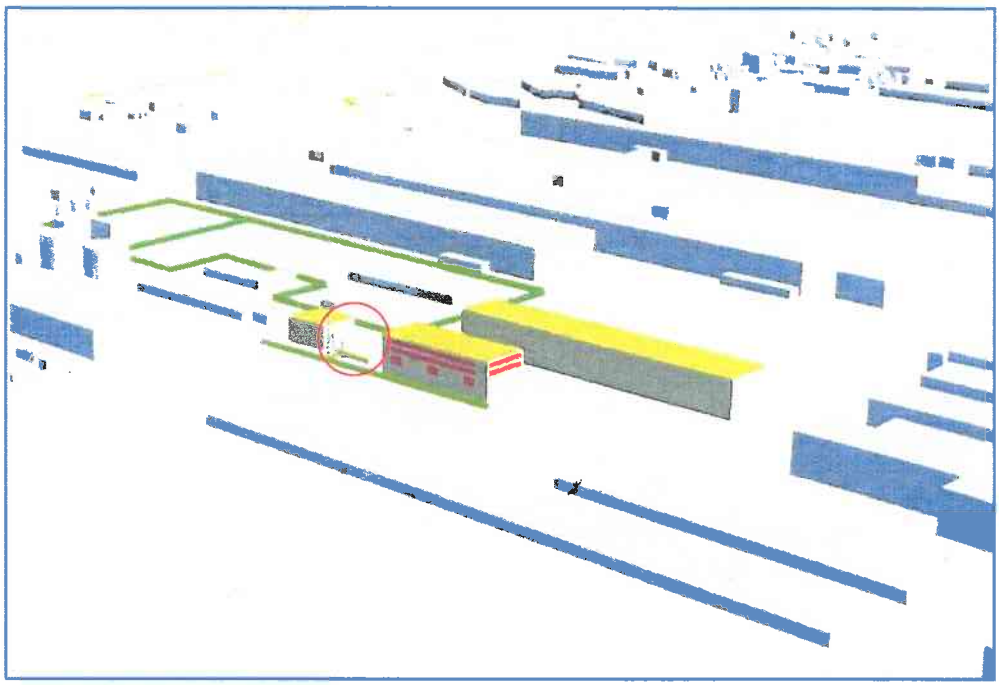
Dr. Geol. Mario Ivaldo – loc. Giuli c.85 – 17043 Plodio (SV) – tel. 019519301 – P.IVA 00344830096 – VLDMRA46E15I480I – fax 019519570 – cell. 3476484478 – e.mail *ivaldo.mario1946@libero.it*

COMUNE DI CAIRO MONTENOTTE

PROVINCIA DI SAVONA

PROGETTO

REALIZZAZIONE IMPIANTO PER LA RIATTIVAZIONE CARBONI ATTIVI



OGGETTO

RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E GEOTECNICA

Committente : **GALE S.r.l.** – via Don Carlo Gnocchi – 20148 MILANO

Geologo : **Dr. Mario Ivaldo**

ORDINE REGIONALE DEI GEOLOGI DELLA LIGURIA
Dott. Geol. MARIO IVALDO
A.P. n. 56
data iscr. 11-01-1977

Luglio 2011

1. PREMESSE GENERALI

La GALE S.r.l. opera nel campo della produzione di carboni attivi granulari di prima attivazione usati nei processi di purificazione , ed ha la sede operativa in Comune di Cairo Montenotte , all'interno delle aree ex – Agrimont (o ENICHEM) in zona Di1 (Industriale) di PRG vigente, con individuazione catastale al fg. 69 particelle 875 e a. (cfr.Tavola 2).

Nell'intento di espandere il proprio campo produttivo l'Azienda ha in previsione di dedicarsi anche al recupero ed al riutilizzo del carbone granulare saturo adottando un procedimento di reversibilità termica che consente di ripristinarne le caratteristiche di adsorbimento originarie.

Tale procedura necessita essenzialmente di un forno rotativo entro cui il carbone da rigenerare verrà portato ad alta temperatura in assenza di aria , consentendo la separazione delle sostanze adsorbite che , ridotte allo stato gassoso saranno inviate all'impianto di post-combustione e quindi sottoposte a processo pirolitico. I gas provenienti dal post-combustore a loro volta saranno inviati ad un recuperatore - scambiatore di calore , quindi raffreddati con acqua , lavati in apposita torre e successivamente scaricati nella rete industriale che sarà collegata al depuratore CIRA.

In tale ottica è stato presentato progetto V.I.A. (Valutazione Impatto Ambientale) per l'installazione dell'impianto ai sensi della L.R. n. 38 del 30 dicembre 1998 e smi.

Lo scrivente , dr. Geol. Ivaldo Mario , regolarmente iscritto al O.R.G.L. al n. 59 , è stato incaricato di valutare la fattibilità geologica, idrogeologica , geotecnica e sismica del sito selezionato per l' allestimento dei dispositivi sulla base degli elaborati tecnici realizzati dallo Studio Tecnico incaricato .

Quanto di seguito viene redatto previa consultazione degli elementi normativi a carattere territoriale , ed elaborato sulla base delle conoscenze specifiche acquisite in occasione di studi settoriali all'interno dell'area , ma soprattutto grazie all'acquisizione di elementi d'indagine specifica portati a termine circa un ventennio or sono in occasione della dismissione degli impianti preesistenti e della successiva alienazione delle aree a favore di terzi per la relativa riconversione dell'intera area industriale.

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E TERRITORIALE

Lo Stabilimento preesistente (Agrimont) ha mantenuto per decenni il proprio assetto organizzativo in area individuata nell' ambito centro occidentale del comprensorio comunale , all'interno della piana alluvionale che si estende in sponda destra del Fiume Bormida di Spigno, nel tratto immediatamente a valle (ca. 600 ml.) del settore di confluenza fra i due rami di Mallare e Pallare che si concretizza in località San Giuseppe di Cairo M.tte .

L'area puntuale su cui è insediata la GALE risulta nel settore centro occidentale ad una distanza di circa 150 ml. dall'argine destro dell'asta (cfr. Tavola 1 – Fig. 1) .

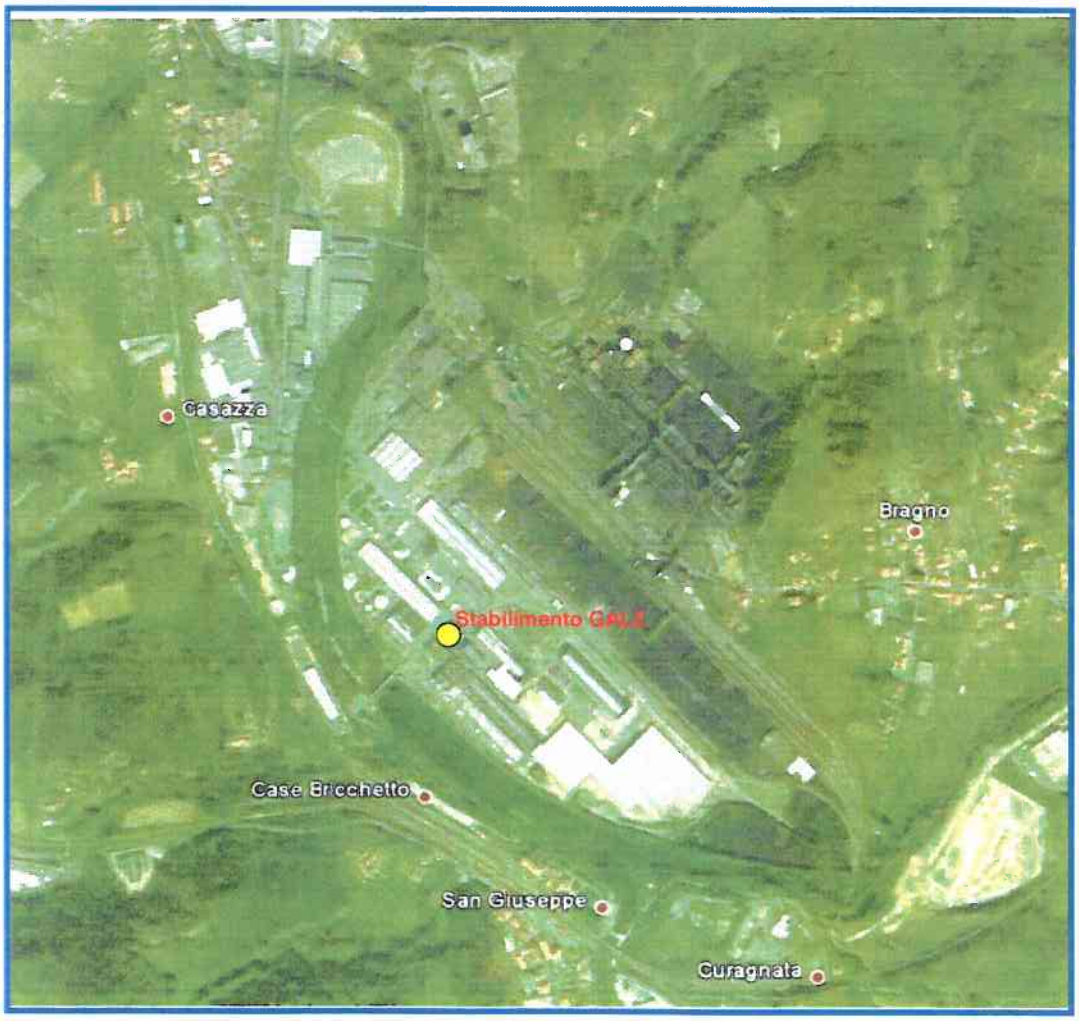


FIG. 1
Ripresa aereofotogrammetrica

Esulando dai livelli strettamente urbanistici , la verifica del grado di pianificazione a livello territoriale prende avvio dalla consultazione degli elaborati di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico e del relativo Atlante dei rischi idraulici redatti a seguito dell'entrata in vigore della L. 183/89 e smi. (Comitato Istituzionale di Bacino del Po - Deliberazione n. 18 del

26 aprile 2001 e smi.) con il quale si è inteso produrre una regolamentazione dell'uso del suolo secondo criteri di vulnerabilità , compatibilità e congruità rispetto ai problemi idrogeologici in genere. Successivamente tali dati vengono confrontati con la bibliografia di zona e soprattutto con gli studi specifici condotti lungo l'area d'influenza delle Bormide all'interno del territorio comunale.

2.1 - Dallo stralcio cartografico riportato in fig. 2 quale estratto diretto ricavato dal sito dell'Autorità Competente (AdBPO) non risultano previsti possibili coinvolgimenti a carattere esondivo neppure a livello storico ammettendo conseguentemente una suscettività d'uso non condizionata di cui si tratterà nel dettaglio nel paragrafo seguente dedicato espressamente alle caratteristiche idrauliche del Fiume. Non sono altresì rilevate situazioni di criticità gravitativa in completo accordo con la topografia e la morfologia dei luoghi .

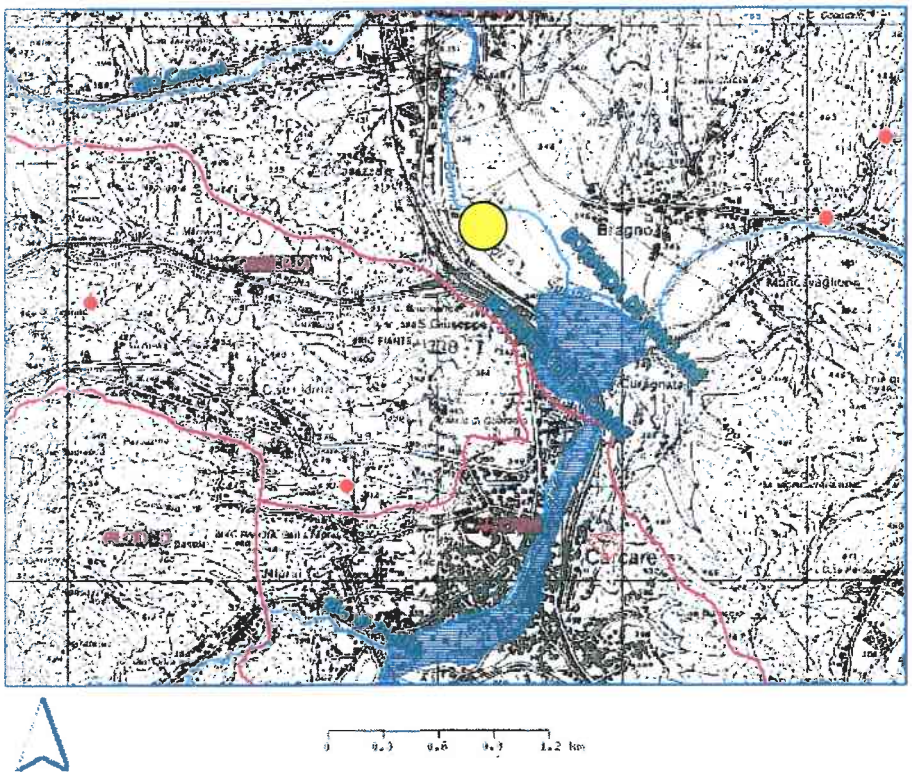


FIG. 2
Stralcio PAI

2.2. - Dalla consultazione degli elaborati a carattere geologico allegati allo Strumento Urbanistico Vigente , l'area indagata è inserita in Classe 7 "*Aree alluvionali con buona capacità portante e rischio locale di esondazione* "

Le Prescrizioni operative connesse alla classe di acquisizione prevedono indagini preliminari associate a prove dirette e/o indirette , e la precisa verifica della reale assenza di rischi esondivi , mantenendo all'occorrenza una fascia di rispetto ancorché con le opportune

deroghe . Infatti in proposito è rilevato che " p*otrà costituire eccezione di tale norma il caso in cui l'esecuzione di verifiche idrauliche puntuali dimostrino l'effettiva fattibilità di un eventuale intervento ".*

2.3 - Sulla base delle informazioni e delle analisi eseguite dal Servizio Sismico Nazionale a fronte dell'O.P.C.M. 3274/03 (e smi.) e , più specificatamente in ordine al DGRP 11-13058 del 19.01.2010 , il Comune di Cairo Montenotte è stato classificato in zona a basso rischio sismico, zona 4 (cod. ID 15) , poiché , come in genere l'entroterra savonese , risulta interessato esclusivamente ed in modo marginale più o meno intenso, dagli effetti di propagazione ed attenuazione di sismi con epicentro nel settore delle Langhe e del Monferrato e , in misura minore, del Mar Ligure occidentale con intensità che episodicamente hanno raggiunto il valore 5 di magnitudo . All'interno della zona 4 sono previste accelerazioni massime del bedrock pari a 0,05g.

All'uopo il territorio nazionale è stato catalogato in base alla pericolosità macrosismica che lo contraddistingue , suddividendolo in un reticolo di celle quadrangolari composto da 10751 punti , per ciascuno dei quali , in ordine ai periodi di ritorno Tr considerati , vengono forniti i tre parametri fondamentali di risposta sismica rispondenti rispettivamente a:

a_g = *accelerazione orizzontale massima del terreno espressa in g/10*

F_o = *valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale*

Tc = *periodo d'inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale*

L'individuazione del sito nel contesto del reticolo di riferimento viene di seguito riportato nei termini di :

- **Coordinate del Sito in esame.**

latitudine:	ED50	44,376940 [°] -	44.377910 [°]	WGS84
longitudine:	ED50	8,287889 [°] -	8.288948 [°]	WGS84

- **Coordinate dei punti di riferimento della maglia**

		ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito	1	16908	44,368950	8,244189	3694.4
Sito	2	16909	44,372020	8,313964	2093.4
Sito	3	17131	44,322110	8,318167	5163.1
Sito	4	17134	44,319040	8,248499	5993.5

3. ELEMENTI GENERALI DI IDRAULICA FLUVIALE

Sul Bacino del Fiume Bormida di Spigno e dei suoi sottobacini sono stati eseguiti studi recenti ed approfonditi volti a fornire un quadro conoscitivo delle aree storicamente inondate . Il Piano Stralcio è stato redatto per conto della Provincia di Savona (2002) da Hydrodata S.p.A. – INTECNO-DHI e al. con la formulazione di un piano di studio tale da individuare il comportamento di ciascuna asta idraulica in occasione degli eventi più gravosi , puntualizzando i massimi livelli idrici in ordine alla zonazione morfologica di cornice agli argini. Lo studio ha portato così a definire la perimetrazione delle aree a rischio esondazione , a diverso grado , come riportato nello stralcio di Fig. 3 all'interno della quale è evidenziata l'area interessata dal progetto

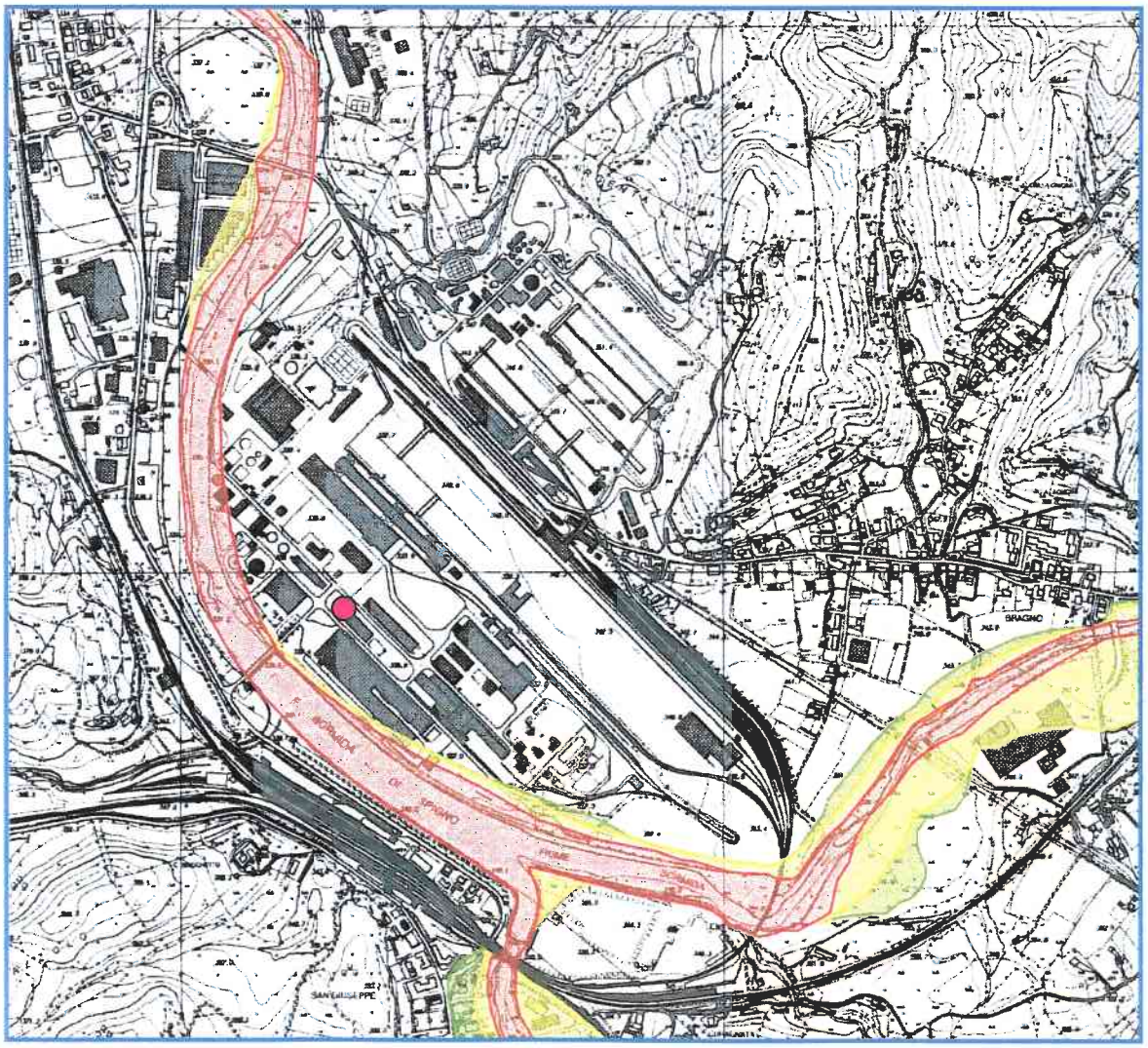


FIG. 3 – Estratto (non in scala) dello Studio delle fasce fluviali del Fiume Bormida di Spigno svolto da Hydrodata S.p.a. , Art s.r.l. , INTECNO_DHI ed SGA per conto della Provincia di Savona fg. 228040 – Cairo Montenotte

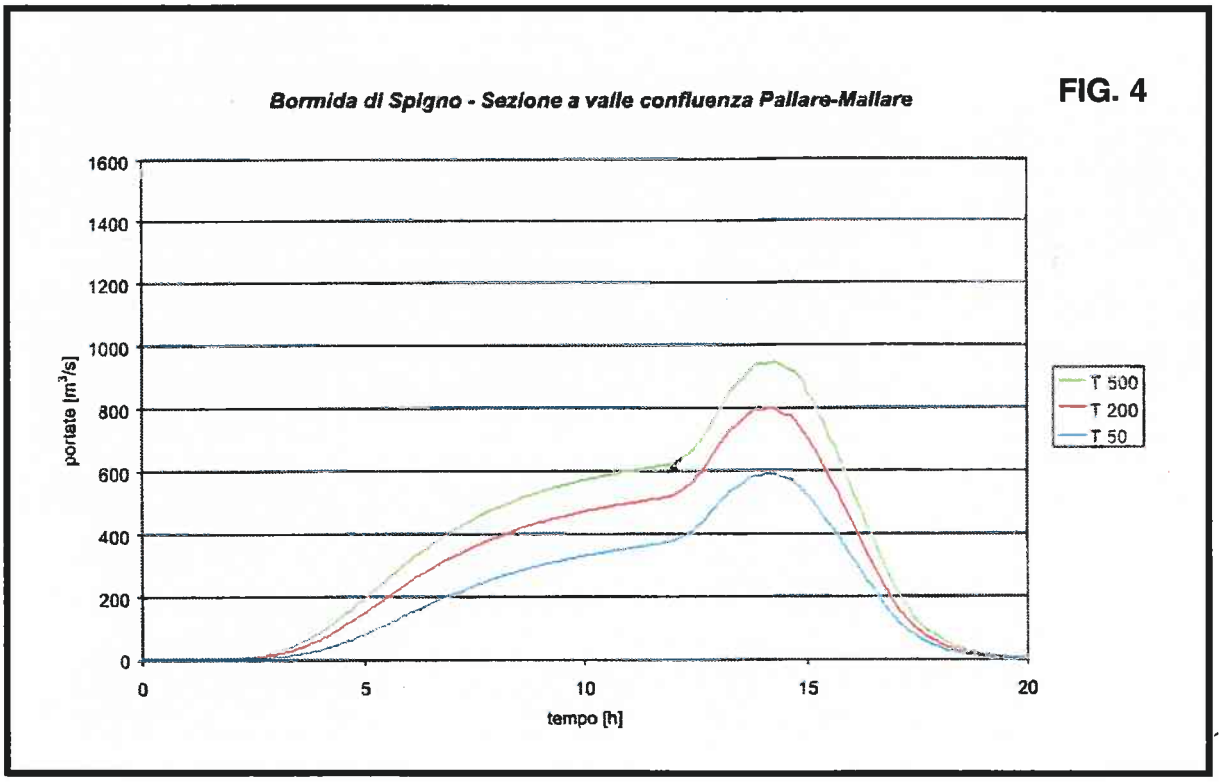
Nell'iter di verifica è stata definita la portata di evento in corrispondenza dell'area a valle del settore di confluenza dei due rami e calcolata sulla base di parametri LSPP intesi come media fra quelli desunti dall'applicazione dei metodi proposti rispettivamente dalla Regione Liguria (C.I.M.A.) e dall'Autorità di Bacino del PO . In tal senso gli eventi sono stati valutati nei termini come sotto riportati ed evidenziati negli idrogrammi di fig. 4 :

Tr = 50 anni = 589 mc. / sec.

Tr = 200 anni = 799 mc./ sec.

Tr = 500 anni = 948 mc. / sec.

Nell'occasione il tirante idraulico per Tr = 200anni alla sezione significativa (BS003) è stato calcolato a quota media di 334 (± 0.01 -:- 0.02) .



Nel maggio 2004 l'Amministrazione Comunale di Cairo Montenotte nell'intento di verificare la compatibilità delle previsioni urbanistiche in ottemperanza ai disposti della Legge 41 del 24.11.1997 e smi., con maggiore grado di dettaglio rispetto allo studio precedente , ha affidato analogo incarico alla ETATEC S.r.l. di Milano che ha prodotto specifico e più aggiornato *Studio Idraulico finalizzato alla delimitazione delle fasce fluviali del Bormida di Spigno e Bormida di Millesimo compreso nel territorio Comunale*

In particolare dalla consultazione degli elaborati emerge come, pur prendendo spunto da valutazioni precedentemente determinate , gli elementi di nuova argomentazione siano

stati sviluppati con approfondimenti di studio su basi topografiche di dettaglio predisposte nei settori più significativi e , quindi , con determinazione dei limiti delle aree d'esondazione quale luogo dei punti d'intersezione tra la superficie del pelo libero di piena con la superficie naturale del terreno . Nella metodologia adottata la portata ed ogni relativo tirante idraulico sono stati calcolati non con modello puramente idrologico ma con simulazione integrata idrologica – idraulica che tiene conto soprattutto di tutte le irregolari e diverse tipologie dei tratti fluviali indagati (*arginature , aree golenali* ...) che intervengono nella definizione ultima dell'idraulica fluviale , tenendo altresì conto della reale non contemporaneità temporale dei picchi di piena .

Dall'analisi della cartografia realizzata a seguito dello studio , il lotto in causa si pone in corrispondenza delle sezioni efficaci n. 51 e 52 (cfr. stralcio di Fig. 5) poste rispettivamente a valle e a monte del medesimo ; occorre precisare che la sezione 51 è stata considerata altresì in duplice configurazione , in corrispondenza cioè dell'imbocco e dello sbocco della " *traversa di derivazione con dispositivi di regolazione* " costituita da quattro luci mobili ed una fissa e con soprastante ponte in attraversamento per la connessione diretta del settore industriale con la viabilità provinciale(S.P. n. 29) sviluppata in sponda orografica opposta. Dalla modellazione numerica eseguita in fase di studio, per le sezioni sopra citate , sono stati individuati puntualmente i valori topografici delle altezze spondali nonché il valore di thalweg

Sezione	52 (monte)	Sponda sn.	340.78	Sponda ds.	342.02	Thalweg	335.75
Sezione	51 (valle)	"	339.76	"	339.71	"	332.93

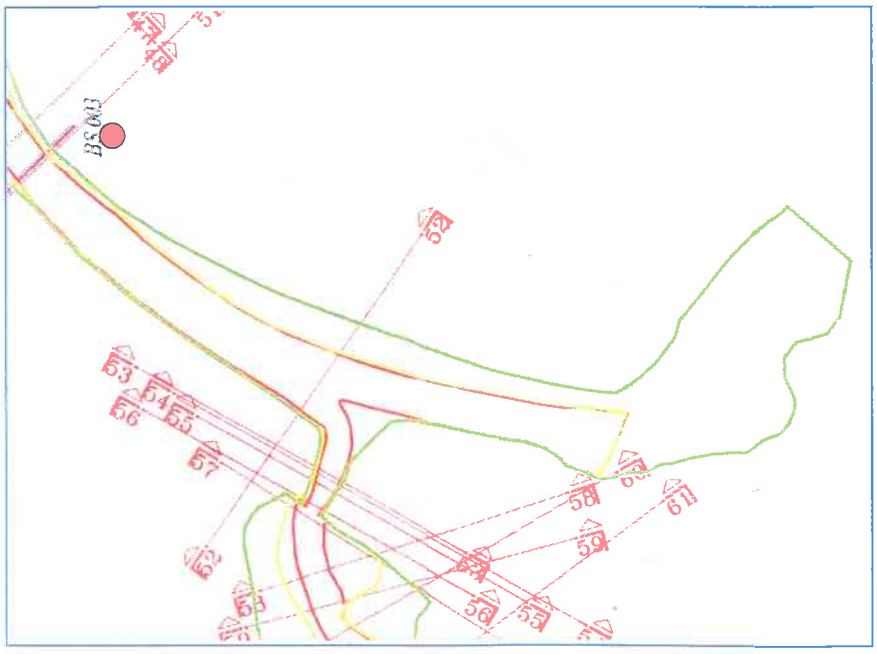


FIG. 5
Stralcio Studio Idraulico
Finalizzato alla delimitazione delle fasce fluviali del Fiume Bormida....

Planimetria e tracce di sezioni di calcolo
ETATEC (2005)

Ulteriori dettagli di studio emergono quindi dai valori significativi che si riassumono di seguito

	Tirante idraulico h (m.)		Portata idrica (m^3/sec.)	
	Tr. = 50 anni	Tr = 200 anni	Tr = 50 anni	Tr = 200 anni
Sez. 52 (monte)	338.316	338.804	598.99	782.414
Sez. 51.1 (M.)	335.122	335.743	601.585	784.612
Sez. 51.2 (V.)	334.578	335.166	601.8	784.889

Nel contesto generale si rileva che i limiti della aree a rischio esondazione per tempi di ritorno cinquantennali e duecentennali (linee gialle e rosse) sono pressoché coincidenti e totalmente ricompresi all'interno delle opere di arginatura realizzate un ventennio or sono, che delimitano il corso dell'alveo nel tratto in causa, escludendo perciò ogni possibile ingerenza idraulica sull'area industriale.

Solo la porzione meridionale risulta potenzialmente assoggettata a fenomeni di esondazione quasi esclusivamente per tempi di ritorno cinquecentennali (*linea verde*) con settori puntuali interessati anche dalla bicentennale ; in tal senso la tipologia di evento in base alla conformazione subpianeggiante della morfologia locale può ragionevolmente essere intesa come limitata a fenomeni di *laminazione idraulica*, con basso tirante e debole energia. In altri termini nei settori così individuati gli eventi eccezionali possono verosimilmente produrre una sopraelevazione decimetrica del pelo libero , con espansione in termini radenti alla topografia dei luoghi , limitatamente ad aree specifiche che comunque esulano dal comparto indagato peraltro difeso anche da opere di arginatura.

4. ELEMENTI GENERALI DI RILEVAMENTO

Come già in accenno l'area oggetto costituisce un lotto all'interno della piana alluvionale di sponda destra del Fiume Bormida di Spigno all'interno del terrazzo fluviale generato da un' ampia ansa destrorsa ; l' estensione globale sviluppa circa 36 ha in ordine ad altimetriche medie poco inferiori a 340 m. slm. (337 – 338) ancorché con variazioni locali poco significative .

Dal primo esame morfologico è possibile presupporre in genere la presenza di alluvioni recenti disposte a seguito delle piene normali ed eccezionali dell'asta per allargamento del fondovalle in corrispondenza dei meandri , e con ripartizione che solitamente si manifesta gradata al tetto del substrato litoide . la cui continuità litologica di fondo trova corrispondenza su entrambe orografiche .

La cartografia tradizionale (C.G.I. Fg. 81 Ceva) descrive i sedimenti come ghiaie e sabbie non alterate ($\mathbf{a}^2$) , di età olocenica , a granulometria anche grossolana , i cui spessori, per esperienze dirette su aree analoghe e/o limitrofe , possono essere ragionevolmente valutati nell'ordine di 7 – 8 m. dal p.c. con possibili variazioni locali poco indicative. Tuttavia nel contesto delle trasformazioni subite nelle varie fasi di impiego del sito non si possono escludere aprioristicamente presumibili rimaneggiamenti e riporti superficiali intervenuti a diverso grado per la realizzazione degli insediamenti trascorsi e di quelli più recenti.

Il quadro geolitologico deriva dalla conoscenza specifica delle aree laterali e dal confronto con la Cartografia tradizionale di zona (C.G.I. Fg. 81 CEVA) che classifica col termine di F. di Molare le bancate conglomeratiche in alternanza ad arenarie e marne grigie appartenenti al B.T.P. ; livelli marnoso - arenacei sottili risultano più costanti in orografica sinistra .

Le più recenti esegesi in proposito (cfr. C. G.I. scala 1:50000 fg, 228 - rif. Fig. 6) riprendono in parte le definizioni precedenti puntualizzando al contorno dell'asta un' ampia distesa di sedimentazione recente , attuale , assegnata al SINTEMA di CAIRO MONTENOTTE , subsintema di Rocchetta Cairo *(CTM_3)*, con descrizione specifica che riporta a " *depositi essenzialmente ghiaiosi , solitamente a tessitura clasto-sostenuta , localmente contenenti rilevanti quantità di matrice sabbiosa e clasti di dimensioni anche pluridecimetriche* "

Il substrato di cornice è inteso , anche nel caso , con la denominazione di F. di Molare, con attribuzione specifica alla presenza di " *siltiti grigio azzurrognole con locale presenza di*

lenti microconglomeratiche con stratificazione difficilmente riconoscibile e scarsa organizzazione ad eccezione di intervalli con accenni di laminazione a basso angolo " (MOR_d) con datazione rapportata all' oligocene inf. – sup. "



FIG. 6 - stralcio C.G.I. scala 1:50000 sezione 228

Fermo restando quanto appena ammesso , da notizie storiche a livello locale e non solo , e dal confronto con le cartografie antiche e recenti , l'attuale ripartizione dell'area è riconducibile all'attuazione di importanti opere di modifica morfotopografica che hanno portato alla deviazione dell'asta idraulica dal suo tragitto naturale ; tali opere risultano essere state portate a termine negli anni trenta del secolo scorso proprio per consentire l'insediamento dello stabilimento Agrimont che, nell'allora configurazione , sfruttava il gas della limitrofa Cokeria.

La traversa e le arginature nell'occasione sono state realizzate per consentire la derivazione idrica ad uso industriale , tutt'ora in atto per la presenza di pozzi all'interno dei nuovi insediamenti .

In proposito anche la GALE S.r.l. annovera all'interno del proprio impianto un pozzo trivellato alla profondità di circa 25-30 ml. assentito dalla Provincia di Savona, dal quale , attualmente , attinge periodicamente quantità idriche non particolarmente gravose (0.015 –

0.02 Moduli) necessarie all'impianto di lavaggio e refrigerazione dei carboni . E' comunque da puntualizzare che l'acqua prelevata , prima di essere messa in circolo nella serpentina di raffreddamento , viene trattata con filtri specifici per l'abbattimento parziale dei contenuti minerali e non in essa dispersi , e successivamente indirizzata nella rete fognaria locale.

Escludendo il tracciato dell'asta principale già trattata nel dettaglio , l'idrologia superficiale dell'area è limitata alla rete antropica di cattura dei meteorili scolanti dalle aree impermeabilizzate, ed al successivo smaltimento nel collettore laterale di raccolta ovvero nella condotta del Depuratore .

La previsione progettuale prevede comunque la realizzazione di una rete dedicata anche per la raccolta delle acque di prima pioggia ricadenti sulle aree potenzialmente inquinate , da indirizzare nei tratti fognari collegati al depuratore CIRA con il quale la GALE ha già contratto specifica convenzione per lo smaltimento dei reflui di lavorazione.

La circolazione ipogea all'interno dei depositi quaternari assume per contro una importante funzione in quanto i materiali alluvionali distribuiti sull'area costituiscono un acquifero monofalda direttamente collegato con le escursioni del livello del pelo libero alimentato dal Fiume Bormida e dal suo tributario di sponda sinistra Rio Cosseria che vi si immette a monte della traversa .

La mobilizzazione all'interno dei sedimenti è condizionata dall'assortimento granulometrico e dal grado di addensamento acquisito, ed avviene con parametri di permeabilità fatti rientrare nell'intervallo generico di $K = 10^{-3}$ -:-10^{-4} m./sec. , con valori di porosità efficace dell'ordine del 20 – 25 % , la qual cosa comunque non esclude la potenziale presenza di livelli e/o lenti semipermeabili solitamente poco significativi.

Per contro il substrato di fondo è da considerare come orizzonte praticamente impermeabile ($K = 10^{-8}$ -:-10^{-10}) con permeabilità secondaria beante assai irregolare, (per fessurazione) di norma limitata al cappellaccio di alterazione più destrutturato , con discontinuità e fratturazioni non sempre in connessione fra di loro e comunque poco sviluppate in profondità .

In proposito all'epoca della dismissione degli impianti Agrimont era stato eseguito uno studio idrologico da cui è derivata la ricostruzione della dinamica subcorticale , ammettendo, come sopra citato , la presenza di una "*falda sotterranea alimentata nella zona a monte della traversa , che ha per letto il substrato roccioso ed una soggiacenza del piano di campagna variabile sino ad un massimo di 6 – 7 m* ".

Nell'occasione , l'interpolazione dei dati raccolti ha permesso di ricostruire l'andamento delle acque sotterranee individuandone i deflussi al di sotto dei magazzini e

degli impianti e con successivi drenaggi a valle ad opera dello stesso percorso del Fiume Bormida. A fronte di tali studi è stato altresì specificatamente individuato il paleoalveo sotterraneo originato dalla deviazione del corso idrico e dalla sua arginatura , che può ragionevolmente essere considerato , almeno parzialmente , come asse principale di drenaggio nella circolazione subcorticale dell'area (cfr. Fig. 7).

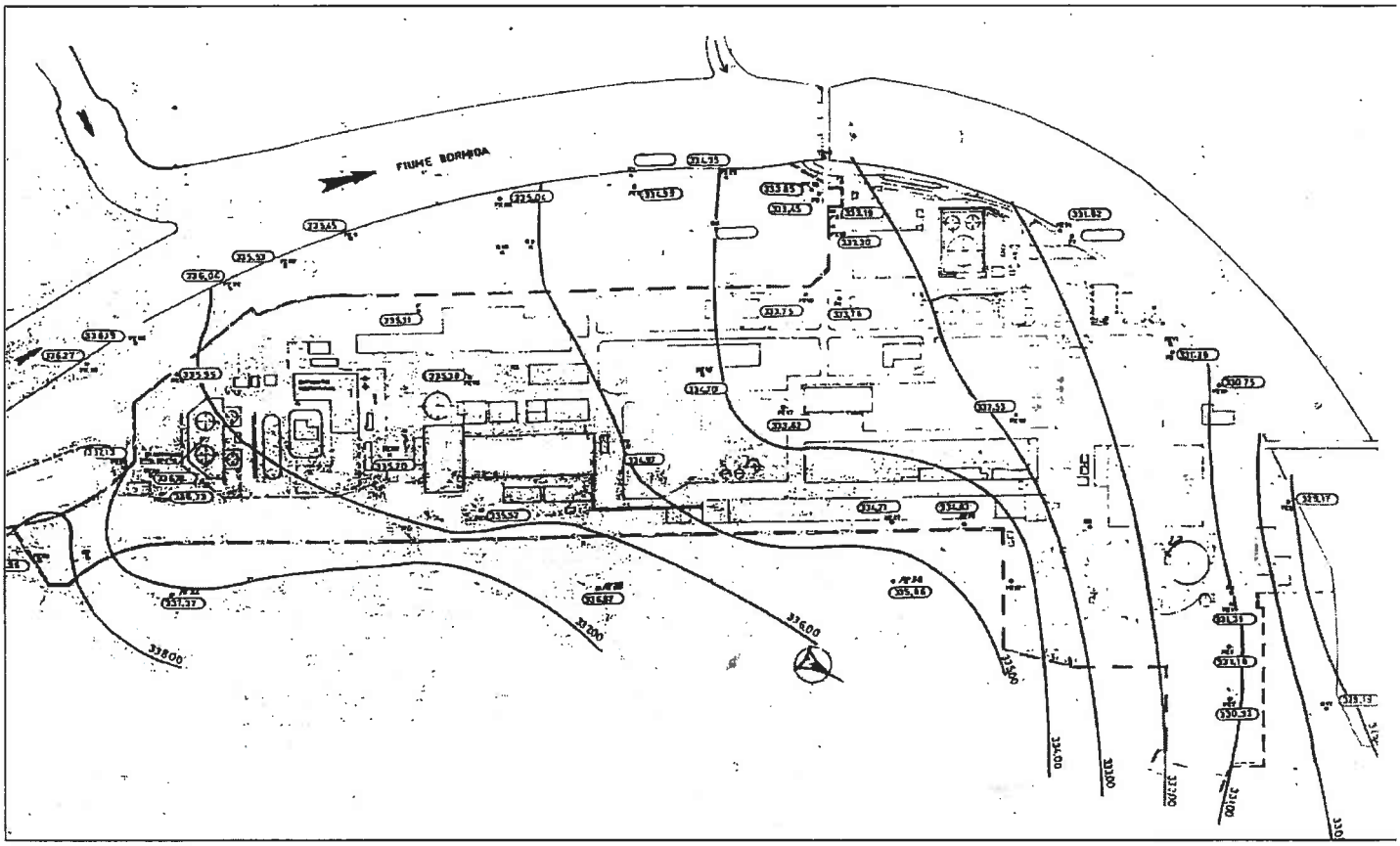


FIG. 7 – Carta delle isofreatiche elaborata per da ERM di Milano (1994)

In merito alle caratteristiche chimiche delle acque di falda , nella fase successiva alla dismissione degli impianti Agrimont è stata attuata una procedura di bonifica del sottosuolo con prelievo tramite sistema Well-point delle acque di percolazione e successivo trattamento in impianto biologico di depurazione . Tale procedimento condotto per tempi lunghi ha indubbiamente portato ad una graduale riduzione dei parametri guida che ne definiscono i limiti ed i criteri per l'utilizzo. Ciononostante le analisi specifiche fatte eseguire dall'ARPAL su richiesta della Direzione dell'Azienda , nel febbraio del 2007 , hanno appurato ancora la *non compatibilità* delle risorse idriche presenti con l'uso umano .

5. MODELLO STRATIGRAFICO E GEOTECNICO

La ricostruzione puntuale del modello stratigrafico viene fatta derivare soprattutto dalla consultazione degli elaborati derivanti dalla campagna di sondaggi a carotaggio continuo eseguiti nell'estate 1990 di cui parte delle risultanze sono state messe a disposizione dello scrivente dalla Parte Committente . Nell'occasione sono state eseguite numerose perforazioni (35) dalle quali si evince come il substrato possa essere individuato genericamente a quote orientative di ca. – 7 / 8 m. dal p.c. con soprastanti spessori di ghiaie e sabbie limose in percentuali variabili , almeno in parte e/o settorialmente combinati con rilevati eterogenei di natura varia, ancorché limitati agli strati più superficiali.

In proposito si riportano alcune delle colonne stratigrafiche delle perforazioni , messe a disposizione dello scrivente dalla Parte Committente .

Nel complesso quindi , pur con le dovute riserve e con potenziali variazioni puntuali soprattutto riferite all'elemento non trascurabile di rimaneggiamento antropico , una attendibile e verosimile successione stratigrafica dell'area d'intervento può trovare riscontro nello schema prodotto nel prosieguo

0 – 0.3	strato di sottofondo stradale con soprastante livello in manto bituminoso
0.3 –:- 1.5	terreno di riporto eterogeneo con residui anche di materiali da costruzione di difficile interpretazione oggettiva
1.5 -:- 6.5	sabbie e limi con ghiaia di varia pezzatura , ciottoli in matrice sabbiosa e limosa
6.5 -:- 8.0	livello di cappellaccio riferito a marne e arenarie grigie destrutturate e fratturate
8 >>>	arenaria e marne grigiastre consistenti e compatte

La parametrizzazione geomeccanica viene fatta derivare da presupposti d'esperienza e bibliografici che vengono individuati cautelativamente nei termini di cui al prosieguo :

* <u>sottofondo stradale di chiusura con strato superiore in manto bituminoso</u>

Angolo d'attrito	35-37°
Peso di volume naturale	20-21 KN. / mc.
Coesione	0

* materiali eterogenei di rilevato ad elevato grado d'addensamento

Angolo d'attrito	33-35°
Peso di volume naturale	18.5-19 KN. / mc.
Peso di volume saturo	19 – 19.5 KN. / mc.
Coesione	0 KPa

* depositi alluvionali costituiti da livelli intermedi limosi sabbiosi con minime percentuali argillose , con ciottoli e ghiaietto diffuso

Angolo d'attrito	29 – 30 °
Peso di volume naturale	17.5 – 18.5 kn. /MC.
Peso di volume saturo	19 – 19.5 kn. / MC.
Coesione non drenata	< 0.5 KPa
Modulo elastico	< 8 – 10 MPa

* alluvioni clastiche grossolane di fondo

Angolo d'attrito	33-35°
Peso di volume naturale	19.20 KN. /mc.
Peso di volume saturo	20 – 20.5 KN. /mc.
Coesione	0 KPa

* substrato marnoso – arenaceo tenace

Angolo d'attrito	38 – 40°
Peso di volume	23- 23.5 KN. / mc.
Coesione	150 – 200 KPa

Si sottolinea il comportamento prevalentemente incoerente dei materiali in essere anche se non si possono escludere livelli argillosi puntuali e poco significativi.

Il livello di falda viene assunto pari a - 2.5 m. dal piano campagna corrispondente al livello d'equilibrio riscontrato più volte all'interno del pozzo in uso alla GALE nella fase di predisposizione dell'iter autorizzativo ; tale livello è , comunque, da considerare correlato al livello del pelo libero a monte della traversa in condizioni normali.

6. - CARATTERIZZAZIONE SISMICA DI ZONA E DI SITO

Stante quanto già in accenno al paragrafo 2.3, di seguito si procede alla definizione dei parametri di sismicità di zona e di sito attribuendo i caratteri identificativi del sito di seguito riportati nei termini di :

- **Tipo di costruzione : 2**
- **Vita nominale (VN) ≥ 50 [anni]**
- **Classe d'uso: II**. Opere ordinarie, opere infrastrutturali , assenza di affollamenti ....industrie con attività non pericolose .....
- **Coefficiente d'uso cu: 1**
- **Periodo di riferimento: 50 anni**

- Parametri sismici di zona

Tabella 1

Probabilità di superamento	[%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	c*[sec.]
Operatività (SLO)	**81**	**30**	**0,019**	**2,585**	**0,159**
Danno (SLD)	**63**	**50**	**0,025**	**2,551**	**0,187**
Salvaguardia. della vita (SLV)	**10**	**475**	**0,058**	**2,620**	**0,306**
Prevenzione al collasso (SLC)	**5**	**975**	**0,070**	**2,683**	**0,327**

Dalla ricostruzione del modello stratigrafico , riservandosi in fase esecutiva l'eventuale verifica dell'effettivo valore V_{S30} con prove RE. MI. , lo scrivente , nella fase attuale , ritiene di poter inserire il terreno di fondazione cautelativamente nella categoria E (*terreni dei sottosuoli di tipo C e D con spessore inferiore a 20 m. posti su substrato litoide di riferimento con* V_{S30} *> 800 m./sec.*) .

La tipologia topografica viene individuata nella Categoria T1 (i < 15 °), cui viene attribuito il relativo coefficiente unitario che interviene nella definizione ultima della accelerazione massima di sito con la relazione $a_{max} = S_t\ S_s\ a_g$ dove a_g è la componente orizzontale massima attesa al suolo rigido di riferimento.

Con l'uso di software dedicati sono stati calcolati e riportati nella sottostante tabella i coefficienti sismici orizzontali / verticali e l'accelerazione massima (m./sec^2) attesa per la categoria di sottosuolo prefissata (cfr. Tabella 2) ; nella successiva fig. 8 sono ricostruiti gli spettri di risposta elastici .

Coefficienti sismici	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss amplificazione stratigrafica	1.60	1.60	1.60	1.60
Cc coefficiente funzione Categoria	2.40	2.25	1.85	1.80
St amplificazione topografica	1.00	1.00	1.00	1.00
Kh componente orizzontale	0.006	0.008	0.018	0.022
Kv componente verticale	0.003	0.004	0.009	0.011
Amax (m/sec^2)	0.302	0.393	0.881	1.099
Beta	0.200	0.200	0.200	0.200

Tabella 2
Coefficienti sismici
Categoria sottosuolo E
Categoria topografia T1

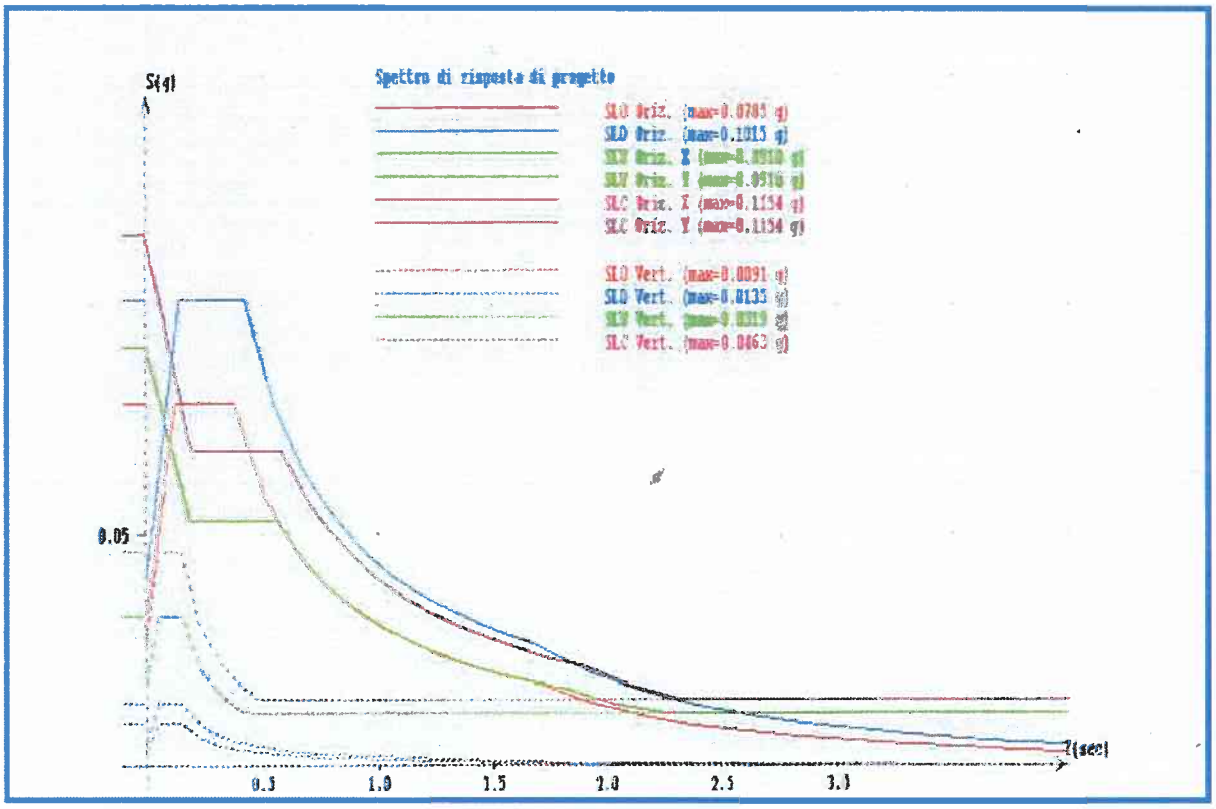


FIG. 8 - Spettri di risposta

7. ELEMENTI GENERALI DI PROGETTO

Sulla scorta di quanto sinteticamente espresso alla premessa , il progetto a margine prevede l'installazione di un nuovo impianto di lavorazione del carbone , indipendente da quello in atto , che planetricamente andrà ad inserirsi totalmente nell'area compresa fra l'attuale stabilimento ed il magazzeno antistante sul prospetto NW , con inserimento della Torre di Evaporazione in area laterale adiacente a quest'ultimo.

Nel contesto della disponibilità areale , in prima approssimazione l'area destinata al nuovo impianto è rappresentata da uno sviluppo planimetrico stabilito in circa 300 mq. entro cui troveranno spazio i vari componenti, lasciando aree residue a disposizione per lo stoccaggio provvisorio e la relativa movimentazione sia del materiale di consumo che di quello non riutilizzabile e/o dei reflui di lavorazione .

In particolare dalla relazione tecnica elaborata a seguito della procedura VIA si evince altresì la necessità di predisporre una vasca d'accumulo entro cui convogliare i fanghi derivanti dal programma di riattivazione in attesa di essere smaltiti da soggetto autorizzato. Le dimensioni del comparto allo stato attuale sono ancora da stabilire , ma la capacità recettiva sarà in funzione dei volumi prodotti e della periodicità di svuotamento . Dalle informazioni assunte dalla Direzione dell'Azienda è ammesso un approfondimento a profondità massima non superiore a - 1.5 -:- 1.8 m. dal p.c. con struttura specifica particolarmente rigida da realizzare in cls. armato opportunamente impermeabilizzata con criteri d'uso , e protetta superiormente dagli agenti atmosferici .

Strutturalmente , dalle tematiche preliminari e dalle informazioni assunte , emerge l'intendimento di procedere con la formazione di un unico basamento del tipo a platea opportunamente dimensionato con soprastanti *batoli* puntuali di sostegno diretto ai vari elementi strutturali dell'impianto ; la progettazione dovrà verificare specificatamente le armature da adottare per sopperire e contrastare gli eccessi strutturali ed i potenziali effetti compromissori legati al punzonamento.

8. VERIFICHE GEOTECNICHE SUL SUOLO DI FONDAZIONE

In assenza di elementi progettuali definitivi , senza tuttavia voler con ciò entrare nel merito del Progettista Strutturale , di seguito viene fatta l'ipotesi ritenuta più attendibile sulla base di esperienze maturate in tal senso , in applicazione del modello stratigrafico precedentemente assunto.

8.1 Geometria fondazionale

L'impostazione di ciascun componente dell'impianto (*con la sola esclusione della torre di evaporazione*) viene dunque ad essere ipotizzata su un unico basamento di fondazione del tipo a platea le cui dimensioni , in sede preliminare , vengono formulate nei seguenti termini planimetrici :

B = 10.5 ml. larghezza platea

L = 28.5 ml. lunghezza platea

Ulteriori caratteristiche sono definite dallo spessore H e dal livello di posa h e dal dimensionamento della sottofondazione s di livellamento , individuati rispettivamente in

H = 0.3 ml. spessore fondazione

h = 0. 4 ml. profondità di posa

s = 0.1 m.

Nella fattispecie la sezione stratigrafica viene assunta come rappresentata in sintesi nella fig. 9 quale allegato specifico di calcolo , nella quale sono individuati , in schema , gli orizzonti successivi ed il dimensionamento dell'opera che comprende la formazione di uno strato livellato di magrone (10 cm.) ; sono altresì considerati alcuni dei carichi puntuali agenti sul basamento e riferiti alle componenti più consistenti dell'impianto.

La profondità del livello idrico ipogeo in fase di elaborazione è stato assunta , per i motivi precedentemente assunti , ad una quota pari a – 2.5 m. correlabile con gli eventi di piena eccezionale.

8.2 Generalità sulle metodologie di calcolo adottate

Poiché l'azione del sisma si traduce in accelerazioni sia nel sottosuolo con effetti cinematici che nella fondazione con effetti inerziali , sono considerate le variazioni nei coefficienti di capacità portante che sono computate mediante l'introduzione di coefficienti sismici correttivi ; tali coefficienti definiscono sia il rapporto fra le componenti orizzontale e verticale dei carichi trasmessi alla fondazione che l'accelerazione massima attesa al sito. Alla luce della più recente Normativa , affinché una fondazione possa sopportare il carico di

progetto con sicurezza nei confronti della rottura generale , occorre che per tutte le combinazioni di carico relative allo SLU sia soddisfatta la relazione Ed $\leq$ Rd intendendo con Ed il carico di progetto normale alla base della fondazione e con Rd il carico limite di progetto della fondazione stessa nei confronti dei carichi normali e non.

L'elaborazione di calcolo del valore Rd quale carico massimo applicabile al terreno di fondazione prescelto viene nel seguito determinato con il Programma LoadCap 2011 della Geostru S. introducendo l'effetto dell'azione sismica sul carico limite con valutazioni derivanti dall'applicazione sui termini di capacità portante dei fattori parziali correttivi introdotti da N.T.C. 2008 . L' applicazione procede nella determinazione del carico limite implementando le usuali formule analitiche della letteratura geotecnica assumendo come valido il valore più cautelativo a seguito dell'introduzione dei criteri normativi . Per ogni metodologia utilizzata la definizione del valore Rd ammissibile viene espressa evidenziando il rapporto Qlim./ Rd che deve essere contenuto nei limiti previsti che definiscono la verifica o meno del termine computato.

Infine contestualmente alle analisi svolte il programma determina per ogni metodologia la costante di sottofondo Ks che valuta l'interazione fra la struttura ed il terreno; tale valore di reciprocità è influenzato dalla forma, dalla dimensione , dalla profondità di posa, e viene determinato con il metodo di Bowles determinando altresì i valori dei cedimenti elastici a fronte delle tensioni calcolate .

8.3) Sintesi dei risultati

Riprendendo le parametrizzazioni assunte ancorché in parte mediate ed implementate con la bibliografia del software utilizzato, nell'elaborazione si adottano rispettivamente la condizione drenata utilizzando le formule geotecniche di Hansen, Vesic e Brinch-Hansen, le cui risultanze sono riportate nel dettaglio all'allegato specifico in calce, e dalle quali risulta che il carico d'esercizio ammissibile sotto l'azione del sisma è valutato nella misura di 108 KPa cui corrisponde un coefficiente di sottofondazione di Bowles di 7766.61 KN. /m^3 (Hansen 1970) .

In merito è opportuno sottolineare l'applicazione di parametri cautelativi che hanno solo parzialmente tenuto conto del miglioramento generale assunto dai materiali nel comportamento geomeccanico , quale effetto derivante dalla compattazione subita dal terreno nel tempo , nonché dall' eventuale ulteriore incremento nelle prestazioni producibile con rullatura e compattazione preliminare che può ancora essere attuata sul suolo con mezzi specifici movimento terra .

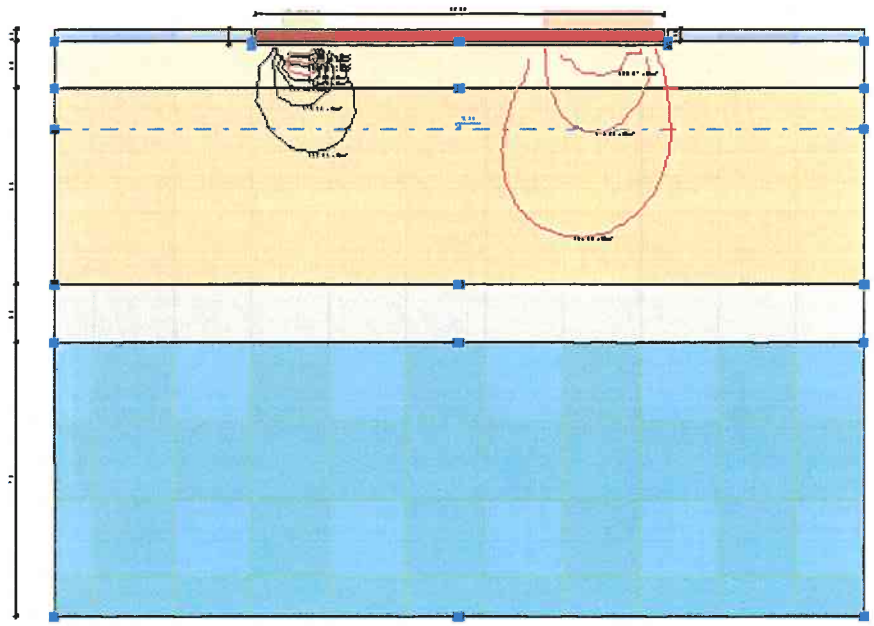


FIG. 9
Schema fondazionale

Eventualmente , più esaustivi accertamenti sul grado di consolidamento potranno essere prodotti preliminarmente nella fase di perfezionamento esecutivo con l'esecuzione di " prove si piastra" particolarmente indicate per la determinazione del Modulo di deformazione a seguito di cicli di carico successivi

8.4) Calcolo dei cedimenti

I cedimenti alla pressione di progetto sono valutati numericamente nei termini riportati in calce che individuano valori idonei alla tipologia strutturale .

8.5) Verifica alla liquefazione

Per quanto attiene il rischio legato a eventuali fenomeni di liquefazione dei terreni in fase sismica, si fa espresso riferimento a quanto asserito al capitolo 7.11.3.4.2. delle N.T.C. che attesta, come nel caso, l'assenza di implicazioni e problematiche in tal senso per valori di $a_g/g \leq 0.1g$, contestualmente ad un'intensità sismica attesa non superiore al valore di magnitudo 5 .

9. CRITERI DI AMMISSIBILITA' DELL'INTERVENTO/ PRESCRIZIONI

Il settore urbano entro cui è inserita la GALE costituisce area destinata esclusivamente all'insediamento di attività produttive , oggi ormai praticamente satura , nella quale è stato avviato e pressoché ultimato un processo di riconversione degli edifici delle attività dismesse

In tale prospettiva, quali considerazioni conclusive , sono di seguito analizzate le situazioni di rischio connesse alla realizzazione del nuovo impianto ed alle sue condizioni di esercizio nel tempo , individuando le soluzioni da adottare per la mitigazione degli effetti meno rilevanti .

9.1) Rischio geomorfologico e idrogeologico

Le condizioni morfologiche dell'area e delle zone limitrofe , in accordo con le disposizioni PAI ed in genere con gli orientamenti normativi contenuti nel Piani di coordinamento pianificatorio , consentono di affermare che nell'area d'intervento ed in un intorno efficace di cornice non sono riscontrabili fattori e/o indici evidenti di contesti geomorfologici suscettibili di attivazione non prevedibile anche a breve termine .

9.2) Pericolosità idraulica

Con riferimento a quanto citato specificatamente al paragrafo 3 gli studi effettuati al riguardo hanno escluso ogni possibile implicazione a carattere idraulico , anche nei confronti di eventi eccezionali ; tale condizione peraltro trova riscontro anche nel repertorio di notizie storiche riferite agli eventi eccezionali dell'ultimo ventennio.

Il livello di falda , quale rischio secondario , non costituisce pregiudizio in quanto a profondità tale da non interferire significativamente con le strutture.

9.3) Rischio sismico

Riprendendo sinteticamente quanto precedentemente citato ai paragrafo 2.3 e 6 il basso grado di rischio cui è sottoposta il Comune di Cairo Montenotte , la Classe d'uso e la tipologia dei fabbricati progettuali non costituiscono vincolo imprescindibile alla realizzazione delle opere.

9.4) Elementi di rischio secondari

Occorre ancora significare che l'intera zona è utilizzata da insediamenti produttivi e/o industriale riconducibili ad attività diverse non ultimo quella dello stoccaggio provvisorio e trattamento e recupero rifiuti (FG riciclaggi – Vico S.r.l. ...) per i quali l'attività della GALE non costituisce pregiudizio alcuno.

9.5) Gestione delle risulte

L'attività della GALE in genere produce rifiuti che sono stati qualificati ed affrontati nella loro gestione nella relazione prodotta dai Tecnici Incaricati , sia in termini di emissioni in atmosfera che in termini di scarichi idrici e/o meteorici , ovvero di stoccaggi provvisori di materiale di lavorazione in genere.

Per quanto attiene espressamente le competenze dello scrivente , l'esecuzione delle opere di progetto , nella fase di predisposizione del sito , porterà alla produzione di un volume di risulta in banco di circa 90 – 100 mc. con tipologia granulometrica molto eterogenea , in proporzioni preponderanti di tipo antropico (*asfalto, rilevati generici , cls.* ...).

In tal senso , pur esulando dal novero delle Pietre Verdi , i materiali di scavo in quanto derivati dal sottofondo di basamento di remoti e recenti impianti industriali dovranno necessariamente essere resi ad impianto autorizzato per il recupero e/o lo smaltimento ai sensi della Normativa Vigente in merito , con riferimento al D.G.Ls 152 / 2006 e DGRL. 859 del 18.07.08 e smi.

...23.07.2011

Il tecnico incaricato

Dr. Mario Ivaldo Geologo



INDICE DEGLI ARGOMENTI

Pag. 1	cap. 1)	Premesse generali
Pag. 2	cap. 2)	Inquadramento geografico e territoriale
Pag. 5	cap. 3)	Elementi generali di idraulica fluviale
Pag. 9.....	cap. 4)	elementi generali di rilevamento
Pag. 13.....	....cap. 5)	Modello stratigrafico e geotecnico
Pag. 15.....	cap. 6)	Caratterizzazione sismica di zona e di sito
Pag. 17.....	cap. 7)	Elementi generali di progetto
Pag. 18.....	cap. 8)	Verifiche geotecniche sul suolo di fondazione
Pag. 21.....	cap. 9)	Criteri di ammissibilità dell'intervento /prescrizioni

ALLEGATI

- Cartografia generale

TAVOLA 1 Corografia
TAVOLA 2 Stralcio catastale
TAVOLA 3 Planimetria dell'intervento

- Allegati stratigrafici

- Elaborati di calcolo geotecnico

BIBLIOGRAFIA

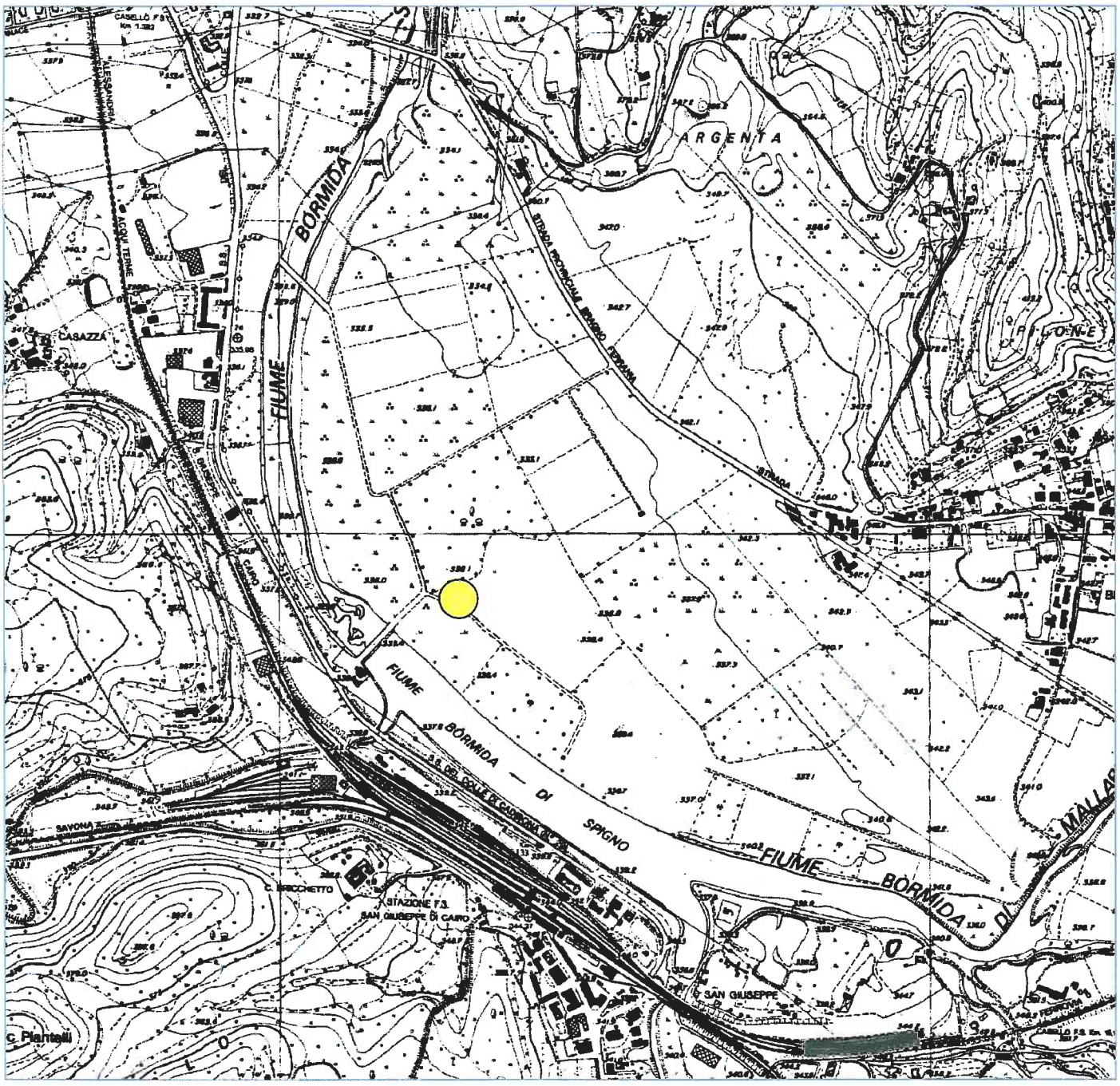
* Studio delle fasce fluviali del Fiume Bormida di Spigno e dei sottobacini ....
* Studio Idraulico Finalizzato alla delimitazione delle fasce fluviali....
* "Raccomandazioni per le indagini geotecniche" , Associazione Geotecnica Italiana (1977- 1997)
* Berardi G (1972) " Ingegneria delle fondazioni " Enciclopedia dell'ingegneria , vol. VII ISEDI
* Cestelli Guidi C. (1980) Geotecnica e Tecnica delle fondazioni , vol. I Urico Hoepli , (MI) vol. 1 e 2 , ed. 1975
* Lancellotta R. (1987) Geotecnica , Zanichelli (BO)
* D.M. 14.01.2008 Norme Tecniche per le Costruzioni
* Istruzioni per l'applicazione delle NTC 2008 , Consiglio superiore dei Lavori Pubblici
* D.L. 152/99 " Disposizioni sulla tutela delle acque .-... "

CARTOGRAFIA

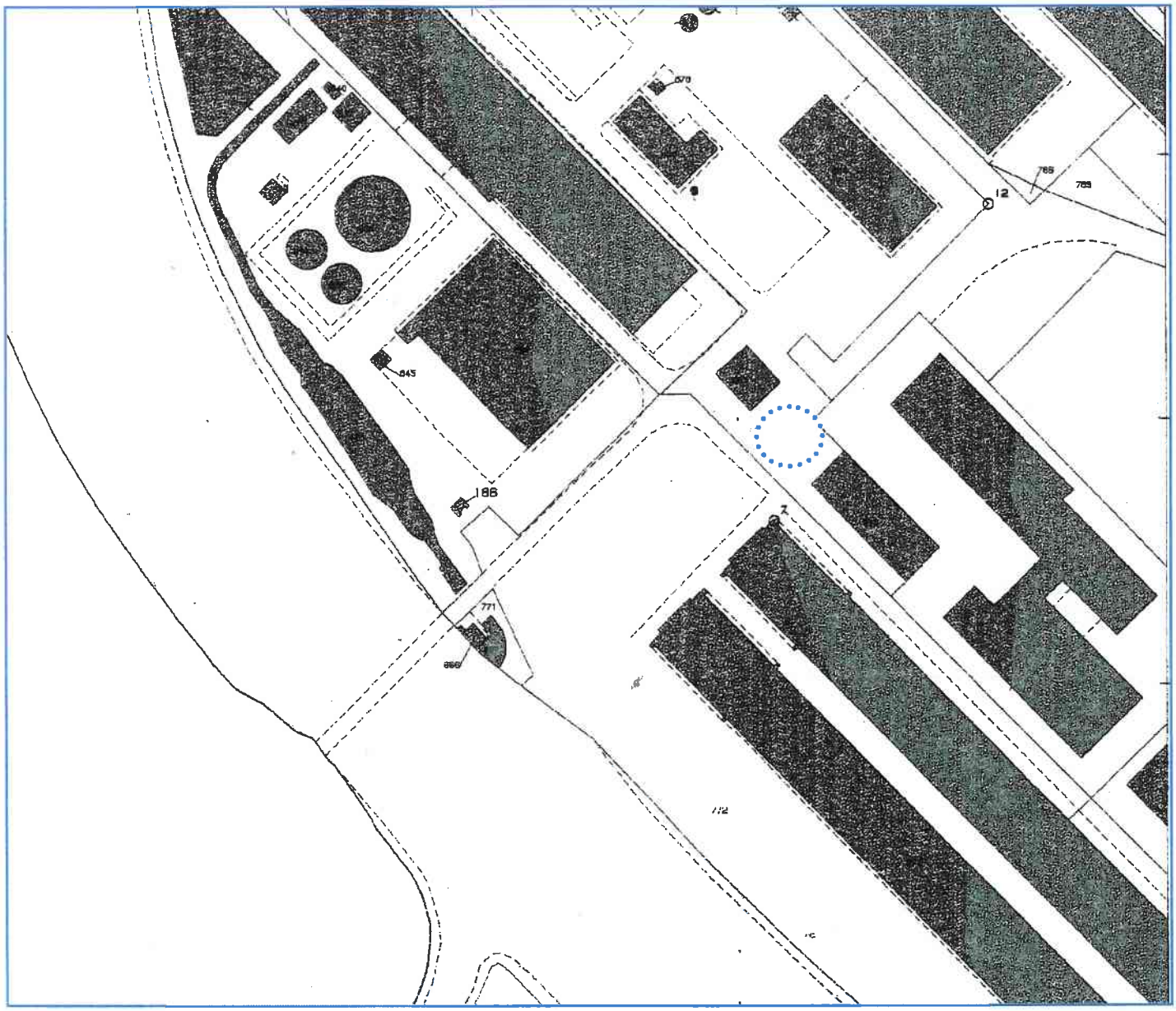
GENERALE

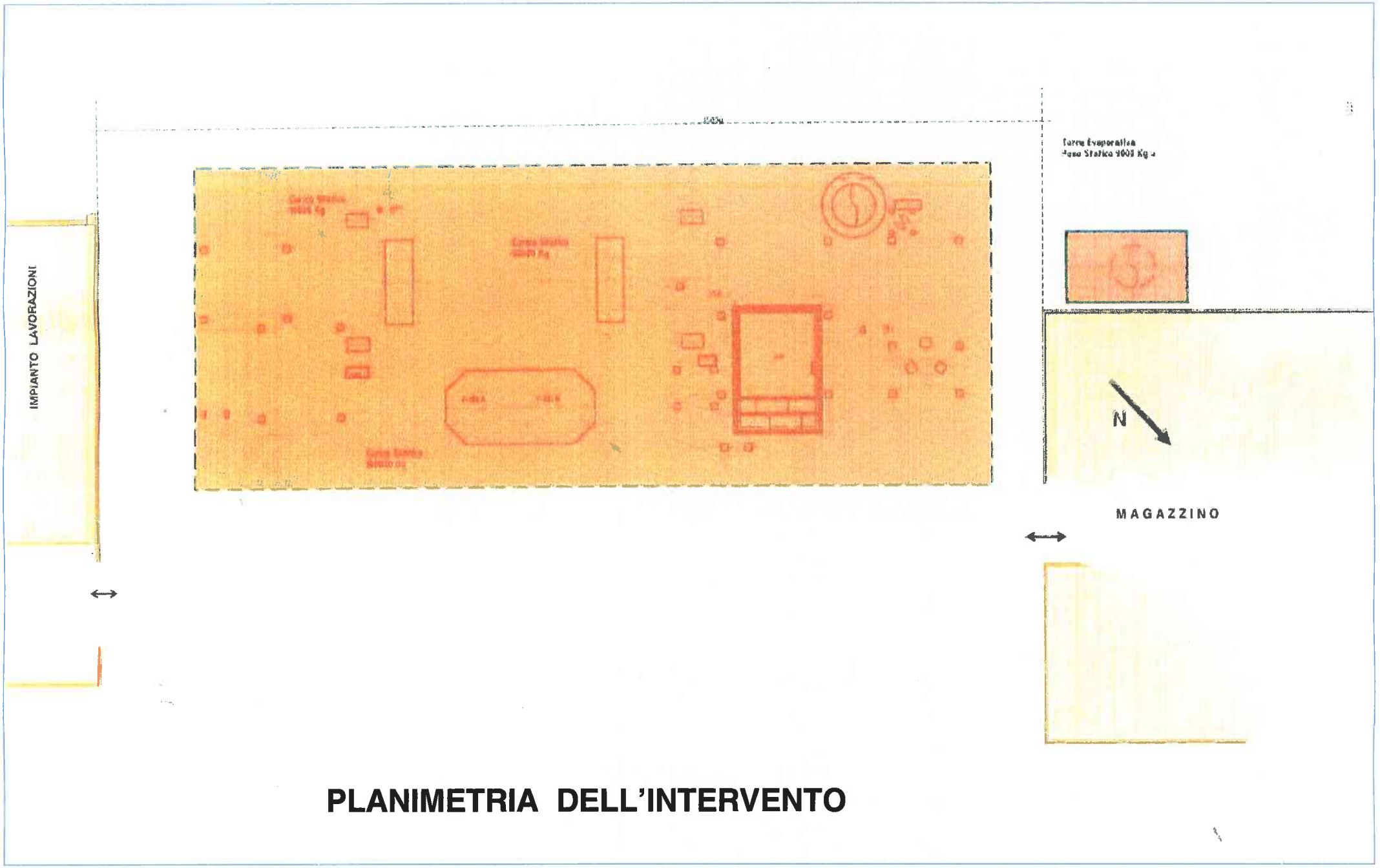
Corografia di base –

Stralcio da C.T.R. scala 1:10000 Sezione 228040



Stralcio catastale fg. 69





PLANIMETRIA DELL'INTERVENTO

ALLEGATI

STRATIGRAFICI

Campagna geognostica 1990

mittente AGRIMONT Metodo di perforaz. Rotazione Ø 12" foglio N. 1

d. N. P2 Località S. Giuseppe di C. (SV) Posizione Picchetto quota inizio 335,99

Prof. m.	Strat.	Carotag.	Campionatura	Prof. camp.	Descrizione Terreno	P.P.	S.P.T. h'	S.P.T. n. colpi	TUBO PIEZ. h	TUBO PIEZ. tubo
					Sabbia limosa bruna inglobante rara ghiaia				+0,30	
									2,80	
3,70					Ghiaia di pezzatura grossolana e ciottoli in matrice sabbiosa limosa grigio-bruna					
6,00										
7,10					Ciottoli e trovanti in matrice sabbiosa limosa grigio-bruna					
					Arenaria grigiastra					
9,00									9,00	
FINE PERFOR									168	

: 3 ..... campioni indisturbati

Shelby d/m=Denison/Mazier

Osterberg p=Percussione

LIVELLO FALDA

data	profond. foro	prof. rivest.	livello acqua
		da p.c.	m. 4,66

Data dal Giugno 1990 al .....

Firma del compilatore .....

LIMOSANI - Tel. 4040304 - FAX 4690260

committente AGRIMONT Metodo di perforaz. Rotazione Ø 12"¼ foglio N. 1

S. N. P6 Località S. Giuseppe di C. (SV) Posizione Picchetto quota inizio 334,71

Profondità strati	Prof. m.	Strat.	N° Carotag.	Campione	Prof. camp.	Descrizione Terreno	P.P.	S.P.T. h	S.P.T. n. colpi	TUBO PIEZ. h	TUBO PIEZ. tubo
						Sabbia limosa con ghiaia di varia pezzatura e ciottoli (Ø max 15 cm.)				+0,20	
2,80	2,80					Conglomerato cementizio				3,00	
3,80	3,80					Sabbia molto limosa					
5,70	5,70					Sabbia limosa con abbondante ciottoli (Ø max 30 cm.)					
7,80	7,80					Arenaria grigiastra				9,40	
9,70	9,70									219	
FINE PERFOR											

2 3 ..... campioni indisturbati

Shelby d/m=Denison/Mazier

Osterberg a=Percussione

LIVELLO FALDA

data	profond. foro	prof. rivest.	livello acqua
		da p.c.	m. 3,10

Data dal Luglio 1990 al .....

Firma del compilatore .....

committente AGRIMONI Metodo di perforaz. Rotazione Ø 12"1/2-7"1/2 foglio N. 1

sond. N. PB Località S. Giuseppe di C. (SV) Posizione Picchetto quota inizio

Profondità strati	Prof. m	Strat.	n° Carotag.	Camp. tipo	Prof. camp.	Descrizione Terreno	P.P.	S.P.T. h	S.P.T. n. colpi	TUBO PIEZ. h	TUBO PIEZ. tubo
										p.c.	
						Sabbia limosa					
5,00											
7,00						Ciottoli e ghiaia in matrice sabbiosa limosa					
										9,50	
										21,9	
						Arenaria grigiastra con interlivelli di conglomerato fratturato (pot. max 25 cm.)					
										35,00	
38,00										38,00	
						Marna grigiastra compatta, fratturazione dalla profondità di m. 51,80 a m. 52,10				45,50	
54,50										54,50	
FINE PERFOR						Livello statico m.0,00 Livello dinamico m.48,00 — Portata 0,13 l/s					

2 3 campioni indisturbati

Shelby d/m=Denison/Mazier

Osterberg p=Percussione

LIVELLO FALDA

data	profond. foro	prof. rivest.	livello acqua

Data dal Luglio al Agosto 1990

Firma del compilatore

Committente AGRIMONI Metodo di perforaz. Rotazione Ø 152/131/101 foglio N. 1

Sond. N. S19 Località S. Giuseppe di C. (SV) Posizione Pinchetto quota inizio 336,69

Profondità strati	Prof. falda	Strat.	% Carotag.	Campion. tipo	Prof. campion.	Descrizione Terreno	P.P.	S.P.T. h	S.P.T. n. colpi	TUBO PIEZ. h	TUBO PIEZ. tubo
0,20						Ghiaia media alterata in matrice sabbiosa limosa grigiastra-rossastra					
0,80						Sabbia limosa nerastra-rossastra inglobante ghiaia fine, tracce di laterizi					
1,20						Ghiaia medio-fine molto sciolta in debole matrice sabbiosa limosa grigiastra, tracce di laterizi					
2,15						Sabbia limosa nocciola inglobante ghiaia medio-fine tracce di laterizi					
						Ghiaia di varia pezzatura e ciottoli (Ø max 13 cm.) in matrice sabbiosa limosa nocciola-chiaro					
5,70											
6,50						Marna grigiastra					
						Arenaria grigiastra					
8,90											
						Alternanze di conglomerato, ciottoli di arenaria e limo sabbioso molto addensato da nerastro a grigiastro					
11,10											
						Arenaria grigiastra					
15,00											
FINE PERFOR											

3 ..... campioni indisturbati

Shelby d/m=Denison/Mazier

Osterberg p=Percussione

LIVELLO FALDA

data	profond. foro	prof. rivest.	livello acqua
		da p.c.	m. 1,27

Data dal Giugno 1990 al .....

Firma del compilatore .....

LIMOSANI - Tel. 4018304 - FAX 4690706

ELABORATI

DI CALCOLO GEOTECNICO

LOAD CAP 2011

DATI GENERALI

Azione sismica	NTC 2008 / Zona 4
Zona	4
Lat./ Long. [WGS84]	44,37694/8,287889
Larghezza fondazione	10,5 m
Lunghezza fondazione	28,5 m
Profondità piano di posa	0,4 m
Altezza di incastro	0,9 m
Profondità falda	2,5
Sottofondazione...Sporgenza, Altezza	0,1/0,1 m

==========

SISMA

Accelerazione massima (ag/g)	0,05
Effetto sismico secondo	NTC(C7.11.5.3.1)
Coefficiente intensità sismico terreno [Khk]	0,0313
Coefficiente intensità sismico struttura [Khi]	0,0156

==========

STRATIGRAFIA TERRENO

Corr: Parametri con fattore di correzione (TERZAGHI)
DH: Spessore dello strato; Gam: Peso unità di volume; Gams:Peso unità di volume saturo; Fi: Angolo di attrito; Ficorr: Angolo di attrito corretto secondo Terzaghi; c: Coesione; c Corr: Coesione corretta secondo Terzaghi; Ey: Modulo Elastico; Ed: Modulo Edometrico; Ni: Poisson; Cv: Coeff. consolidaz. primaria; Cs: Coeff. consolidazione secondaria; cu: Coesione non drenata

DH [m]	Gam [kN/m³]	Gams [kN/m³]	Fi [°]	Fi Corr. [°]	c [kN/m²]	c Corr. [kN/m²]	cu [kN/m²]	Ey [kN/m²]	Ed [kN/m²]	Ni	Cv [cmq/s]	Cs
0,3	20,59	20,59	35,0	25,13	0,0	0,0	0,0	19613,3	0,0	0,3	0,0	0,0
1,2	18,63	19,61	33,0	23,51	0,0	0,0	0,0	49033,25	0,0	0,3	0,0	0,0
5,0	18,6	19,5	29,0	20,37	0,3	0,3	0,0	8000,0	0,0	0,39	0,0	0,0
1,5	19,12	20,59	33,0	23,51	0,0	0,0	0,0	49033,25	0,0	0,29	0,0	0,0
7,0	22,56	23,54	38,0	29,34	150,0	150,0	150,0	98066,5	0,0	0,2	0,0	0,0

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazione	Pressione normale di progetto [kN/m²]	N [kN]	Mx [kN·m]	My [kN·m]	Hx [kN]	Hy [kN]	Tipo
1	A1+M1+R1	108,00	4000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Progetto
2	A2+M2+R2	108,00	4000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Progetto
3	Sisma	100,00	3600,00	0,00	0,00	30,00	0,00	Progetto
4	S.L.E.	108,00	4000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Servizio
5	S.L.D.	108,00	4000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Servizio

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef.Rid.Capacità portante orizzontale
1	Si	1	1	1	1	1	1	1
2	Si	1,25	1,25	1,4	1	1	1,8	1,1
3	Si	1,25	1,25	1,4	1	1	1,8	1,1
4	Si	1	1	1	1	1	1	1
5	Si	1	1	1	1	1	1	1

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...A2+M2+R2
Autore: HANSEN (1970)

Carico limite [Qult]	194,17 kN/m²
Resistenza di progetto[Rd]	107,87 kN/m²
Tensione [Ed]	108,0 kN/m²
Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed]	1,8
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler	7766,61 kN/m³

- **Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)**

Fattore [Nq]	9,13
Fattore [Nc]	18,68
Fattore [Ng]	5,3
Fattore forma [Sc]	1,18
Fattore profondità [Dc]	1,01
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1,0
Fattore inclinazione base [Bc]	1,0
Fattore forma [Sq]	1,16
Fattore profondità [Dq]	1,01
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1,0
Fattore inclinazione base [Bq]	1,0
Fattore forma [Sg]	0,85
Fattore profondità [Dg]	1,0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1,0
Fattore inclinazione base [Bg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0,92
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1,0
Carico limite	**378,46 kN/m²**
Resistenza di progetto	**378,46 kN/m²**
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	**Verificata**

- **Autore: VESIC (1975) (Condizione drenata)**

Fattore [Nq]	9,13
Fattore [Nc]	18,68
Fattore [Ng]	8,81
Fattore forma [Sc]	1,18
Fattore profondità [Dc]	1,01
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1,0
Fattore inclinazione base [Bc]	1,0
Fattore forma [Sq]	1,16
Fattore profondità [Dq]	1,01
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1,0
Fattore inclinazione base [Bq]	1,0
Fattore forma [Sg]	0,85
Fattore profondità [Dg]	1,0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1,0
Fattore inclinazione base [Bg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0,92
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1,0
Carico limite	**571,7 kN/m²**
Resistenza di progetto	**571,7 kN/m²**
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	**Verificata**

- **Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)**

Fattore [Nq]	9,13
Fattore [Nc]	18,68
Fattore [Ng]	5,3
Fattore forma [Sc]	1,17
Fattore profondità [Dc]	1,01
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1,0
Fattore inclinazione base [Bc]	1,0
Fattore forma [Sq]	1,15
Fattore profondità [Dq]	1,01
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1,0
Fattore inclinazione base [Bq]	1,0
Fattore forma [Sg]	0,89
Fattore profondità [Dg]	1,0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1,0
Fattore inclinazione base [Bg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0,92
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1,0
Carico limite	**390,26 kN/m²**
Resistenza di progetto	**390,26 kN/m²**
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	**Verificata**

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	5,91
Fattore [Nc]	14,1
Fattore [Ng]	2,56
Fattore forma [Sc]	1,16
Fattore profondità [Dc]	1,01
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1,0
Fattore inclinazione base [Bc]	1,0
Fattore forma [Sq]	1,13
Fattore profondità [Dq]	1,01
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1,0
Fattore inclinazione base [Bq]	1,0
Fattore forma [Sg]	0,85
Fattore profondità [Dg]	1,0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1,0
Fattore inclinazione base [Bg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0,91
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1,0
Carico limite	**194,17 kN/m²**
Resistenza di progetto	**107,87 kN/m²**
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	**Verificata**

- Autore: VESIC (1975) (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	5,91
Fattore [Nc]	14,1
Fattore [Ng]	4,81
Fattore forma [Sc]	1,16
Fattore profondità [Dc]	1,01
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1,0
Fattore inclinazione base [Bc]	1,0
Fattore forma [Sq]	1,13
Fattore profondità [Dq]	1,01
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1,0
Fattore inclinazione base [Bq]	1,0
Fattore forma [Sg]	0,85
Fattore profondità [Dg]	1,0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1,0
Fattore inclinazione base [Bg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0,91
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1,0
Carico limite	**316,81 kN/m²**
Resistenza di progetto	**176,0 kN/m²**
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	**Verificata**

- Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	5,91
Fattore [Nc]	14,1
Fattore [Ng]	2,56
Fattore forma [Sc]	1,15
Fattore profondità [Dc]	1,01
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1,0
Fattore inclinazione base [Bc]	1,0
Fattore forma [Sq]	1,12
Fattore profondità [Dq]	1,01
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1,0
Fattore inclinazione base [Bq]	1,0
Fattore forma [Sg]	0,89
Fattore profondità [Dg]	1,0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1,0
Fattore inclinazione base [Bg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0,91
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1,0
Carico limite	**199,95 kN/m²**
Resistenza di progetto	**111,08 kN/m²**
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	**Verificata**

- **Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)**

Fattore [Nq]	5,91
Fattore [Nc]	14,1
Fattore [Ng]	2,56
Fattore forma [Sc]	1,0
Fattore profondità [Dc]	1,01
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0,98
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1,0
Fattore inclinazione base [Bc]	1,0
Fattore forma [Sq]	1,0
Fattore profondità [Dq]	1,01
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0,98
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1,0
Fattore inclinazione base [Bq]	1,0
Fattore forma [Sg]	1,0
Fattore profondità [Dg]	1,0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	0,97
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1,0
Fattore inclinazione base [Bg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0,96
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1,0
Carico limite	**215,73 kN/m²**
Resistenza di progetto	**119,85 kN/m²**
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	**Verificata**

- **Autore: VESIC (1975) (Condizione drenata)**

Fattore [Nq]	5,91
Fattore [Nc]	14,1
Fattore [Ng]	4,81
Fattore forma [Sc]	1,0
Fattore profondità [Dc]	1,01
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0,98
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1,0
Fattore inclinazione base [Bc]	1,0
Fattore forma [Sq]	1,0
Fattore profondità [Dq]	1,01
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0,99
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1,0
Fattore inclinazione base [Bq]	1,0
Fattore forma [Sg]	1,0
Fattore profondità [Dg]	1,0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	0,98
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1,0
Fattore inclinazione base [Bg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0,96
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1,0
Carico limite	**365,96 kN/m²**
Resistenza di progetto	**203,31 kN/m²**
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	**Verificata**

- **Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)**

Fattore [Nq]	5,91
Fattore [Nc]	14,1
Fattore [Ng]	2,56
Fattore forma [Sc]	1,0
Fattore profondità [Dc]	1,01
Fattore inclinazione carichi [Ic]	0,98
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1,0
Fattore inclinazione base [Bc]	1,0
Fattore forma [Sq]	1,0
Fattore profondità [Dq]	1,01
Fattore inclinazione carichi [Iq]	0,98
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1,0
Fattore inclinazione base [Bq]	1,0
Fattore forma [Sg]	1,0
Fattore profondità [Dg]	1,0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	0,98
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1,0
Fattore inclinazione base [Bg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0,96
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1,0
Carico limite	**216,58 kN/m²**
Resistenza di progetto	**120,32 kN/m²**
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	**Verificata**

VERIFICA A SCORRIMENTO (Sisma)

Adesione terreno fondazione	196 kN/m²
Angolo di attrito terreno fondazione	25 °
Frazione spinta passiva	50 %
Resistenza di progetto	45001,84 kN
Sollecitazione di progetto	30 kN
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	**Verificata**

CEDIMENTI ELASTIC I

Pressione normale di progetto	108,0 kN/m²
Spessore dello strato	5,0 m
Profondità substrato roccioso	7,5 m
Modulo Elastico	49033,25 kN/m²
Coefficiente di Poisson	0,39
Coefficiente di influenza I1	0,11
Coefficiente di influenza I2	0,11
Coefficiente di influenza Is	0,11
Cedimento al centro della fondazione	47,02 mm
Coefficiente di influenza I1	0,03
Coefficiente di influenza I2	0,08
Coefficiente di influenza Is	0,03
Cedimento al bordo	8,88 mm