



## **C6 SUOLO E SOTTOSUOLO**

### **C6.1 PREMESSA**

L'Amministrazione Comunale di Favignana con lettera prot. n.202 del 05/01/2011 ha incaricato gli scriventi di redigere il presente studio contenente le indagini geologiche, idrogeologiche ed archeologiche preliminari ai fini di integrare il progetto preliminare delle opere di messa in sicurezza del Porto di Favignana da trasmettere alla Commissione Regionale dei Lavori Pubblici ai sensi della predetta normativa regionale.

Alla presente relazione vengono allegare le seguenti carte tematiche:

- Corografia, scala 1:10.000;
- Carta geologica, scala 1:5.000;
- Carta geomorfologica, scala 1:5.000;
- Carta litotecnica, scala 1:5.000;
- Profili dei sondaggi geognostici.



## C6.2 EVOLUZIONE STORICA DEL BACINO PORTUALE E DELL'ISOLA

Dalle scarse ed assai lacunose tracce storiche esistenti nonché dagli studi recenti si ha ragione di ritenere che le isole dell'arcipelago non furono mai protagoniste della storia che le riguarda, ma spesso travolte nel tempo dall'impeto dei contendenti e comunque sempre usate come basi strategiche, mentre il loro mare fu teatro di scontri ed inseguimenti e floridi traffici.

E per questo motivo che, mentre la acque dell'arcipelago e di Favignana sono ricche di reperti archeologici e le scoperte si succedono man mano che aumenta l'interesse per tale settore e si evolvono le tecniche di ricerca, sulle Isole, dove sino alla fine del XVII secolo, gli abitanti non ravvisarono l'opportunità di costruirvi case in muratura ma preferirono vivere nelle grotte che abbondano nelle loro carsiche terre, ben nascoste, difendibili, meno esposte, al riparo dalle bellicose torri e fortezze che i dominatori eressero sulle rive ed i picchi rocciosi, le emergenze archeologiche sono oggi ben conosciute e studiate.

Le aree impegnate per la realizzazione delle opere portuali, dagli accertamenti effettuati, non insistono su aree oggetto di vincolo archeologico o ritenute rilevanti da studi di settore. I fondali a causa della posizione nelle immediate vicinanze dell'esistente porto e della bassa profondità degli stessi non dovrebbero presentare incognite.

Tuttavia in fase di progetto esecutivo i rilievi subacquei potranno essere effettuati sotto la supervisione della Soprintendenza del Mare della Regione Siciliana.

Le aree impegnate a terra, che come indicate dal progetto sono quelle limitate al radicamento del molo alla terraferma ed al relativo collegamento con la viabilità esistente, ad una costa bassa e rocciosa un tempo parzialmente utilizzata come piccola cava di arenaria, una tipologia di piccola estrazione la cui presenza è estesa a tutto il litorale isolano specialmente il tratto prospiciente a nord.

Da quanto emerso pertanto non vi sono emergenze archeologiche di rilievo e pertanto le opere di progetto, non presentano una ricaduta negativa sul patrimonio archeologico dell'Isola.

### *La Mitologia*

L'isola di Favignana trae il suo nome dal vento Favonio, lo Zefiro, che rende il suo clima particolarmente mite pure negli afosi periodi estivi. Riconoscibile per la sua singolare forma di farfalla con le ali spiegate essa occupa una posizione strategica nel cuore del Mediterraneo il che la pone al centro di grandi legende.



Nell'Odissea (libro IX), Omero fa approdare Ulisse nell'isola delle capre (Aegades) e descrive i caratteri naturali dell'isola con tale chiarezza che la somiglianza all'isola attuale riesce perfetta.

Si ritiene che i primi abitatori della Sicilia furono i Feaci (marinai) e i Lestrègoni (agricoltori) venuti dall'Epiro via mare.

### *La Preistoria*

L'isola è stata, da sempre, una base strategica di incontestato valore per i popoli che si contendevano il predominio del mare.

L'uomo ha fatto la sua comparsa nelle Egadi nel paleolitico superiore, come dimostrano i reperti archeologici ritrovati ed i graffiti presenti nelle grotte delle isole.

In quell'epoca (10.000 a.C.) l'intero arcipelago faceva un tutt'uno con la costa sicula: Levanzo doveva essere unita a Favignana da uno stretto ponte di terra che si protendeva dall'attuale Cala Dogana verso la zona di S.Nicola.

Il più antico insediamento preistorico di Favignana è quello di cui si sono trovate tracce presso le grotte delle Uccerie nei pressi del Faraglione e nella grotta del Pozzo in zona S.Nicola.

Schegge di selce, di ossidiana, frammenti di ossa lavorate, conchiglie ritrovati a Favignana e in tutte le Egadi dimostrano l'uso della pietra per la costruzione di pugnali, punte di frecce e arnesi domestici. Sono stati riportati alla luce frammenti d'argilla grezza, depurata e ben cotta, colorati a vernice nera e rossa, a testimonianza di insediamenti umani nell'età del bronzo.

Sono stati inoltre scoperte in località Torretta tombe di tipo preistorico e segni petroglifici in una grotta presso Cala S.Nicola.

### *Sicani, Siculi, Cumani*

I Sicani vennero in Sicilia verso il 1200 a.C. La loro venuta fece cambiare la denominazione di Trinacria in Sicania e poi in Sicilia con la venuta dei Siculi dalla valle del Tevere.



Nell'VIII secolo a C. l'isola divenne un importante insediamento dei Fenici i quali si insediarono nel lato nord-orientale dell'isola (Cala S. Nicola) lasciando tracce di un importante insediamento con grotte usate per abitazione e per tombe.

La leggenda narra che in quel periodo Ercole Tebano fondò nella valle del Lilibeo la città di Mozia ove lasciò una colonia Fenicia.

Si pensa che i Fenici presero dimora anche a Favignana (Katria). Molti anni dopo l'invasione del Siculi, l'isola venne occupata dai corsari di Cuma, ladri di mare; furono questi i primi Greci che posero piede in Sicilia e ne impedirono la venuta di altri popoli. Gli ateniesi nel 415 a.C. mandarono una poderosa flotta in Sicilia agli ordini di Nicio di Lamaco non tanto per proteggere Segesta contro le aggressioni di Selinunte e Siracusa, ma per la speranza di conquistare tutta l'isola.

Essi combatterono con alterne vicende contro i Cumani, ma perché la Sicilia non venisse sottoposta ad una dominazione prepotente i siciliani chiamarono in aiuto i Cartaginesi.

#### *Fenici e Cartaginesi*

I Cartaginesi verso l'anno 400 a.C. cominciarono l'invasione della Sicilia, interamente compiuta, fatta eccezione di Siracusa e Messina, capisaldi difesi dai Mamertini. E' assai probabile che i Cartaginesi siano venuti a formare anche una piccola colonia a Favignana, poiché essa, con Mozia, costituiva una specie di avanguardia della Sicilia.

La disfatta dei Cartaginesi nella prima guerra punica (264-241 a.C.) lasciò un ricordo storico a Favignana. L'anno 250 a.C. il Senato cartaginese all'avviso dell'assedio del Lilibeo da parte dei Consoli C.A.Regolo e L.M.Vulso e gli sforzi del capitano Imileone per impedire ai romani l'ingresso in città, spedì soccorso di uomini e di frumento a mezzo di cinquanta navi al comando di Annibale. Questi diresse la flotta a Favignana e da questa isola a vele spiegate forzò il blocco del nemico che assediava il Lilibeo.

Nel 246 a.C. la flotta cartaginese comandata da Annone era appostata presso l'isola di Hiera (Marettimo) per approfittare del vento e correre su Trapani per liberare l'esercito di Amilcare Barca bloccato sul monte Erice.

In prossimità di Favignana la flotta cartaginese fu intercettata da quella romana e distrutta: la prima guerra punica ebbe fine con la pace conclusa nel 241 a.C. Anche nella seconda guerra punica (219-201 a.C.) le acque di Favignana furono teatro di diverse battaglie e restò celebre il seno di Cala Rossa in Favignana per il ricovero offerto alle navi romane.



La presenza fenicia nelle isole è testimoniata dalle tracce di una necropoli scoperta in zona S.Nicola e datata circa VIII sec. a.C. e dal ritrovamento marino di un'ancora di pietra ovale e da una raffigurazione in grotta di una nave con invocazione fenicia a Samek (Iside).

In località Calazza nella parte Nord-Est di Favignana sono affiorate dagli scavi due tombe d'età tardo-ellenistica, contenenti due scheletri e una lucerna d'argilla.

Ed ancora un'intera necropoli ellenistica a loculi rettangolari è stata individuata presso la Cala S.Nicola.

In tale zona, nella grotta del Pozzo, nei pressi del cimitero, sono state individuate iscrizioni fenicio-puniche risalenti al I sec. a.C. Periodo romano A Favignana sono scarsi i ricordi del periodo di dominazione romana. Sono venuti alla luce mosaici di origine imperiale romana ed un ninfeo adibito probabilmente a bagno delle donne presso S.Nicola.

A Sud-Est dell'isola di Favignana sono stati riportati alla luce loculi di una necropoli di quest'epoca.

In prossimità del cimitero esiste, salvato nella roccia, un altarinio con archetti pensili: tipica sepoltura cristiana del IV-V sec., anche se la grotta risulta abitata in precedenza dai Punici.

Presso il piccolo museo isolano si possono vedere resti di una lucerna cristiana in argilla del V-VI sec., monete puniche e post-costantiniane, vetri bizantini policromi

### *Il Periodo Romano*

Nel 241 a.C. a largo di Favignana avvenne la battaglia decisiva della prima guerra punica e la leggenda racconta che Cala Rossa prese il nome dal sangue versato dai Cartaginesi sconfitti dai Romani.

Le acque di Cala Rossa furono teatro della battaglia conclusiva delle guerre puniche.

Il console romano vi sconfisse la flotta cartaginese ponendo fine all'ultima guerra punica e decretando la definitiva supremazia di Roma nei confronti di Cartaginese, con la conseguente conquista della Sicilia, che divenne a tutti gli effetti provincia romana.

Distrutta Cartagine, la Sicilia divenne provincia romana e venne oppressa e sfruttata dai pretori che si succedettero, in special modo da C.Licinio Verre contro cui M.T.Cicerone, allora questore in Sicilia, fece diverse orazioni in Senato.



Durante l'impero romano e sotto la dominazione di imperatori tiranni, Favignana vide le sue prime carceri, le quali erano costituite da un sistema di caverne.

A quell'epoca nessun fabbricato esisteva nell'isola (né ne esistettero sino al secolo XVII): i pochi abitanti vivevano nelle grotte come trogloditi.

### *I Saraceni*

La caduta dell'impero romano, la venuta dei Vandali (l'anno 440), dei Goti e di tutti gli altri barbari, furono seguite dalla venuta dei Saraceni in Sicilia.

Essi erano arabi di origine africana che, venuti nell'isola ai primi del IX secolo, si resero padroni della Sicilia nell' 878 con la presa e l'incendio di Siracusa. Il governo dispotico dei Saraceni condusse presto la Sicilia in miseria grandissima per la cupidigia degli emiri che la governarono.

A Favignana, in relazione ai ruderi che ancora avanzano, si ritiene che nella zona della Torretta doveva esservi una torre fabbricata dai Saraceni per garantire l'isola da invasioni e che alla stessa epoca risalgono le torri trasformate in seguito a castelli di S.Caterina e di S.Leonardo.

Queste dovevano costituire le difese dei Saraceni e da esse dovette aver origine lo stemma del comune di Favignana: tre torri sulla quale poggia un uccello rapace (il nemico).

In relazione ai ruderi che ancora avanzano, si ritiene che nella zona della Torretta doveva esservi una torre fabbricata dai saraceni per garantire l'isola da invasioni. Probabilmente risalgono alla stessa epoca (810 d.C.) le torri trasformate in seguito a castelli di S. Caterina e di S. Leonardo a Favignana; a Levanzo sul pizzo Torre; a Marettimo a Punta Troia.

### *I Normanni*

I Saraceni furono completamente debellati dalla Sicilia nel 1090 ad opera dei Normanni. I Normanni regnarono in Sicilia per 134 anni.

Nel 1120 Ruggero II con un editto regio stabiliva la fortificazione di Favignana e faceva trasformare due delle tre torri arabe in fortezze (S. Caterina e S. Leonardo).

Fece costruire pure la fortezza di S. Giacomo e non ebbe cura della Torretta dividendo l'isola ben difesa.



### *Gli Aragonesi*

Passato il regno nelle mani di Pietro d'Aragona, Palmerio Abate ebbe confermata la signoria di Favignana. Gli succedettero i fratelli Nicolò e Riccardo Abate. Questi, con privilegio di Pietro II d'Aragona dato a Messina il 29 novembre 1341, ebbero concessa, unitamente al dominio di Favignana, la facoltà di fornire detta isola di due tonnare, chiamando l'una di S. Leonardo e l'altra di S. Nicolò.

Tutti i diritti sull'isola andarono perduti con la confisca nel 1397 e Favignana, incamerata prima nel demanio della Regia Curia, passò poi con tutte le sue pertinenze sotto la signoria di Aloisio de Carissimo da Trapani. Dal 1416 la Sicilia cominciò ad essere governata dai viceré spagnoli.

Da allora l'isola venne travagliata da insurrezioni, patiboli, prigionie e ruberie dovute al malgoverno. La Sicilia inoltre in questo periodo ebbe molto a soffrire per la pirateria dei mori. Per combattere tale scorrerie dei corsari venne dato ordine di costruire delle torri di guardia e dei castelli in vicinanza delle spiagge.

A Favignana Andrea Riccio (Carissimo) verso il 1498 rifece a nuovo il castello di S. Caterina e quello di S. Giacomo. Nel 1516 Ugone di Moncada, già viceré in Sicilia, al comando di un'armata navale destinata ad arginare le continue scorrerie dei corsari d'Africa, dopo un'aspra battaglia contro la flotta turca, fu sorpreso da una forte tempesta e si rifugiò, con più di 14.000 uomini, a Favignana compiendo gravi saccheggi.

Nel 1590 Favignana veniva assegnata da Filippo II ai baroni Filingeri. Verso la metà del XVII secolo l'isola apparteneva a Giacomo Brignoni genovese, e infine la Regia Corte sotto il governo di Filippo III la vendette, l'11 aprile 1640, insieme a Marettimo e Levanzo con le tonnare e la signoria del Mare dei Porci per il prezzo di 500 mila scudi a Camillo Pallavicino. Le isole Egadi per privilegio del re Filippo III in data 22 marzo 1651 furono erette a Contea sotto il titolo di Favignana.

Nel 1688 la casa regnante ritenne opportuno rivedere il contratto di vendita delle isole fatto ai Pallavicino, specialmente per conservare il diretto dominio dei castelli e delle fortezze di Favignana e Marettimo.

A questi ultimi infatti attribuiva molta importanza per la difesa dell'isola, e nell'atto di transizione che ne seguì si riservò ogni diritto su di essi obbligando i Pallavicino a non fare concessioni enfiteutiche di terreni senza l'approvazione della Regia Corte.



Questa clausola aveva per fine d'impedire che sorgessero fabbricati dirimpetto al castello di S. Giacomo che togliessero la visuale del mare e la libera via ai tiri dei cannoni. In conseguenza di tale intento la nuova chiesa parrocchiale della Immacolata Concezione di Maria Vergine, attuale madrice, venne fabbricata all'angolo e non al centro della piazza.

Essa fu costruita dai Pallavicino dietro istigazione del re, contenuta nell'atto di trascrizione, poiché l'antica parrocchia di S.Giacomo entro il castello omonimo non era più sufficiente, dato l'accrescimento della popolazione.

Tale chiesa, ultima nel 1764, venne elevata a dignità di arcipretura.

La dominazione degli spagnoli durò per più di quattro secoli lasciando molte tracce in tutta l'isola.

In più d'una grotta a Favignana sono state rinvenute piccole edicole, iscrizioni e stemmi spagnoli. Presso S.Nicola troviamo lo stemma patrizio dei Moncada scolpito nella roccia tufacea. (XVI sec.) Sotto la dominazione aragonese, Andrea Riccio, signore di Favignana, ricostruì il forte di S. Caterina (1498).

Al sommo dello stipite destro della porta è collocato uno stemma corroso dal tempo che certamente si riferisce al Casato aragonese. Altra iscrizione si trova in un muro intero del castello: si distinguono il nome della città di Catania e la data 1646.

In quell'anno il castello fu rimesso in efficienza, perché si temeva lo sbarco del Duca di Guisa.

### *I Borboni*

Nel 1735 l'infante Carlo di Borbone, per l'astuzia della genitrice Elisabetta Farnese, moglie di Filippo V, si assise sul trono del Regno delle due Sicilie.

Ci è nota la condotta dei regnanti borbonici e le carceri di Favignana e Marettimo ne sono valide testimonianze. Nel 1858 furono rinchiusi nel castello di S.Caterina Giovanni Nicotera con altri componenti della sfortunata spedizione di Sapri capitanata da Carlo Pisacane. Guglielmo Pepe, generale dei moti del 1820, fu imprigionato nella fossa di Marettimo.



### *I Florio*

Nel 1874 Vincenzo Florio prendeva possesso delle isole Egadi e dei loro mari acquistandole dal marchese Pallavicino Rusconi. Con tale acquisto non ebbe che la nuda proprietà di esse e delle tonnare, con esclusione dei castelli e dei terreni demaniali, essendo stati aboliti i diritti di feudo e le investiture prima consentite.

I fabbricati a Favignana cominciarono a sorgere con le concessioni enfiteutiche dei Pallavicino prima e dai Florio dopo, ed essi si svilupparono da principio nel rione di S. Anna.

### C6.3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

L'isola di Favignana è costituita da due Unità Stratigrafico Strutturali: l'Unità di Monte S. Caterina (*Trias. Sup. – Malm*), che costituisce la porzione centrale dell'isola, caratterizzata dal rilievo di Monte Santa Caterina, e l'Unità di Punta Faraglione (*Trias sup. – Miocene medio*) che affiora nella omonima Punta (settore nord dell'isola) e costituisce anche le due spianate di abrasione marina che si collocano ad est ed a ovest della dorsale di Monte Santa Caterina.

Rappresenta il lembo emerso della catena montuosa sottomarina che collega la Catena Meghrebide dell'Africa settentrionale con quella Appenninica Siciliana. Affiorano terreni carbonatici, evaporatici e clastici di età mesozoico-terziaria sui quali poggiano in discordanza i depositi plio-quadernari delle fasce costiere.

L'assetto strutturale è il risultato della complessa interazione delle fasi tettoniche che hanno interessato questo frammento di catena nell'intervallo compreso fra il Miocene Sup. ed il Pliocene Inf.

Terreni cenozoici:

- Bioliti ad alghe e coralli, biocalcareni e biocalciruditi, a luoghi glauconitiche, a macroforaminiferi (*Amphistegina sp.*), lamellibranchi, gasteropodi, alghe, denti di pesci, etc. "Mischio". Spessore 10-30 m. (*Miocene inf. - medio*); affiorano in C.da Cala Grande e C.da Pozzo Vecchio.



I terreni mesozoici sono rappresentati, rispettivamente nelle due Unità Stratigrafico - Strutturali, da:

Unità di Monte Santa Caterina :

- Calcari dolomitici e dolomie stromatolitiche e loferitiche ad intraclasti e bioclasti, calcareniti oolitiche ad alghe e foraminiferi, calcari dolomitici a megalodontidi, breccie loferitiche. A vari livelli intercalazioni, da decimetriche a metriche, di marne sterili. Nella porzione sommitale paleocarsi, filoni sedimentari e livelli di encriniti (eq. "Fm. Inici"). Spessore 200-350 m.. (*Trias sup. – Lias*). Costituiscono la dorsale di Monte Santa Caterina.

Unità di Punta Faraglione:

- Calcilutiti, calcisiltiti marnose e marne a foraminiferi planctonici e radiolari, con sottili intercalazioni di calcareniti risedimentate "*Scaglia auct.*" ( eq. "Fm. Amerillo"). Spessore circa 50m.. (*Cretaceo sup. – Eocene*). Affiorano lungo la costa che va da Cala del Passo a Cala Monaci.

- Calcilutiti, calcisiltiti marnose e marne ad aptici, belemniti, ammoniti, foraminiferi planctonici ed arenacei; radiolariti e calcilutiti silicizzate a foraminiferi planctonici e radiolari (eq. "Fm. Hybla"). Spessore circa 20m.. (*Cretaceo inf.*). Affiorano in piccoli lembi nella costa antistante l'Isola Preveto.

- Calcari nodulari ad ammoniti, calcareniti a crinoidi, frammenti di lamellibranchi e gasteropodi, radiolariti e calcilutiti silicizzate " Rosso Ammonitico" (eq. " Fm. Giardini"). Spessore 2-15 m.. (*Dogger – Malm*). Affiorano in piccoli lembi nella costa antistante l'Isola Preveto.

- Calcari dolomitici e dolomie stromatolitiche e loferitiche ad intraclasti e bioclasti, calcareniti oolitiche ad alghe e foraminiferi, calcari dolomitici a megalodontidi, breccie loferitiche. A vari livelli intercalazioni, da decimetriche a metriche, di marne sterili. Nella porzione sommitale paleocarsi, filoni sedimentari e livelli di encriniti (eq. "Fm. Inici"). Spessore 200-350 m.. (*Trias sup. – Lias*). Affiorano prevalentemente lungo la costa occidentale dell'isola.



COMUNE DI FAVIGNANA

LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA DEL PORTO DI FAVIGNANA

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE - QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE

- Dolomie microcristalline, dolomie evaporitiche, dolomie stromatolitiche e loferitiche talora con strutture enterolitiche, dolomie a peloidi ed intraclasti, dololutiti nere alternate a livelli di argille e marne con rari ostracoidi. Spessore 100-300 m.. (*Trias sup. – Lias*). Affiorano nella zona nord dell'isola, in corrispondenza di Punta Faraglione, ad ovest, in corrispondenza di Punta Ferro e lungo la costa che va da Pozzo Ponente a Cala Rotonda.

I terreni triassici e liassici costituiscono una monoclinale immergente verso sud ed appaiono sovrascorsi sui terreni cretaceo-eocenici secondo un piano di sovrascorrimento suborizzontale.

Le strutture sono attraversate da faglie normali ed inverse a piani subverticali, le principali di esse sono orientate in senso NNO-SSE ed E-O.

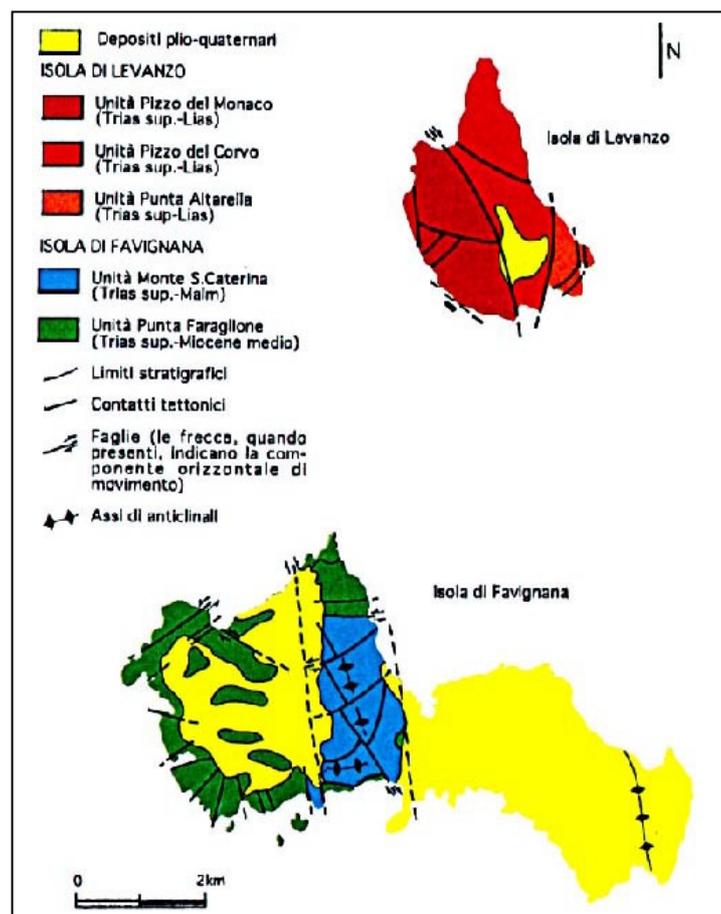


Figura C6.1 SCHEMA STRUTTURALE - Isola di Levanzo e Isola di Favignana



I terreni dolomitici e calcarei costituiscono una monoclinale immergente verso Sud che si raccorda alle aree pianeggianti adiacenti mediante delle estese falde detritiche.

Nell'area portuale i terreni mesozoici terziari sono ricoperti in discordanza dai depositi pleistocenici in facies di conglomerati calcareniti e sabbie.

La sequenza stratigrafica è caratterizzata con continuità sia orizzontale che verticale da depositi litorali marini indicati nella letteratura tecnica specifica con il termine "*Calcarenite di Favignana*".

Si tratta di un'arenaria calcarea di colore variabile dal biancastro al giallo tenue variamente cementata in quanto in alcuni orizzonti raggiunge anche la consistenza lapidea, per fenomeni *diagenetici*

La giacitura è monoclinale suborizzontale, mentre all'interno del sedimento si nota una stratificazione spesso incrociata da connettere alla sedimentazione prettamente litorale.

I terreni sopra descritti, nella fascia compresa fra lo Stabilimento Florio e Cala Fumere sono ricoperti da un deposito di origine continentale (fanglomerati, sabbie quarzose con intercalazioni di ghiaie) di origine eolica.

### C6.3.1 CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE DEL BACINO PORTUALE

I termini litologici presenti nell' isola di Favignana e nel bacino portuale sono rappresentati dai litotipi di seguito descritti:

Terreni recenti:

- Sono caratterizzati da depositi continentali di spiaggia e cordoni di tempesta lungo la costa, falde, conoidi di detrito e breccie cementate a ridosso dell'unico rilievo presente sull'isola (Monte S. Caterina).

Terreni plio-pleistocenici:

Nei settori orientali ed occidentali dell'isola e lungo quasi tutto il periplo, affiorano i depositi marini del Pleistocene Inf., costituiti prevalentemente da calcareniti, biocalcareni, sabbie e conglomerati. Questo pacco di sedimenti poggia, in netta discordanza, sui depositi mesozoico – terziari e pliocenici sottostanti.



Il bacino portuale si apre da una estesa pianura, caratterizzata da un terrazzo marino, originatosi nel Pleistocene Inferiore e solcato da pochissimi impluvi a breve tratto.

Nei terreni plio-pleistocenici sono distinguibili depositi marini e depositi continentali:

I depositi continentali sono rappresentati da:

- Calcareniti e sabbie quarzose eoliche (dune) (*Pleistocene sup. – Olocene*) che affiorano in c.da Costa Grande – Boschetto, Cala Fumere e Scindo Passo.
- Fanglomerati, sabbie eoliche e silt argillosi con intercalazioni di ciottoli, paleosuoli e colluvi indifferenziati. (*Pleistocene sup. – Olocene*), affioranti prevalentemente nella spianata occidentale dell'isola di Favignana.
- Conglomerati, sabbie e silt argillosi con intercalazioni di brecce, sabbie quarzose eoliche, livelli di paleosuoli e croste di calice. (*Pleistocene – Olocene*), presenti in affioramento nel versante orientale di M. Santa Caterina.

I depositi marini sono rappresentati da:

- Conglomerati, sabbie e biocalcareni a lamellibranchi, gasteropodi (*Strombus Bubonios*), echinidi, coralli, etc.. con spessore di 1-4 metri (*Tirreniano*), affioranti in piccoli lembi lungo la costa (Cala Monaci, Cala Fumere, Grotta Perciata, Faraglione, Pozzo dell'Alga)
- Conglomerati e calcareniti a lamellibranchi e gasteropodi, calcareniti bioclastiche, sabbie e calcareniti a stratificazione parallela ed incrociata, calcareniti e sabbie caotiche dovute a franamenti sinsedimentari, livelli lenticolari da centimetrici a metrici di conglomerati, sabbie e calcareniti con spessore 2-30 metri (*Pleistocene inf.*). Affiorano nelle piana occidentale ed orientale dell'isola e sono stati oggetto, in passato, di intensa attività estrattiva.
- Argille, argille sabbiose, marne e marne sabbiose a foraminiferi planctonici; conglomerati e sabbie a lamellibranchi e gasteropodi. Spessore di 2-10 m.. (*Zancleano – Pliocene sup.*). Affiorano a Cala Rossa e Cala Canaleddi.



## C6.4 CARATTERIZZAZIONE GEOMORFOLOGICA DELL'AREA DI PROGETTO

### C6.4.1 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

L'Isola di Favignana è costituita da una dorsale mesozoica-terziaria che si sviluppa in senso Nord-Sud (*Monte Santa Caterina*) e da due distese pianeggianti che si estendono rispettivamente ad oriente e ad occidente del rilievo montuoso. Rappresenta il lembo emerso

La costa, a Nord dell'isola, è prevalentemente litoide: il litorale nel tratto compreso tra il porto e Punta Faraglione è basso e scosceso con alcune insenature fra le quali "Cala Fumere" che si apre nel bacino portuale.

L'habitus geomorfologico del bacino portuale è connesso all'azione ciclica delle trasgressioni e delle regressioni marine che hanno delineato un'ampia superficie a "terrazzo" di natura calcarenitica, dolcemente degradante verso mare.

Il morfotipo non presenta rotture di pendenza significative ed è caratterizzato da pendenze modestissime, al più pari all'2%.

Dal punto di vista morfologico, fermo restando il modellamento principale operato dalla tettonica, il versante soprastante di Monte S.caterina è stato successivamente rielaborato con l'azione combinata di due processi.

La *degradazione* con la disgregazione, l'alterazione e la frantumazione delle rocce basali e prosegue con lo spostamento, il trasporto ad opera della forza di gravità, delle acque meteoriche o del vento, dei detriti rocciosi.

L'*aggradazione* ha determinato invece l'accumulo alla base del pendio dei materiali di degradazione. L'insieme dei due processi ha determinato il modellamento attuale del versante con la sedimentazione in ambiente subaereo di una modestissima coltre detritico vegetale.

I rilievi hanno accertato condizioni di assoluta stabilità in quanto l'attività erosiva delle acque è limitata ai periodi piovosi di particolare intensità e durata, con un'attività dilavante diffusa.

Le condizioni morfologiche generali della zona sono di assoluta stabilità, essendo l'areale indenne da dissesti attivi o incipienti e da rischi geologici.



Le litologie carbonatiche sono ricoperte da un esteso deposito di detrito di falda di spessore variabile, costituito da vari livelli deposizionali distinti in base alla loro granulometria.

Si distinguono livelli a matrice grossolana con brecce, e livelli più fini con abbondante matrice limosa rossastra.

Le condizioni generali di stabilità della zona sono del tutto favorevoli in quanto non sono stati riscontrati processi in atto o potenziali di tipo geomorfologico che potrebbero turbare l'assetto dei luoghi né tantomeno manomissioni antropiche rispetto l'assetto originario dei luoghi.

Alla luce di quanto emerso con i rilievi il sito è da considerarsi indenne da rischi geologici a breve ed a lungo termine.

L'intorno non ricade nell'ambito di aree classificate ad "*rischio o pericolosità*" né tantomeno in "*siti di attenzione*" indicati nel Piano Assetto Idrogeologico delle Isole Egadi approvato con il D.P. del 24.04.2007 pubblicato sulla G.U.R.S. n.29 del 29.06.2007.

In riferimento al punto 3.2.4. delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, l'area in oggetto è associabile alla Categoria Topografica T1 (Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ ).

#### C6.4.2 EVOLUZIONE MORFODINAMICA DEL LITORALE

I processi di evoluzione nell'area di studio sono stati oggetto, nel corso degli ultimi cinquant'anni, di numerose ricerche grazie alle quali è oggi possibile possedere un quadro assolutamente completo ed omogeneo delle principali tendenze evolutive del litorale.

Questo tratto di costa, nella sua attuale configurazione, rappresenta la conseguenza di un'evoluzione, lunga e graduale, Pliocenica che ha definito il profilo morfologico attuale mediante una progressiva deposizione della sedimentazione litoranea a velocità variabile successiva alle alterne trasgressioni quaternaria

I terreni affioranti nel territorio dell'Isola di Favignana hanno raggiunto pertanto il loro attuale assetto geomorfologico in seguito alle vicissitudini geologiche ed alla morfogenesi plio-quaternaria. L'inizio dell'evoluzione geomorfologica può farsi risalire ad una complessa interazione di fasi tettoniche riferibili all'intervallo Miocene Sup. – Pleistocene.



Una fase tettonica trascorrente ha determinato successivamente un sistema di strutture transpressive costituite da pieghe con assi diretti N-S, NO-SE e NE-SO. Si sono pertanto delineate nuove faglie con rigetti orizzontali sia nei depositi mesozoico-terziari che in quelli pleistocenici in particolar modo nella parte orientale dell'isola di Favignana.

Alla fine della fase compressiva pliocenica s'instaura un regime tettonico distensivo, caratterizzato da faglie dirette a forte rigetto, che hanno determinato l'altitudine del rilievo di Monte S.Caterina e l'andamento morfologico dei versanti.

L'erosione ha portato, successivamente, alla definizione dell'attuale morfologia del territorio, con un'azione che si diversifica nelle varie litologie appartenenti a facies prevalentemente carbonatiche pertanto poco erodibili.

#### C6.4.3 EVOLUZIONE GEOMORFOLOGICA

All'evoluzione morfostrutturale ha fatto seguito *l'evoluzione geomorfologica dinamica* operata da tutti quei fenomeni naturali o antropici che concorrono a modificare la morfologia del territorio.

I principali tipi di *modellamento geomorfologico*, alla cui azione è riconducibile l'attuale habitus del territorio sono: il modellamento fluvio-denudazionale, il modellamento carsico, il modellamento gravitativo ed il modellamento antropico.

Per *modellamento fluvio-denudazionale* s'intende il fenomeno dovuto all'azione delle acque di ruscellamento diffuso. Si differenzia secondo i tipi litologici su cui agisce, in funzione del loro grado d'alterabilità fisica o chimica e del loro differente grado d'erodibilità. Sulle rocce carbonatiche del versante Nord di Monte S.Caterina ha dato luogo a fenomeni d'erosione diffusa più o meno intensa. Altri elementi caratteristici dell'habitus instaurato sono le rotture di pendenza dovute per lo più all'erosione selettiva ed all'assetto giaciturale e tettonico delle rocce ivi affioranti. L'azione di denudazione dovuta allo scorrimento delle acque sulle rocce carbonatiche è tra l'altro favorita dalla prevalente mancanza di vegetazione e di suolo, specie nei tratti più acclivi del versante, che risultano, pertanto, esposti non soltanto all'azione erosiva dell'acqua, ma anche a tutti quegli agenti fisici (*crioclastismo* e *termoclastismo*), chimici (*soluzione*), biologici ed antropici che ne provocano l'erosione e quindi la loro denudazione.



La vegetazione esercita un'azione mitigatrice nei confronti della mobilitazione dei materiali presenti in superficie, in quanto riduce gli effetti dei processi erosivi dovuti all'acqua ed al vento.

Essa è indizio ed insieme è causa di stabilità morfologica in quanto favorisce la percolazione lenta dell'acqua piovana, limitando lo scorrimento superficiale.

In corrispondenza delle zone di cresta caratterizzate dall'erosione superficiale diffusa, la roccia si presenta suddivisa, a causa delle litoclasti allargate per processi di disfacimento, in blocchi che appaiono legati spesso da sottili ponti di roccia pertanto in precario stato d'equilibrio prossimo al collasso.

Lungo le pendici dei rilievi calcarei, il modellamento fluvio denudazionale si combina con il *modellamento carsico*. Le rocce carbonatiche sono, infatti, oggetto di processi di dissoluzione chimica (*carsismo*) da parte delle acque meteoriche.

Le acque superficiali scorrendo in superficie o penetrando in profondità attraverso le discontinuità, danno luogo ad una morfologia carsica caratterizzata dalla presenza di grotte e cavità che si allargano sempre più con il procedere del fenomeno, cui spesso è facile accedervi da aperture prodottesi in superficie.

Il carsismo è un processo di tipo chimico che si verifica in presenza di rocce solubili, come quelle carbonatiche, che siano esposte ad un regime pluviometrico legato ad un clima caldo umido o mediterraneo.

Il processo carsico produce delle strutture superficiali (epigee) ed in profondità (ipogee) di dimensioni e forme molto variabili. Quelle superficiali vengono chiamate in letteratura con il nome tedesco di karren (o lapiez in francese) e comprendono: i campi carreggiati, le scannellature, i solchi a doccia, le vaschette di corrosione, le cavità alveolari ed i crepacci.

Procedendo dalla superficie in profondità, ovvero verso condizioni di maggiore pressione, si verifica quindi un progressivo ampliamento delle fessure esistenti con la formazione di inghiottitoi in senso verticale e di tunnel e cunicoli in direzione sub-orizzontale fino ad arrivare alla formazione di vere e proprie cavità sotterranee (caverne e grotte).

Nell'Isola sono state individuate alcune grotte ubicate in corrispondenza di preesistenti faglie che sono state successivamente ampliate ed approfondite dai processi di abrasione e di carsismo, originando degli ingressi con forme molto variabili e curiose.



Fra queste la più interessante è la *Grotta del Faraglione*, un antro di modesta ampiezza con un inghiottitoio all'interno.

I detriti di falda depositati al piede del versante sino in prossimità del bacino portuale, sono costituiti da depositi subaerei. La frammentazione delle rocce si attribuisce principalmente al termoclastismo mentre la loro mobilitazione è avvenuta per effetto della gravità mentre quella di trasporto e di deposito ad opera del ruscellamento diffuso e concentrato.

Gli accumuli di detrito sono costituiti prevalentemente di sabbia limosa ghiaiosa, con un'alta percentuale di elementi lapidei a spigoli vivi delle dimensioni dei blocchi sino al metro cubo. Talora i detriti sono costituiti di sabbia ghiaiosa di colore rossastro con elementi lapidei del diametro massimo di cm.10 a spigoli vivi.

Il *modellamento antropico* ha provocato considerevoli effetti morfogenetici in relazione agli interventi d'urbanizzazione ed alle attività estrattive esercitate per lunghissimo tempo nel settore orientale dell'isola di Favignana.

Le cave di calcarenite comunemente indicate "*cave di tufo*" sono sia del tipo a "*fossa*" o del tipo in "*galleria*". I due tipi di coltivazione venivano praticati in funzione del grado di cementazione che presentava la calcarenite, ovvero coltivabile direttamente negli strati superficiali al fine di ottenere blocchi di forma parallelepipedica per l'impiego in edilizia.

Nel caso di affioramenti di scadente qualità si optava per il sistema in galleria che avveniva attraverso dei pozzi o cunicoli di accesso ad ampie cavità di lavorazione di forma irregolare le cui volte erano sostenute da pilastri quadrangolari.



## C6.5 CARATTERI IDROGEOLOGICI DELL'AREA DI PROGETTO

### C6.5.1 PERMEABILITA' DEI TERRENI ED ASSETTO IDROGEOLOGICO

Come riportato ai precedenti paragrafi, l'area pianeggiante in cui si inserisce il sito di progetto è costituita principalmente da materiale sabbioso calcarenitico, di ambiente marino, con vari ordini di terrazzi che indicano diverse fasi di assestamento e variazioni climatiche di epoche passate.

Nella zona di passaggio tra il rilievo di Monte S.Caterina e la costa troviamo una falda di detrito

Per la ricostruzione della struttura idrogeologica, ai depositi che riempiono la pianura sono stati attribuiti i seguenti intervalli di permeabilità:

Considerati i rilievi e le misure effettuate, nonché le granulometrie e le condizioni di affioramento, diagenetiche e tettoniche, in generale i terreni affioranti nell'intorno significativo al bacino portuale sono stati classificati in 2 complessi, costituiti da *Unità litoformali* a vario grado di permeabilità, determinandone i coefficienti, la tipologia e la distribuzione delle caratteristiche di permeabilità, secondo il seguente schema:

<b>Com pl.</b>	<b>Litologia</b>	<b>Tipo di Permeabilità</b>	<b>Range di k (in m sec<sup>-1</sup>)</b>
Per meabil. Primaria	Calcareniti, sabbie limose e limi sabbiosi, detriti di falda	Porosità	$10^{-3} \approx 10^{-4}$
Per meabil. secondaria	Calcari, arenarie calcaree, calcilutiti	Rete di fratturazione	$0 \approx >10^{-3}$

Tabella C61 - Caratteristiche di permeabilità dei terreni affioranti



Per omogeneizzare il dato si fa poi ricorso ad una comune suddivisione ridotta, che accorpa i diversi depositi in tre classi di permeabilità:

- permeabile;
- semipermeabile;
- impermeabile.

Il regime di circolazione idrica nel sottosuolo è condizionato dalle litologie affioranti e dalle geometrie degli affioramenti.

Le litologie delle formazioni più superficiali (limi e sabbie limose giallastre) da poco coerenti a pseudocoerenti, di natura coesiva, determinano una scarsa permeabilità della formazione inalterata.

Sono facilitate tuttavia le infiltrazioni nei terreni di copertura alterativa a causa delle condizioni topografiche, che in prevalenza sono subpianeggianti e poco soggette ai dilavamenti ed erosioni. Inoltre anche nelle sequenze marnose consolidate ed impermeabili, si intercettano livelli di calcareniti o di sabbia fine rossastra, derivante da intercalazioni litoidi fratturate e brecciate, che veicolano acque vadose attraverso una rete fratturativa.

La successione di banchi a calcareniti e calciruditi presenta uno stato fratturativo beante che conferisce una permeabilità discreta a rete. Le formazioni rilevate nel bacino portuale sono state campionate mediante carotaggi a varia profondità.

Sono state eseguite prove di assorbimento tipo Le Franc e calcolati i valori di permeabilità; inoltre sono stati installati dei piezometri ed effettuati i rilevamenti piezometrici in sequenza multi temporale nell'ambito di studi pregressi diretti dallo scrivente.



### 6.5.3 RAPPORTI TRA ACQUA DOLCE ED ACQUA DI MARE E CENNI SULLA QUALITA' DELLE ACQUE SOTTERANEE

E' stata evidenziata la presenza di un acquifero multistrato con variazioni anche marcate degli spessori dei vari livelli sia in direzione parallela che trasversale alla linea costiera.

Da ultimo, spostandosi verso la linea attuale di costa ai margini dell'area considerata, a causa del diverso ambiente di sedimentazione (spiaggia Plaia, costiera bassa calcarenitica) i livelli impermeabili si riducono in spessore ed estensione areale fino a scomparire quasi del tutto, per cui si passa ad un unico acquifero freatico.

Lungo la fascia costiera, all'interno dei terreni acquiferi, esiste un fenomeno di galleggiamento dell'acqua di falda su quella marina ("cuneo salino"), che risulta essere relativamente più densa.

L'interfaccia che suddivide i due liquidi assume forme ed inclinazioni che dipendono da numerosi fattori quali la pressione idrostatica dei diversi punti, la densità dell'acqua marina, l'altezza del livello piezometrico sul livello medio marino, la densità dell'acqua dolce ed il deflusso della falda.

L'interfaccia è molto complessa in quanto l'eterogeneità e l'anisotropia dell'acquifero comportano l'esistenza di diverse velocità di deflusso che provocano irregolarità anche considerevoli del suo andamento geometrico. Oltretutto il passaggio tra i due liquidi avviene gradualmente attraverso una zona di diffusione (o di transizione) a salinità decrescente dal basso verso l'alto.

Altro fenomeno che condiziona l'andamento dell'interfaccia e il fenomeno della dispersione, che si esplica mediante lo spostamento di acqua gravifica, a causa delle oscillazioni del livello marino generate dalle maree e del livello di falda per effetto delle acque di infiltrazione meteorica, delle variazioni di pressione atmosferica e a causa degli emungimenti effettuati da pozzi o altre opere idriche.

La zona di transizione, la cui geometria è strettamente dipendente dal coefficiente di diffusione molecolare e dal coefficiente di viscosità, assume spessori che aumentano allontanandosi dalla linea di costa.



COMUNE DI FAVIGNANA

---

LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA DEL PORTO DI FAVIGNANA

---

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE - QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE

---

I rapporti tra acqua dolce ed acqua salata rappresentano, quindi, un equilibrio naturale che può essere facilmente turbato da utilizzazioni intensive ed irrazionali della falda tramite l'emungimento, da parte di pozzi, di volumi d'acqua superiori alla potenzialità idrogeologica, determinando una depressione permanente e progressiva della superficie piezometrica.

In questi casi il carico idraulico diminuisce e l'interfaccia tende ad avvicinarsi alla piezometrica con la conseguente progressiva invasione dell'entroterra da parte dell'acqua di mare ("intrusione o ingressione marina").

Questo problema interessa anche l'Isola, che negli ultimi anni è stata interessata da problemi di approvvigionamento idrico nel periodo estivo di massima richiesta idropotabile. Infatti lo sfruttamento crescente delle acque sotterranee ha generato un certo allarmismo, nell'opinione pubblica e presso gli enti interessati, riguardo il degrado qualitativo della falda idrica della pianura; ciò sia per la salinizzazione delle acque sotterranee che per l'inquinamento di origine antropica.

Dato che le opere di progetto si estendono, per la quasi totalità, a partire dall'attuale linea di battigia verso il mare, non sono prevedibili modifiche dell'attuale geometria del cuneo salino.



## C6.6 - ANALISI DEI POTENZIALI FATTORI DI INTERFERENZA CON LA MATRICE AMBIENTALE SUOLO-SOTTOSUOLO

Si riporta di seguito la descrizione di tutti i potenziali fattori di impatto (“eventi possibili”) sulla matrice ambientale suolo e sottosuolo correlabili alle “azioni” potenzialmente generatrici.

Tali “azioni” non vanno interpretate necessariamente quali manifestazioni di una specifica attività esercitata, ad esempio, nel corso della realizzazione dell’opera, ma come fenomeni di alterazione o modificazione dello stato attuale indotti dalla presenza dell’opera nella situazione post operam.

Seguiranno poi specifiche considerazioni circa la reale possibilità che tali fattori di interferenza si manifestino e che assumano le caratteristiche di veri e propri impatti ambientali.

La tipologia delle opere in progetto, unitamente alle informazioni geologiche ricavate, hanno comunque già consentito di individuare i particolari settori maggiormente interessati da potenziali modifiche, quasi esclusivamente dal punto di vista morfologico, nei confronti dell’opera.

Infatti, come deducibile dalle analisi condotte, non sono prevedibili interazioni tra l’opera portuale e l’ambiente idrogeologico in quanto l’intervento si sviluppa esclusivamente in mare.

Infine si può affermare che le principali potenziali interazioni “opera – suolo e sottosuolo” sono essenzialmente riconducibili ai possibili rapporti tra le strutture a mare e le tendenze evolutive della linea di costa.

Le azioni di progetto si concentreranno dall’attuale spiaggia Plaia verso il mare, lungo l’attuale Molo di Levante, ed escludono a priori la possibilità di alterazione della falda dolce sotterranea in quanto rilevabile, anche se a breve profondità, solo nella zona emersa.

Come evidenziato nei precedenti paragrafi, nella fascia costiera in cui trova collocazione l’attuale infrastruttura portuale, a causa della presenza di depositi sabbiosi di vario ambiente di sedimentazione (spiaggia, dune costiere, ecc.) in cui i livelli limoso-argillosi sono quasi del tutto assenti, si rileva la presenza di un unico acquifero freatico.

Le caratteristiche di permeabilità, particolarmente elevata, dei depositi costieri e la presenza di una falda freatica a breve profondità dal piano campagna, attribuiscono all’acquifero una rilevante vulnerabilità idrogeologica.



Nonostante le suddette condizioni non possano che costituire un elemento di fragilità ambientale del territorio costiero e non si possa non considerare tale contesto idrogeologico particolarmente sensibile, si evidenzia la totale mancanza di azioni di progetto sull'ambiente terrestre e la conseguente esclusione di qualsivoglia fattore di interferenza.

Si ritiene, pertanto, che le opere in progetto non comporteranno alcun impatto e/o modifica del deflusso idrico sotterraneo.

## C6.7 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DELL'AREA DI PROGETTO

La caratterizzazione geotecnica preliminare dei terreni riscontrati si è basata sulla verifica diretta delle sequenze litostratigrafiche nonché alla definizione delle proprietà fisico-meccaniche e sismiche dei terreni secondo i seguenti due approcci:

### 1) Metodologia diretta:

- sondaggi geognostici a rotazione a carotaggio continuo spinti sino alla profondità di 30 m dal piano di campagna;
- prove penetrometriche discontinue tipo SPT (Standard Penetration Test)
- prelievo di campioni;
- installazione di piezometri nei fori di sonda;
- analisi e prove geotecniche di laboratorio.

### 2) Metodologia indiretta:

- indagine sismica indiretta Masw.

Con l'esame delle carote estratte dai sondaggi, le cui stratigrafie di dettaglio sono riportate in appendice e con semplici prove di riconoscimento si è pervenuti alla classificazione geotecnica basata essenzialmente sulla composizione granulometrica dei materiali, sul contenuto naturale d'acqua e sulla consistenza.

Le prove penetrometriche dinamiche S.P.T. (*Standard Penetration Test*) eseguite con campionatore tipo Raymond con massa battente da 73kg risultano idonee a determinare le caratteristiche meccaniche dei terreni a granulometria grossa mediante apposite correlazioni esistenti nella letteratura geotecnica.



### C6.7.1 SONDAGGI GEOGNOSTICI

I sondaggi geognostici hanno accertato la presenza di un complesso calcarenitico nel quale possono distinguersi due orizzonti.

Quello superficiale, dello spessore di circa m.10,00≈12,00, è definito da calcareniti più o meno cementate con sottili inclusioni sabbiose; il livello profondo è formato da alternanze di sabbie limose e sabbie con sottili livelli cementati.

Appare opportuno riportare alcune considerazioni sul grado di precisione del tipo di indagine in relazione al tipo di terreno.

E' ormai accertato da numerosi casi che nei terreni calcarenitici come quelli in oggetto, durante la perforazione si provoca la rottura dei legami di cementazione fra le particelle.

Pertanto, dall'esame delle carote sembra trattarsi di sabbie poco o nulla cementate; al contrario il terreno è dotato di un apprezzabile grado di cementazione che consente di eseguire scavi con pareti molto prossime alla verticale. A tale conclusione si è pervenuti, tramite esperienze dirette operando sia sulle calcareniti di Favignana che su quelle di Marsala. Solo se la roccia è molto resistente ed omogenea è possibile, con tecniche adeguate, effettuare il prelievo di carote integre senza rompere i legami interparticellari (*Resistenza alla compressione uniassiale determinata in laboratorio su provini cilindrici variabile da 1,6 a 1,7 N/mm<sup>2</sup>*).

Anche dalle prove penetrometriche si ottengono valori dei parametri meccanici inferiori a quelli reali, probabilmente per il disturbo del carotaggio o per l'accumulo, a fondo foro, di materiale rimaneggiato proveniente dalle pareti o caduto dal carotiere durante la manovra di sollevamento.

In conclusione, la tipologia di indagine, porta alla definizione di un quadro geotecnico di riferimento cautelativo che, si deve porre alla base dei calcoli geotecnici.



### C6.7.2 MODELLAZIONE GEOTECNICA DEL SITO

Si osserva esplicitamente che la caratterizzazione geotecnica che si presenta è stata ottenuta sia con lo studio e l'interpretazione delle prove ed analisi geotecniche che con l'interpretazione delle prove S.P.T con l'ausilio di correlazioni esistenti nella letteratura tecnica specifica.

Sono state eseguite prove di identificazione per la classificazione geotecnica dei terreni, prove di resistenza al taglio di tipo consolidata drenata e prove di compressione edometrica ad incrementi di carico controllati che hanno consentito di schematizzare le caratteristiche geotecniche dei vari strati da utilizzare nei calcoli e nelle verifiche di progetto.

Sotto l'aspetto granulometrico i campioni si sono classificati "sabbia limosa, sabbia limosa ghiaiosa o sabbia con ghiaia" essendo la percentuale di argilla compresa fra lo 0.50% ed il 6,30% quella del limo compresa fra il 10% e il 22,60%, quella della sabbia fra l'55,80 e l'89,20% mentre quella della ghiaia fra lo 0.20% ed il 34,50% . Il contenuto naturale d'acqua,  $W_n$ , compreso fra il 11,49% ed il 33,54%.

La determinazione dei limiti di plasticità e di liquidità non è stata possibile in quanto trattasi di materiali granulari "non plastici" non plasmabili a forma di bastoncino.

Il peso dell'unità di volume,  $\gamma$ , assume un valore compreso da 1.47 gr/cm<sup>3</sup> a 2.01 gr/cm<sup>3</sup>, mentre il peso secco dell'unità di volume ( $\gamma_d$ ) ed il peso specifico dei grani ( $\gamma_s$ ) assumo rispettivamente valori di 1,27-1,77 gr/cm<sup>3</sup> e di 2.65-2.73 gr/cm<sup>3</sup>.

Dalle prove di taglio diretto di tipo CD, interpolando linearmente i punti di rottura sul piano di Mohr-Coulomb, si sono ottenuti i seguenti parametri meccanici in termini di pressioni effettive:

$$\text{Coesione drenata } C' = 0.00 \approx 0,70 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Angolo di attrito } \phi' = 35^\circ \approx 48^\circ$$



COMUNE DI FAVIGNANA

LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA DEL PORTO DI FAVIGNANA

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE - QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE

Per le caratteristiche di deformabilità può farsi riferimento ai risultati delle prove edometriche sintetizzati nella seguente tabella:

**VALORI DEL MODULO EDMETRICO "E" IN FUNZIONE**

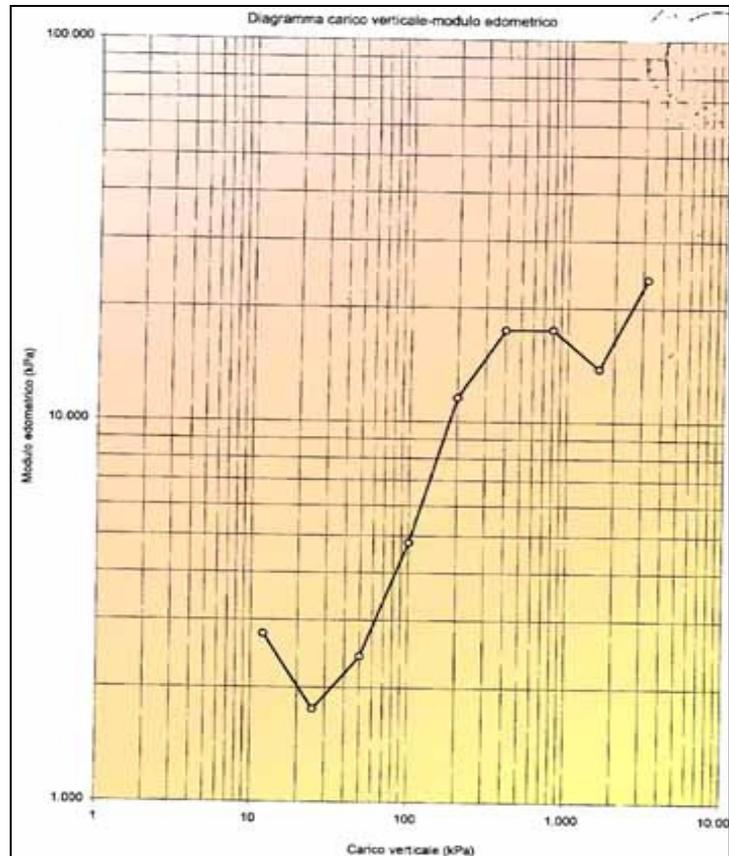
<b>Carico Verticale (kPa)</b>	<b>Cedimenti <math>\delta h</math> (mm)</b>	<b>Cedimenti Corretti <math>\delta h'</math> (mm)</b>	<b>Cedimenti "e" (%)</b>	<b>Indice dei Vuoti "e"</b>	<b>Modulo Edometrico (kPa)</b>
12	0,05	0,04	0,22	1,277	2.756
25	0,20	0,19	0,96	1,260	1.756
50	0,42	0,40	2,00	1,237	2.410
100	0,62	0,61	3,04	1,213	4.803
200	0,80	0,78	3,90	1,193	11.568
400	1,03	1,01	5,05	1,167	17.444
800	1,49	1,46	7,34	1,115	17.478
1.600	2,65	2,62	13,13	0,983	13.805
3.200	4,00	3,96	19,86	0,829	23.783
800	3,93	3,91	19,58	0,835	
200	3,86	3,83	19,22	0,844	
12	3,79	3,77	18,91	0,851	



COMUNE DI FAVIGNANA

LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA DEL PORTO DI FAVIGNANA  
STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE - QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE

### DELLA PRESSIONE EFFETTIVA " $\sigma$ "



Le prove penetrometriche dinamiche di tipo S.P.T. (*Standard Penetration Test*) eseguite alle varie profondità hanno evidenziato un elevato grado di addensamento dei livelli sabbiosi individuati. I risultati delle prove sono riportati nella seguente tabella:

PROFONDITA' (m)	NUMERI COLPI	DI
m. 3.70	(48+7+12)	colpi
m. 12.00	(11+26+35)	colpi
m. 3.00	(4+8+11)	colpi
m. 11.00	(3+8+10)	colpi
m. 4.00	(7+9+11)	colpi
m. 11.00	(3+6+10)	colpi
m. 6.00	(4+6+10)	colpi
m. 21.00	(12+12+14)	colpi
m. 6.00	(11+12+15)	colpi



Considerati i valori di  $N_{s.p.t.}$  elevati in assoluto, ed utilizzando la correlazione di De Mello si ottengono valori dell'angolo di attrito superiori a 40°.

### C6.7.3 INDAGINI GEOSISMICHE

La conoscenza dell'andamento nel sottosuolo della velocità di propagazione delle onde di taglio è, come noto, importante negli studi di microzonazione sismica finalizzati alla stima di possibili effetti nel sito, capaci di amplificare il moto del terreno durante un terremoto.

Negli ultimi anni hanno avuto ampio sviluppo le tecniche geofisiche basate sull'analisi della propagazione delle onde superficiali ed, in particolare, delle onde di Rayleigh.

Le proprietà dispersive di tali onde in mezzi stratificati, nonché la stretta relazione esistente tra la loro velocità di propagazione e quella delle onde di taglio, consentono di risalire al profilo di velocità delle onde S.

La determinazione della velocità delle onde di taglio VS tramite le misure delle onde superficiali di Rayleigh risulta particolarmente indicata per suoli altamente attenuanti ed ambienti rumorosi poiché la percentuale di energia convertita in onde di Rayleigh è di gran lunga predominante (67%) rispetto a quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde P (7%) ed S (26%).

Il metodo di indagine attivo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è basato su una artificiale energizzazione sismica del suolo e sull'analisi spettrale delle onde superficiali presenti nel segnale (Nazarian e Stokoe, 1984; Park et al, 1999).

La curva di dispersione delle onde di Rayleigh rappresenta la variazione di velocità di fase che tali onde hanno al variare della frequenza. Tali valori di velocità sono strettamente legati alle proprietà meccaniche del mezzo in cui l'onda si propaga (velocità delle onde S, delle onde P e densità).

Tuttavia, diversi studi hanno in realtà messo in evidenza che la velocità delle onde P e la densità sono parametri di second'ordine, rispetto alle onde S nel determinare la velocità di fase delle onde di Rayleigh.



Quindi, dato che le onde superficiali campionano una porzione di sottosuolo che cresce in funzione del periodo dell'onda e che la loro velocità di fase è fortemente condizionata in massima parte dalle velocità delle onde S dello strato campionato, la forma di questa curva è essenzialmente condizionata dalla struttura del sottosuolo ed in particolare dalle variazioni con la profondità delle velocità delle onde S.

Pertanto, utilizzando appositi metodi è possibile stabilire una relazione (analiticamente complessa ma diretta) fra la forma della curva di dispersione e la velocità delle onde S nel sottosuolo.

Tale relazione consente il calcolo di curve di dispersione teoriche a partire da modelli del sottosuolo a strati piano-paralleli. L'operazione d'inversione consiste nella minimizzazione, attraverso una procedura iterativa, degli scarti tra i valori di velocità di fase sperimentali della curve di dispersione e quelli teorici relativi ad una serie di modelli di prova "velocità delle onde S profondità". Per ottenere un quadro soddisfacente del modello geologico del sito si è stabilito di eseguire n° 2 sondaggi MASW con lunghezza della base sismica di 26 mt.

Data la necessità di analizzare con elevato dettaglio le basse frequenze (tipicamente anche al di sotto dei 20 Hz), sono stati utilizzati n. 12 geofoni a 4.5 Hz (ad asse verticale). Il sismografo è stato tarato per attribuire lo stesso guadagno ad ogni geofono.

L'array effettuato per la presente indagine è lineare. La spaziatura tra i geofoni è di 2 m quindi la lunghezza complessiva del profilo risulta essere di 26 m. Non ci sono state variazioni di quota tra i geofoni in quanto il sito risulta pianeggiante. L'energizzazione è stata eseguita con una mazza battente da 9 kg in un punto esterno allo stendi mento, distante 6m dal primo geofono.

L'intervallo di campionamento è stato assunto in 2 ms in modo da ottenere un elevato dettaglio del segnale.

#### STRUMENTAZIONE USATA:

- Sismografo PASI 12S12L;
- Numero dei canali 12;
- Geofoni verticali da 4.5 hz PASI;

#### SISTEMI DI ENERGIZZAZIONE:

- Massa battente (mazza da 9 kg).



I sondaggi sismici hanno consentito di differenziare due orizzonti litologici della formazione calcarenitica base ai parametri fisici e dinamici ricavati dalla prospezione geofisica.

#### C6.7.3.1 INDAGINE SISMICA PER L'ATTRIBUZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE IN LINEA CON IL TESTO UNICO "NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI"

Per definire la categoria di sottosuolo come contemplato nel "*Testo Unico per le Costruzioni*" (art. 3.2.1), si è fatto riferimento ai dati acquisiti con l'indagine geosismica attiva Masw (Multichannel Analysis of Surface Waves, finalizzata alla caratterizzazione sismica dei terreni mediante la misura diretta delle velocità delle onde sismiche trasversali  $V_s$  fino ad una profondità di circa 30m dal piano di campagna.

Con tale metodo è stato possibile determinare le  $V_{s30}$  ovvero la media pesata delle velocità delle onde sismiche trasversali per i primi 30 metri.

Sono stati eseguiti n.2 sondaggi Masw con stese sismiche pari a 26 m. Data la necessità di analizzare con elevato dettaglio le basse frequenze sono stati utilizzati n.12 geofoni a 4,5 Hz ad asse verticale. Con distanza intergeofonica pari a 2,00 m.

I dati acquisiti e l'elaborazione dei sismogrammi con software WinMasw 4.0 hanno fornito sequenze sismostratigrafiche a tre orizzonti:

- **Il primo sismostrato**, è caratterizzato da velocità di propagazione delle  $V_s$  comprese fra 174.8968 m/s e 129.3303 m/s rispettivamente nei sondaggi S1 ed S2, associabile al rifratore superficiale di bassa velocità di propagazione (terreno agrario) con scadenti caratteristiche meccanico elastiche, dello spessore variabile da 0.40 m a 0.70 m;
- **Il secondo sismostrato**, corrisponde ad un rifratore a velocità più elevata caratterizzato da valori di velocità delle onde S comprese fra 378.959 m/s e 413.8006 m/s associabile al deposito calcarenitico, di medio bassa cementazione, dello spessore variabile da 12.00 m a 15.00 m.;
- **Il terzo sismostrato** di spessore indefinito è caratterizzato da velocità delle onde S comprese fra 859.6784 m/s e 880.28 m/s. E' associabile al substrato calcarenitico molto cementato.



Con la stima delle onde Vp sono stati calcolati analiticamente i seguenti moduli dinamici:

- $\nu$  = *coefficiente di Poisson*
- $E$  = *modulo di Young*
- $G$  = *modulo di Taglio*
- $L$  = *modulo di rigidità o di Lamè*
- $\sigma$  = *modulo di compressione*

<b>Stesa</b> <b>Masw</b> <b>N°</b>	<b>Strato</b> <b>n°</b>	<b>Vp</b> <b>m/sec</b>	<b>Vs</b> <b>m/sec</b>	$\gamma$ <b>gr/cm3</b>	$\sigma$ <b>MPa</b>	<b>Moduli elastici</b>			
						$\nu$	<b>E</b> <b>MPa</b>	<b>G</b> <b>MPa</b>	<b>L</b> <b>MPa</b>
S.1	1	358	174.8968	1.81	158	0.34	149	55	121
	2	745	378.959	1.98	721	0.33	755	285	531
	3	1877	859.6784	2.21	5599	0.27	4463	1632	4511
S.2	1	282	129.3303	1.75	100	0.37	80	29	81
	2	943	413.8006	2.04	1348	0.38	965	350	1115
	3	1996	880.28	2.22	6558	0.38	4747	1721	5411

Dall'analisi delle indagini sismiche, nonché dal calcolo delle  $Vs_{30}$  è stato possibile attribuire, in riferimento al punto 3.2.2. delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, **la categoria di sottosuolo "B"** – Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $Vs_{30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica media  $N_{spt,30} > 50$  nei terreni a grana grossa, e coesione non drenata media  $c_{u30} > 250$  kPa nei terreni a grana fina).

E' stata rilevata una distribuzione sismostratigrafica caratterizzata da un aumento progressivo con la profondità delle velocità sia delle onde sismiche primarie (Vp) che secondarie (Vs).

Sulla base del profilo delle onde di taglio elaborato, attraverso la curva di dispersione si è ottenuto nel sondaggio **Masw S.1** un valore delle  $Vs_{30}$  **pari a 506 m/s** mentre nel sondaggio **Masw S.2** un valore delle  $Vs_{30}$  **pari a 575 m/s**.



## C6.8 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il bacino portuale dell'Isola di Favignana presenta condizioni geologiche e geomorfologiche del tutto favorevoli in quanto non ricade nell'ambito di aree classificate ad "rischio o pericolosità" né tantomeno in "siti di attenzione" indicati nel Piano Assetto Idrogeologico delle Isole Egadi approvato con il D.P. del 24.04.2007 pubblicato sulla G.U.R.S. n.29 del 29.06.2007.

Le indagini geognostiche hanno accertato la presenza continua di un complesso calcarenitico sabbioso nell'ambito del quale possono distinguersi due orizzonti. Quello più superficiale è costituito da calcareniti molto cementate con sottili intercalazioni sabbiose; nell'orizzonte più profondo è stata accertata l'alternanza di sabbie limose ghiaiose con livelli calcarenitici più cementati. L'orizzonte calcarenitico superficiale risulta caratterizzabile con angoli di attrito alquanto elevati compresi fra 35° e 48° (*analisi delle prove di taglio diretto*) mentre per l'orizzonte più profondo l'elevato stato di addensamento è stato oggetto di verifica puntuale con l'esecuzione di prove penetrometriche dinamiche eseguite a varie quote nell'ambito dei sondaggi di riferimento.

Dall'analisi delle indagini sismiche, nonché dal calcolo delle  $V_{s30}$  è stato possibile attribuire, in riferimento al punto 3.2.2. delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, **la categoria di sottosuolo "B"** – *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica media  $N_{spt,30} > 50$  nei terreni a grana grossa, e coesione non drenata media  $c_{u30} > 250$  kPa nei terreni a grana fina).*

E' stata rilevata una distribuzione sismostratigrafica caratterizzata da un aumento progressivo con la profondità delle velocità sia delle onde sismiche primarie ( $V_p$ ) che secondarie ( $V_s$ ).

Sulla base del profilo delle onde di taglio elaborato, attraverso la curva di dispersione si è ottenuto nel sondaggio **Masw S.1** un valore delle  $V_{s30}$  **pari a 506 m/s** mentre nel sondaggio **Masw S.2** un valore delle  $V_{s30}$  **pari a 575 m/s**.

In riferimento al punto 3.2.4. delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, l'area in oggetto è associabile alla Categoria Topografica T1 (Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ ).