



Gruppo S.I.A.S. S.p.A.

PROGETTO N° A11002-D

AUTOSTRADE SESTRI LEVANTE – LIVORNO

con diramazione VIAREGGIO – LUCCA e FORNOLA – LA SPEZIA

ALLARGAMENTO A TRE CORSIE NEL TRATTO
S.STEFANO MAGRA – VIAREGGIO

MIGLIORAMENTO VIABILITA' SVINCOLI

NUOVO SVINCOLO A12 - S.S.1 VIA AURELIA SUD LOCALITA' CIMITERO DI STAGNO COMUNE DI PISA

PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTAZIONE:



Ing. Enrico Ghislandi
Iscritto Albo Ingegneri
Prov. di Milano n°A 16993

IL GEOLOGO:



Dott. Geol. Emilio De Mattei
Albo dei Geologi della Lombardia
N° 412

EM./RE.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTR.	APPROV.
0	05-05-2011	Prima Emissione	R. Musetti	E. Ghislandi	E. De Mattei

STUDI E INDAGINI GEOLOGIA E GEOTECNICA RELAZIONE GEOLOGICA

CODICE IDENTIFICATIVO: 01_GO_R0_01

Scala: -

salt
società autostrada ligure toscana s.p.a.
AMMINISTRATORE DELEGATO

(Dott. Ing. Paolo Pierantoni)



Sede sociale:
55041 Lido di Camaiore (LU)
via Don Enrico Tazzoli 9
Casella postale 56

Telefono: 0584-9091
Telefax: 0584-909300/319
E-mail: salt@salt.it
www.salt.it

Capitale sociale
€ 120.000.000
interamente versato

Codice Fiscale – P.IVA e
n. Iscr. Registro Imprese Lucca
00140570466

SALT
SOCIETA' AUTOSTRADA LIGURE TOSCANA p.a.

AUTOSTRADA A12
ALLARGAMENTO A TRE CORSIE
NEL TRATTO TRA
S. STEFANO MAGRA E VIAREGGIO

MIGLIORAMENTO VIABILITA' SVINCOLI

Nuovo Svincolo A12 - S.S.1 Via Aurelia Sud
Localita' Cimitero Di Stagno - Comune Di Pisa

PROGETTO DEFINITIVO

						
0	05/05/2011	Emissione	R. Musetti	E. Ghislandi	E. De Mattei	
Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato	
Attività: A11002-D			Documento: 01_GO_RO_01			

INDICE

1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
2. VINCOLI E SALVAGUARDIE.....	3
3. MODELLO GEOLOGICO	6
3.1. GEOLOGIA GEOMORFOLOGIA	6
3.2. IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA	8
3.3. MORFOLOGIA.....	9
4. GEOGNOSTICA	9
5. STRATIGRAFIA E CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE DEI TERRENI.....	11
6. STABILITÀ DELL'AREA	12
7. ASPETTI GEODINAMICI E SISMICITÀ	12
8. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	12

ELENCO DELLE FIGURE E DEGLI ALLEGATI

COROGRAFIA scala 1:25.000.....	Fig. 1
CARTA GEOLOGICA scala 1:5.000	Fig. 2
UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE scala 1:2.000.....	Fig. 3
SEZIONE STRATIGRAFICA	Fig. 4
CAMPAGNA D'INDAGINI E PROVE GEOGNOSTICHE IN SITO.....	elab. 008

PREMESSA

Su incarico **Società Autostrade Sestri Levante Livorno** sono state svolte indagini geologiche e geognostiche a supporto del nuovo svincolo A12 – S.S.1 via Aurelia Sud, località Stagno, comune di Pisa (vd. **COROGRAFIA** di Fig. 1a).

1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

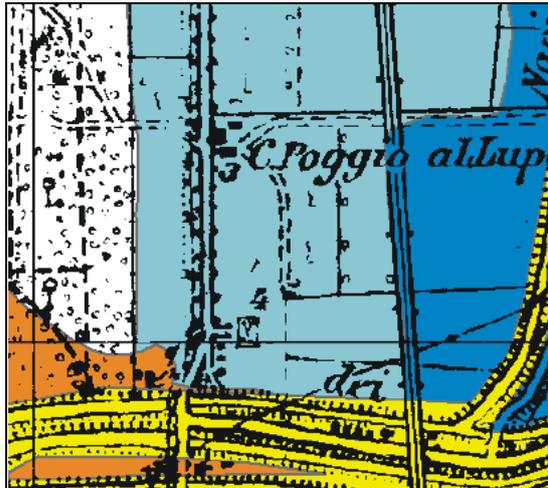
- ◇ **OPCM n. 3274** del 20/03/03, **DGRT 841/07** e success. mod. e integraz.
- ◇ **D.M. 14/01/2008** - *Testo Unitario Norme Tecniche per le Costruzioni*
- ◇ **Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici Circolare 2/02/2009** - *Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. del Min. Infr. e Trasp. del 4/01/2008; All. al voto 36 del 27.07.07 – Pericolosità sismica e criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale*
- ◇ **D.G.R.T n. 36/R** del 09/07/2009 – regolamento di attuazione dell'articolo 117, commi 1 e 2 della LR 1/2005 “... *disciplina sulle modalità di svolgimento delle attività di vigilanza e verifica delle opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico*”.

2. VINCOLI E SALVAGUARDIE

- D.P.C.M. 6 maggio 2005 "Approvazione del Piano di Bacino del fiume Arno, stralcio assetto idrogeologico" (GU n. 230 del 3/10/2005)
- D.C.P.n.349/98 e - D C.P.N° °100/2006 Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale e successiva Variante
- Cartografia di P.S. e norme urbanistiche comunali.

Dal quadro conoscitivo, non si rilevano particolari situazioni di criticità dal punto di vista geologico geomorfologico e litotecnico, mentre permane una pericolosità idraulica media tra la ss. e l'autostrada.

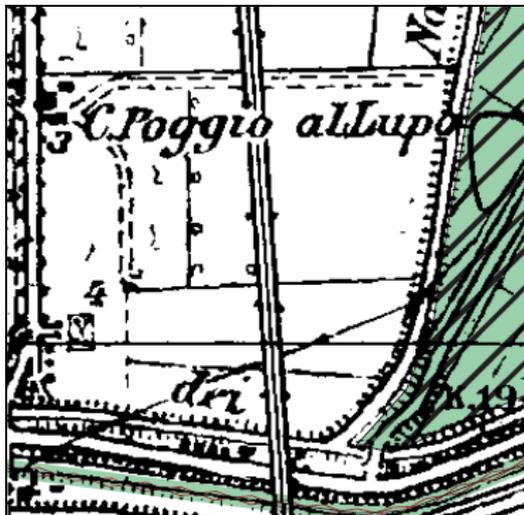
CARTA DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA PAI ARNO



Perimetrazione delle aree con pericolosità idraulica livello di sintesi (scala 1:25.000) stralcio n° 89

- P.I.4 Aree a pericolosità molto elevata
- P.I.3 Aree a pericolosità elevata
- P.I.2 Aree a pericolosità media
- P.I.1 Aree a pericolosità moderata

CARTA DELLA RIDUZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO PAI ARNO



Carta guida delle aree allagate redatte sulla base degli eventi alluvionali significativi (1966-1999). livello di sintesi scala 1:25.000

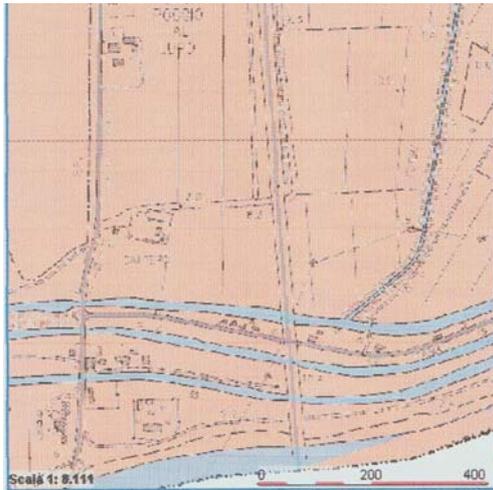
Nessun fenomeno

CARTA DEI VINCOLI PAESAGGISTICI PTC

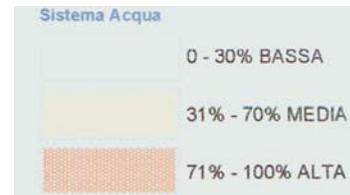


Nessun vincolo

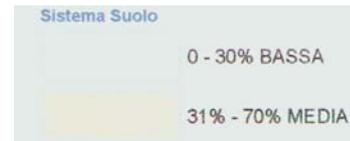
CARTA DELLA FRAGILITÀ DEL TERRITORIO PTC



SISTEMA ACQUA FRAGILITÀ ALTA



SISTEMA SUOLO FRAGILITÀ MEDIA



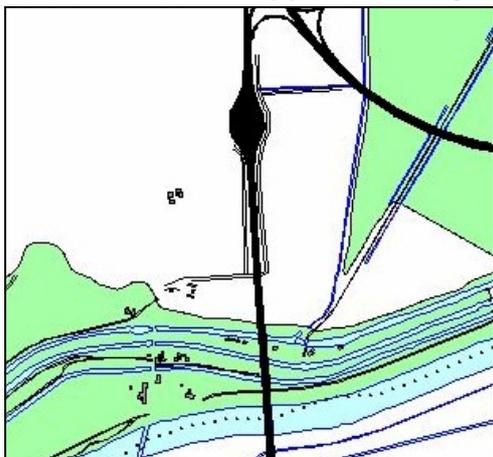
CARTA DELLA PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA PTC



PERICOLOSITÀ 2 – 4A

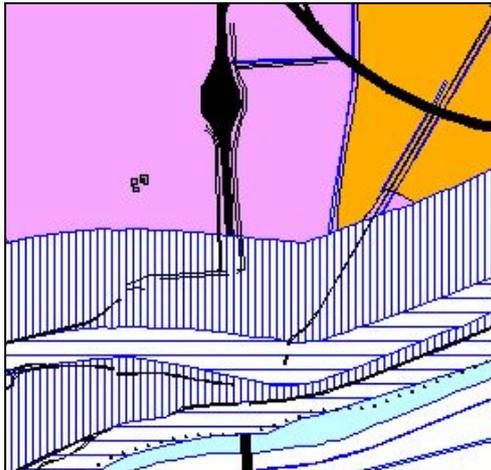


CARTA DELLE AREE ESONDABILI R.U.



Aree soggette a episodi di tracimazione dei canali di bonifica e difficoltoso drenaggio in caso di eventi piovosi intensi

CARTA DELLA PERICOLOSITÀ R.U.



Legenda

-  Perimetro del Parco Naturale
-  Confine comunale

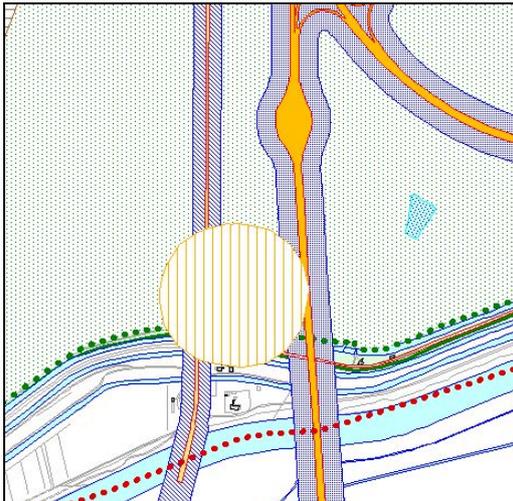
Ambiti di applicazione della D.C.R. n.230/'94

-  Ambito "A 1"
-  Ambito "B"

Classi di Pericolosità

-  Classe 2
-  Classe 3a
-  Classe 3b
-  Classe 3c
-  Classe 4

carta dei vincoli sovraordinati R.U.



Legenda

-  Vincolo Idrogeologico - R.D. n.3267/23 (Vincoli per scopi idrogeologici)
-  Zona Portuale Interna - D.M. 27/3/61
-  Casa Circondariale, zona di rispetto (Accordo Ministero G. G. - Comune di Pisa del 31/7/84)
-  Vincolo Cimiteriale - Leggi Sanitarie T.U. n.1265/34 e L. n.983/57
-  Ampliamenti cimiteriali (previsti, in fase di esecuzione, realizzati)
-  100 mt. } Vincolo Depuratori
 200 mt. } (Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento, L. n.319/76)
-  Servizi Militari, L. n.898/76
-  Vincolo Aeroportuale e 'Comò di Volò' (Modifiche e aggiunte agli articoli dal 714 al 717 del Codice della Navigazione D.M. 30/12/66 - Aeroporto di Pisa, San Giusto).
-  Rete ferroviaria (20 mt.) } Fasce di rispetto Ferroviario
 Rete Ferroviaria (100 mt.) } D.P.R. n.147/93 (Norme in materia di polizia, sicurezza e regolarità
 Rete Ferroviaria (250 mt.) } dell'esercizio delle ferrovie e altri servizi)
 Ferrovia elettrica Pisa Livorno, } D.P.R. n.499/98 (Regolamento in materia di inquinamento acustico
 demarca (30 mt.) } derivante da traffico ferroviario)
-  Autostrada } Fasce di rispetto Stradale D.P.R. 147/93 Regolamento recante modificazioni e
 s.o.c. } integrazioni agli artt 26 e 28 del D.P.R. n.495/92 - Regolamento di esecuzione
 Strade Statali } del Nuovo Codice della Strada)
-  Vincolo dei Pozzi (Approvvigionamento idrico, attuazione della direttiva CEE n.80/778 relativa alla qualità delle acque destinate al consumo umano D.P.R. n. 236/88)
-  Siti da bonificare

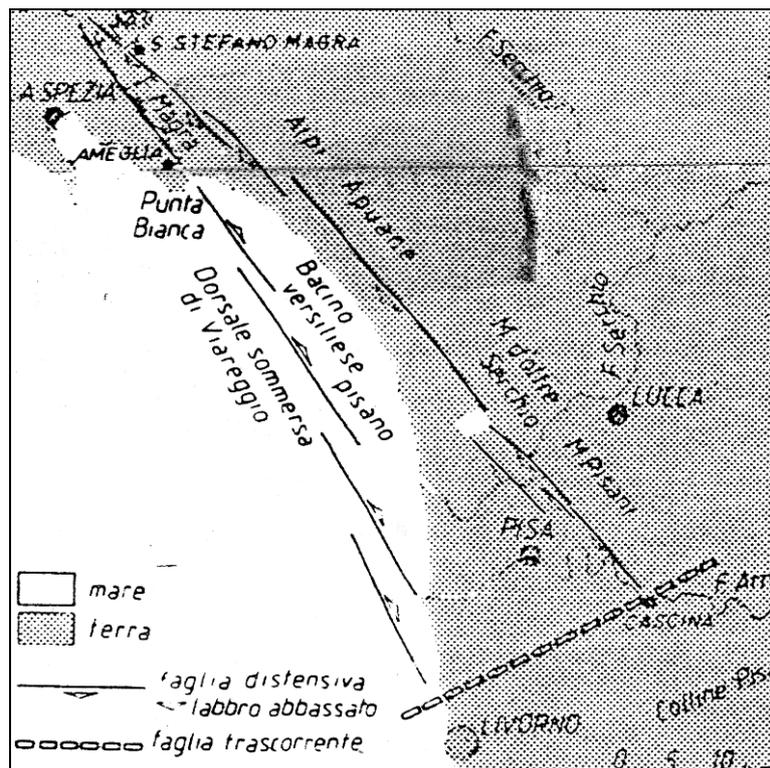
-  AUTOSTRADA
-  S.G.C. FI-PI-LI
-  Strade Statali
-  Viabilità principale
-  Confine Comunale
-  Perimetro centro abitato
-  Perimetro } Parco Naturale di Migliarino - San Rossore - Massaciuccoli
-  Area }

3. MODELLO GEOLOGICO

3.1. GEOLOGIA GEOMORFOLOGIA

L'assetto morfologico di questa zona è legato alla storia evolutiva dell'Appennino Settentrionale, derivato dalla deformazione terziaria di un settore del paleomargine continentale della microplacca adriatica prospiciente il Dominio Oceanico Ligure (*Boccaletti et al., 1971; Alvarez et al., 1974; Kligfield, 1979*). A partire dal Miocene la deformazione compressiva si è propagata da W ad E fino all'Adriatico (*Merla, 1952*) contemporaneamente ad una importante fase distensiva che ha interessato le precedenti strutture nella parte interna della catena.

I movimenti tettonici distensivi hanno abbassato il margine occidentale (Monti d'Oltre Serchio e Monti Pisani) creando il bacino versiliese-pisano (vd. schema tettonico da *R.Mazzanti e M.Pasquinucci 1983*) dove, durante il quaternario si sono alternate oscillazioni climatiche legate al glacialismo, con sommersione delle terre fino ai contrafforti collinari (*trasgressioni marine "interglaciali"*) e "*regressioni marine - glaciali*", con denudamento ed innalzamento delle terre per accumulo di sedimenti continentali e marini.



Con la fine dell'ultima glaciazione wurmiana e l'inizio della trasgressione Versiliana (≈ 8.000 anni fa), su tutta la piana dal Magra fino all'Arno ed oltre, si è verificato l'avanzamento delle spiagge. Il meccanismo naturale di sviluppo della linea di costa si è esplicato con ampi lidi e barre sabbiose (tomboli o cotoni) che separavano zone

deprese (lagune), inizialmente collegate al mare attraverso ristretti passaggi, in seguito isolate e impaludate (lame). I lidi emersi e le dune parallele alla linea di riva hanno costituito una barriera all'ingresso delle acque marine e favorito la separazione di ampi specchi d'acqua interni.

Dall'epoca romana la pianura ha subito importanti trasformazioni per opera dell'uomo, con bonifiche e sistemazioni idrauliche che hanno reso il drenaggio superficiale per lo più artificiale¹. La maggior parte dei corsi d'acqua seguono tracciati imposti dall'uomo, con rete idrica minore destinata per lo più allo smaltimento degli afflussi meteorici locali.

3.2. IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA

L'idrografia è rappresentata dai già citati canali artificiali, la complessa struttura idrogeologica composta da discontinui livelli freatici superficiali e da un acquifero multistrato confinato (**Amc** di *Baldacci et al. 1994*). I livelli acquiferi superficiali sono freatici o semiconfinati, costituiti da limi più o meno sabbiosi, e/o sabbie limose che formano un insieme di corpi lentiformi discontinui a permeabilità maggiore di quella dei terreni circostanti. L'Acquifero multistrato confinato descritto da *Baldacci et al. 1994* è costituito sostanzialmente da due orizzonti principali denominati:

1° acquifero artesiano in sabbie" (superiore);

1° acquifero artesiano in ghiaie" (inferiore).

L'acquifero confinato si attesta prevalentemente nelle ghiaie, è molto produttivo ed è quello maggiormente sfruttato.

L'acquifero freatico è generalmente poco produttivo, specie dove sono presenti terreni più fini. La porzione superficiale di terreno può tuttavia comportarsi come un acquitrando, ossia avere una bassa conduttività idraulica nonostante sia saturo di acqua proveniente da precipitazioni intense e prolungate o da infiltrazioni dalla rete idrica minore.

Durante la campagna geognostica dell'ultima settimana di febbraio 2011, la falda freatica è stata rilevata a –m 1.00 circa dal p.c.

¹ *Tra le opere idrauliche più importanti vanno ricordate: la rettifica dell'Arno tra Montecchio e San Giovanni alla Vena che ha determinato l'abbandono del meandro che arrivava a Bientina; le bonifiche del Fiume Morto e di Coltano; il prosciugamento del Lago di Bientina; l'escavazione del Fosso del Mulino, ecc.*

3.3. MORFOLOGIA

L'area in esame è ubicata nei pressi del cimitero di Stagno, in prossimità del confine con la provincia di Livorno, ad oltre 100 metri dai canali fossa Chiara, Emissario, Fossa Nuova e Scolmatore a Sud e, ad oltre 150 metri dal fosso dei Navicelli ad Est. La zona è pianeggiante, con quota del p.campagna compresa tra.+ m 0.80 e +m 2.30 sul livello medio marino (da CTR 1:2.000).

Come si osserva nella **CARTA di Fig. 2** (tratta da Carta Geomorfologica della Provincia di Pisa 2005), il sito si trova in corrispondenza di affioramenti recenti, prevalentemente palustri e di colmata (ALR:a), rappresentati da sedimenti a granulometria prevalentemente fine, cui si interpongono isolate fasce sabbiose marine (SSR:s), a poca distanza dai depositi eolici sabbiosi (CDR:s), presenti ad Ovest della ss Aurelia. Come vedremo in seguito, le prove geognostiche realizzate confermano solo parzialmente questa locale rappresentazione.

4. GEOGNOSTICA

Il progetto preliminare prevede lo svincolo della tratta A12 compresa tra la barriera di Livorno ed il viadotto sulla FI-PI-LI., il cui accesso avverrà nella zona del cimitero di Stagno. Per una prima caratterizzazione di massima della zona dal punto di vista geologico stratigrafico e litotecnico, si è proceduto secondo la seguente scaletta di indagini:

- ricerca bibliografica
- sondaggi CPT
- prove su piastra
- classifica dei terreni UNI10006

L'ubicazione delle prove è riportata in **PLANIMETRIA di Fig. 3**; nell'**elaborato n. 008 "CAMPAGNA DI INDAGINI E PROVE GEOGNOSTICHE IN SITO"**, **allegati 1 – 3**, le caratteristiche della strumentazione geognostica utilizzata, l'elaborazione e l'interpretazione di tutti i dati.

Dati noti (All. 1).

Stratigrafia media. Allo scopo di inquadrare l'area dal punto di vista stratigrafico sono state individuate le prove realizzate lungo il rilevato dell'A12

nella zona più vicina allo svincolo in progetto, in particolare due carotaggi continui spinti a –m 45 dal p.c. (sondaggi 1 e 2 lotto 2) e 6 prove CPT. Le prove concorrono ad individuare un orizzonte superficiale di circa 20-25 metri, riconducibile a sabbie limose da medie a fini, di colorazione variabile dal giallastro (in superficie) al grigio (in profondità), cui seguono argille grigie per uno spessore di circa 20 metri.

Prova dirette (All. 2).

Sondaggi CPT. Per lo studio dei terreni più direttamente interessati dalle opere di fondazione del nuovo svincolo, sono state realizzate 5 prove penetrometriche CPT, che hanno permesso di dettagliare le conoscenze geotecniche e stratigrafiche all'interno del “*volume geotecnico significativo*”. Come si vedrà meglio nei paragrafi successivi sono state individuate 3 unità litologiche caratteristiche per granulometria e addensamento, si fa tuttavia presente che questa caratterizzazione di massima andrà integrata nelle fasi successive della progettazione per meglio definire le eteropie di facies del livello più superficiale.

Prove di laboratorio geotecnica (All. 3).

Nella zona di svincolo prossima alla rampa di accesso alla A12 (lato Ovest), dopo aver effettuato uno scortico di circa 20-30 centimetri, si è proceduto con una prova su piastra da 30 cm, per determinare il modulo di compressione “Me” del piano di posa del rilevato. In prossimità della prova è stato inoltre prelevato un campione di terreno di sottofondo. Dalle successive analisi di laboratorio geotecnico ed elaborazioni, si è ricavato:

modulo di compressione “Me” tra 0.5 e 1.5 kg/cmq = 32 kg/cmq

classifica del terreno UNI10006 = A24.

Parametri caratteristici di un terreno di sottofondo compressibile, riconducibile ad una sabbia limosa e argillosa, con indice di plasticità “Ip” inferiore a 10.

5. STRATIGRAFIA E CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE DEI TERRENI

La stratigrafia ricavata dall'interpretazione delle 5 prove CPT è molto semplice, riconducibile a 3 unità litotecniche, con evidente eteropia di facies relativamente al 1° livello superficiale, che passa da limi argillosi (prove 1-4) a limi sabbiosi (prove 2-3-5).

(*)	natura dei terreni	metri dal p.c.				
		CPT1	CPT2	CPT3	CPT4	CPT5
1	limi argillosi e/o limi sabbiosi giallastri	0.00÷3.20	0.00÷3.20	0.00÷4.00	0.00÷3.40	0.00÷3.80
2	limi argillosi grigi	3.20÷4.40	3.20÷5.00	4.00÷5.60	3.40÷6.50	3.80÷5.80
3	limi grigi	4.40÷12	5.00÷15	5.60÷15	6.50÷8.50	5.80÷6.80

(*) unità litotecniche

I risultati sono stati schematizzati nella **SEZIONE** di Fig. 4, i parametri geotecnici nominali "fn" delle 3 unità litotecniche caratteristiche possono essere così assunti¹:

unità litotecniche	natura e caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni
1	limi argillosi e limi sabbiosi: densità relativa $D_r = 30\div40\%$; peso di volume $\gamma = 1.75\div1.85$ t/mc; p. di vol. immerso $\gamma^{**} = 0.95\div1.00$ t/mc; angolo di attrito $\varphi = 29\div32^\circ$; coesione non drenata $c_u = 0\div1.11$ kg/cmq; coeff. di compress. volumetrica $m_v = 0.018\div0.010$ cmq/kg, modulo di compressione $Me = 32$ kg/cmq
2	limi argillosi con possibili intercalazioni di torbe: $D_r = 0\div30\%$; $\gamma = 1.80\div2.00$ t/mc; $\varphi = 0\div29^\circ$; $c_u = 0.27\div4.60$ kg/cmq; $m_v = 0.221\div0.009$ cmq/kg

¹ I valori geotecnici sono stati ricavati dalle prove CPT, i minimi e i massimi sono stati assunti escludendo quelli poco ricorrenti.

3

limi prevalenti: $D_r = 60\div 80\%$; $\gamma = 1.90\div 1.95$ t/mc; $\varphi = 31\div 34^\circ$; $c_u = 0$ kg/cmq; $m_v = 0.007\div 0.002$ cmq/kg

(**) da bibliografia geotecnica

6. STABILITÀ DELL'AREA

Nota la corografia dei luoghi, sulla base della tabella 3.2.IV del DM 01/2008, si desume per l'area di progetto una morfologia sicuramente pianeggiante e una categoria topografica **T1** "superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media inferiore di 15°", pertanto non sono state condotte verifiche di stabilità del sito.

7. ASPETTI GEODINAMICI E SISMICITÀ

Con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri **3274** del 20 marzo 2003, modificata dall'**O.P.C.M. 3519** del 28.04.2006, il territorio nazionale è stato suddiviso in 4 zone sismiche, il comune di Pisa è incluso in "**zona sismica 3S**" (ex. zona 2), cioè con livello di pericolosità sismica "3" (basso), ma con obbligo di azione sismica prevista "2" (medio).

8. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

A fronte delle indagini e dei dati preliminari a nostra disposizione, si indica quanto segue:

1. i vincoli di natura litotecnica che gravano su una parte dell'area indicano la presenza di terreni ad elevata compressibilità; tuttavia le indagini dirette non hanno evidenziato situazioni particolarmente scadenti, se si eccettua qualche livelletto decimetrico di torbe all'interno della unità litotecnica 2, la cui influenza sul complesso dell'opera potrà essere facilmente superata a livello di progetto esecutivo. Il modulo di compressione ricavato nell'unica postazione di prova, impone la preventiva "bonifica" del piano di imposta dei rilevati, così eseguibile:

20-30 centimetri di scotico

40- centimetri di bonifica

posa di tessuto non tessuto più geogriglia bidirezionale di rinforzo

riporto di spessore adeguato al raggiungimento del p.c. di terreno classifica

UNI10006 A1, rullato e compattato ad ottenere un modulo di compressibilità

Me tra 0.5 e 1.5 kg/cmq \geq 150 kg/cmq

2. i terreni indagati all'interno del "*volume geotecnico significativo*" sono rappresentati da intercalazioni di depositi prevalentemente limosi; i dati preliminari non evidenziando particolari problematiche litotecniche tuttavia, nel rispetto del D.M. 2008, si ritiene necessaria la programmazione di una più accurata definizione dei parametri geotecnici caratteristici
3. i vincoli di natura idraulica derivanti dal PAI sono moderati; l'area non è fra quelle soggette ad episodi esondazione.
4. la falda acquifera si attesta in prossimità del piano di campagna

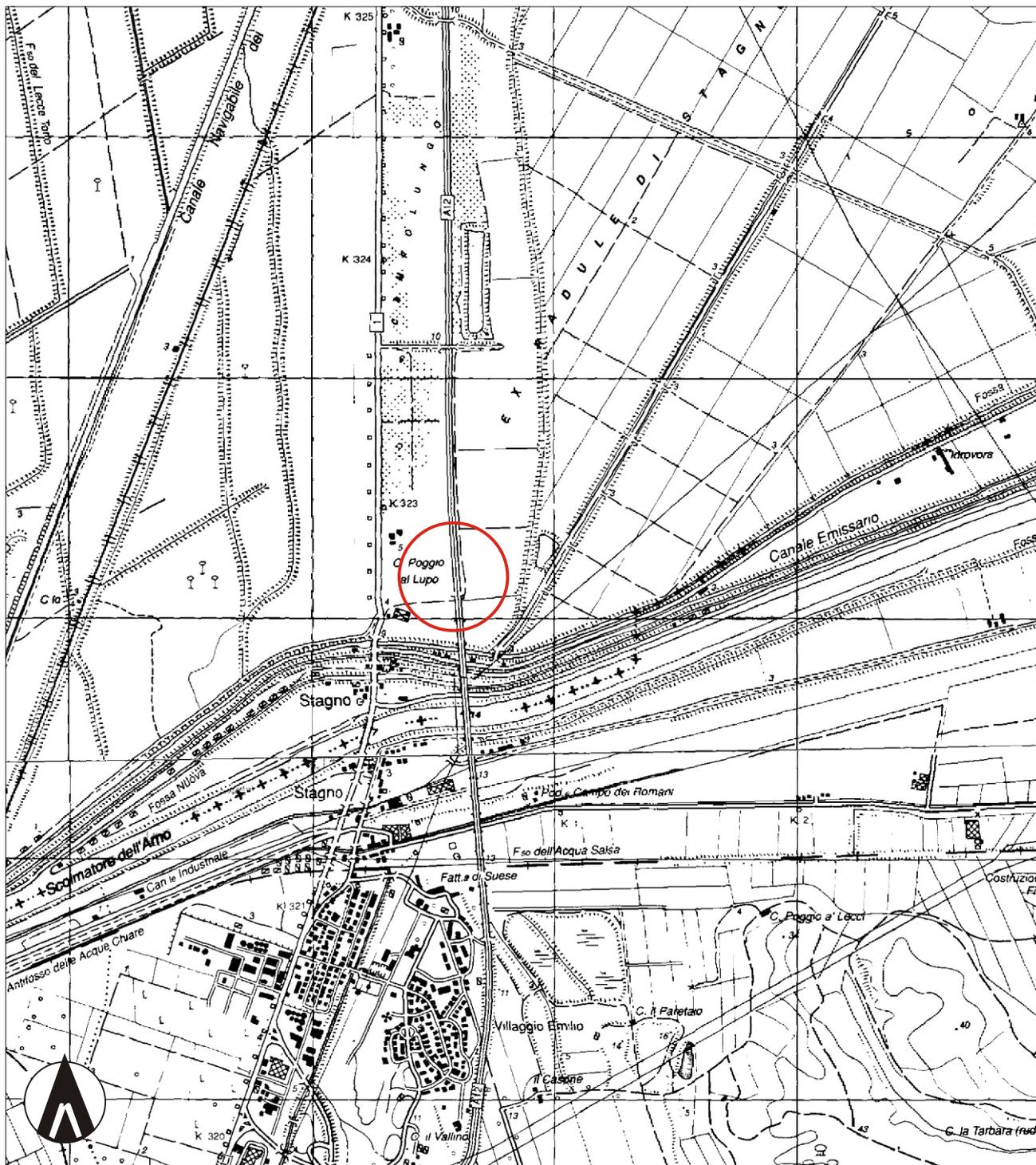


Fig. 1 - COROGRAFIA scala 1:25.000



- area d'indagine

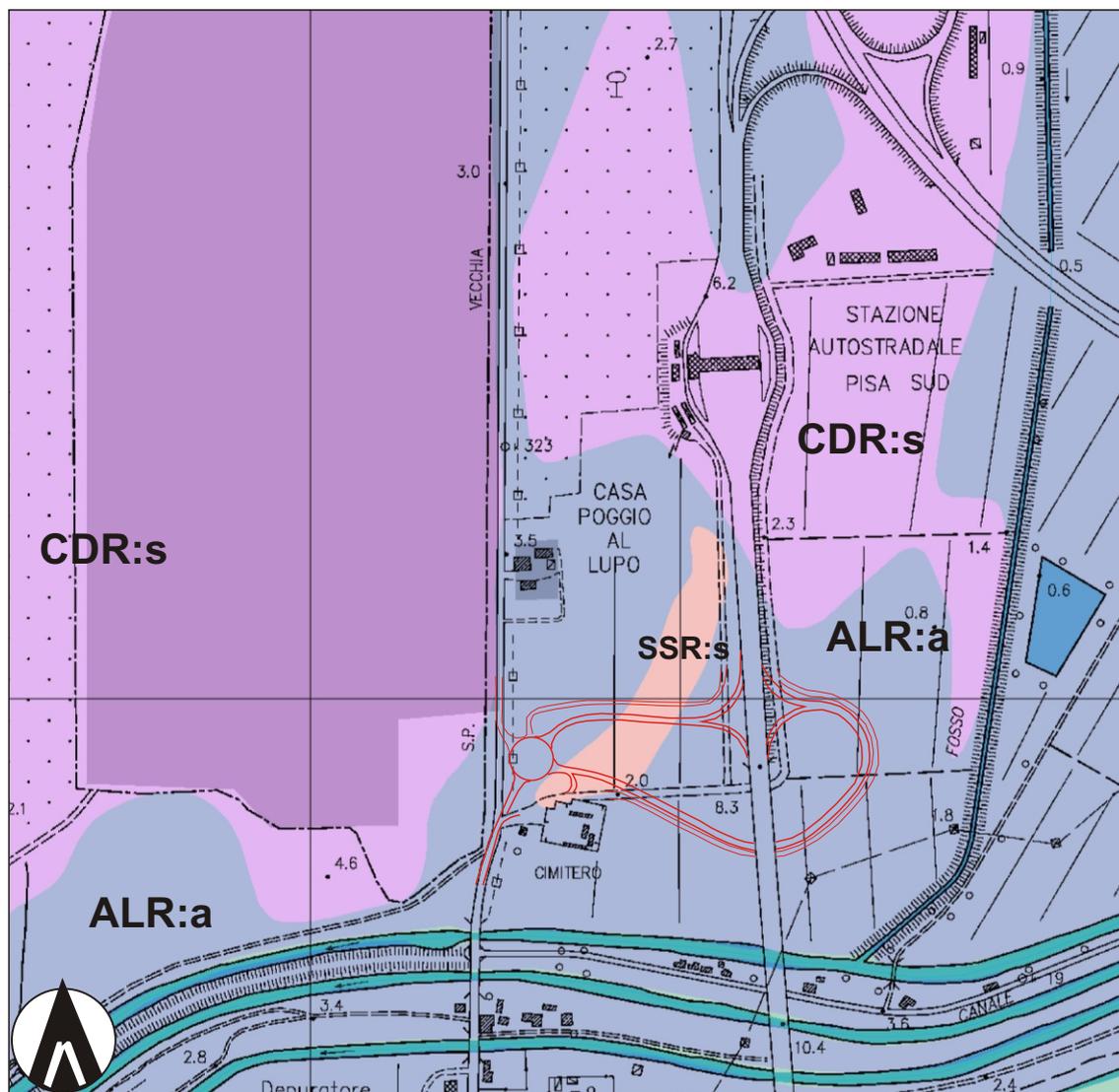


Fig. 2 CARTA GEOLOGICA* scala 1:5.000

Depositi olocenici

-  **ALR:a** - alluvioni recenti: depositi alluvionali palustri e di colmata prevalentemente argillosi
-  **CDR:s** - depositi eolici: depositi prevalentemente sabbiosi delle dune costiere
-  **SSR:s** - depositi sabbiosi di spiaggia
-  - traccia schematica intervento di progetto

* stralcio da Carta Geologica della Provincia di Pisa

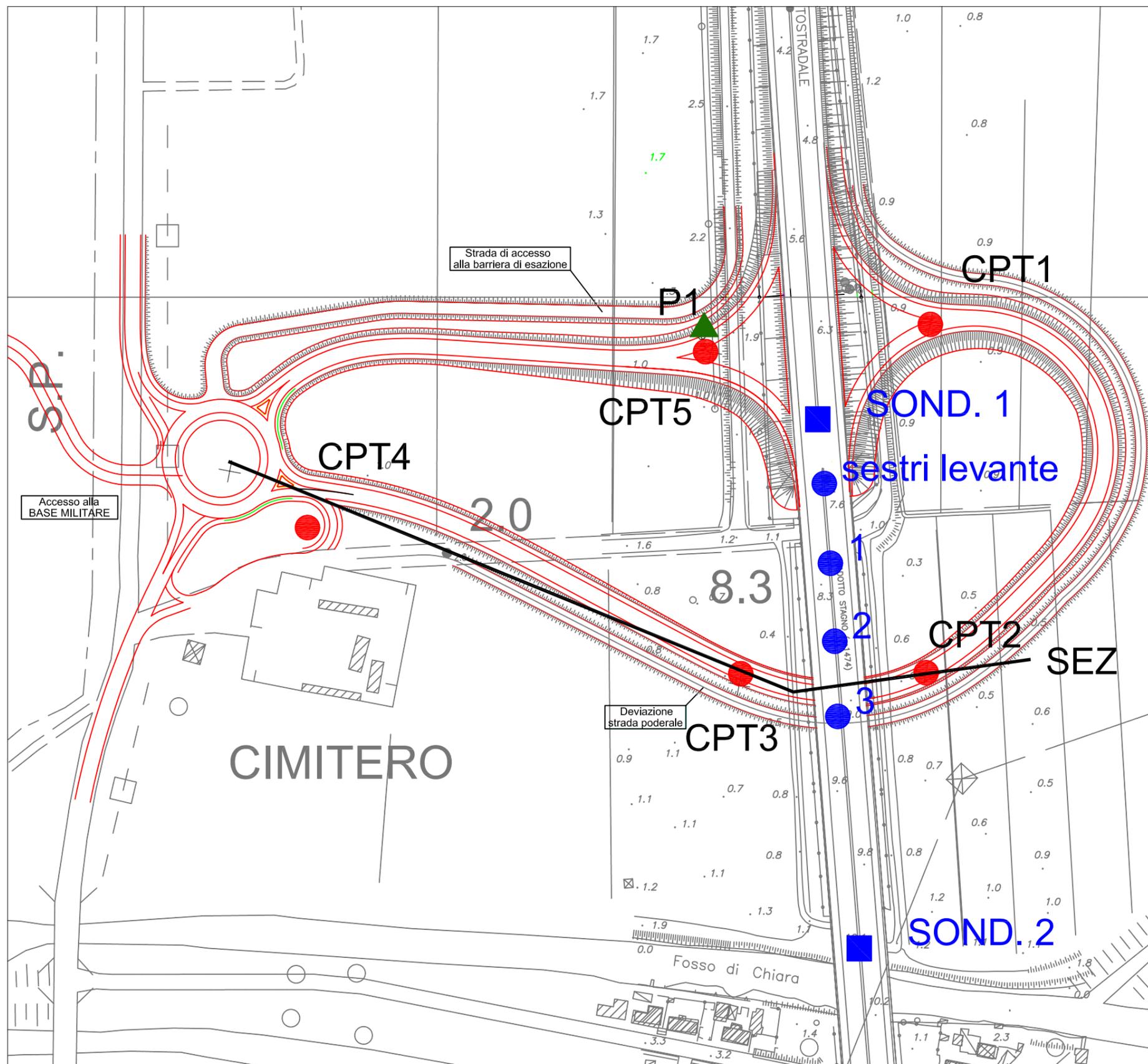


Fig. 3 - UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE
scala 1:2.000

- INDAGINI NOTE 1967
- 1/3 - prove penetrometriche
 - Sond. 1/2 - carotaggi
- INDAGINI FEBBRAIO 2011
- CPT1/5 - prove penetrometriche
 - ▲ P1 - prove di carico su piastra

	quote p.c. (m)
CPT1	0.39
CPT2	0.41
CPT3	0.63
CPT4	1.68
CPT5	0.68

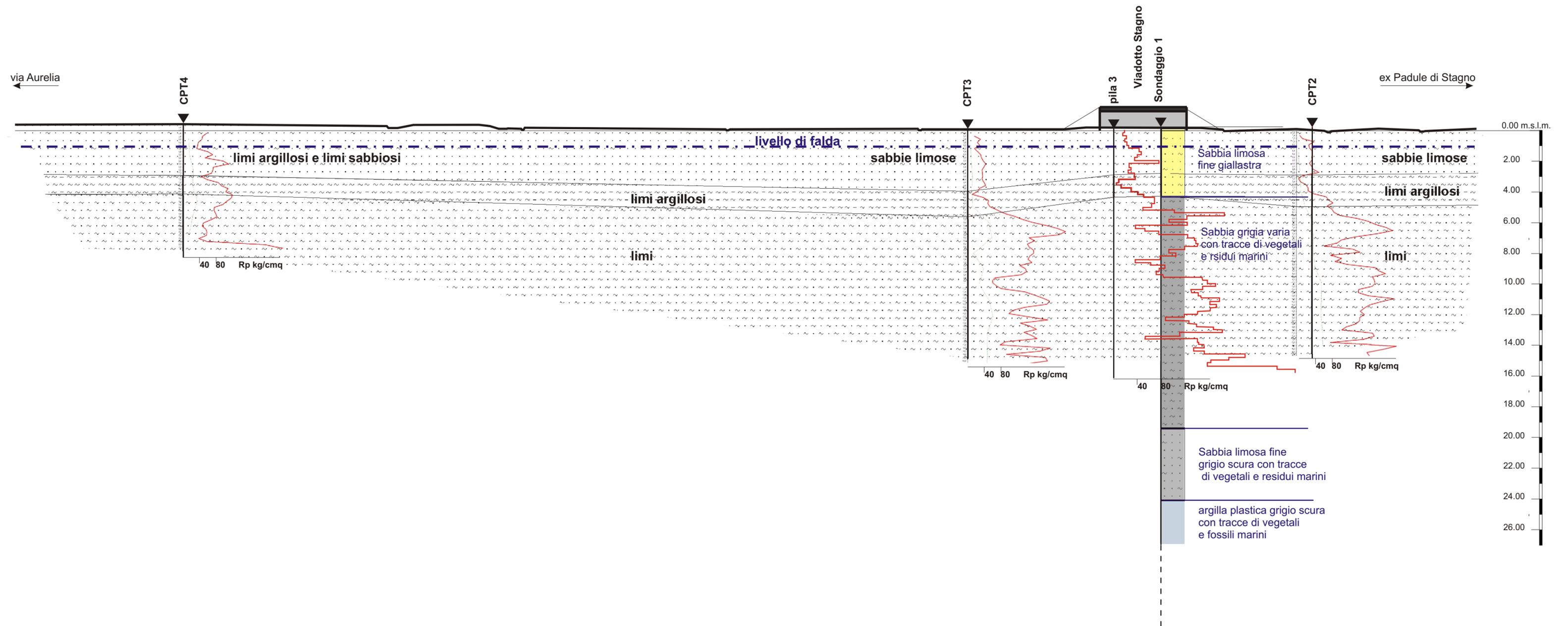


Fig. 4 - SEZIONE STRATIGRAFICA
 scala distanze 1:500 scala stratigrafica 1:200