

COMUNE DI MILAZZO
PROVINCIA DI MESSINA

**PROGRAMMA COSTRUTTIVO IN ZONA OMOGENEA
C1 PER LA REALIZZAZIONE DI 14 ABITAZIONI IN
COOPERATIVA EDILIZIA DENOMINATA
<LA FILCASA>**

DITTA: LA FILCASA, Società Cooperativa Edilizia

RELAZIONE GEOMORFOLOGICA

Atto allegato alla delibera del Commissario
ad Acta N° 04 del 05 GEN. 2022
Il Segretario Com.le
Il Commissario ad Acta

**IL GEOLOGO
Dr. SALVATORE MAIO**



COMUNE DI MILAZZO
PROVINCIA DI MESSINA

PROGRAMMA COSTRUTTIVO IN ZONA OMOGENA C1 PER LA
REALIZZAZIONE DI 14 ABITAZIONI IN COOPERATIVA EDILIZIA
DENOMINATA "LA FILCASA"

DITTA: LA FILCASA Società Cooperativa Edilizia

INDICE

- Premessa.....	pag. 1
- Caratteristiche morfologiche.....	pag. 2
- Caratteristiche geologiche.....	pag. 3
- Sismicità del territorio.....	pag. 5
- Osservazioni macrosismiche.....	pag. 6
- Indagini geognostiche e stratigrafia locale.....	pag. 7
- Caratteristiche idrogeologiche.....	pag. 10
- Modalità della circolazione idrica sotterranea.....	pag. 11
- Valutazione della vulnerabilità all'inquinamento dell'acquifero.....	pag. 12
A) Metodo DRASTIC.....	pag. 13
A1) Descrizione del metodo DRASTIC.....	pag. 13
A2) Analisi di vulnerabilità DRASTIC.....	pag. 15
A3) Valutazione della vulnerabilità DRASTIC.....	pag. 16
- Determinazione della vulnerabilità dell'acquifero all'inquinamento risultante.....	pag. 17
- Caratteristiche geotecniche.....	pag. 18
- Categoria del sottosuolo di fondazione.....	pag. 19
- Condizioni topografiche.....	pag. 19
- Valutazione del potenziale di liquefazione.....	pag. 20
- Pericolosità geologiche ed aree a maggior pericolosità sismica locale...	pag. 23
- Considerazioni conclusive.....	pag. 23

ALLEGATI

- Estratto P.A.I. in scala 1:10000 e 1:5000
- Carta geomorfologica in scala 1:2000
- Carta e modelli geologici di riferimento in scala 1:2000
- Stralcio P.R.G. degli acquedotti in scala 1:25000
- Carta e sezioni idrogeologiche in scala 1:2000
- Carta e sezioni litotecniche in scala 1:2000
- Carta delle indagini in scala 1:500
- Grafico profilo verticale Vs
- Carta delle pericolosità geologiche in scala 1:2000
- Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica in scala 1:5000
- Carta della suscettività del territorio in scala 1:5000
- Planimetria generale in scala 1:500
- Sezione geologica in scala 1:500

PREMESSA

Nella presente relazione sono illustrati i risultati di una indagine geologico-tecnica, eseguita nel Comune di Milazzo (ME), per conto della Soc. Coop. Edilizia <La Filcasa>, sul terreno interessato dal **“Programma costruttivo in zona omogenea C1 per la realizzazione di 14 abitazioni in cooperativa edilizia denominata <La Filcasa>”**.

Come previsto dalle vigenti disposizioni in materia, con particolare riguardo alla circolare n. 57027 del 15.10.2012 emanata dall'Assessorato del Territorio e dell'Ambiente della Regione Sicilia, recante le modalità di esecuzione degli *“Studi geologici per la redazione degli strumenti urbanistici”* e il § 6.12 del D.M.I.T. 14.01.2008, vengono di seguito descritte le condizioni morfologiche, litologiche, geologico-strutturali, idrogeologiche e geotecniche del sito interessato dalla realizzazione del programma costruttivo.

Tali condizioni sono state valutate tramite un accurato rilievo geologico di superficie, opportunamente esteso al di fuori dell'area di stretto interesse progettuale e proporzionato alle dimensioni, alle caratteristiche ed all'importanza del realizzando intervento edilizio; alla complessità della situazione geologica locale ed allo stato delle conoscenze della zona oggetto di indagine.

In particolare, il rilevamento di superficie ha permesso di definire il modello geologico dell'area di progetto e ricostruire la successione litostratigrafica locale.

L'esecuzione di n° 1 indagine MASW ha permesso di valutare la suscettibilità alla liquefazione dell'area oggetto di intervento ed ottenere indicazioni circa le condizioni litostratigrafiche sitespecifiche.

Viene invece rimandata alla fase esecutiva della progettazione una dettagliata valutazione dei parametri, essendo questi subordinati ad una specifica campagna di accertamenti geognostici e geotecnici.

Alla presente relazione geomorfologica, si allegano:

- estratto P.A.I. in scala 1:10000 e 1:5000;
- carta geomorfologica in scala 1:2000;
- carta e modelli geologici di riferimento in scala 1:2000;
- stralcio P.R.G. degli acquedotti in scala 1:25000;
- carta e sezioni idrogeologiche in scala 1:2000;
- carta e sezioni litotecniche in scala 1:2000;
- carta delle indagini in scala 1:500;
- grafico profilo verticale Vs;
- carta delle pericolosità geologiche in scala 1:2000;
- carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica in scala 1:5000;
- carta della suscettività del territorio in scala 1:5000;
- planimetria generale in scala 1:500;
- sezione geologica in scala 1:500.

CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE

L'area in esame ricade nella tavoletta in scala 1:25000 "Milazzo" I° S.O. del foglio n° 253 della Carta d'Italia edita dall'I.G.M. e risulta ubicata ad una distanza minima di mt. 280 dalla linea di costa.

Dal punto di vista morfologico, l'area oggetto di studio risulta totalmente pianeggiante e priva di discontinuità altimetriche ricadendo (ad una quota prossima a mt. 6,5 s.l.m.) sui depositi alluvionali recenti che caratterizzano l'estesa pianura costiera su cui sorge buona parte dell'abitato del Comune di Milazzo.

Sotto l'aspetto strutturale non si evidenziano fratture, faglie o cavità che possano essere di pregiudizio alla stabilità delle realizzande opere.

Per quanto riguarda i caratteri idrografici, non sono stati rilevati solchi di erosione o linee di impluvio preferenziali allo scorrimento delle acque meteoriche che possano arrecare effetti morfologicamente apprezzabili nell'area indagata.

In particolare, gli elementi morfogenetici possono considerarsi assenti in quanto le acque di precipitazione meteorica, unico elemento morfologicamente attivo, raggiunta la superficie topografica, tendono ad infiltrarsi nel sottosuolo grazie alla morfologia pianeggiante e alla litologia permeabile dell'area stessa.

Il reticolo di drenaggio del territorio risulta costituito dal Torrente Mela e dal Torrente Floripotema-Corriolo che scorrono, entro l'alveo di magra dei rispettivi alvei, a distanze tali dal sito in esame da escludere eventuali fenomeni di erosione e/o esondazione a carico dell'area di interesse progettuale.

Il sito oggetto di intervento ricade inoltre al di fuori delle aree soggette a dissesto "*reale o potenziale*" di natura idrogeologica e/o geomorfologica, come individuato nel f. 587150 ("*carta della pericolosità e del rischio geomorfologico*") della carta tecnica regionale relativa al P.A.I. dell'area territoriale compresa tra il bacino idrografico del T.te Corriolo e il bacino idrografico del T.te Mela.

Analogamente, con riferimento all'Unità Fisiografica n° 21 (da Capo Calavà a Capo Milazzo) l'area oggetto di intervento risulta esterna alla fascia costiera soggetta a condizioni di pericolosità e rischio.

I manufatti presenti in aree adiacenti quella oggetto di intervento, non evidenziano lesioni dovute a cedimenti differenziali del substrato di fondazione e/o segni di subsidenza.

Allo stato attuale, la zona in esame presenta pertanto buone condizioni di stabilità ed equilibrio geomorfologico.

La carta geomorfologica in scala 1:2000 allegata alla presente relazione, evidenzia le peculiarità geomorfologiche del territorio interessato dalla realizzazione del programma costruttivo in oggetto e un suo intorno significativo.

CARATTERISTICHE GEOLOGICHE

Il rilevamento geologico è stato ampliato anche alle zone circostanti l'area interessata dalla realizzazione del programma costruttivo in oggetto, allo scopo di ottenere un inquadramento di questo in quella che è la geologia locale.

E' stato così possibile constatare come, nell'area in studio, affiori la seguente successione cronostratigrafica ascrivibile al ciclo sedimentario del Quaternario Recente:

- Depositi Marini Attuali (Olocene)
- Alluvioni Recenti (Olocene)

Di seguito viene fornita una descrizione dei tipi litologici riscontrati (dai termini più antichi ai più recenti) mentre la carta geologica e le sezioni geologiche in scala 1:2000 allegati alla presente relazione, evidenziano la distribuzione areale e i rapporti giacitureali delle formazioni litologiche riscontrabili in un intorno significativo rispetto l'area di interesse progettuale.

ALLUVIONI RECENTI

Costituiscono il terreno di fondazione del realizzando programma costruttivo e risultano caratterizzate da notevole potenza ed estensione orizzontale.

Litologicamente si tratta di depositi clastici bene addensati, incoerenti, ad andamento suborizzontale, con una colorazione variabile dal marrone chiaro al marrone scuro e del tutto privi in fossili.

Presentano caratteristiche granulometriche variabili dal limo, alla sabbia, alla ghiaia, organizzate in sequenze metriche e decametriche provviste di scarsa continuità laterale, in cui la prevalenza dell'uno o dell'altro termine è imputabile alle condizioni locali delle correnti di trasporto durante i processi di sedimentazione.

La composizione mineralogica e le dimensioni granulometriche osservate sulle pareti di sbancamenti eseguiti per scopi diversi in tutta la fascia alluvionale costiera, testimoniano un'alta maturità mineralogica raggiunta dal sedimento, unitamente alla bassa maturità tessiturale dovuta alla matrice più o meno abbondante.

In particolare, all'esame macroscopico, le sabbie risultano costituite da granuli di quarzo, feldspati e, in misura minore, minerali femici. Le ghiaie si presentano ben levigate, di forma allungata e risulta facilmente riconoscibile la natura metamorfica dei tipi litologici dalla cui erosione derivano.

I ciottoli presentano elementi cristallini di varia natura: granitico-pegmatitica, gneiss; anfiboliti e/o calcari cristallini dalla forma generalmente allungata e dagli spigoli arrotondati.

Tali sedimenti alluvionali si sono accumulati successivamente all'ultima fase regressiva legata alla glaciazione würmiana la quale, determinando l'abbassamento del livello marino fino ad una quota di circa 120 mt inferiore rispetto quella attuale, avrebbe consentito il ringiovanimento del reticolo idrografico con accentuazione dei processi erosivi a carico della retrostante dorsale peloritana.

Gli apporti solidi dovuti all'azione erosiva delle acque selvagge, nel corso del tempo geologico, sono andati ad accumularsi allo sbocco delle valli alimentando, man mano che il mare regrediva, conoidi di deiezione variamente orientati ed estesi.

La successiva trasgressione, denominata “*Flandriana*” o “*Versiliana*”, con la risalita del livello del mare, avrebbe invece favorito i processi gradazionali con colmamento delle paleovalli formatesi durante la precedente fase regressiva.

L'attuale pianura alluvionale sarebbe infine emersa negli ultimi 5000 anni (Olocene: cronozona Sub Boreale - Sub Atlantica) fino a raggiungere la sua conformazione attuale in seguito alle fasi di sollevamento regionale tuttora in corso, mantenendo una leggerissima pendenza (1% circa) verso il mare, spessore valutabile in 50 mt. circa e giacitura trasgressiva rispetto alle sottostanti argille azzurre pleistoceniche.

Nella sua formazione, un ruolo importante sarebbe stato svolto dal promontorio di Capo Milazzo (costituito da un rilievo isolato di rocce cristalline di genesi e litologia analoga a quelle affioranti sul versante nord-orientale della Catena dei Peloritani) il quale, con la sua caratteristica di “alto strutturale” costituisce una barriera contro cui le correnti marine diminuiscono la velocità di trasporto favorendo la deposizione e l'accumulo dei clasti trasportati a mare dalle fiumare.

DEPOSITI MARINI ATTUALI

Presentano la stessa genesi e litologia delle alluvioni recenti precedentemente descritte e si differenziano da queste perchè vengono periodicamente rimaneggiati, per una superficie più o meno estesa, in occasione delle mareggiate.

Costituiscono un deposito ghiaio-ciottoloso che non supera l'altezza di qualche metro s.l.m. e si presenta in banchi inclinati fino a immergersi nel mare.

Occasionalmente, lungo la spiaggia e trasportati dal moto ondoso, è possibile rinvenire anche frammenti di pomici provenienti, sicuramente, dal gruppo vulcanico delle Isole Eolie.

SISMICITA' DEL TERRITORIO

Le ricerche sulla sismicità della Sicilia Orientale ed altri studi sui maggiori terremoti degli ultimi mille anni (*Barbano e Cosentino, 1981; Lombardo, 1984*) hanno dimostrato come il 48% circa del territorio siciliano abbia subito, almeno una volta, una scossa sismica di intensità superiore al 9° M.S.K.-64.

La distribuzione degli epicentri e l'attività sismica (*Riznichenko, 1964*) individuano la fascia orientale della Sicilia tra le aree ad elevata pericolosità sismica, con rischio sismico molto più alto nelle zone maggiormente popolate.

Il "rischio sismico" del territorio in esame è legato ai grossi eventi sismici a carattere regionale, come quelli del 1908; del 1693 e del 1169.

Barbano, Carrozzo, Cosentino et al. (1984), in accordo con la teoria di Gumbel, forniscono una tabella che lega la magnitudo (magnitudo = misura quantitativa della dimensione di un terremoto) al periodo di ritorno, considerato come intervallo di tempo per il quale è probabile che si verifichi l'evento sismico.

Per la parte Nord della Sicilia Orientale, forniscono i seguenti dati:

<i>Magnitudo</i>	<i>Periodo di ritorno</i>
3,0	4,0
4,0	12
5,0	39
6,0	123

per piccoli valori di magnitudo, si hanno quindi periodi di ritorno di circa quattro anni.

Nel territorio in esame e nell'entroterra tirrenico esistono però delle configurazioni tettoniche e strutturali (faglie) che possono modificare la risposta locale all'input sismico.

Lo studio del comportamento di una faglia, con particolare riferimento alla sua "attività" (intendendo con tale termine la possibilità di movimento in condizioni di sollecitazioni sismiche) esula dagli scopi del presente lavoro richiedendo tempi di osservazione particolarmente lunghi.

In linea generale si può comunque affermare che la zona dei Peloritani, così come quella dei Nebrodi e delle Madonie (che, nel complesso, formano la "Catena Costiera") costituisce un'area "sismicamente attiva" e risente della sismicità dell'area del Mar Tirreno.

Le caratteristiche strutturali, tettoniche e geologiche di tale area confermano tale definizione e i più recenti terremoti, come quello di Caronia del 1967 (intensità 6°÷7°); di Mistretta del 1977 (intensità 6°) e quelli del Golfo di Patti del 15.04.1978 e 14.02.1999 (9° e 6° rispettivamente) unitamente ai recenti eventi sismici registrati all'interno della regione sismica dei M.ti Peloritani (eventi del 22.10.2004; 03.12.2004 e 10.03.2008 con magnitudo 3.5;

3.1 e 3.2 rispettivamente) forniscono esempi storici sulla pericolosità sismica di tale parte del territorio siciliano.

Da segnalare infine come, nel periodo gennaio 2003 ÷ aprile 2013, nell'ambito della regione sismica "Golfo di Patti e di Milazzo", siano stati registrati n° 193 eventi sismici (l'ultimo dei quali in data 27.04.2013 con $M=2.6$) aventi profondità ipocentrali comprese tra 1,0 e 240 Km e valori di magnitudo variabili da 1.9 a 4.5.

OSSERVAZIONI MACROSISMICHE

L'esame dei dati relativi al DBMI11 ("Data Base Macrosimico Italiano, anno 2011") reperibile sul sito www.emidius.mi.ingv.it, permette di individuare n° 31 eventi sismici accaduti tra il 1693 e il 2002 registrati all'interno del territorio comunale di Milazzo e la cui intensità è risultata prossima o superiore alla soglia di danno. L'elenco completo è indicato nella tabella di pagina seguente (Tab. A).

In essa, il parametro "Is" indica l'intensità macrosismica al sito; "Io" l'intensità macrosismica all'epicentro mentre con "Mw" viene indicata la magnitudo momento. Da essa si evince come, nel territorio comunale di Milazzo, il massimo valore dell'intensità macrosismica avvertito sia pari a 8-9.

Dalla comparazione dei dati macrosismici con quelli riportati nel catalogo dei terremoti italiani dall'anno 1000 all'anno 1980 del CNR (integrato con il catalogo della sismicità italiana 1981÷2002 dell'INGV) appare evidente come la sismicità dell'area in studio sia dovuta a molti terremoti di bassa magnitudo piuttosto che a pochi con alta magnitudo.

Ne deriva che il comune di Milazzo, risulta classificato in zona 2 ai sensi del Decreto 15.01.2004 del Dir. Gen. del DRPC con accelerazione massima al suolo (a_{max}) pari a

$$a_{max} = 0,174665g$$

con probabilità di superamento del 10% in 50 anni ai sensi dell'Ord. Pres. Cons. Min. n° 3274 del 20 marzo 2003.

Is	Anno	Gi	Me	Or	Min	Se	AE	Io	Mw
7	1693	11	01	13	30		Sicilia orientale	11	7.41 $\hat{A}\pm 0.15$
F	1717	22	04				CASTROREALE	6-7	4.76 $\hat{A}\pm 0.39$
6-7	1729	29	06	13	00		CASTROREALE	6-7	4.93 $\hat{A}\pm 0.34$
5	1732	28	03				CASTROREALE	5	4.30 $\hat{A}\pm 0.34$
F	1739	10	05	15	25		Naso	8	5.13 $\hat{A}\pm 0.44$
F	1743	20	02	16	30		Basso Ionio	9	7.13 $\hat{A}\pm 0.19$
7	1780	14	09				PATTI	7-8	5.35 $\hat{A}\pm 0.34$
7	1783	05	02	12	00		Calabria	11	7.02 $\hat{A}\pm 0.08$
6-7	1783	26	04	02	10		Milazzo	5-6	4.51 $\hat{A}\pm 0.34$
8-9	1786	10	03	14	10		Sicilia nord-orientale	9	6.15 $\hat{A}\pm 0.38$
5	1823	05	03	16	37		Sicilia settentrionale		6.47 $\hat{A}\pm 0.15$
6-7	1831	28	01				MILAZZO	5-6	4.51 $\hat{A}\pm 0.34$
4	1892	16	03	12	38		ALICUDI	7	5.29 $\hat{A}\pm 0.31$
5-6	1893	22	04	03	20		MONTALBANO	6-7	4.87 $\hat{A}\pm 0.28$
6-7	1894	16	11	17	52		Calabria meridionale	9	6.07 $\hat{A}\pm 0.10$
4-5	1898	12	08				ROMETTA	6-7	4.89 $\hat{A}\pm 0.22$
6	1095	08	09	01	43		Calabria meridionale		7.04 $\hat{A}\pm 0.16$
7	1908	28	12	04	20	24	Calabria meridionale-Messina	11	7.10 $\hat{A}\pm 0.15$
4	1926	17	08				ISOLA DI SALINA	7-8	5.41 $\hat{A}\pm 0.23$
5	1936	08	10	08	04		Patti		4.84 $\hat{A}\pm 0.20$
NF	1941	22	05	06	16		Stromboli	7-8	5.35 $\hat{A}\pm 0.34$
2-3	1968	15	01	02	01	04	Valle del Belice	10	6.33 $\hat{A}\pm 0.13$
F	1975	16	01	00	09	48	Stretto di Messina	7-8	5.20 $\hat{A}\pm 0.09$
2	1977	05	06	13	59	22	MISTRETTA	6	4.72 $\hat{A}\pm 0.11$
3-4	1978	11	03	19	20	48	Calabria meridionale	8	5.24 $\hat{A}\pm 0.09$
7	1978	15	04	23	33	47	Golfo di Patti		6.06 $\hat{A}\pm 0.09$
3-4	1980	23	11	18	34	52	Irpinia-Basilicata	10	6.89 $\hat{A}\pm 0.09$
4-5	1990	13	12	00	24	28	Sicilia sud-orientale	7	5.64 $\hat{A}\pm 0.09$
4-5	1999	14	02	11	45	54	Patti		4.69 $\hat{A}\pm 0.09$
4	2002	05	04	04	52	21	Isole Eolie	5-6	4.47 $\hat{A}\pm 0.09$
4	2002	06	09	01	21	29	PALERMO		5.94 $\hat{A}\pm 0.09$

Tab. A: Storia sismica del Comune di Milazzo

INDAGINI GEOGNOSTICHE E STRATIGRAFIA LOCALE

Al fine di determinare preliminarmente le condizioni litostratigrafiche locali e procedere alla valutazione del potenziale di liquefazione del sito in esame, si è provveduto all'esecuzione di n° 1 profilo sismico con metodologia MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*).

In particolare, il metodo MASW risulta classificabile come una tecnica di indagine sismica, simile alla sismica a rifrazione, in quanto risulta analogo il

principio base dovendosi registrare i tempi di arrivo di un “treno” di onde generate da una sorgente e captate da un allineamento di geofoni.

Nel caso in esame, è stato possibile determinare la curva di dispersione delle onde superficiali (“*Onde di Rayleigh*”) generate dall’impatto di una mazza battente da 9 Kg su una piastra in lega di alluminio ed acquisite con un intervallo temporale di 250 microsec per un tempo totale di acquisizione pari a 1s.

Le onde di superficie sono state registrate da n° 12 geofoni verticali a bassa frequenza (4,5 Hz) disposti secondo una geometria lineare, intervallati a distanza di 1,5 m con “*offset*” pari a 6,0 m e collegati ad un sismografo multicanale, a memoria incrementale mod. PASI 16SG24-N.

Rispetto alla sismica a rifrazione, il metodo MASW presenta il vantaggio di superare i problemi legati alla necessità di avere sismostrati con velocità di propagazione delle onde P crescenti con l’aumentare della profondità e, fornendo il profilo di velocità fino a profondità di circa 30 mt. dal p.c. (in funzione della rigidità del suolo) rappresenta un valido ausilio per la classificazione sismica dei terreni.

A differenza della sismica a rifrazione, si utilizzano geofoni a bassa frequenza (4,5 Hz) al fine di registrare la velocità di propagazione delle onde superficiali (onde di Rayleigh) che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde.

In particolare, le onde di Rayleigh si producono dalla combinazione di onde longitudinali e onde trasversali e, allontanandosi dalla sorgente, subiscono una attenuazione geometrica inferiore rispetto alle onde P o alle onde S in quanto si propagano secondo fronti d’onda cilindrici (le onde P ed S si propagano invece secondo fronti d’onda sferici).

La componente orizzontale e verticale dei due fronti d’onda risulta sfasata di 90°, per cui, durante il moto, le particelle descrivono un’ellisse in cui l’asse maggiore risulta parallelo alla superficie topografica fino alla profondità di circa 2λ (essendo λ la lunghezza d’onda).

In un mezzo stratificato, le onde di Rayleigh assumono inoltre un andamento “*dispersivo*” in quanto onde con diversa lunghezza d’onda si propagano con velocità di fase diversa (Achenbach, J.D., 1999; Aki, K. And Richards, P.G., 1980) o, detto in maniera equivalente, la velocità di fase apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione.

La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che le onde caratterizzate da grandi lunghezze d’onda (onde P), interessano gli strati più profondi del sito mentre le onde ad alta frequenza presentano una lunghezza d’onda così corta da interessare solo gli strati più superficiali del sito (senza avvertire la presenza degli strati sottostanti).

Ne deriva pertanto che le onde di Rayleigh, di diversa lunghezza d’onda, forniscono informazioni a varie profondità lungo una determinata verticale.

L'interpretazione dei dati di campagna è stata effettuata tramite programma WinMasw 4.0 realizzato da "Eliosoft Geophysical Software" che impiega appositi algoritmi di calcolo genetici e viene attuata in 3 steps successivi: la prima fase prevede il calcolo della velocità di fase (o curva di dispersione) apparente strumentale. La seconda fase consiste nel calcolare la velocità di fase apparente numerica; la terza ed ultima fase consiste nell'individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs dopo aver raggiunto la sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) *sperimentale* e la velocità di fase (o curva di dispersione) *numerica* corrispondente al modello di suolo assegnato.

Quando la differenza nella sovrapposizione tra la curva sperimentale e la curva numerica rimane compresa nel range 5%÷10%, si ha un soddisfacente accordo tra le due curve e il profilo di velocità delle onde di taglio Vs.

Il "tipo" di suolo sismico che ne deriva, rappresenta pertanto una soluzione valida dal punto di vista interpretativo.

Nel caso in esame, è stato possibile ricostruire il profilo verticale della velocità di propagazione delle onde S fino alla profondità di mt. 30 dal p.c. e il relativo grafico viene riportato in allegato.

L'attribuzione ad un determinato tipo litologico è stata infine effettuata mediante il confronto con i valori di range di velocità caratteristici di ogni litotipo e sulla base delle conoscenze geologiche riscontrate nei dintorni del sito.

Vengono di seguito riportati i risultati dell'indagine sismica effettuata e le deduzioni geologiche relative, riconducendole ad un modello elastico interpretativo a 3 strati:

PROFONDITA' DAL P.C. (mt.)	Vp (m/sec)	Vs (m/sec)	LITOLOGIA
0,00 ÷ 1,70	380	180	Aerato superficiale e depositi alluvionali mediamente addensati, a prevalente componente sabbio-limosa, passanti a limi-sabbiosi
1,70 ÷ 9,10	563	264	Depositi alluvionali mediamente addensati, saturi sin dalla profondità di mt. 6,0 dal p.c., a prevalente componente sabbio-limosa passanti a limi-sabbiosi
> 9,10	793	383	Depositi alluvionali saturi, da mediamente addensati ad addensati, a prevalente componente sabbio-limosa, passanti a sabbie-ghiaiose

CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

I terreni riscontrati durante il rilevamento geologico di superficie permettono di distinguere un unico complesso idrogeologico, definibile come “*complesso alluvionale*”, il cui spessore risulta valutabile in 50 mt. circa.

Tale complesso idrogeologico risulta costituito da terreni provvisti di media-elevata permeabilità primaria “*per porosità*” la cui entità risulta inversamente proporzionale alla quantità dei materiali “*fini*” presenti e risulta sovrapposto stratigraficamente alla formazione delle argille azzurre che agisce da “*impermeabile di fondo*”.

In particolare, i terreni alluvionali sono definiti come rocce “*sciolte*” a causa della disposizione spaziale dei clasti che consente la formazione di spazi interstiziali fra i singoli granuli, favorendo la percolazione nel sottosuolo delle acque piovane.

Occorre tuttavia considerare che, la circolazione idrica che si instaura nelle falde acquifere, risulta condizionata dai limiti idrogeologici che si verificano al passaggio tra una facies e l'altra sia in senso orizzontale che verticale.

Ne consegue allora che, nell'ambito dei sedimenti alluvionali indagati, sia possibile trovare situazioni variabili dove i termini estremi sono rappresentati dai limi (pressoché impermeabili) con valori del coefficiente di permeabilità K compresi tra

$$10^{-7} \leq K \text{ (m/sec)} \leq 10^{-9}$$

e dalle sabbie e ghiaie (permeabili) con valori del coefficiente di permeabilità compresi tra

$$10^{-1} \leq K \text{ (m/sec)} \leq 10^{-4}$$

Tale complesso alluvionale, 600 m circa a Nord-Est del sito candidato alla realizzazione del nuovo programma edilizio, risulta attraversato dal pozzo “*Contura 1*”, (codice risorsa 19ME00G0050P002) utilizzato per scopi idropotabili dal Comune di Milazzo e compreso tra le risorse vincolate ai sensi del D.P.R. 11/03/1968 n° 1090 e della L. 05/01/1994 e ss.mm.ii. nel P.R.G. degli acquedotti di ATO ME.

MODALITA' DELLA CIRCOLAZIONE IDRICA SOTTERRANEA

Sulla scorta delle caratteristiche litologiche osservate durante il rilevamento geologico di superficie, si è provveduto ad evidenziare lo schema della circolazione idrica riscontrabile nell'area oggetto di intervento.

Poichè l'idrodinamica superficiale e sotterranea risulta determinata dai limiti idrogeologici che si instaurano al passaggio tra una facies e l'altra (sia in senso orizzontale che verticale) ne deriva che, all'interno del bacino idrografico in cui ricade l'area di interesse progettuale, le acque di precipitazione meteorica si infiltrano e circolano nel sottosuolo provenendo dalle porzioni sommitali del bacino idrografico del T.te Mela, fino a trovare recapito nel deposito alluvionale costiero il quale rappresenta il collettore di tutte le acque sotterranee in quanto verso di esso affluiscono e si convogliano le acque che, in varia forma, entrano nel bacino idrogeologico.

In particolare, il deposito alluvionale presente in corrispondenza della "Piana di Milazzo", costituisce un acquifero multifalda a causa di intercalazioni impermeabili costituiti da livelli limosi, di varia potenza ed estensione, allungati nel senso della corrente che li ha depositati.

In tale acquifero, la superficie piezometrica si riscontra a profondità variabile durante il corso dell'anno (in relazione al volume delle precipitazioni meteoriche e degli emungimenti) e presenta direzione di flusso verso la linea di costa.

Dall'esame dei pozzi presenti nell'area oggetto di intervento, risulta che la falda più superficiale presenta un livello piezometrico la cui profondità media stagionale risulta prossima a mt. 6,0 dal p.c.

Tale risorsa idrica risulta differente rispetto quella utilizzata per scopi idropotabili dal Comune di Milazzo in quanto il pozzo "Contura 1" (profondo 50 m) attinge ad una falda idrica profonda e maggiormente protetta nei confronti di eventuali carichi inquinanti provenienti dalla superficie.

VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' ALL'INQUINAMENTO DELL'ACQUIFERO

Il realizzando programma costruttivo rimane compreso all'interno della zona di protezione, estesa per un raggio di 1,0 Km, attorno alla risorsa idrica denominata "Pozzo Contura I" ed utilizzata a scopo idropotabile dal Comune di Milazzo.

Sebbene nel sito candidato alla realizzazione del nuovo insediamento non siano stati riscontrati livelli idrici sub-affioranti, la percolazione nel sottosuolo dei residui delle lavorazioni, potrebbe causare la contaminazione della falda idrica, con conseguente peggioramento delle caratteristiche qualitative della risorsa idrica destinata al consumo umano.

Al fine di assicurare la salvaguardia del patrimonio idrico sotterraneo e quantificare il rischio di degrado qualitativo della risorsa, si rende necessario procedere, innanzi tutto, alla valutazione della "vulnerabilità intrinseca dell'acquifero" nei confronti del pericolo di inquinamento indotto dalla realizzazione di sbancamenti e lavorazioni che si andranno ad effettuare.

Nel caso specifico, la valutazione del pericolo di contaminazione della falda sotterranea risulta condizionata sia dalla presenza della sorgente di inquinamento che dall'insieme dei parametri idrogeologici (quali porosità, permeabilità, profondità della superficie freatica rispetto al piano di campagna, geometria dell'acquifero, direzione di flusso della falda, ecc...) i quali assumono importanza primaria nella circolazione e diffusione delle sostanze contaminanti presenti nel sottosuolo.

Tuttavia, man mano che un fluido inquinante si infiltra nel sottosuolo, "subisce" la capacità di auto-depurazione del terreno provocata dall'interazione di numerosi fattori fisici (quali diluizione, filtrazione, assorbimento, scambio ionico, ...) chimici (soluzione, precipitazione, idrolisi, fenomeni di ossidazione, riduzione, ...) e biologici (processi di decomposizione, trasformazione, accumulo, ...).

In tal modo, un fluido inquinante, tende ad essere depurato man mano che circola nel sottosuolo, impoverendosi progressivamente dei contaminanti microbici. Quest'ultimi vengono infatti trattenuti selettivamente dai pori del terreno in relazione alla dimensione dei singoli agenti inquinanti ed in funzione della natura chimica del mezzo ricettore, oltre che dalla sua porosità e permeabilità.

Tra i numerosi modelli proposti in letteratura per la valutazione della vulnerabilità degli acquiferi nei confronti delle fonti di inquinamento, il metodo DRASTIC fornisce una classificazione del territorio sulla base dei parametri ritenuti maggiormente responsabili dell'evoluzione del fenomeno di contaminazione all'interno delle acque sotterranee attribuendo, al tempo stesso, grande importanza all'azione filtro-barriera che il terreno non saturo, sovrastante l'acquifero, è in grado di esercitare nei confronti di un inquinante, idroveicolato o fluente in fase separata, in infiltrazione dalla superficie topografica.

La metodologia in esame si basa sull'applicazione di "punteggi" e "pesi moltiplicatori" che permettono di evidenziare l'eventuale importanza di un parametro rispetto agli altri, in particolari situazioni idrogeologiche e/o d'impatto antropico.

Di seguito vengono illustrati i risultati dei calcoli eseguiti.

A. METODO DRASTIC

Il modello parametrico a punteggi DRASTIC (acronimo di Deep Water; Recharge net; Aquifer media; Soil media; Topography; Impact of vadose zone; Conductivity hydraulic) è un PCSM ("Point Count System Method") metodo a punteggi e pesi particolarmente utilizzato negli USA.

Tale metodologia è stata proposta da *Aller L., Bennet T., Lehr J.H., Petty R.J., Hackett G. (1987) in "DRASTIC: A standardized system for evaluating ground water pollution potential using hydrogeologic settings. NWWA/EPA Ser., 600/2-87-035)* e le numerose applicazioni hanno permesso all'ente proponente ("*United States Environment Protection Agency*") di calibrarlo al punto da renderlo sufficientemente affidabile.

A1. DESCRIZIONE DEL METODO DRASTIC

Attraverso tale metodologia, si giunge alla quantificazione della vulnerabilità del sistema naturale mediante un complesso di giudizi e valutazioni applicate ai seguenti sette parametri:

DEEP WATER: profondità della superficie freatica rispetto al piano di campagna. Assume un ruolo di primo piano nel calcolo della vulnerabilità intrinseca dell'acquifero in quanto, da tale parametro, dipende il tempo totale di transito e, quindi, l'autodepurazione da parte degli strati di terreno al di sopra della superficie freatica, funzione molto importante per la difesa della falda da inquinanti liquidi o idroveicolati.

RECHARGE NET: infiltrazione efficace. Costituisce la ricarica netta dell'acquifero, cioè il volume di acqua meteorica che infiltrandosi nel suolo (al netto delle perdite per deflusso superficiale ed evapotraspirazione) funge da agente di trasporto delle sostanze inquinanti. Da essa dipende la quantità di acqua che si infiltra e, quindi, la quantità di sostanze inquinanti che può essere idroveicolata nel sottosuolo.

AQUIFER MEDIA: costituisce lo spessore saturo dell'acquifero e rappresenta la capacità del mezzo poroso e/o fratturato a trasmettere l'inquinante, diluirne o concentrarne il flusso. Un inquinante idroveicolato vi giunge e può mescolarsi con le acque sotterranee solo dopo aver superato le prime linee di difesa (suolo e zona non-satura) dell'acquifero e, quindi, dopo aver abbattuto una parte più o meno rilevante della concentrazione microbica iniziale.

SOIL MEDIA: comprende la porzione superficiale della zona non-satura (suolo)

caratterizzata da una intensa attività biologica. In particolare, il suolo costituisce la prima difesa contro gli agenti inquinanti e rappresenta la capacità di opporsi alla mobilizzazione convettiva e/o diffusiva delle sostanze inquinanti mediante processi biochimici e fisici di trasformazione ed assorbimento colloidale. Influisce inoltre sulla quantità d'acqua che può infiltrarsi raggiungendo i livelli sottostanti e, dove risulta di spessore elevato, sull'autodepurazione dell'inquinante.

TOPOGRAPHY: Tale parametro rappresenta la pendenza della superficie topografica in base alla quale il deflusso superficiale risulta favorito oppure impedito. Nelle zone scarsamente acclivi, l'agente inquinante non è mobilizzato dalla pendenza ed ha maggiori possibilità di infiltrarsi nel sottosuolo.

IMPACT OF VADOSE-ZONE: rappresenta la capacità del terreno di opporsi al trasporto verticale (sia in termini idrologici che di interazione chimico-fisica del carico inquinante) e la diminuzione della velocità di percolazione. All'interno di esso agiscono processi di biodegradazione, filtrazione meccanica, reazioni chimiche, dispersioni. Si assume che il grado di protezione di un acquifero sia proporzionale allo spessore ed alla presenza della frazione fine nella zona non-satura. Particolare rilievo assume anche la componente chimica dei minerali presenti in questa zona perchè permettono scambi ionici e reazioni chimico-fisiche tali da attenuare il potere inquinante di alcune sostanze.

CONDUCTIVITY HYDRAULIC: rappresenta la conducibilità idraulica dell'acquifero, cioè la capacità di trasmettere orizzontalmente la sostanza inquinante sotto un determinato gradiente idraulico. Tale parametro agisce solo dopo che l'inquinante ha raggiunto la falda e risulta quantificabile mediante il valore del coefficiente di permeabilità dell'acquifero.

A ciascun parametro descritto, attraverso una serie di tabelle e abachi, viene assegnato un "punteggio" (variabile da 1 a 10) secondo se l'elemento risulta predisponente all'inquinamento (in tal caso assume il valore più elevato) oppure risulta conservativo nei confronti del sistema acquifero assumendo, in tal caso, il punteggio più basso.

Al punteggio ottenuto, si applica un "peso moltiplicatore" (da 1 a 5) la cui funzione risulta quella di esaltare, in maniera più o meno accentuata, l'importanza di un parametro rispetto agli altri in relazione alle condizioni idrogeologiche e degli scenari di rischio ipotizzabili all'interno dell'area esaminata.

Ai fini del presente studio (considerando che il metodo DRASTIC prevede due scenari di rischio) si è ritenuto opportuno adottare uno "scenario di rischio normale" in quanto, durante lo svolgimento delle attività lavorative, non viene fatto uso di fitofarmaci, pesticidi e/o fertilizzanti come avverrebbe invece in uno "scenario di rischio agricolo".

A2. ANALISI DI VULNERABILITA' DRASTIC

A ciascun parametro precedentemente analizzato, viene assegnato il seguente punteggio:

DEEP WATER: la presenza della superficie freatica alla profondità di mt. 6,0 circa dal p.c., permette di assegnare valore 6,5 a tale parametro.

RECHARGE NET: Al fine di quantificare tale parametro si è proceduto, innanzi tutto, alla valutazione delle condizioni climatiche dell'area in esame, prendendo in considerazione gli elementi disponibili riguardanti la temperatura dell'aria e le precipitazioni atmosferiche. In particolare, per le caratteristiche termometriche sono stati utilizzati i dati misurati alla stazione di Tindari (posta a quota 280 mt. s.l.m.) e pubblicati sul sito www.osservatorioacque.it dell'Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità, Dipartimento Regionale dell'Acqua e dei Rifiuti della Regione Sicilia.

In tal modo, sono state ricavate le medie mensili ed annuali relative a tutti gli anni di funzionamento della stazione termometrica (1951÷1984).

Per lo studio delle precipitazioni, sono stati utilizzati i dati relativi alla stazione pluviometrica di S.Lucia del Mela posta, anch'essa, a quota 280 s.l.m. riguardanti le medie delle precipitazioni mensili ed annuali osservate in tutti gli anni di funzionamento (1957 ÷ 1987).

Da tali dati emerge una altezza annua di precipitazioni prossima a 800 mm, con una temperatura media annua di 16,9°C tale da provocare l'evapotraspirazione del 60% circa delle precipitazioni annue. Ne deriva che l'infiltrazione efficace, per il territorio in esame, risulta valutabile in 150 mm/a cui compete il seguente punteggio DRASTIC: 6,0

AQUIFER MEDIA: L'acquifero principale è costituito dalla formazione olocenica delle Alluvioni Recenti in cui è riscontrabile la presenza della superficie piezometrica alla profondità di mt. 6,0 circa dal p.c. In relazione alla presenza di ghiaie e ciottoli in matrice sabbio-limoso, a tale parametro si assegna il seguente punteggio DRASTIC 6.

SOIL MEDIA: il suolo rappresenta la prima linea di difesa contro la percolazione e diffusione, nel sottosuolo, degli agenti inquinanti. Nel caso in esame, in relazione alla presenza di livelli a granulometria sabbio-limoso passanti a limo-sabbiosi è possibile assegnare il seguente punteggio DRASTIC: 5,0.

TOPOGRAPHY: Tale parametro assume valore 10 in relazione alle pendenze topografiche (circa 1%) riscontrabili tra il pozzo Contura 1 e l'area di interesse progettuale.

IMPACT OF VADOSE-ZONE: Le caratteristiche granulometriche del materiale detritico riportato in superficie durante l'escavazione di pozzi in aree limitrofe quella oggetto di studio, unitamente ai dati riscontrati durante

l'esecuzione delle indagini geognostiche in situ e la documentazione bibliografica consultata, hanno permesso di ricostruire la litologia della zona non satura relativa all'area in studio. In particolare, in relazione alla presenza di livelli discontinui (di varia potenza ed estensione areale) a prevalente componente sabbio-limosa variamente distribuiti entro il deposito alluvionale e capaci di condizionare la circolazione idrica sotterranea, è possibile attribuire, a tale parametro, il seguente punteggio DRASTIC: 4

CONDUCTIVITY HYDRAULIC: risulta quantificabile mediante il valore del coefficiente di permeabilità K. Per tale parametro, da prove di emungimento effettuate nel corso di precedenti indagini idrogeologiche eseguite su pozzi presenti in aree limitrofe quella oggetto di intervento, emerge il seguente range di variazione: $10^{-4} \leq K \text{ (m/sec)} \leq 10^{-5}$ cui compete il seguente punteggio DRASTIC:5.

A3. VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' DRASTIC

Moltiplicando il valore numerico di ciascun parametro per i "pesi" indicati in Tab. A, si ottiene il seguente punteggio DRASTIC per lo scenario di rischio ipotizzato:

Condizioni "non agricole"		
Parametro	Pesi moltiplicatori	Scenario di rischio
D	5	32,5
R	4	24,0
A	3	18,0
S	2	10,0
T	1	10,0
I	5	20,0
C	3	15,0
TOTALE		129,5

Tab. A: Vulnerabilità DRASTIC

cui corrisponde la seguente classe di rischio:

MODERATO

DETERMINAZIONE DELLA VULNERABILITA' DELL'ACQUIFERO ALL'INQUINAMENTO RISULTANTE

Il sistema parametrico DRASTIC fornisce una valutazione del territorio esclusivamente sulla base dei parametri idrogeologici che maggiormente condizionano l'evoluzione di un fenomeno di contaminazione delle acque sotterranee.

Il metodo non considera l'azione di autodepurazione esercitata dal non-saturo attraverso l'insieme delle reazioni chimiche (soluzione, precipitazione, idrolisi, fenomeni di ossidazione, riduzione, ...) e biologiche (processi di decomposizione, trasformazione, accumulo, ...) a causa della loro difficile quantizzazione preventiva.

Analogamente, non considera le locali condizioni sito-specifiche quali la distanza topografica e l'ubicazione morfologica intercorrente tra la sorgente di potenziale inquinamento e la risorsa vincolata oggetto di tutela nei confronti degli agenti inquinanti.

Risulta pertanto necessario associare al concetto di "vulnerabilità all'inquinamento intrinseca dell'acquifero" (precedentemente determinato), il concetto di "vulnerabilità all'inquinamento risultante" delle risorse oggetto di tutela, introducendo un fattore di correzione (F_c) che tenga in considerazione i parametri su menzionati.

Il valore realmente rappresentativo della vulnerabilità all'inquinamento scaturisce pertanto dal prodotto tra questo fattore di correzione F_c (che risulta sempre minore o uguale a 1) ed il valore di vulnerabilità intrinseca all'inquinamento ottenuto mediante l'applicazione del metodo DRASTIC.

Nel caso in esame, visti gli elaborati progettuali e gli accorgimenti tecnici previsti per la mitigazione degli effetti ambientali negativi (assenza di pozzi disperdenti e/o fosse Imhoff, mancata realizzazione di sbancamenti consistenti per la realizzazione di piani interrati), in relazione alla distanza topografica intercorrente tra l'area di interesse progettuale (600 m circa a valle del pozzo Contura 1) e la risorsa idrica di pubblico interesse; nonché in relazione all'insieme delle attività chimiche e biologiche espletate dallo spessore "non-saturo" (valutabile in 6,0 m circa) si ritiene adeguata, ai fini del presente studio, una riduzione superiore all'80% del potenziale carico inquinante apportato dal realizzando programma costruttivo nei confronti della vulnerabilità intrinseca dell'acquifero precedentemente calcolata.

Risulta quindi possibile applicare il fattore di correzione indicato in Tab. B, procedendo alla determinazione della "vulnerabilità all'inquinamento risultante" come di seguito indicato:

<i>Vulnerabilità all'inquinamento intrinseca</i>	F_c	<i>Vulnerabilità all'inquinamento risultante</i>
129,5	$\leq 0,20$	$\leq 25,9$

Tab. B: determinazione della vulnerabilità all'inquinamento risultante

cui corrisponde la seguente classe di rischio, nei confronti del Pozzo Contura 1, utilizzato per scopi idropotabili dal Comune di Milazzo:

INVULNERABILE

In definitiva, l'area oggetto di intervento risulta interessata dalla presenza di una falda idrica sub-superficiale ma, essendo il livello piezometrico a profondità superiori rispetto la profondità di interesse geotecnico, tale risorsa idrica non viene alterata o compromessa dalla realizzazione del progetto in esame.

Essendo inoltre in presenza di falde idriche appartenenti a corpi acquiferi differenti contenuti all'interno di un acquifero multifalda e in relazione alla direzione di flusso delle acque sotterranee (riscontrabile nella carta idrogeologica in scala 1:2000 allegata alla presente relazione) è possibile escludere qualsiasi interferenza tra il realizzando programma costruttivo e le risorse idropotabili presenti nel raggio di 1,0 Km visualizzate nello stralcio del P.R.G. degli acquedotti in scala 1:25000 che si allega alla presente relazione.

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

Per la valutazione delle caratteristiche geomeccaniche dell'area interessata dal redigendo programma costruttivo si fa riferimento ai risultati scaturiti da precedenti indagini geognostiche (prove penetrometriche dinamiche continue) eseguite, dallo scrivente, su terreni ad analoghe caratteristiche litologiche presenti in aree limitrofe quella di interesse progettuale.

In particolare, per il terreno di fondazione delle realizzande unità abitative viene indicato il seguente range di variazione dei parametri geotecnici, variabile in funzione delle anisotropie litologiche e granulometriche riscontrabili all'interno dell'area di sedime:

Peso di volume	$J = 1,8 \div 1,9 \text{ t/m}^3$
Angolo di attrito	$\varphi = 24^\circ \div 28^\circ$
Coesione	$c = 0,0 \div 0,1 \text{ Kg/cm}^2$

Tali parametri dovranno essere definiti puntualmente, in fase esecutiva e per ogni singola unità abitativa, mediante opportune indagini geognostiche e geotecniche.

In conformità con l'allegato D della circolare n° 57027/12 emanata dall'Assessorato Territorio ed Ambiente della Regione Sicilia, la carta litotecnica e le relative sezioni in scala 1:2000 allegate alla presente relazione, riportano la classificazione dei suddetti terreni distinguendoli tra terreni di copertura (categoria D1 ed E2) e formazione di substrato (argille azzurre; categoria F1) per la quale viene comunque omessa la parametrizzazione geotecnica in quanto non affiorante nell'area indagata e riscontrabile solo per profondità maggiori rispetto quella di interesse geotecnico.

CATEGORIA DEL SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE

L'analisi delle curve di dispersione delle onde superficiali scaturita dall'esecuzione della prova di sismica attiva MASW, ha evidenziato la presenza di n° 3 sismostrati aventi velocità media di propagazione delle onde S entro 30 m di profondità pari a:

$$V_{S30} = 326 \text{ m/sec}$$

Tale valore permette di classificare il terreno di fondazione ai sensi del § 3.2.2 del D.M.I.T. 14 gennaio 2008 come appartenente alla categoria C (*“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati, o terreni a grana fine mediamente 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 180 e 360 m/sec.”*)

CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

In relazione all'andamento della superficie topografica e alle condizioni morfologiche locali, l'area interessata dalla realizzazione del redigendo programma costruttivo risulta classificabile come appartenente alla categoria topografica T1 (*“Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ ”*) ai sensi della tabella 3.2.IV del D.M.I.T. 14.01.2008.

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

I depositi sabbiosi saturi, in conseguenza di un evento sismico, possono subire l'annullamento della resistenza al taglio a causa di un incremento della pressione interstiziale delle molecole d'acqua contenute entro il sedimento.

In tali condizioni, il terreno non è più in grado di sopportare alcuna sollecitazione esterna indotta dalle costruzioni ivi presenti che, di conseguenza, tendono a sprofondare.

Il fenomeno descritto è noto come "liquefazione dei terreni" ed è governato da molteplici fattori quali granulometria dei sedimenti; età e dimensioni del deposito; stato di addensamento; storia delle precedenti deformazioni....

Ai fini del presente studio si è ritenuto opportuno effettuare una valutazione del potenziale di liquefazione dell'area oggetto di indagine secondo i criteri proposti da *Andrus R.D. & Stokoe K.H., 2000 (Liquefaction Resistance of Soils from Shear-Wave Velocity)* successivamente modificati da *Andrus R.D.; Stokoe K.H. & Juang C.H., 2004 (Guide for Shear-Wave-Based Liquefaction Potential Evaluation. Earthquake Spectra)*.

Tali Autori mettono in relazione la velocità delle onde di taglio V_s con la resistenza ciclica alla liquefazione (CSR, "Cyclic Stress Ratio") di un sedimento.

In particolare, la domanda di resistenza ciclica (CSR) indotta da un sisma ad una determinata profondità, dipende dalla pressione totale ed efficace agente sullo strato di terreno, corretta da un fattore di riduzione (R_d) della profondità secondo l'espressione seguente:

$$CSR = \tau / \sigma'_{vo} = 0,65 \left(a_{max} / g \right) \left(\sigma_{vo} / \sigma'_{vo} \right) R_d$$

dove:

a_{max} = accelerazione massima alla superficie del suolo;

g = accelerazione di gravità (9,81 m/sec²);

σ_{vo} = tensione litostatica verticale totale;

σ'_{vo} = tensione litostatica verticale efficace;

R_d = fattore di riduzione delle tensioni alla profondità z ;

La velocità V_s delle onde di taglio registrata per ogni singolo strato viene corretta per gli effetti della pressione litostatica secondo l'equazione:

$$V_{s1} = V_s \left(P_a / \sigma'_{vo} \right)^{0,25}$$

dove:

V_{s1} = velocità delle onde di taglio corretta per la pressione litostatica efficace;
 V_s = velocità delle onde di taglio misurata in situ;
 P_a = pressione atmosferica (100 KPa);
 σ'_{vo} = tensione litostatica verticale efficace.

Nel caso in esame, considerando un'accelerazione di picco indotta dal sisma

$$a_{max}=0,175g$$

con probabilità di superamento del 10% in 50 anni ai sensi dell'Ord. Pres. Cons. Min. n° 3274 del 20 marzo 2003 e la presenza di livelli idrici sin dalla profondità di mt. 6,00 dal p.c., è possibile costruire la tabella seguente utilizzando, a varie profondità, i dati scaturiti dall'esecuzione dell'indagine MASW:

Sismostrato	Prof. dal p.c. (mt.)	CSR	V_{s1} (m/sec)
2	6,00	0,108	257,3
2	6,50	0,113	254,8
2	7,00	0,116	252,4
3	10,0	0,131	347,7
3	12,5	0,131	334,6
3	15,0	0,127	323,6
3	20,0	0,116	306,0
3	30,0	0,102	281,4

Inserendo le coppie di valori CSR- V_{s1} nel diagramma di pagina seguente (fig. 1) è possibile evidenziare come, il sito indagato, risulti non liquefacibile, con fattore di sicurezza (FSL) pari a 1,5, anche nel caso di un sisma avente magnitudo $M = 8.0$.

Da segnalare infine come, uno degli eventi sismici di più elevata magnitudo nella storia sismica italiana, sia stato il terremoto che il 28.12.1908 ha interessato l'area dello stretto di Messina facendo registrare magnitudo 7.1 all'epicentro.

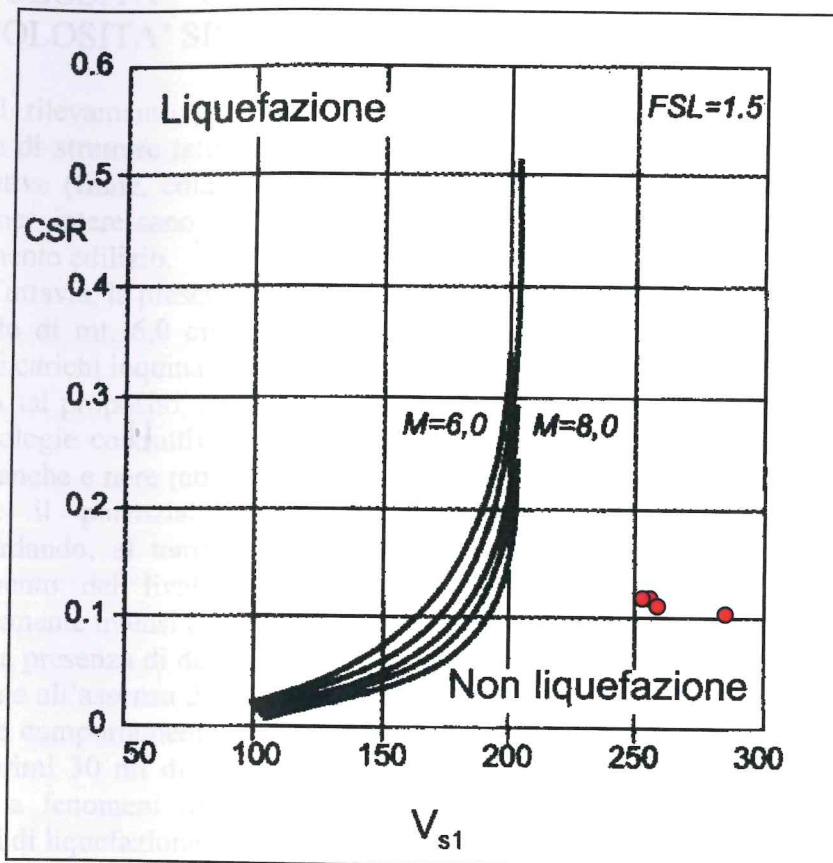


Fig. 1: Correlazione fra il rapporto di sforzo ciclico CSR e la velocità delle onde di taglio corretta in funzione della pressione litostatica.

PERICOLOSITA' GEOLOGICHE ED AREE A MAGGIORE PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

Il rilevamento geologico di superficie ha permesso di escludere la presenza di strutture tettoniche ed aree interessate da pericolosità geologiche significative (frane, colate di detrito, fenomeni di erosione e/o esondazione, ecc.) che interessano il sito candidato alla realizzazione del nuovo insediamento edilizio.

Tuttavia, la presenza della superficie piezometrica alla profondità media stagionale di mt. 6,0 circa dal p.c. impone particolare cautela di fronte ad eventuali carichi inquinanti di origine antropica provenienti dalla superficie.

A tal proposito, l'assenza di sbancamenti profondi per la realizzazione delle tipologie costruttive in progetto e la prevista rete di smaltimento delle acque bianche e nere (attraverso la rete pubblica esistente) appaiono idonee ad abbattere il potenziale livello di inquinamento delle risorse idriche salvaguardando, al tempo stesso, la falda anche nel caso di un eventuale innalzamento del livello piezometrico in occasione di eventi meteorici particolarmente intensi e prolungati.

La presenza di depositi alluvionali incoerenti su tutta l'area investigata, unitamente all'assenza di contatti stratigrafici tra formazioni litologiche aventi differente comportamento geomeccanico e la mancanza di un bedrock rigido entro i primi 30 mt di profondità rende, l'area di interesse progettuale, non soggetta a fenomeni di amplificazione delle onde sismiche ed esente da fenomeni di liquefazione.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

In sintesi di quanto precedentemente esposto circa le caratteristiche morfologiche, litologiche, geologico-strutturali ed idrogeologiche del terreno esaminato, è possibile rilevare come l'area oggetto di intervento versa in buone condizioni di stabilità generale e pertanto non pone particolari problemi riguardo gli scopi progettuali previsti.

In particolare:

- Il terreno interessato dalla realizzazione del nuovo insediamento edilizio risulta costituito da una successione di sedimenti alluvionali di età olocenica, sovrapposti trasgressivamente alla formazione pleistocenica delle argille azzurre.

- Tali sedimenti alluvionali presentano una componente prevalentemente sabbio-limosa nei livelli superficiali; un buon grado di addensamento e spessore valutabile in 50 m circa.
- Il sito di interesse progettuale ricade al di fuori delle aree soggette a rischio idraulico/geomorfologico, come riportato nella *carta della pericolosità e del rischio geomorfologico* (f. 587150 della CTR) relativa al P.A.I. dell'area territoriale compresa tra il bacino idrografico del T.te Muto e il bacino del T.te Corriolo.
- Con riferimento all'Unità Fisiografica n° 21 (da Capo Calavà a Capo Milazzo) l'area oggetto di intervento risulta esterna alla fascia costiera soggetta a condizioni di pericolosità e rischio.
- Dal punto di vista idrogeologico, è da rilevare la presenza di livelli idrici sin dalla profondità di mt. 6,0 circa dal p.c. Tale livello piezometrico può subire oscillazioni periodiche in funzione delle precipitazioni atmosferiche e degli emungimenti.
- L'applicazione del metodo proposto da *Andrus R.D.; Stokoe K.H. & Juang C.H. (2004)* ha permesso di verificare come, l'area di interesse progettuale, sia classificabile come "non liquefacibile".
- Ai fini della tutela della falda idrica di fronte ad eventuali carichi inquinanti di origine antropica provenienti dalla superficie, appare geologicamente opportuna l'assenza di sbancamenti profondi per la realizzazione del piano di imposta delle fondazioni e la canalizzazione delle acque bianche e nere attraverso la rete pubblica esistente.
- Durante il rilevamento geologico di superficie non sono state individuate particolari condizioni di pericolosità geologica per cui si riscontra la compatibilità tra le previsioni progettuali contenute nel realizzando programma costruttivo e le condizioni geomorfologiche locali.

Considerata tuttavia la preliminarità della presente relazione, in fase esecutiva si renderà necessario effettuare ulteriori ed opportuni accertamenti geognostici e geotecnici in relazione alle tipologie costruttive; permettendo una adeguata scelta e dimensionamento delle strutture di fondazione delle realizzande opere.

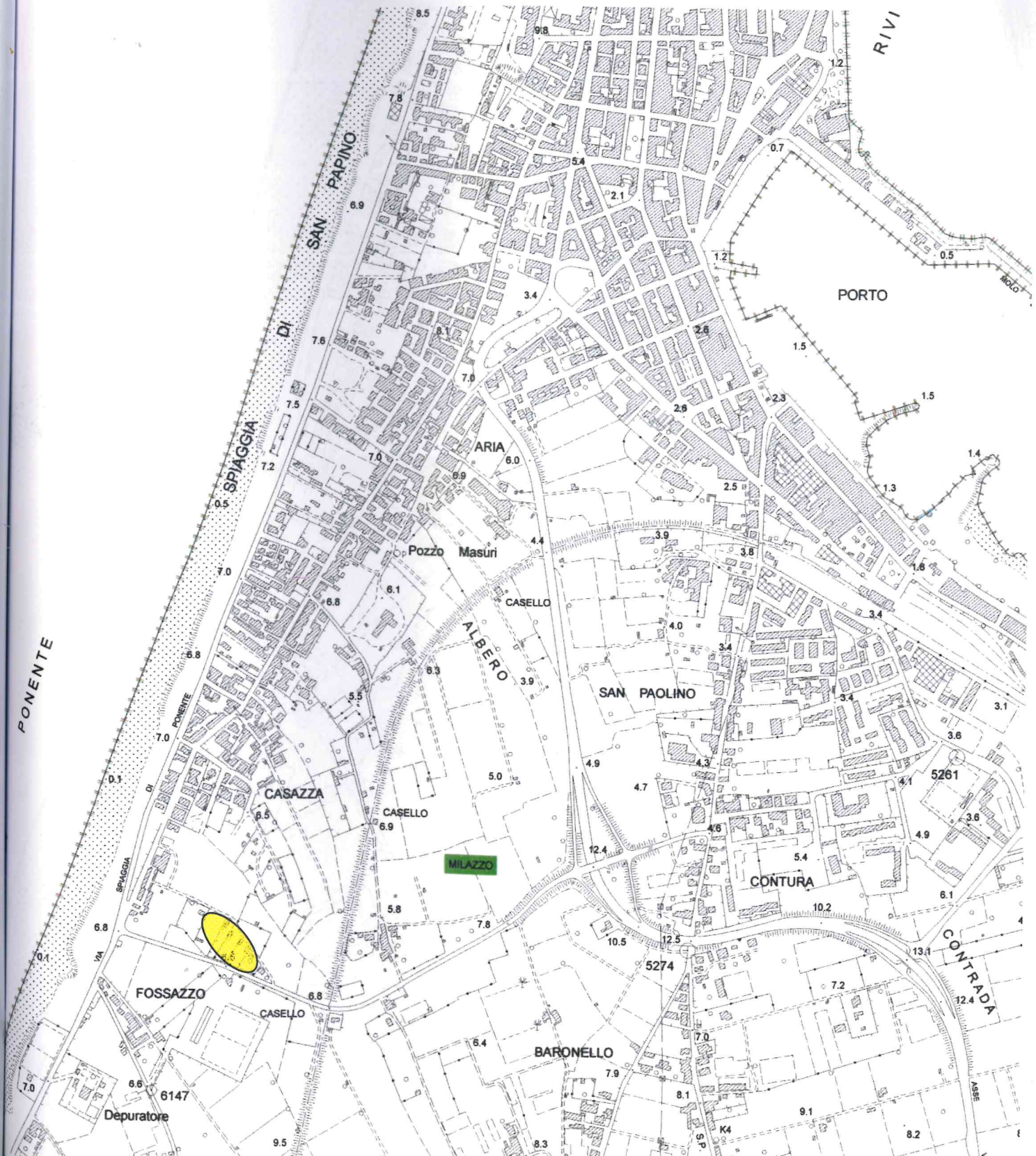
IL GEOLOGO
Dott. SALVATORE MAIO

Maio Salvatore



PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.)
Area territoriale compresa tra il bacino idrografico del T.te Corriolo e il T.te Mela
C.T.R. f. 587150 Scala 1:10000

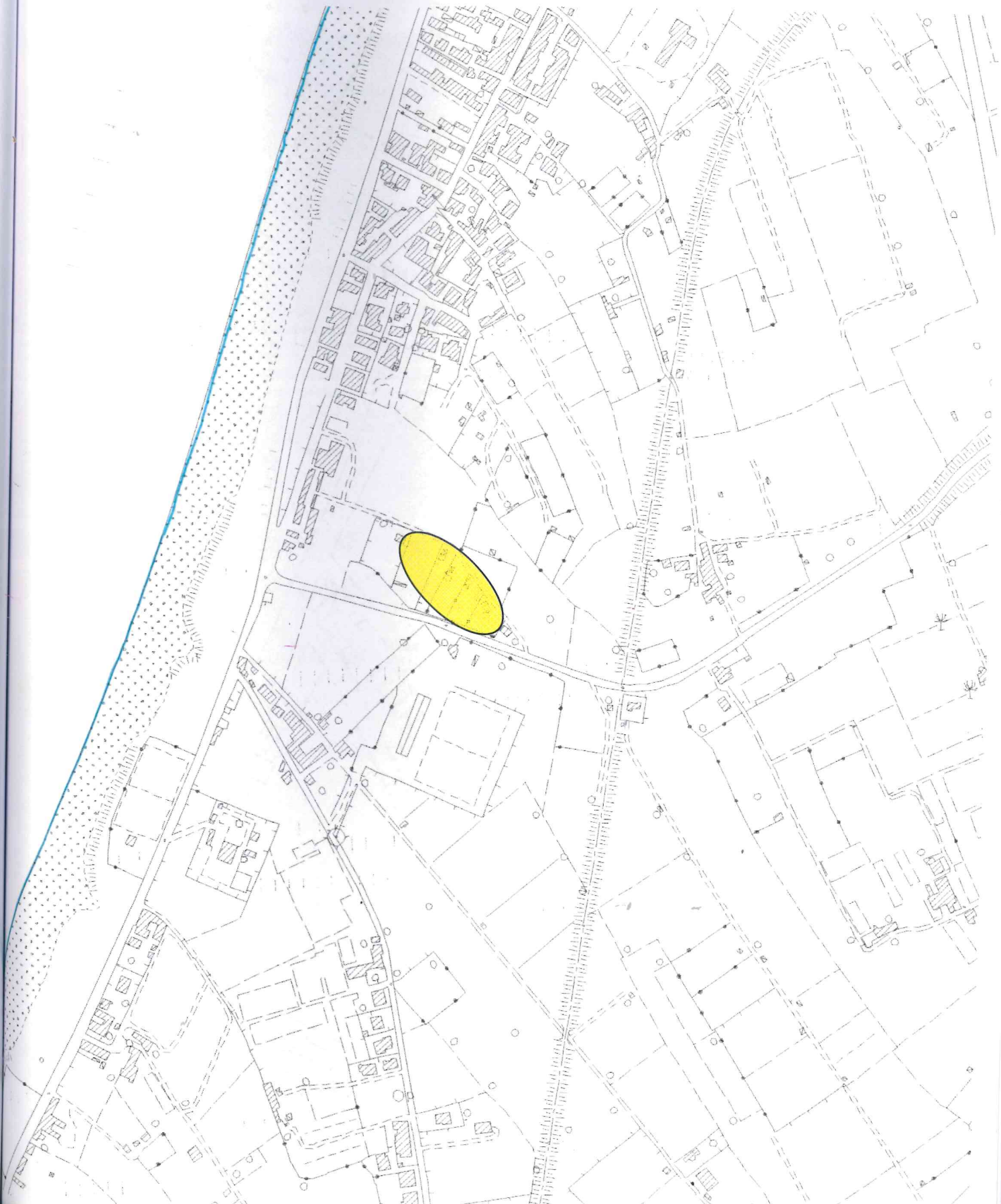
CARTA DELLA PERICOLOSITA' E DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO

 Area oggetto di intervento



DA CAPO CALAVA' A CAPO MILAZZO
CARTA DELLA PERICOLOSITA' E DEL RISCHIO

 Area oggetto di intervento



CARTA GEOLOGICA

Scala 1:2000



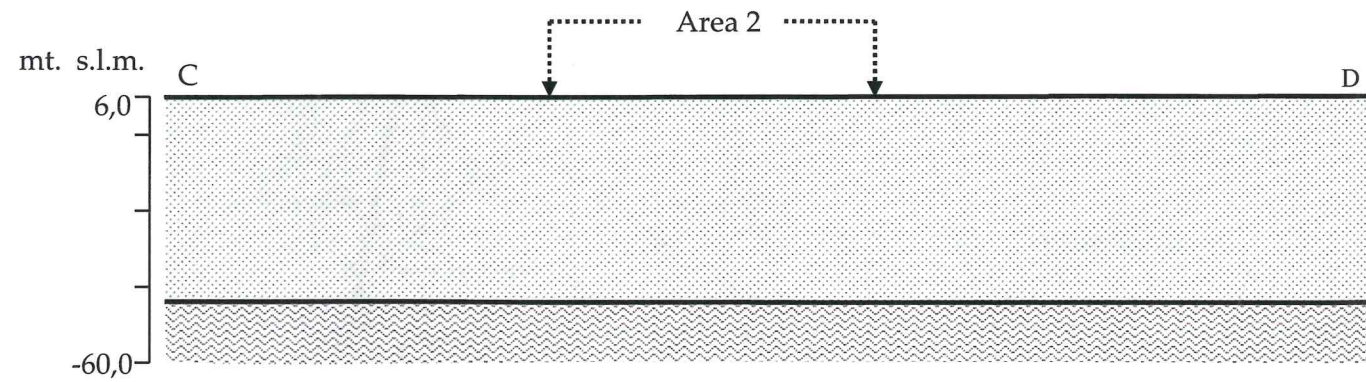
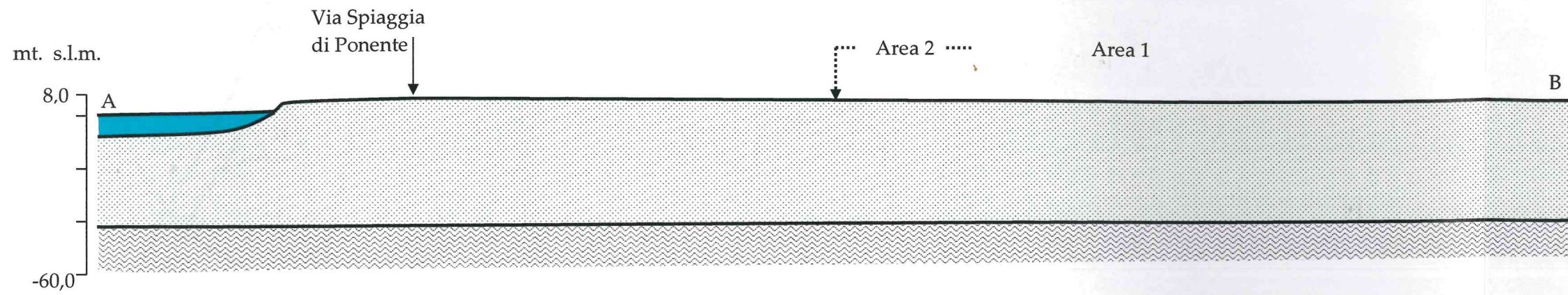
LEGENDA

- Depositi marini Attuali (Olocene)
- Alluvioni Recenti (Olocene)
- Contatto stratigrafico
- Perimetro area oggetto di intervento
- Traccia delle sezioni geologiche



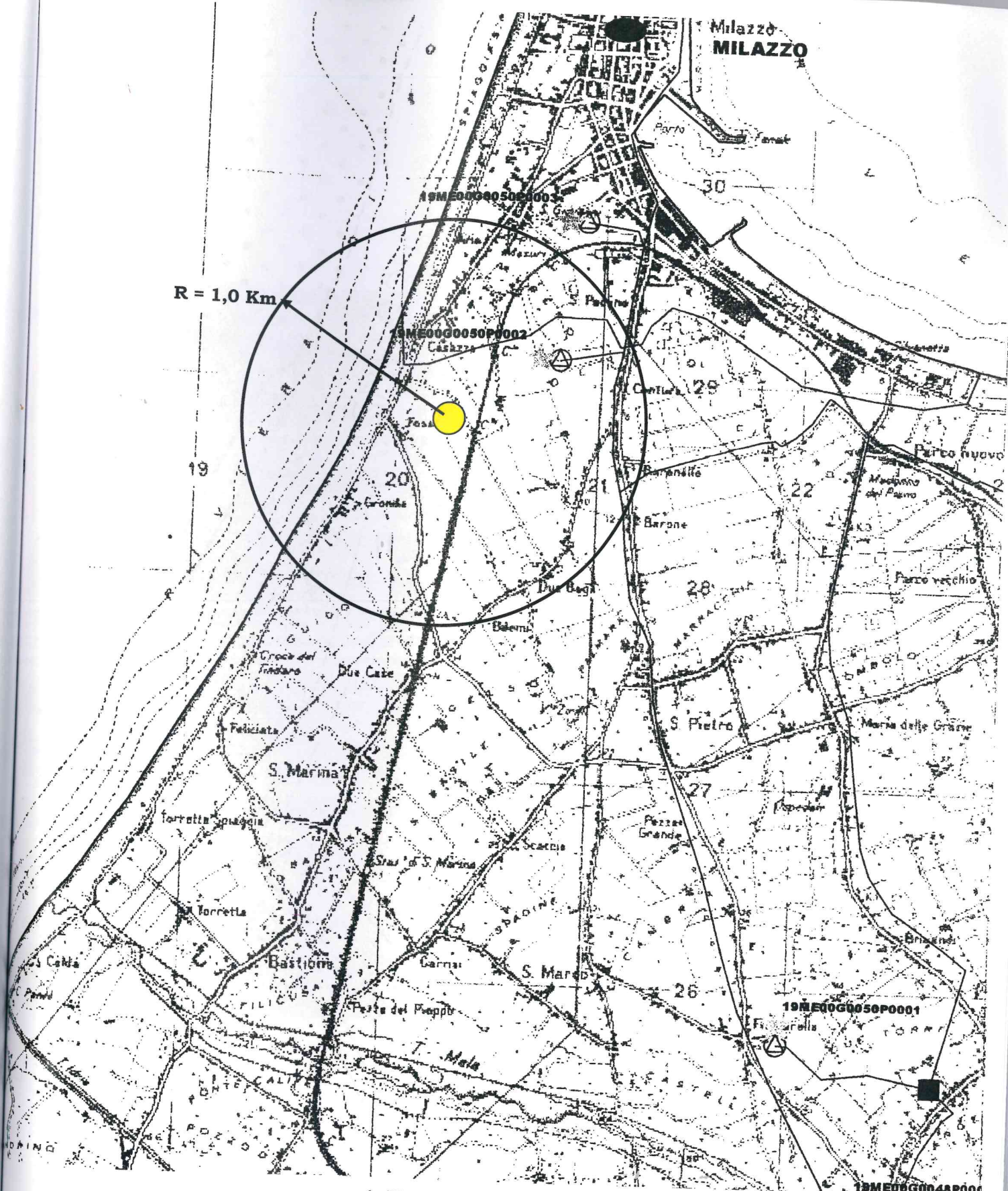
MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO

Scala 1:2000




Legenda

- Depositi Marini Attuali (Olocene)
- Alluvioni Recenti (Olocene)
- Argille azzurre (Pleistocene Inf. - Medio)



A.T.O. - MESSINA
 PIANO REGOLATORE GENERALE DEGLI ACQUEDOTTI
 Risorse Vincolate Scala 1:25000

 Area oggetto di intervento

CARTA GEOMORFOLOGICA

Scala 1:2000

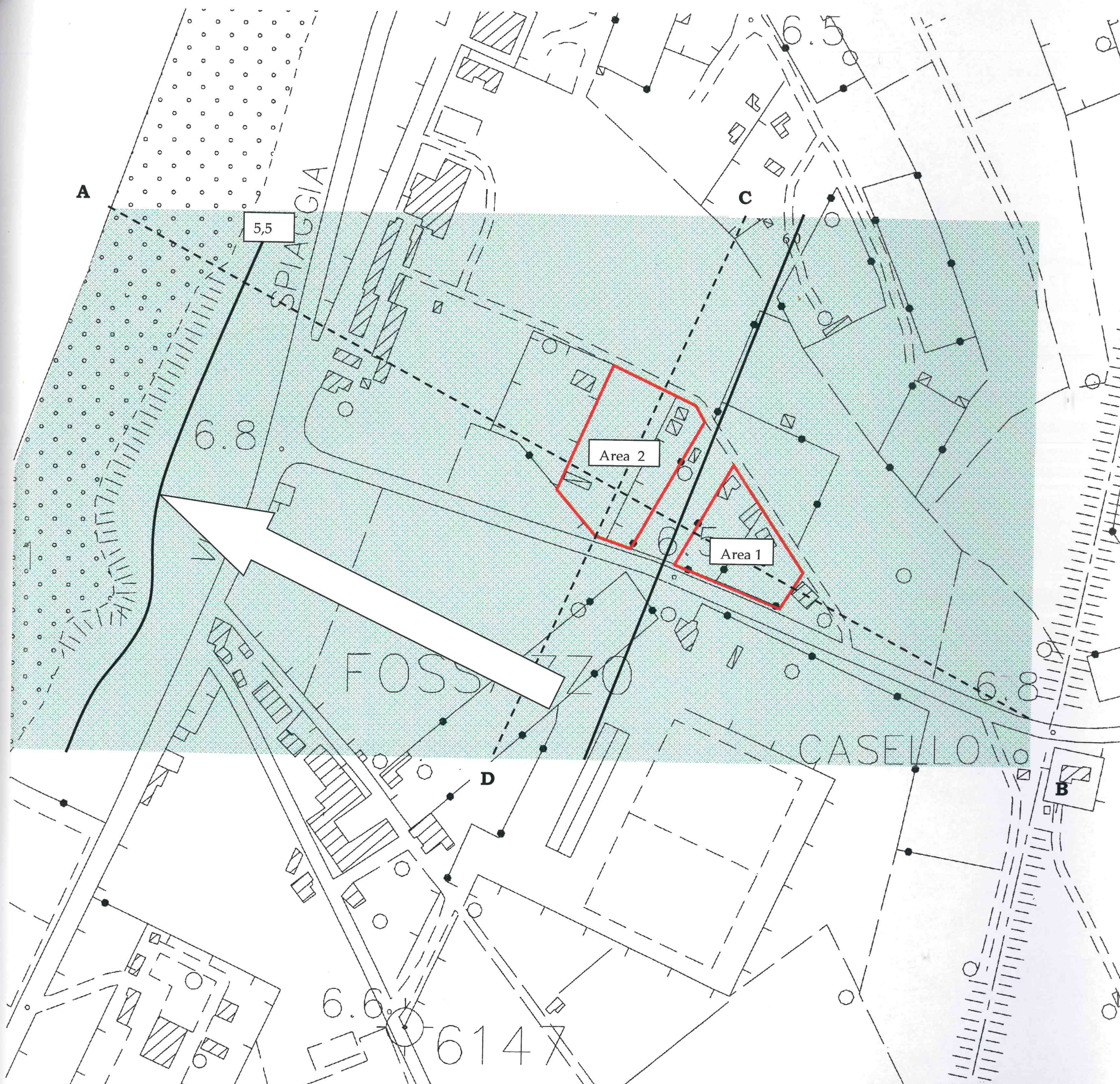
Legenda

- Spiaggia attuale. Pendenza media 3%; categoria topografica T1
- Pianura alluvionale olocenica. Pendenza media 1%; categoria topografica T1
- Scarpata di erosione marina. Pendenza media $\leq 10\%$; categoria topografica T1
- Perimetro area oggetto di intervento



CARTA IDROGEOLOGICA

Scala 1:2000



LEGENDA

● Complesso alluvionale (*depositi marini attuali; alluvioni recenti*). Costituito da strati e livelli eterometrici di sabbie limose passanti a limi-sabbiosi con locali intercalazioni ghiaio-ciottolose di varia potenza ed estensione laterale. Permeabilità per porosità da media ad elevata in relazione alla granulometria dei sedimenti.

▭ Perimetro area oggetto di intervento

— Traccia delle sezioni idrogeologiche

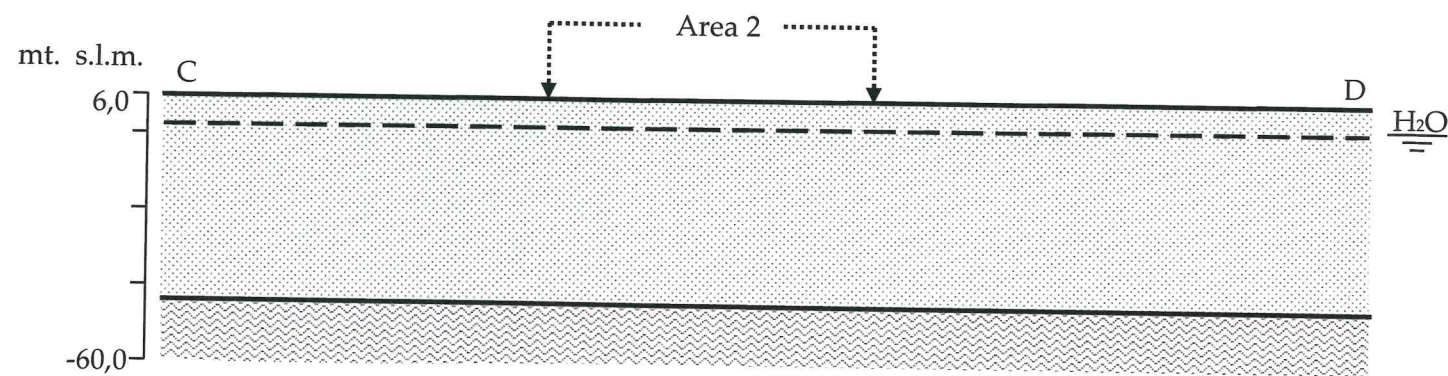
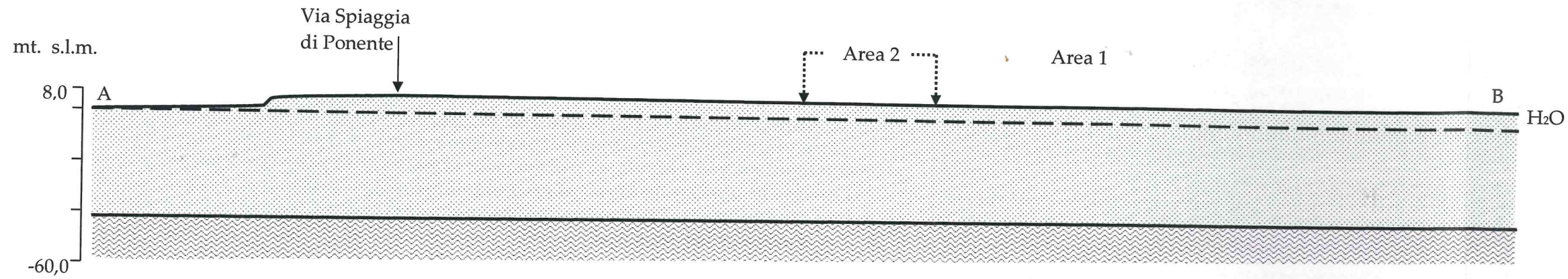
○ Isofreatiche e profondità di rinvenimento della superficie piezometrica rispetto al p.c.

→ Direzione di flusso della falda di base



SEZIONI IDROGEOLOGICHE

Scala 1:2000



LEGENDA

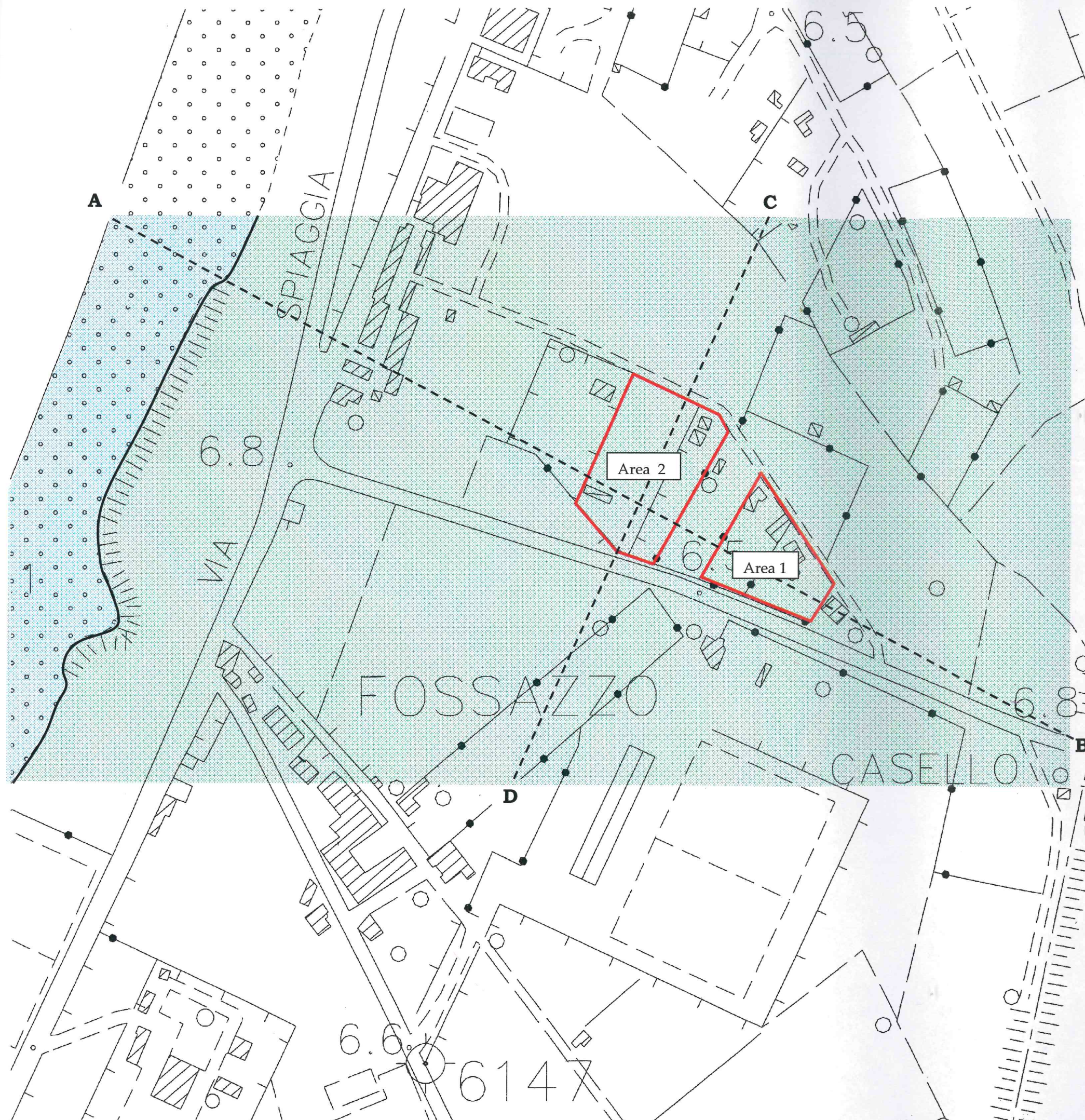
Complesso alluvionale (*depositi marini attuali; alluvioni recenti*). Costituito da strati e livelli eterometrici di sabbie limose passanti a limi-sabbiosi con locali intercalazioni ghiaio-ciottolose di varia potenza ed estensione laterale. Permeabilità per porosità da media ad elevata in relazione alla granulometria dei sedimenti.

Complesso argilloso (*Argille azzurre*) costituito da argille limo-sabbiose passanti a sabbie limose con locali intercalazioni sabbiose di ordine metrico. Permeabilità scarsa o nulla legata alla presenza di livelli sabbiosi di varia potenza entro la facies argillosa.






H₂O Superficie piezometrica

CARTA LITOTECNICA

Scala 1:2000



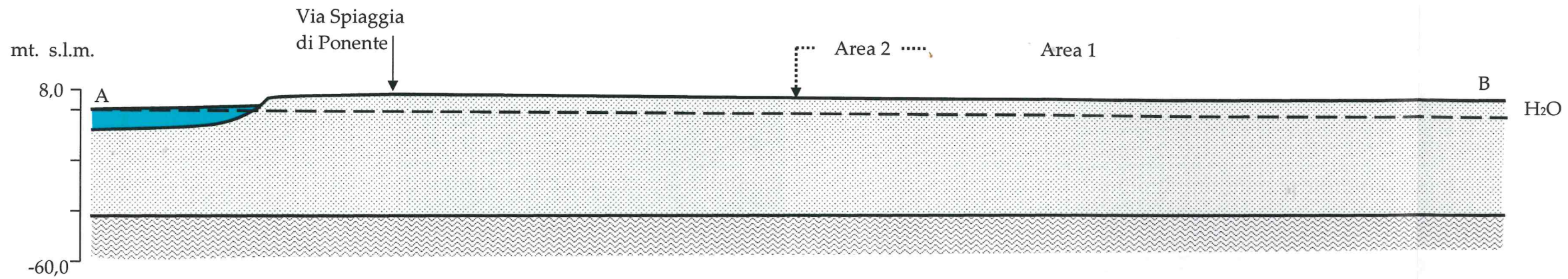
LEGENDA

-  **Terreni di copertura (D1).** Depositi marini olocenici dovuti ad episodi sedimentari in atto. Risultano costituiti da ghiaie e ciottoli dagli spigoli arrotondati e dalla forma appiattita. Si omette la parametrizzazione geomeccanica in quanto non interessati dalla realizzazione del redigendo programma costruttivo.
-  **Terreni di copertura (E2).** Depositi alluvionali olocenici dovuti ad episodi sedimentari fossili. Risultano costituiti da sabbie limose passanti a limi sabbiosi. ($J = 1,8 \div 1,9 \text{ t/m}^3$; $\varphi = 24^\circ \div 28^\circ$; $c = 0,00 \div 0,10 \text{ Kg/cm}^2$; categoria di sottosuolo C; categoria topografica T1)
-  Limite tra unità litotecniche
-  Perimetro area oggetto di intervento
-  Traccia delle sezioni litotecniche



SEZIONI LITOTECNICHE

Scala 1:2000



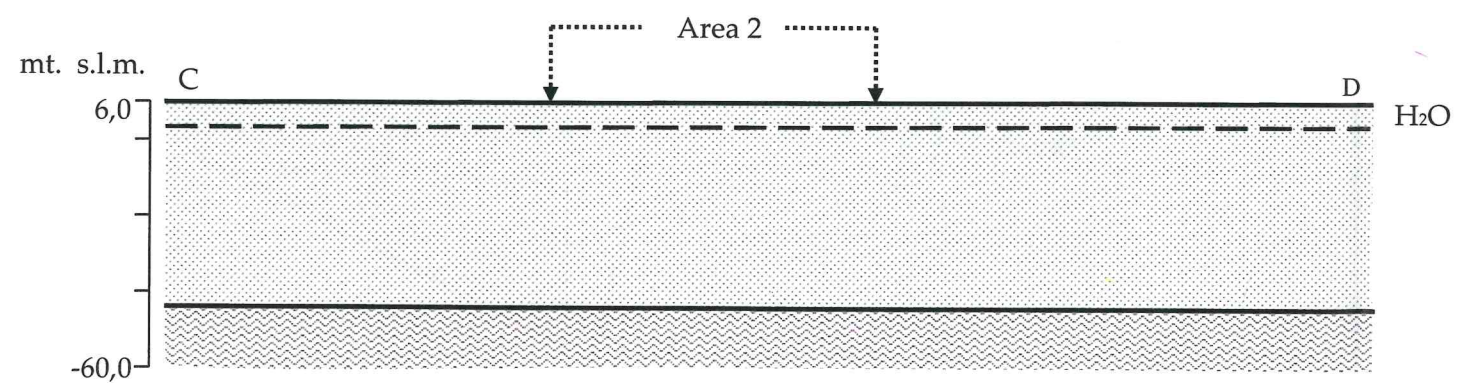
LEGENDA

Terreni di copertura (D1). Depositi marini olocenici dovuti ad episodi sedimentari in atto. Risultano costituiti da ghiaie e ciottoli dagli spigoli arrotondati e dalla forma appiattita. Si omette la parametrizzazione geomeccanica in quanto non interessati dalla realizzazione del redigendo programma costruttivo.

Terreni di copertura (E2). Depositi alluvionali olocenici dovuti ad episodi sedimentari fossili. Risultano costituiti da sabbie limose passanti a limi sabbiosi. ($J = 1,8 \div 1,9 \text{ t/m}^3$; $\phi = 24^\circ \div 28^\circ$; $c = 0,00 \div 0,10 \text{ Kg/cm}^2$; categoria di sottosuolo C; categoria topografica T1)

Terreni di substrato (F1). Argille limo-sabbiose passanti a sabbie limose con locali intercalazioni sabbiose di ordine metrico. Si omette la parametrizzazione geomeccanica in quanto riscontrabili per profondità maggiori rispetto quella di interesse geotecnico.

H₂O Superficie piezometrica



CARTA DELLE INDAGINI

Scala 1:500

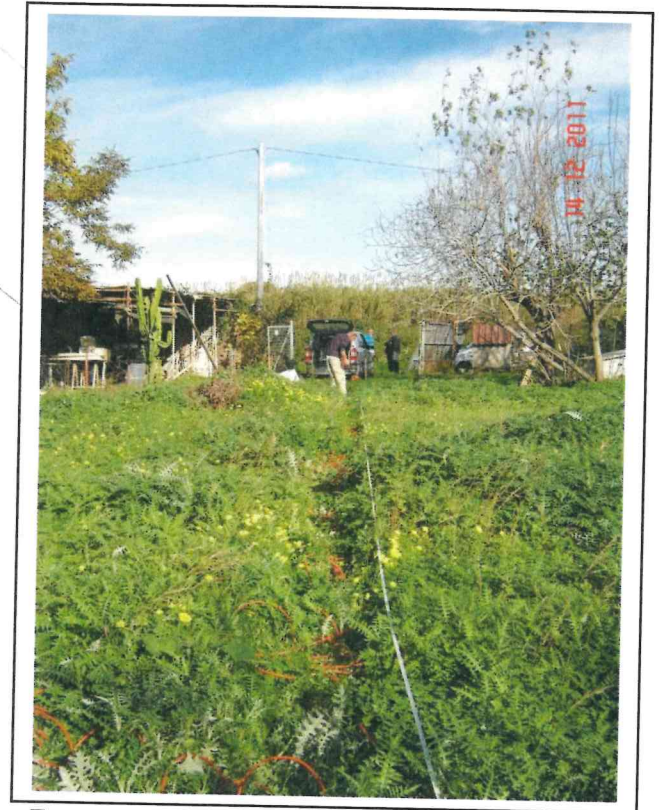


Foto n° 1: esecuzione indagine MASW



LEGENDA

— Ubicazione indagine masw

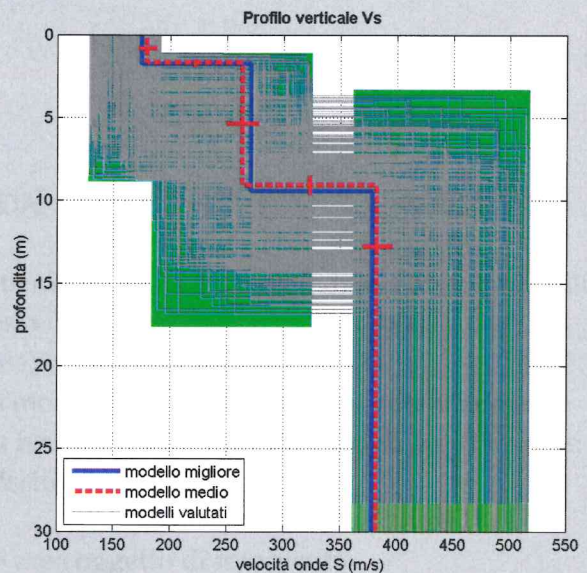
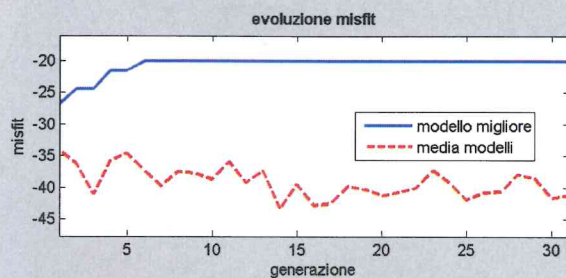
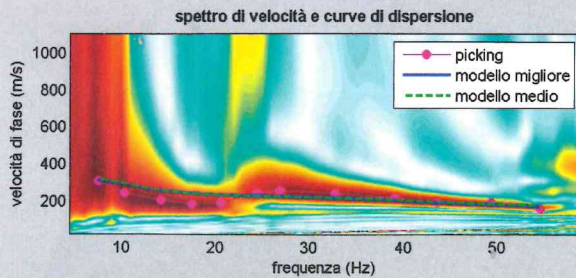
Studio di Geologia Tecnica Dott. Geol. Salvatore Maio
Via San Marco n° 68, 98057 Milazzo (ME)
Tel. & Fax: 0909295079; cell. 3283675110
E-mail: geolmaio@tiscali.it

COMMITTENTE: La FILCASA Soc. Coop. Ed.
OGGETTO: Realizzazione programma costruttivo
LOCALITA': Fossazzo -Milazzo (ME)
DATA: 14.12.2011

Risultati winMASW 4.0 Standard: Tipo di analisi: onde di Rayleigh

Dataset: 002.DAT

Curva analizzata: lott2.cdp



dataset: 002.DAT
curva di dispersione: lott2.cdp
modello migliore VS30: 324 m/s
modello medio VS30: 326 m/s

Modello medio

VS (m/s): 180, 264, 383
Vp (m/s): 380, 563, 793
Deviazioni Standard (m/s): 8, 14, 13
Spessori (m): 1.7, 7.4
Deviazioni Standard (m): 0.2, 0.6

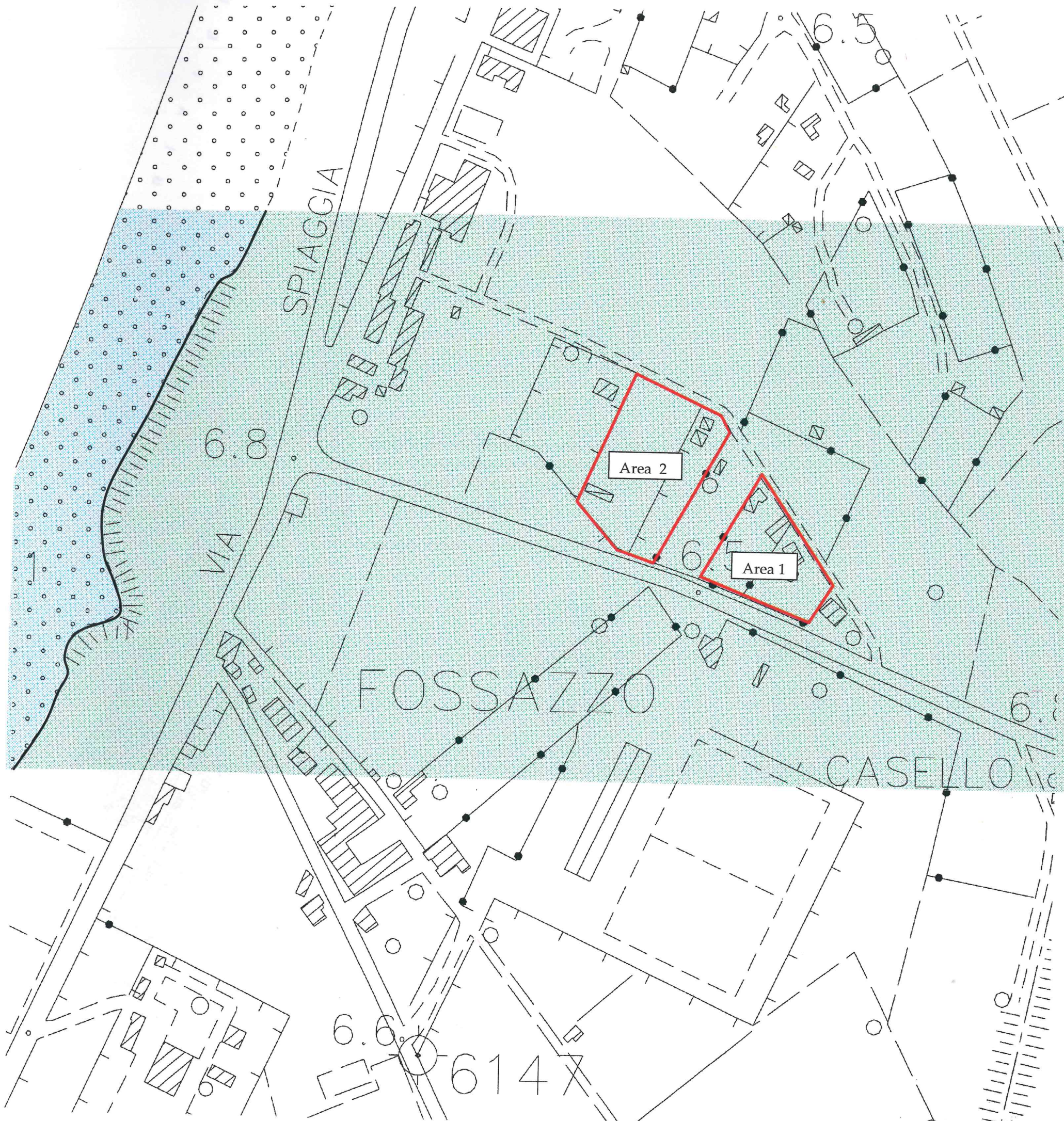
VS30 (m/s): 326

Categoria di sottosuolo: C






CARTA DELLE PERICOLOSITA' GEOLOGICHE

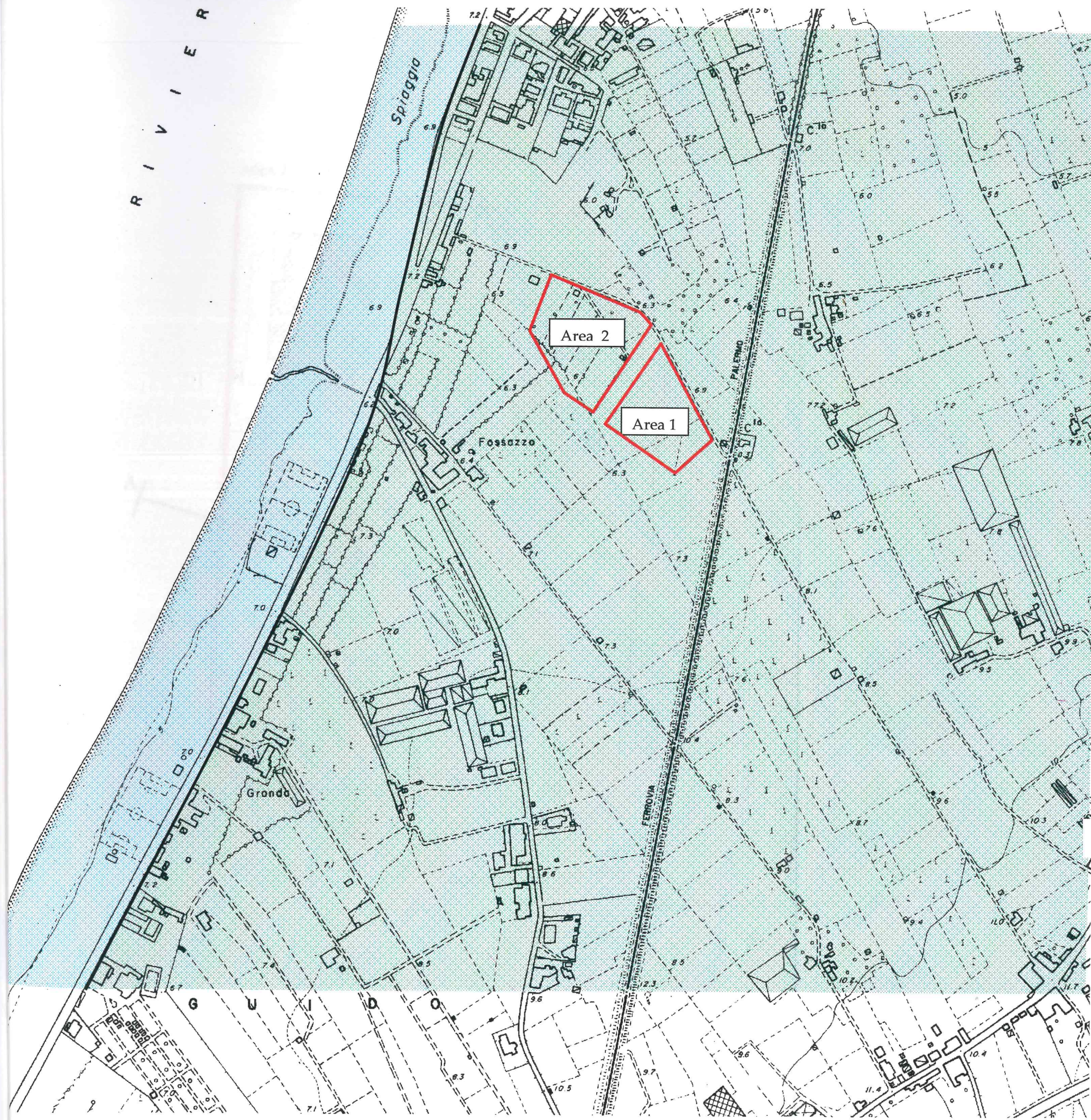
Scala 1:2000



LEGENDA

-  Fascia costiera esente da fenomeni di arretramento della linea di costa
-  Aree dalla morfologia sub-orizzontale potenzialmente soggette a fenomeni di vulnerabilità dell'acquifero con classe di rischio "moderato".
-  Perimetro area oggetto di intervento








CARTA DELLA SUSCETTIVITA'
DEL TERRITORIO

Scala 1:5000

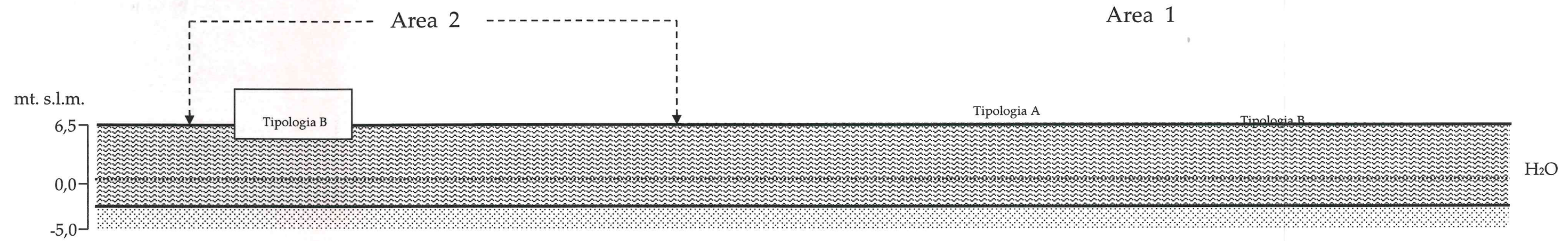
LEGENDA

-  Sub-area non idonea all'edificazione in quanto soggetta all'azione del moto ondoso
-  Sub-area idonea all'edificazione in quanto morfologicamente stabile, priva di fenomeni erosivi in atto, priva di fenomeni di amplificazione sismica, non soggetta a fenomeni di liquefazione
-  Perimetro area oggetto di intervento


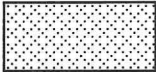
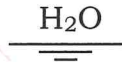


SEZIONE GEOLOGICA A - B

Scala 1:500



LEGENDA

-  Sabbie limose passanti a limi sabbiosi
-  Sabbie limose passanti a sabbie ghiaiose
-  Superficie piezometrica

