare aperto a distanza superiore alle 5 miglia marine (9 chilometri) dalla costa, caratterizzato da presente ma scarsa attività di pesca. La maggior parte delle attrezzature impiegate per la prospezione (sorgente di energia e sensori) verrà posta ad una profondità compresa fra i 5 e i 10 metri, per cui non si andranno ad interessare i fondali e i relativi ecosistemi.

Le eventuali interferenze tra le operazioni proposte e la fauna presente verranno attenuati osservando precisi protocolli nati per la tutela della fauna, come l'utilizzo di tecnologie poco invasive, la presenza di un osservatore per i cetacei e i mammiferi marini a bordo della nave per l'eventuale sospensione delle operazioni in caso di avvistamenti di questi animali.

Un ulteriore conforto sulla compatibilità del progetto in esame proviene dal fatto che nell'area costiera prospiciente l'area oggetto di istanza non si sono verificati numerosi eventi di spiaggiamenti di mammiferi o rettili marini e pertanto si ritiene che l'area oggetto dell'indagine sismica non si trovi sulle rotte migratorie usuali di questi animali.

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.

5.11.1 Matrice di Leopold: peculiarità

La perturbazione o l'alterazione di una singola parte o di contesto ambientale nella sua interezza può essere valutata sia in termini qualitativi che quantitativi in relazione agli interventi che ne hanno determinato o causato il deterioramento. L'aspetto cruciale e fondamentale nella valutazione di tali aspetti consiste nell'operare con assoluta oggettività e imparzialità al fine di conferire credibilità allo studio assicurando l'effettiva salvaguardia dell'ambiente in cui si opera non sottovalutandone alcun fattore.

A tal proposito ci si avvale di uno strumento in cui le procedure adoperate siano in grado di rispondere a tali requisiti ed è conosciuto con il nome di Matrice di Leopold.

La procedura di valutazione degli impatti ambientali con la Matrice di Leopold consiste nell'analisi attraverso lo studio dell'interazione tra azioni determinate da un progetto e le componenti ambientali.

Si tratta di una matrice componenti-azioni che prevede l'analisi degli impatti elencando, nel caso più generale, cento differenti azioni e cento componenti. All'incrocio tra azioni e componenti si colloca l'impatto. Se un'azione di progetto crea un'interferenza con una componente ambientale si ha l'impatto, che verrà valutato secondo lo *scaling*, cioè scalatura delle incidenze, rispetto alla quale formulare dei giudizi di valore sugli impatti. Lo *scaling* prevede l'individuazione dei valori massimi di impatto, e una scalatura per intervalli corrispondenti a differenti classi di impatto. Il valore massimo di impatto corrisponde all'individuazione della soglia di accettabilità dell'impatto, al di sopra della quale l'impatto è considerato irreversibile.

Nel dettaglio, la metodologia adoperata dalla Matrice di Leopold consiste nella costruzione di una tabella di corrispondenza biunivoca che permetta di mettere a confronto le azioni previste nel progetto con le caratteristiche dell'ambiente in cui esso si sviluppa. Tra i vantaggi del suo utilizzo si ha la possibilità di fornire una immediata rappresentazione degli impatti rispetto alle differenti componenti ambientali.

La matrice viene sviluppata riportando nelle colonne le azioni previste nel progetto, e nelle righe le componenti ambientali (suddivise in 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 (Figura 5.11).

		Azioni			
		Realizzazione volumetriche	Emissioni	Occupazione di spazi	<i>Ecc</i>
Componenti	Aria			
	Suolo	Flora Fauna Insediamenti	Interazione ?		
	Acqua			
 <i>Ecc</i>				

Figura 5.11 – Esempio di matrice azioni-componenti ambientali e le eventuali interazioni nelle caselle di intersezione

All'interno della matrice verranno, infine, individuate 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 di intersezione corrisponde una probabile interazione caratterizzata da due numeri:

- il primo numero corrisponde alla magnitudine dell'impatto;
- il secondo numero indica la rilevanza dell'impatto.

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.

5.11.2 Descrizione ed esposizione della matrice impiegata

La scelta degli indicatori e dei parametri presi in considerazione per la redazione della matrice nel caso di questo progetto, è stata effettuata con lo scopo di conferire oggettività ed imparzialità massime nella valutazione degli impatti.

In merito alla progettazione della matrice relativa al presente studio, si è proceduto come segue (Tabella 5.4):

- Nelle colonne della matrice sono state riportate le azioni previste durante le varie fasi di progettazione della campagna di acquisizione sismica e suddivisi per campi di attività:
 - stendimento e rimozione di cavi e idrofoni;
 - energizzazione;
 - movimento della nave per il posizionamento della strumentazione;
 - navi di appoggio.

La scelta di individuare tali singole operazioni consente non solo di operare le valutazioni dei possibili impatti ambientali fornendo un quadro più chiaro delle interazioni attività/ambiente, ma anche di evidenziare se eventualmente una delle fasi presenti più criticità rispetto alle altre.

Sono stati quindi presi in considerazione i cosiddetti “ricettori di impatto” che corrispondono a tutti gli elementi in cui è stato scomposto il sistema ambientale circostante e che possono subire modificazioni dall’espletamento delle attività sopra citate.

- I ricettori di impatto sono riportati lungo le righe della matrice suddivisi in tre categorie di componenti ambientali:
 - fisico/chimiche;
 - biologiche;
 - sociali-culturali.

Queste, a loro volta, sono suddivise in altre sottocategorie; lo scopo principale di questa scomposizione in sottoelementi è quello di facilitare l’individuazione di ogni singola componente ed il suo relativo coinvolgimento nelle dinamiche operative di progetto. In generale, tuttavia, si assume che i ricettori ambientali più sensibili, nel caso specifico di questo progetto, siano: la fauna marina, il paesaggio, gli ecosistemi e le attività commerciali legate alla pesca nelle immediate vicinanze dell’area considerata.

Una volta individuate le componenti sia verticali che orizzontali della matrice, sono state esaminate le possibili interazioni tra di esse. In corrispondenza di ogni eventuale interazione, è stata inserita la valutazione quantitativa dell’interazione. Solo nel caso in cui non siano previste probabilità di interazione tra una data azione e una componente ambientale, la casella rimarrà vuota.

Al termine della compilazione della matrice si è proceduto alla sommatoria dei valori presenti nelle righe e nelle colonne, in modo tale da ottenere una valutazione complessiva degli effetti sull’ambiente prodotti da ciascuna fase dei lavori. L’ultima fase consiste nell’analizzare i dati quantitativi dello studio di valutazione mediante la matrice in modo da fornire un breve giudizio dei risultati emersi.

Si ricorda comunque che tutte 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 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	1/10	1/10	1/10	1/10	1/10	1/10	4/40	4/40
		Atmosfera	Qualità dell'aria	-	-	-	-	1/10	1/10	1/10	1/10	2/40	2/40
		Suolo	Sottofondo marino	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	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	Fauna ittica	2/10	1/10	3/10	2/10	2/10	1/10	2/10	1/10	9/40	5/40
			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	3/10	2/10	2/10	1/10	2/10	1/10	9/40	5/40
			Specie tutelate	2/10	1/10	2/10	2/10	2/10	1/10	2/10	1/10	8/40	5/40
	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	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Socio-culturali	Attività commerciali	Attività di pesca	3/10	1/10	4/10	2/10	3/10	1/10	-	-	10/40	4/40	
	Percezione del paesaggio	Aspetto del paesaggio	-	-	-	-	1/10	1/10	1/10	1/10	2/40	2/40	
TOTALE (max 140/140-140/140)				19/140	10/140	22/140	19/140	21/140	13/140	18/140	11/140		

Tabella 5.4 - Matrice di Leopold applicata all'intera area oggetto di studi 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).

Di seguito verranno dettagliate le varie fasi dell'attività, esposte nella matrice, in riferimento alle componenti ambientali analizzate:

- Le azioni di stendimento e rimozione dei cavi e degli idrofoni prevede l'impiego di una nave appositamente attrezzata a cui è connessa anche la fonte di energizzazione (*air-gun*). Lo scopo della nave 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 di 5-10 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. Si sottolinea inoltre che alla fine della campagna di rilevamento ogni elemento appartenente a questa attrezzatura operativa verrà rimosso.
- L'attività di energizzazione necessarie ai fini della campagna geofisica inducono ad una perturbazione acustica temporanea. Le frequenze previste in questo progetto saranno intorno a 100 Hz, valori che non influiscono permanentemente sulla fauna presente. La fauna presa in considerazione si riferisce a: pesci adulti, uova, larve e pesci allo stadio giovanile, mammiferi marini, e tartarughe marine. Per comprendere al meglio gli effetti dell'*air-gun* sulla fauna ittica e cetacea presente sono stati esaminati alcuni studi svolti in varie parti del mondo. Uno studio condotto dagli autori Santulli et al. nel 1999 e da Hassel et al nel 2003 rivolge le attenzioni alla fauna ittica dei pesci adulti, mette in reazione il comportamento animale all'emissione sonora dell'*air-gun*. La prima reazione, denominata "C-start response", cioè l'inarcamento del corpo del pesce a formare una "C" è legata 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 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. Altri studi condotti da Eni Agip in collaborazione con il Dipartimento di Biologia dell'Università di Ferrara sugli effetti dell'*air-gun* su esemplari presenti nelle immediate vicinanze dalla sorgente mostrano conseguenze non sono mortali fatto salvo per quegli esemplari affetti da patologie pregresse. Unici effetti apprezzabili sono un allontanamento dalla fonte energizzante la quale 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. L'unico rischio potenziale, quindi, risulta essere quello legato all'allontanamento dalle aree di deposizione abituale delle uova durante il periodo della riproduzione. Con riferimento ad uno studio condotto da Dalen e collaboratori nel 1996 si afferma che l'influenza dell'energizzazione attraverso *air-gun* non provoca mortalità delle larve, uova o esemplari giovanili. Lo studio afferma che la mortalità di larve, uova o esemplari giovani è legata alla normale percentuale di mortalità rilevata in condizioni normali. Durante un esperimento condotto dai Payne et al. Nel 2009, su uova fecondate e larve di alcune specie, ha mostrato l'assenza di differenze significative in termini di mortalità negli organismi esposti alle perturbazioni acustiche da parte degli *air-gun*. Ciò nonostante, altri studi presenti in letteratura sembrano indicare queste tecniche di acquisizione possono causare la morte di uova e larve di pesci solo quando queste si trovino a brevi distanze dalla sorgente sismica (Kostyuchenko, 1973).

La matrice di Leopold attribuisce un valore di interferenza più alto per quanto riguarda i mammiferi marini, 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. 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. 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. L’influenza sonora termina una volta terminata l’energizzazione. A tutela dei mammiferi marini inoltre, verranno attuate opportune misure di mitigazione eventualmente presenti nelle vicinanze dell’area oggetto di indagine. Sarà sempre presente un incaricato specifico per all’avvistamento a bordo della nave con il compito di monitorare costantemente il mare in modo da poter bloccare le energizzazioni in caso di avvistamento di cetacei all’interno della zona e in caso, di sospendere le attività. Pochissimi sono i dati disponibili circa gli eventuali effetti che possono riscontrarsi a livello delle tartarughe marine. Diversi studi hanno evidenziato atteggiamenti di allarme o di fuga come reazione immediata agli impulsi sonori emessi dagli air-gun (McCauley et al. 2000; Lenhardt 2002), mentre i risultati di monitoraggi effettuati durante survey sismici 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; Hauser et al., 2008). Per quanto riguarda alle interferenze con le attività di pesca, vengono attribuiti valori più alti per quanto riguarda la “magnitudine”. Ciò è dovuto dal 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. Le operazioni previste dal progetto sono limitate nel tempo, che risultano reversibili al cessare delle attività di acquisizione sismica. Da sottolineare 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”. L’impatto sulla componente ambientale rappresentata dalla flora dovuto dalle attività di energizzazione è da considerarsi pressoché nullo.

- In merito alle azioni di movimento della nave a scopo posizionamento della strumentazione tecnica, 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. L’impatto temporaneo è da considerarsi 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 e che possa avvertire tempestivamente il capitano per effettuare le opportune manovre per evitare possibili collisioni.
- Per le azioni relative alle navi di appoggio, presenti durante l’acquisizione con 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 limitato al rumore dei motori e alla presenza della nave stessa. Parimenti al caso precedente, l’impatto è completamente reversibile in quanto una volta terminata l’acquisizione l’area verrà sgombrata e nessuna nave resterà sul posto.

In conclusione quindi, dall’analisi della matrice riportata in Tabella 5.4, gli impatti che si verificheranno sono estremamente bassi e prima di tutto completamente reversibili. Infatti, questi impatti riguardano soprattutto la fauna marina presente, che tende ad allontanarsi dalla fonte durante l’azione di energizzazione che rappresenta una perturbazione acustica temporanea, ma che ritornano alla condizione originaria al termine di questa fase. Non sono previste alterazioni per quanto riguarda il ciclo biologico, in particolare sulla deposizione delle uova, durante le fasi operative di prospezione geofisica.

5.11.3 Impatti sui cetacei

Le prospezioni geofisiche ricadono fra le attività antropiche responsabili dell’introduzione di rumore nell’ambiente marino, potenzialmente rischioso per i mammiferi marini. L’esposizione al rumore di origine antropica può produrre un’ampia gamma di effetti sugli organismi acquatici, in particolare sui mammiferi

marini. Un suono di basso livello può essere udibile ma non produrre alcun effetto visibile, viceversa può causare il mascheramento dei segnali acustici e indurre l'allontanamento degli animali dall'area esposta al rumore. Aumentando il livello del suono, gli animali possono essere soggetti a condizioni acustiche capaci di produrre disagio o stress fino ad arrivare al danno acustico vero e proprio con perdita di sensibilità uditiva, temporanea o permanente.

Esistono due principali tipi di inquinamento acustico:

- Inquinamento acuto e puntuale: viene prodotto da un'esposizione per un periodo di tempo definito (ad esempio un test sonar o un'esplorazione geofisica);
- Inquinamento diffuso e continuo: è prodotto da un grande numero di fonti in continuo movimento ad esempio quello dovuto al traffico navale. L'effetto dovuto dal 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.

Tra di essi, 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 le operazioni, evitando quindi le aree di maggior densità e gli habitat critici. Durante le operazioni è dunque necessario attuare una costante verifica che nessun animale sia presente nell'area di maggior irradiazione. Questo può essere conseguito combinando ad esempio l'osservazione visuale con l'ascolto dei suoni subacquei emessi dagli animali (www-3.unipv.it/cibra).

Uno studio eseguito da Jasny et al. nel 2005 analizza nel dettaglio gli effetti legati all'esposizione al rumore prodotto dall'attività antropica, sui mammiferi marini distinguendo gli effetti in (Tabella 5.5):

- Fisiologico;
- Comportamentale;
- Percettivo;
- Cronico;
- Effetti indiretti.

IMPATTO		TIPO DI DANNO
Fisiologico	Non uditivo	- Danni ai tessuti corporei (emorragie interne, rottura del tessuto polmonare) - Embolia (e altri sintomi legati alla malattia da decompressione)
	Uditivo	- 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	- Vitalità compromessa degli individui - Soppressione del sistema immunitario e maggiore vulnerabilità a malattie - Diminuzione del tasso riproduttivo
Comportamentale		- 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 5.5 - Potenziale impatto del rumore in ambiente marino. Sono evidenziati gli effetti fisiologici (danni a livello del sistema uditivo, di altri organi e/o tessuti, effetti legati allo stress), comportamentali, percettivi, cronici e gli effetti indiretti che possono verificarsi a livello della fauna acquatica. (Jasny et al., 2005)

L'effetto principale del rumore nei mammiferi marini può determinare e produrre condizioni di 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 temporaneo (TTS) o permanente (PTS) che corrisponde ad una perdita di sensibilità uditiva.

Sono stati condotti diversi studi per valutare il possibile impatto comportamentale e fisiologico sui mammiferi marini derivante dall'attuazione dell'attività di prospezione sismica tramite *air-gun*. Alcuni 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).

Si ritiene che i cetacei che adoperano suoni a bassa frequenza per le loro comunicazioni siano la categoria più esposta a rischi in quanto capaci di percepire maggiormente i suoni prodotti dagli *air-gun* (Lanfredi et al., 2009).

Per rendersi realmente conto, sia qualitativamente che quantitativamente, dell'impatto acustico che può generare nell'ambiente marino circostante una attività di prospezione sismica si demanda al sito *web* www.sonsdemar.eu, nel quale sono messe a confronto diverse fonti sonore potenzialmente presenti in mare.

5.11.4 Incidenza su Aree Protette S.I.C. – Z.P.S.

Le operazioni proposte e descritte nel presente studio ambientale, come visto dalle mappe fornite, non interesseranno in alcun modo le aree protette presenti lungo la fascia costiera prospiciente al settore di studio. Tuttavia, le medesime aree protette annoverate nel database del Ministero relativamente alla Rete Natura 2000, sono state dettagliatamente prese in esame in modo da fornire un generale assetto ecologico-naturalistico peculiare dell'area attraverso la descrizione delle varietà di habitat che le caratterizzano ed al fine di identificare e valutare qualsiasi tipo di impatto diretto e/o indiretto che le operazioni proposte potrebbero arrecare.

I Siti di Importanza Comunitaria (SIC) e le Zona di Protezione Speciale (ZPS) presenti lungo le coste più vicine all'area oggetto di studio, sono stati dettagliatamente descritti nell'allegato 4.

Per la valutazione e descrizione di tali aree si è fatto riferimento alla banca dati "Rete Natura 2000", che contiene informazioni sulle specie floristiche e faunistiche protette, i cui dati sono stati poi integrati con le descrizioni degli Habitat reperite attraverso il "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

della Regione Sicilia che si affacciano sulle acque antistanti la costa della provincia di Ragusa, localizzati ad una distanza inferiore a 12 miglia nautiche marine.

Dalla descrizione delle varietà di habitat che caratterizzano i vari siti Rete Natura 2000, analizzati nell'allegato 4, emerge che la maggior parte di essi presenta 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.

Come precedentemente detto, 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, ai fini della valutazione dei potenziali impatti, sono state escluse tutte le aree presenti nell'entroterra o caratterizzate da habitat di ambiente costiero terrestre, considerando esclusivamente gli habitat marini.

Da tale analisi risulta che l'unico Sito di importanza Comunitaria potenzialmente sensibile è rappresentato dai "Fondali Foce del Fiume Irmino" (SIC ITA080001), posto ad oltre 13 chilometri a nord dell'area in istanza, il cui habitat di riferimento è rappresentato dalle praterie di *Posidonia oceanica* (habitat n° 1120).

Gli impatti derivanti dalle azioni previste nella campagna di acquisizione sugli habitat della *Posidonia Oceanica* sono estremamente bassi. Come è possibile osservare dalla Matrice de Leopold compilata per l'area protetta dei Fondali Foce del Fiume Irmino, l'unica azione prevista dal progetto, potenzialmente impattante, è l'azione di energizzazione. Tuttavia i valori rimangono comunque piuttosto bassi, vista la notevole distanza dalla fonte (oltre 16 km), la scarsa probabilità di interazione con la flora e la fauna presenti, il carattere di ridotta durata e di completa reversibilità delle azioni (Tabella 5.6).

Durante la compilazione della matrice i possibili impatti sulla *Posidonia Oceanica* non sono stati inseriti sulla riga riferibile alla "vegetazione acquatica marina" bensì, sono stati aggiunti alla riga riferita alle "specie tutelate". Questa scelta è stata dettata seguendo le indicazioni fornite nella pubblicazione di Leopold 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 si può evincere che gli impatti potenziali previsti, relativamente all'habitat associato alle Praterie di *Posidonia*, sono estremamente bassi e del tutto reversibili. Potenziali impatti possono riguardare alcuni comportamenti della fauna marina presente, in particolare eventuali mammiferi marini, che potrebbero percepire l'azione di energizzazione, ma che, vista la notevole distanza, non risentiranno in alcun modo di danni temporanei e/o permanenti.

Pertanto, considerando la distanza dalla fonte di disturbo, oltre che al carattere temporaneo e del tutto reversibile delle operazioni, è possibile escludere qualsiasi interferenza in grado di modificare e/o danneggiare la qualità dell'ecosistema presente nel Sito di Importanza Comunitaria "Fondali Foce del Fiume Irmino" (SIC-ITA080001), localizzato ad una distanza di oltre 13 chilometri dal perimetro esterno dell'area in istanza.

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	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			Correnti marine profonde	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Atmosfera	Qualità dell'aria	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Biologiche	Flora	Vegetazione acquatica marina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			Specie tutelate	-	-	1/10	1/10	-	-	-	-	1/40	1/40	
		Fauna	Mammiferi marini	-	-	2/10	1/10	-	-	-	-	2/40	1/40	
			Tartarughe	-	-	1/10	1/10	-	-	-	-	1/40	1/40	
			Fauna ittica	-	-	1/10	1/10	-	-	-	-	1/40	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	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Socio-culturali	Attività commerciali	Attività di pesca	-	-	1/10	1/10	-	-	-	-	1/40	1/40	
		Percezione del paesaggio	Aspetto del paesaggio	-	-	-	-	1/10	1/10	1/10	1/10	4/40	4/40	
TOTALE (max 140/140 - 140/140)			-	-	9/140	9/140	1/140	1/140	1/140	1/140				

Tabella 5.6 – 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 reversibili).

5.12 Impatti cumulativi con altri piani o progetti

Per impatti cumulativi, presi in esame in questo paragrafo, si intendono le eventuali interferenze con altre attività o progetti già presenti nelle immediate vicinanze di quello oggetto del presente studio. Il fine è quello di valutare il potenziale impatto dato dalla sommatoria degli effetti della sovrapposizione determinato dalla coesistenza di diverse attività in svolgimento nell'area in esame.

Già nell'area di pertinenza dell'istanza per cui si richiede il permesso, sono presenti altri blocchi interessati da titoli minerari rilasciati da parte del Ministero dello Sviluppo Economico o ancora in fase di istanza. La Figura 5.12 mostra una panoramica delle istanze presenti nell'area di studio e dei permessi finalizzati all'ottenimento del titolo minerario. L'immagine è caratterizzata dalla presenza di diversi blocchi, ognuno dei quali è contraddistinto da una differente tipologia di titolo e fase del procedimento. La Tabella 5.7 ne riassume le caratteristiche salienti.

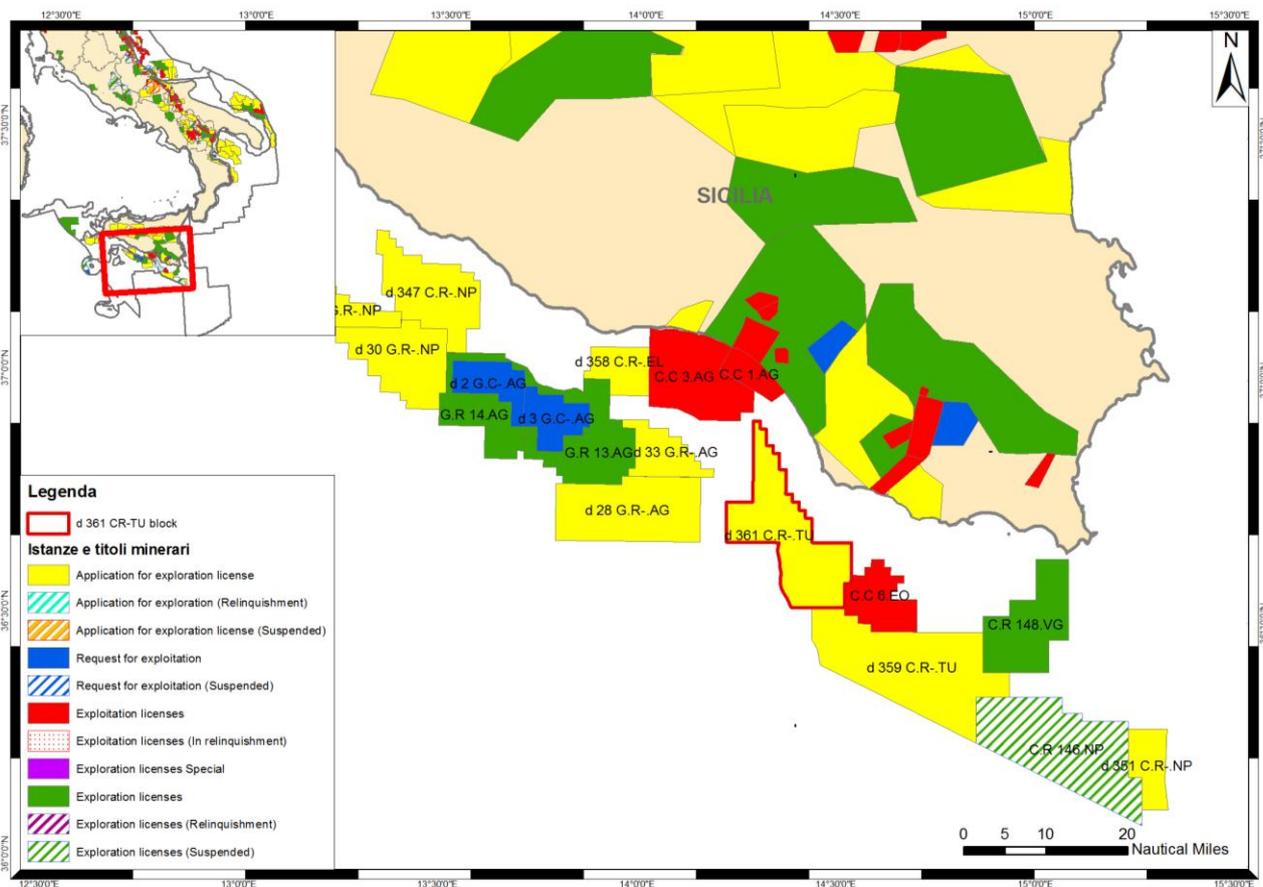


Figura 5.12 – Localizzazione dell'area oggetto di istanza di permesso di ricerca di idrocarburi "d 361 C.R.-TU", con indicazione dei titoli minerari presenti nelle zone adiacenti

L'indagine geofisica proposta, subordinata all'ottenimento del titolo minerario rilasciato con decreto da parte del Ministero dello Sviluppo Economico, è un'attività esclusiva. L'eventuale, ma improbabile, interferenza con l'attività in progetto potrà verificarsi solo ed esclusivamente con attività da svolgersi in aree in istanza della stessa tipologia di "Permesso di Ricerca in Mare". I blocchi limitrofi all'area di studio d 361 C.R.-TU con cui potrebbe instaurarsi una possibile interferenza sono:

- d 28 G.R.-AG
- d 33 G.R.-AG
- d 359 C.R.-TU.

Tra i blocchi elencati in Tabella 5.7 circostanti all'area in esame, come visto in precedenza, tre sono in fase di richiesta di permesso con la redazione della valutazione ambientale di presentazione della VIA; altri tre sono invece già in concessione di coltivazione ed in fase di produzione di idrocarburi (gas e olio). Questo

significa che per gli ultimi tre blocchi non sono previste operazioni di prospezione poiché già evidentemente effettuate.

NOME	OPERATORE	TIPO DI TITOLO	FASE DEL PROCEDIMENTO	CONFERIMENTO
d 28 G.R.-AG	EDISON-ENI	Istanza di permesso di ricerca in mare	In corso valutazione ambientale (dalla richiesta di presentazione della VIA all'emanazione del decreto VIA)	-
d 33 G.R.-AG	EDISON-ENI	Istanza di permesso di ricerca in mare	In corso valutazione ambientale (dalla richiesta di presentazione della VIA all'emanazione del decreto VIA)	-
C.C 3.AG	ENI MEDITERRANEA IDROCARBURI	Concessione di Coltivazione	In produzione (Gas naturale e Olio greggio)	13/06/80
C.C 1.AG	ENI MEDITERRANEA IDROCARBURI	Concessione di Coltivazione	In produzione (Gas naturale e Olio greggio)	18/08/77
C.C 6.EO	EDISON-ENI	Concessione di Coltivazione	In produzione (Gas naturale e Olio greggio)	17/02/84
d 359 C.R.-TU	Transunion Petroleum S.r.l.	Istanza di permesso di ricerca in mare	In corso valutazione ambientale (dalla richiesta di presentazione della VIA all'emanazione del decreto VIA)	-

Tabella 5.7 - Caratteristiche dei titoli minerari presenti nelle zone adiacenti all'area del permesso di ricerca di idrocarburi "d 361 C.R.-TU" (fonte dei dati: unmig.sviluppoeconomico.gov.it)

Sebbene ogni blocco citato sia interessato da un proprio iter per il rilascio delle autorizzazioni, ed essendo perciò ad un differente stadio di avanzamento, è da escludersi ogni possibilità di sovrapposizione di effetti dovuti alla generazione contemporanea di più segnali acustici in aree differenti.

Pertanto qualsiasi interferenza o impatto cumulativo dovuto alla simultaneità delle operazioni all'interno dei diversi blocchi adiacenti risulta nullo.

Tuttavia, in modo da minimizzare le già remote possibilità di contemporaneità dei lavori, verrà fornito agli organi competenti un dettagliato calendario settimanale delle attività che verranno poste in essere nei settori del blocco interessati e sarà cura del proponente, progettare l'esecuzione della campagna in modo da evitare la concomitanza con altre attività dello stesso tipo.

Inoltre è stato evidenziato l'effetto di prospezioni geofisiche multiple sui cetacei da parte di uno studio di Gordon et al. (1998) che dimostra come la contemporaneità di tali attività siano in grado di interrompere rotte migratorie e disturbare zone di alimentazione chiave di tali animali marini.

È da sottolineare, inoltre, che da un punto di vista meramente tecnico, 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.

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 mediante *air-gun*. Al termine di ogni sessione di indagine, 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, Transunion si impegna ad effettuare il rilievo geofisico 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. L’aspetto ambientale maggiormente sensibile alle operazioni di indagine sismica proposte è 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’*air-gun* 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 *air-gun*.
- 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 *air-gun*, caratteristiche dell'*array* di *air-gun*, 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 *air-gun* 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'*air-gun* 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 *air-gun* 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 *air-gun* 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 *air-gun* 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 *air-gun* 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 *air-gun*.

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 minuti 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 *air-gun*;
- 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 *air-gun*, numero e volume di ciascun *air-gun*, 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 Mitigazione che verranno attuate a tutela dei cetacei

Visti caratteristiche ed effetti della propagazione del livello acustico generati dalle sorgenti utilizzate in relazione alle possibili interferenze con le esigenze dei cetacei, è possibile mettere in atto alcuni accorgimenti per mitigare i possibili impatti, specie in caso di avvistamento degli animali.

Partendo dalla conoscenza dei meccanismi di propagazione dell'energia generata dagli *air-gun* e in accordo con quanto stabilito dal *National Marine Fishery Service*, si può stabilire un raggio di tolleranza definito "Zona di Esclusione" (ZE) pari a 500 metri, distanza di sicurezza entro la quale si raggiunge il livello di esposizione massimo per i cetacei.

Stabilita quantitativamente una soglia di tolleranza, tuttavia, per la mitigazione degli impatti sui mammiferi marini eventualmente presenti nell'area in esame, verranno adottate le seguenti misure di mitigazione:

- 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 utilizzato il 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. È importante sottolineare che, per ricoprire il ruolo di osservatore, MMO e di tecnico per il PAM, verrà impiegato personale tecnico altamente specializzato.
- Prima dell'inizio dell'acquisizione si attenderà un periodo di tempo di 30 minuti durante il quale verrà effettuato un monitoraggio visivo da parte di un osservatore qualificato (MMO) a bordo della nave, che provvederà ad accertare l'assenza di cetacei e mammiferi marini nella zona di esclusione, dal centro dell'array di *air-gun*. In acque profonde la ricerca sarà estesa a 60 minuti in quanto potrebbero essere presenti specie, quali gli zifidi e 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 *air-gun*, in modo da arrivare alla frequenza e intensità operative stabilite solo dopo aver effettuato un incremento graduale del livello acustico del segnale in un intervallo di tempo di circa 20 minuti. L'operazione di *soft start* verrà eseguita nuovamente ad ogni interruzione della prospezione di durata superiore ai 5 minuti. Al termine dell'acquisizione di ogni linea, le energizzazioni verranno interrotte 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.

- Azioni da condurre in caso di avvistamento e/o presenza di cetacei. Nel caso in cui gli addetti all'avvistamento accertino la presenza di cetacei o mammiferi marini sensibili, l'attività verrà bloccata e posticipata fino a 20 minuti dall'ultimo avvistamento degli animali. 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: data e localizzazione dell'avvistamento, tipologia e metodi di utilizzo degli *air-gun* impiegati, numero e tipo di imbarcazioni impiegate, registrazione di utilizzo dell'*air-gun* (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.

6.3 Mitigazioni atte ad evitare l'intrappolamento di tartarughe

In merito ad altre specie ittiche che popolano le aree limitrofe a quella di studio, un'altra eventuale misura di mitigazione ambientale riguarda le tartarughe marine. Per evitare l'intrappolamento accidentale di questi rettili marini nelle apparecchiature di rilievo sismico, verranno utilizzati dei dispositivi metallici da applicare alla struttura della boa di coda (Figura 6.1) 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, è rappresentata dalla 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). L'applicazione di barre metalliche alla struttura che sostiene la boa di coda (Figura 6.1, a destra), elimina 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 Mitigazione delle interferenze con le attività di pesca

Nel presente paragrafo sono descritte le azioni che verranno attuate per compensare e/o evitare gli impatti potenziali sull'attività di pesca, precedentemente analizzati.

La prospezione geofisica 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 (*air-gun*). Al termine di ogni sessione di raccolta dei dati geofisici non verrà lasciata alcuna attrezzatura nello specchio di mare indagato, la nave e gli strumenti rientreranno in porto.

Con lo scopo di ridurre al minimo gli impatti derivanti dall'attività di prospezione geofisica sull'attività ittica, verranno adottate diverse misure di mitigazione a tutela dell'attività di pesca nell'area.

Il primo provvedimento riguarda i contatti e gli accordi che verranno presi con i pescatori e le unità gestionali territoriali, nominando un rappresentante locale che si occuperà di informare circa l'attività che verrà svolta, il cronoprogramma delle operazioni e comunicare le rotte interessate.

La seconda misura di prevenzione, invece, si riferisce alle modalità operative di progettazione della campagna di acquisizione geofisica. Questa forma di mitigazione prevede la suddivisione dell'area d'indagine secondo una griglia composta da maglie, in cui la prospezione viene effettuata in maniera sistematica occupando una zona alla volta, coincidente ad una maglia della griglia. Questa modalità permette di ridurre notevolmente l'occupazione dello specchio d'acqua e di programmare le aree interessate dall'attività in modo efficace e preciso, dando modo ai pescatori di conoscere con anticipo quali saranno le rotte seguite quotidianamente dalla nave sismica. Infatti, il proponente fornirà un calendario settimanale delle operazioni che verranno svolte e delle zone interessate dall'attività proposta alle Capitanerie di Porto aventi giurisdizione sulla zona oggetto di indagine.

Inoltre, le attività di rilievo sismico verranno effettuate al di fuori del periodo in cui si concentrano le attività di riproduzione della maggioranza delle specie ittiche di interesse commerciale, così da evitare eventuali interferenze sui cicli biologici, tali da provocare una perdita economica in termini di pescato.

7 BIBLIOGRAFIA

- Adam J., Reuther C.-D., Grasso M., Torelli L., (2000) - Active fault kinematics and crustal stresses along the Ionian margin of southeastern Sicily, *Tectonophysics*, vol. 326, pp. 217–239.
- 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.
- Antonelli M., Franciosi R., Pezzi G., Querci A., Ronco G. P. e Vezzani F., (1988) - Paleogeographic evolution and structural setting of the northern side of the Sicily Channel. *Mem. Soc. Geol. It.*, 141-157.
- Antonelli, M., Franciosi, R., Pezzi, G., Querci, A., Ronco, G.P. and Vezzani, F., (1991) - Paleogeographic evolution and structural setting of the northern side of the Sicily Channel. *Mem. Soc. Geol. It.*, 41: 141-157.
- Argnani A., (1987) - The Gela Nappe: evidence of accretionary melange in the Maggrebian foredeep of Sicily. *Mem. Soc. Geol. It.*, 38, 419-428.
- Argnani A., (1990) - The strait of Sicily Rift zone: foreland deformation related of the evolution of back-arc basin. *J. Geodyn.*, 12, 311-331.
- Argnani A., Cornini S., Torelli L., Zitellini N., (1986) - Neogene-Quaternary foredeep system in the strait of Sicily, *Memorie della Società Geologica Italiana*, vol. 36, pp. 123-130.
- Base scientifica per la predisposizione dei “Piani di gestione locale: Pesca Artigianale della Regione Sicilia”. Palermo, Ottobre (2008).
- Bello M., Franchino A. & Merlini S. (2000) - Structural model of Eastern Sicily. *Mem. Soc. Geol. It.*, 55: 61-70.
- 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.
- Beranger K., Mortier L., Gasparini G.-P., Gervasio L., Astraldi M., Crepon M., (2004) - The dynamics of the Sicily Strait: a comprehensive study from observations and models, *Deep- Sea Res. II* 51, 411–440.
- Bianchi C.N. (2007) - Biodiversity issues for the forthcoming tropical Mediterranean Sea. *Hydrobiologia*, 580, 7–21.
- Bianchi F., Carbone S., Grasso M., Invernizzi G., Lentini F., Longaretti G., Merlini S. & Mostardini F. (1987) - Sicilia orientale: profilo geologico Nebrodi-Iblei. *Mem. Soc. Geol. It.*, 38: 429-458.
- Bigi G., Cosentino D., Parrotto M., Sartori R., Scandone P., (1992) - Structural model of Italy and gravity map. Scala 1:500000. Fogli 3 e 4”. C.N.R., Progetto Finalizzato Geodinamica, Quaderni de “La Ricerca Scientifica”, N. 114, Vol. 3, Roma.
- Boccaletti M. & Guazzone G. (1972) - Gli archi appenninici, il Mar Ligure e il Tirreno nel quadro della tettonica dei bacini marginali retro-arco. *Mem. Soc. Geol. It.*, 11: 201-216.
- Boccaletti M., Nicolich R. & Tortorici L. (1984) - The Calabrian Arc and the Ionian Sea in the dynamic evolution of the central Mediterranean. *Mar. Geol.*, 55: 219-245.
- Boccaletti M., Nicolich R. & Tortorici L. (1990) - New data and hypothesis on the development of the Tyrrhenian basin. *Paleo. Paleo. Paleo.*, 77: 15-40.
- Branca S., Coltelli M., Gropelli G., F. Lentini F. (2011) - Geological map of Etna volcano, 1:50,000 scale. *Italian Journal of Geoscience* v.130 no.3 p. 265-291.
- Burrollet P.F., Mugniot G.M. & Sweeney. (1978) - The geology of the Pelagian Block: the margins and basins of Southern Tunisia and Tripolitania. In: A. Nairn, W. Kanes & F.G. Stelhi (Ed.) "The Ocean Basins and

Margins", Plenum Press, New York: 331-339.

- Castellote, M., Clark, C.W., Colmenares, F., Esteban, J.A. (2009) – Mediterranean fin whale migration movements altered by seismic exploration noise. *J. Acoust. Soc. Am.* 125:2519.
- Catalano R. & D'Argenio B. (1982). Schema geologico della Sicilia. In: R. Catalano & B. D'Argenio (Eds), "Guida alla geologia della Sicilia Occidentale". *Soc. Geol. It.*, 156 pp., Palermo.
- Catalano R., Di Stefano P., Sulli A. & Vitale F.P. (1996) - Paleogeography and structure of the central Mediterranean: Sicily and its off-shore area. *Tectonophysics*, 260: 291-323.
- Catalano R., Doglioni C. & Merlini S. (2000) - On the Mesozoic Ionian basin. *Geophysical Journal International*, 143, 1-24.
- Catalano S., Monaco C., Tortorici L., Paltrinieri W. & N. Steel, (2004) - Neogene-Quaternary tectonic evolution of the Southern Apennines. *Tectonics*, 23, TC2003, doi: 10.1029/2003TC001512.
- Catalano, R., Franchino, A., Merlini, S., & Sulli, A. (2000) - Central western Sicily structural setting interpreted from seismic reflection profiles. *Memorie della Società Geologica Italiana*, 55, 5-16.
- Catalano, R., Merlini, S., & Sulli, A. (2002) - The structure of western Sicily, central Mediterranean. *Petroleum Geoscience*, 8, 7-18.
- Cello G., Tortorici L. Turco E. & Guerra I. (1981) - Profili profondi in Calabria settentrionale. *Boll. Soc. Geol. It.*, 100: 423- 431.
- Channel J.E.T., D'Argenio B., Horvath F. (1979). *Adria, the African Promontory, in Mesozoic Mediterranean Palaeogeography. Earth Sci. Rev.*, vol. 15, 213-292.
- Channell J.E.T. (1986) - Paleomagnetism and continental collision in the Alpine Belt and the formation of late-tectonic extensional basins. In: M.P. Coward & A.C. Ries (Ed.), "Collision tectonics", *Geological Society London Special Publication*, 19: 261-284.
- Channell, J. E. T. & Tarling, D. H., (1975) - Paleomagnetism and the rotation of Italy. *Earth and Planetary Science Letters* 25, 177-188.
- Channell, J. E. T., Catalano, R. & D'Argenio, B., (1980) - Paleomagnetism and deformation of the Mesozoic continental margin of Sicily. *Tectonophysics* 61, 391-407.
- Channell, J. E. T., Oldow, J. S., Catalano, R. & D'Argenio, B., (1990) - Paleomagnetically determined rotations in the western Sicilian fold and thrust belt. *Tectonics* 9, 641-660.
- Channell, J., (1992) - Paleomagnetic data from Umbria (Italy): implications for the rotation of Adria and Mesozoic apparent polar wander paths. *Tectonophysics* 216, 365-378.
- Cristofolini R., Lentini F., Patanè G. & Rasà R. (1979) - Integrazione di dati geologici, geofisici e petrologici per la stesura di un profilo crostale in corrispondenza dell'Etna. *Boll. Soc. Geol. It.*, 98: 239-247.
- 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, Fisker og Havet*, 9: 26 pp.
- Destro N., Szatmari P., Alkmim F.F. , Magnavita L.P., (2003) - Release faults, associated structures, and their control on petroleum trends in the Reconcavo rift, northeast Brazil, *AAPG Bulletin*, vol. 87, n. 7, pp. 1123–1144.
- 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.
- Dewey J.F., Pitman W.C., Ryan W.B.F. & Bonnin J. (1973) - Plate tectonics and the evolution of the alpine system. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 84: 3137-3180.
- Di Cuià R., Riva A., Stefanelli R., Di Cesare L., (2006) - New Perspective For The Evaluation Of Undeveloped Parts Of A Jurassic Carbonate Field In The Mediterranean Sea: An Integrated Approach To Data -

Architecture of Carbonate Systems Through Time. AAPG Conference – Mallorca (Spain) 2006

- Di Stefano, P., Galácz, A., Mallarino, G., Mindszenty, A., & Vörös, A. (2002) - Birth and early evolution of a Jurassic escarpment: Monte Kumeta Western Sicily. *Facies*, 46, 273–298. Springer Berlin/Heidelberg.
- Drouot V., Berube M., Gannier A., Goold J.C., Reid R.J., Palsboll P.J. (2004) - A note on genetic isolation of Mediterranean sperm whales (*Physeter macrocephalus*) suggested by mitochondrial DNA. *Journal of Cetacean Research and Management* 6(1):29-32.
- Faccenna C., Davy P., Brun J.P., Funicello R., Giardini D., Mattei M. & Nalpas T. (1996) - The dynamics of back-arc extension: an experimental approach to the opening of the Tyrrhenian Sea. *Geophys. J. Int.*, 126: 781-795.
- Finetti I. (1982) - Structure, stratigraphy and evolution of Central Mediterranean. *Boll. Geof. Teor. Appl.*, 24: 247-312.
- Finetti I., (2003) - The Crop profiles across the Mediterranean Sea (CROP MARE I and II), CROP Atlas, Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia, vol. 61, pp. 171-184.
- Finetti, I., Morelli C. (1972) - Wide scale digital seismic exploration of the Mediterranean Sea. *Boll. Geofis. Teor. Appl.*, 14, 291-342.
- Fiorentino F., Garofalo G., De Santi A., Bono G., Giusto G.B., Norrito G., (2003) - Spatio-temporal distribution of recruits (0 group) of *Merluccius merluccius* and *Phycis belnoides* (Pisces; Gadiformes) in the Strait of Sicily (central Editerranean). *Hydrobiologia*, 503: 223 -236.
- Fiorentino F., Mazzola S., Garofalo G., Patti B., Gristina M., Bonanno A., Massi D., Basilone G., Cuttitta A., Giusto G.B., Gancitano S., Sinacori G., Rizzo P., Levi D., Ragonese S., (2005) - Lo stato delle risorse demersali e dei piccoli pelagici e le prospettive di pesca “sostenibile” nello Stretto di Sicilia.
- Forcada, J., Notarbartolo di Sciara, G. and Fabbri, F. (1995) - Abundance of fin whales and striped dolphins summering in the Corso-Ligurian basin. *Mammalia* 59(1): 127-140
- Fossaluzza S., Ronco G.P., (1990) - Nuovo modello geostrutturale del Campo di Vega, SELM Petroleum internal report.
- García Lafuente J., Vargas J.M., Criado F., García A., Delgado J., Mazzola S., (2005) - Assessing the variability of hydrographic processes influencing the life cycle of the Sicilian Channel anchovy, *Engraulis encrasicolus*, by satellite imagery. *Fisheries Oceanography* 14 (1), 32-46.
- Gardiner W., Grasso M., Sedgeley D., (1995) - Plio-Pleistocene fault movement as evidence for mega-block kinematics within the Hyblean-Malta Plateau, Central Mediterranean, *Journal of Geodynamics*, vol. 19, n. 1, pp. 35-51.
- Garofalo C., Sisci D. and Surmacz E. (2004) - Leptin interferes with the effects of the antiestrogen ICI 162,780 in MCF-7 breast cancer cells. *Clin. Cancer Res.*, 10:6466–75.
- Garofalo G., Fortibuoni T., Gristina M., Sinopoli M., Fiorentino F. (2011) - Persistence and co-occurrence of demersal nurseries in the Strait of Sicily (central Mediterranean): Implications for fishery management. *J. Sea Res.* 66 (2): 29-38.
- Garofalo, G., Fiorentino, F., Gristina, M., Cusumano, S. and Sinacori, G. (2007) - Stability of spatial pattern of fish species diversity in the Strait of Sicily (central Mediterranean) *Hydrobiologia* Volume 580, Number 1 / April, 2007 117-124.
- Gasparini, G. et al, (2005) - The effects of the Eastern Mediterranean Transient on the hydrographic characteristics in the Strait of Sicily and in Tyrrhenian Sea, *Deep-Sea Research*, 52, pp.915–935.
- Giunta G. (1985) - Problematiche ed ipotesi sul Bacino Numidico nelle Maghrebidi siciliane. *Boll. Soc. Geol. It.*, 104: 239-256.
- Gordon, J.C., D.D. Gillespie, J. Potter, A. Franzis, M.P. Simmonds, and R. Swift. (1998) - The Effects of Seismic

Surveys on Marine Mammals. L. Tasker and C. Weir, eds. London.

- Granath J. W., Casero P.- Tectonic Setting of the Petroleum Systems of Sicily, (2004) - The AAPG/Datapages Combined Publications Database.
- Grasso M., (2001) - The Apenninic-Maghrebian orogen in southern Italy, Sicily and adjacent areas -. In: Vai G. B. & Martini I. P. (eds.), "Anatomy of an orogeny: the Apennines and adjacent Mediterranean basins, Kluwer Acad. Oubl., UK, 255-286.
- Grasso M., De Dominicis A. and Mazzoldi G. (1990) - Structures and tectonic setting of the western margin of the Hyblean-Malta shelf, Central Mediterranean. *Annales Tectonicae*, 4 (2): 140-154.
- Grasso M., Torelli L., Mazzoldi G., (1999) - Cretaceous–Palaeogene sedimentation patterns and structural evolution of the Tunisian shelf, off-shore the Pelagian Islands (Central Mediterranean), *Tectonophysics*, vol. 315, pp. 235–250.
- Green, D.M., DeFerrari, H.A., McFadden, D., Pearse, J.S., Popper, A.N., Richardson, W.J., Ridgway, S.H. & Tyack, P.L. (1994) - Low-frequency sound and marine mammals: Current knowledge and research needs, Washington (DC): National Academy Press.
- Grisi M., Ronco G.P., (1991) - Concessione C.C6.IS. Valutazione del Potenziale Geominerario delle F.ni Noto-Gela, SELM Petroleum internal report.
- Gristina M., Bono G., Fiorentino F., Garofalo G., (2003) - L'impatto della pesca a strascico sulla diversità delle comunità demersali derllo Stretto di Sicilia. *Biol. Mar. Mediterr.*, 10 (2): 838 – 842.
- Gristina M., Garofalo G., Bianchini M.L., Camilleri M., Fiorentino F. (2004) - Evaluating the performance of an index of trawling impact in the Strait of Sicily. *Biol. Mar. Mediterr.*, 11 (2): 230-241.
- Harding T.P., (1985) - Seismic characteristics and identification of negative flower structures, positive flower structures and positive structural inversion, AAPG bulletin, vol. 69, n. 4, pp. 582-600.
- 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, *Fisken og Havet*. Vol.4. 2003. Reaction of sandeel to seismic shooting: a field experiment and fishery statistics study. 63 pp.
- Hassel, A., Knutsen, T., Dalen, J., Skaar, K., Løkkeborg, S., Misund, O. A., Østensen, Ø., Fonn, M., and Haugland, E. K. (2004) - Influence of seismic shooting on the lesser sandeel (*Ammodytes marinus*). e *ICES Journal of Marine Science*, 61: 1165e1173.
- Hildebrand, J. A. (2005) - Impacts of Anthropogenic Sound. In: J.E. Reynolds et al., (eds). *Marine Mammal Research: Conservation beyond Crisis*. Baltimore, Maryland: The Johns Hopkins University Press. pp. 101-124.
- Iborra Martin J., (2008) - Fisheries in Italy, Parlamento europeo, Unità tematica Politiche strutturali e di coesione, Pesca, Bruxelles, 30 pagg.
- International Fund for Animal Welfare (IFAW). (2003) - Protecting the World's Whales.
- Irish Department of Communication, Energy and Natural Resources, (2007). *Second Strategic Environmental Assessment for Oil and Gas Activity in Ireland's Off-shore Atlantic Waters: IOSEA2 Porcupine Basin*. Environmental Report.
- IRMA-CNR, (2000) - Indagine preliminare sull'impatto delle operazioni di prospezione sismica con l'ausilio di "air-gun" (2D) nell'area di concessione G.R 144 AG; G.R. 13 AG; G.R. 14 AG. (Stretto di Sicilia), 16 pp.
- Jasny, M., Reynolds, J, Horowitz, C., Wetzler, A. (2005) - Sounding the depths II: the rising toll of sonar, shipping and industrial ocean noise on marine life. Natural Resources Defense Council, November 2005.
- Kastens K. (1981) - Structural causes and sedimentological effects of "Cobblestone Topography" in the Eastern Mediterranean. Ph.D. Thesis, Unin. of California, San Diego.

- Kastens K., Mascle J., Auroux C., Bonatti F., Broglia C., Channell J., Curzi P., Emeis K., Glacong., Hasegawa S., Hieke W., Mascle G., Mccoy F., Mckenzie J., Mendelson J., Muller C., Rehault J.P., Robertson A., Sartori R., Sprovieri R. & Tori M. (1986) - A microcosm of ocean basin evolution in the Mediterranean. *Nature*, 321.
- Klett T.R., (2001) - Total Petroleum Systems of the Pelagian Province, Tunisia, Libya, Italy, and Malta—The Bou Dabbous– Tertiary and Jurassic-Cretaceous Composite, U.S. Geological Survey Bulletin 2202-D, 148 pp.
- La Bella G., Cannata S., Frogliola C., Ratti S., Rivas G., (1996) - First Assessment of Effects of Air-gun Seismic Shooting on Marine Resources in the Central Adriatic Sea, International Conference on Health, Safety & Environment held in New Orleans Louisiana 9-12 June 1996.
- Lanfredi, C., Azzellino A., Vismara R. (2009) - Valutazione di impatto ambientale delle prospezioni geosismiche sotomarine – parte II: stima degli impatti ed effetti sugli organismi. *IA Ingegneria Ambientale* vol. XXXVIII n.5 maggio 2009 pp. 251-260.
- Lentini F. & Vezzani L. (1978) - Tentativo di elaborazione di uno schema strutturale della Sicilia orientale. *Mem. Soc. Geol. It.*, 19: 495-500.
- Lentini F. Catalano S., and Carbone S. (1996) – The External Thrust System in Southern Italy. A target for petroleum exploration. *Petroleum Geoscience*. V.2. p. 333-342.
- Lentini F., Carbone S. and Guarnieri P. (2006) - Collisional and postcollisional tectonics of the Apenninic-Maghrebian orogen (southern Italy) *Geological Society of America Special Papers*, January 2006, v. 409, p.57-81, doi:10.1130/2006.2409(04).
- Lickorish H., Grasso M., Butler R.W.H., Argnani A. & Maniscalco R. (1999) - Structural styles and regional tectonic setting of the “Gela Nappe” and frontal part of the Maghrebic thrust belt in Sicily. *Tectonics*, 18: 655-668.
- Locardi E. (1986) - Tyrrhenian volcanic arcs: volcanotectonics, petrogenesis and economic aspects. In: Wezel F.C (Ed.), "The origin of the arcs", Elsevier, Amsterdam: 351-373.
- Makris N. C. and Dyer I., (1986) - “Environmental correlates of pack ice noise,” *J. Acoust. Soc. Am.* 79, 1434-1440.
- Maldonado A., and Stanley D.J., (1977) - Lithofacies as a function of depth in the Strait of Sicily. *Geology*, 5: 111-117.
- Malinverno A., Ryan, W.B.F. (1986) - Extension in the Tyrrhenian Sea and shortening in the Apennines as a result of arc migration driven by sinking of the lithosphere. *Tectonics*, 5: 227-245.
- Marine Mammal Commission (MMC). (2007) - Marine Mammals and Noise: A Sound Approach to Research And Management. Report.
- Mattavelli L., Novelli L., (1990) - Geochemistry and habitat of the oils in Italy, *AAPG Bulletin*, vol. 74, no. 10, pp. 1623-1639.
- Mazzola S., Garcia A., Lafuente Garcia J., (1998) - Distribution, biology and biomass estimates of the Sicilian Channel anchovy, *Rapporto finale progetto MED96-052.*, 6-9.
- McDonald, M.A., Hildebrand, J.A. & Wiggins, S.M. (2006) - Increases in the deep ocean ambient noise in the Northeast Pacific west of San Nicolas Island, California. *The Journal of the Acoustic Society of America* 120(2):711-718.
- Mo G. (2011) - Mediterranean Monk Seal (*Monachus monachus*) Sightings in Italy (1998-2010) and implications for conservation. *Aquatic Mammals*, 37(3):236-240. DOI 10.1578/AM.37.3.2011.236.
- Mo G., Agnesi S., Di Nora T., Tunesi L. (2007) - Mediterranean monk seal sightings in Italy through interviews: validating the information (1998-2006). *Comm. Int. Mer Medit.*, 38: 542.

- Morelli C., Gantar C. & Pisani M. (1975) - Bathymetry, gravity and magnetism in the Strait of Sicily and in the Ionian Sea. *Boll. Geof. Teor. Appl.*, 17: 39-5.
- Moussat E., Angelier J., Mascle G. & Rehault J.P. (1986) - L'ouverture de la Mer Tyrrhénienne et la tectonique de faille néogène quaternaire en Calabre. *Giorn. Geol.*, 48: 63-75.
- Napolitano E., Sannino G., Artale V. and Marullo S. (2003) - Modeling the baroclinic circulation in the area of the Sicily channel: the role of stratification and energy diagnostics. *Journal of Geophysical Research* 108, 1–21.
- Nicolich R. (1989) - Crustal structures from seismic studies in the frame of the european geotraverse (southern segment) and CROP projects. In: A. Boriani, M. Bonafede, G.B. Piccardo & G.B. Vai (Ed.), "The lithosphere in Italy. Advances in earth science research", *Acc. Naz. dei Lincei, Atti Conv. Lincei*, 80: 41-61.
- Notarbartolo Di Sciara G. & Demma M., (1997) - Guida dei mammiferi marini nel Mediterraneo. 2 nd ed. Franco Muzzio ed., Padova: 227 pp.
- Ogniben L. (1960) - Nota illustrativa dello schema geologico della Sicilia nord-orientale. *Riv. Min. Sic.*, 64-65: 183- 222.
- P. Irina (2010) - La Pesca In Sicilia. Direzione Generale Delle Politiche Interne Dell'unione, Unità Tematica B: Politiche Strutturali E Di Coesione.
- Panigada, S., Lauriano, G., Burt, L., Pierantonio, N., Donovan, G. (2011) - Monitoring winter and summer abundance of cetaceans in the Pelagos Sanctuary (Northwestern Mediterranean Sea) through aerial surveys. *Plos one* 6(7): e22878. Doi:10.1371/journalpone.0022878
- Patacca E., Scandone P., Giunta G. & Liguori V. (1979) - Mesozoic paleotectonic evolution of the Ragusa zone (Southeastern Sicily). *Geol. Romana*, 18: 331-369, 67 figg., 1 tab., 5 tavv., Roma.
- Pieri M., Mattavelli L., (1986) - Geologic Framework of Italian petroleum resources, *AAPG Bulletin*, vol. 70, n. 2, pp. 103-130.
- Rehault J.P., Moussat E., Fabbri A. (1987) - Structural evolution of the Tyrrhenian back-arc basin. *Mar. Geol.*, 74: 123-150.
- Ricchetti G., Ciaranfi N., Luperto Sinni E., Monelli F., Pieri P. (1988) - Geodinamica ed evoluzione sedimentaria e tettonica dell'Avampese Apulo. *Mem. Soc. It.*, vol. 41, 57-82.
- Robinson A. R., Sellschopp J., Warn-Varnas A., Leslie W. G., Lozano C. J., Haley P. J., Anderson L. A., Lermusiaux P.F J., (1999) - The Atlantic Ionian Stream. *Journal of Marine Systems* 20, 113-128.
- Robinson A. R., Sellschopp J., Warn-Varnas A., Leslie W. G., Lozano C. J., Haley P. J., Anderson L. A., Lermusiaux P.F J., (1999) - The Atlantic Ionian Stream. *Journal of Marine Systems* 20, 113-128.
- Rosenbaum, G., Lister, G.S., (2004) - Accretionary tectonics in the Western Alps. *Geological Society of Australia Abstracts*, 73, 182.
- Rossi S. & Sartori R. (1981) - A seismic reflection study of the External Calabrian Arc in the Northern Ionian Sea (Eastern Mediterranean). *Mar. Geoph. Res.*, 4: 413-426.
- Roure F., Howell D.G., Muller C. & Moretti I. (1990) – Late Cenozoic subduction complex of Sicily. *J. Struct. Geol.*, 12: 259-266.
- Sagnotti, L. (1992) - Paleomagnetic evidence for a Pleistocene counterclockwise rotation of the Sant'Arcangelo basin, southern Italy, *Geophysical Research Letters*, 19, No. 2, 135-138.
- 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. (1979) - Origin of the Tyrrhenian Sea and Calabrian Arc. *Boll. Soc. Geol. It.*, 98: 27-34.

- Scheepers, P.J.J., Langereis, C.G., (1993) - Analysis of NRM directions from the Rossello Composite: implications for tectonic rotations of the Caltanissetta basin (Sicily). *Earth Planet. Sci. Lett.* 119, 243–258.
- Simmonds, M., Dolan, S. & Weilgart, L. (2004) - *Oceans of Noise. The Whale and Dolphin Conservation Society.*
- Slotte A., Hansen K., Dalen J., Ona E., (2004) - Acoustic mapping of pelagic fish distribution and abundance in relation to a seismic shooting area off the Norwegian west coast, *Fisheries Research* 67 (2004) 143–150.
- Sorgente R., Drago A. F., Ribotti A., (2003) - Seasonal variability in the Central Mediterranean Sea circulation, *Ann. Geophys.* 21, 299–322.
- Soussi M., Ben Ismaïl M.H., (2000) - Platform collapse and pelagic seamount facies: Jurassic development of central Tunisia, *Sedimentary Geology*, vol. 133, pp- 93-113.
- Southall, B.L., Bowles, A.E., Ellison, W.T., Finneran, J.J., Gentry, R.L., Greene Jr., C.R., Kastak, D., Ketten, D.R., Miller, J.H., Nachtigall, P.E., Richardson, W. J., Thomas, J.A. & P.L. Tyack (2007) - Marine Mammal Noise Exposure Criteria: Initial Scientific Recommendations. *Aquatic Mammals*, Vol 33(4) 121pp.
- Tapponnier P. (1977) - Evolution du système Alpin en Méditerranée: poinçonnement et écrasement rigide-plastique. *Bull Soc. Géol. France*, 7: 437-460.
- Trincardi F. & Argnani A., (1990) – Gela submarine slide: a major basin-wide event in the Plio-Quaternary of Sicily. *Geomarine Letters*, 10, 13-21.
- Vitale S., Cannizzaro L., De Stefano G., Milazzo A , Salvo G. (2011) - Sicilian Coastal Biodiversity through Smaii –Scale Fishery: An Innovative Approach. *J. Coastal Res.*, 64: I 931-1935.
- Wenz, G.M., (1962) - Acoustic ambient noise in the ocean: spectra and sources. *Journal of the Acoustical Society of America* 34:1936-1956.
- Wezel F.C. (1985) - Structural features and basin tectonics of the Tyrrhenian Sea. In: D.J. Stanley & F.C. Wezel (Ed.), “Geological evolution of the Mediterranean Basin”, Springer-Verlag, New York: 153-194.
- Yellin-Dror A., Grasso M., Ben-Avraham Z., Tibor G., (1997) - The subsidence history of the northern Hyblean Plateau margin, southeastern Sicily, *Tectonophysics*, vol. 282, pp. 277-289.
- Zappaterra E., (1994) - Source-rock distribution model of the periadriatic region, *AAPG Bulletin*, vol. 78, n. 3.

8 SITOGRAFIA

energy-alaska.wdfiles.com
www.aig-instrumentos.com
www.animaldiversity.ummz.umich.edu
www.consittico.it
www.consitticoct.it
www.difesa.it
www.digilander.libero.it
www.digital.iien-italia.eu
www.eeb.ucla.edu
www.eol.org
www.europarl.europa.eu

www.fep.sicilia.it
www.fugroconsultants.com
www.gbsub.it
www.gcaptain.com
www.gfcm.org
www.ig.utexas.edu
www.img.nauticexpo.it
www.isleofbarra.com
www.iucnredlist.org
www.jamstec.go.jp
www.ketosecology.co.uk
www.mammiferimarini.unipv.it
www.mareografico.it
www.minambiente.it
www.noc.soton.ac.uk
www.nordcapital.com
www.oilonline.com
www.petroleumgeophysics.com
www.regione.sicilia.it
www.retegeofisica.it
www.seaforecast.cnr.it
www.sibm.it
www.sidimar.tutelamare.it
www.sidimar.tutelambiente.it
www.sitap.beniculturali.it
www.sonsdemar.eu
www.spazioinwind.libero.it
www.spazioinwind.libero.it
www.strategiamarina.isprambiente.it
www-3.unipv.it/cibra
www-odp.tamu.edu