DOTT. ANTONIO TAGLIAFICO & DOTT. DENJS TASSISTO

G E O L O G I

COMUNE DI CHIAVARI

PROVINCIA DI GENOVA

Progetto :

Recupero area industriale
S.U.A
Via San Rufino 29 / Viale San Pio X

Committente:

LAMES SPA

Gennaio 2013

RELAZIONE GEOLOGICA DI FATTIBILITA'

Geol. Antonio Tagliafico

Geol. Denjs Tassisto

Vico A. Magnasco 11/6 - Genova Voltri ÷ Piazza Nicoloso 8/11, 16036 – Recco
antoniotagliafico@gmail.com Tel: 0185.75606 geologia.tassisto@gmail.com

Progetto : Recupero area industriale - S.U.A. Via San Rufino 29, Viale San Pio X
Località: Chiavari - GE
Committente: LAMES SPA
Elaborato: Relazione Geologica e Sismica di Fattibilità
Data: Febbraio/2013

SOMMARIO

1. PREMESSA 4
2. DESCRIZIONE DELLO S.U.A. 4
3. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO 5
3.1 Pericolosità sismica 5
3.2 Vincoli di ambito geologico 6
3.2.1 Comparto 1 6
3.2.2 Comparto 2 9
3.3 Dlgs 152/2006 e s.m.i.i – D.M. 161/2012 10
3.3.1 Comparto 1 10
3.3.2 Indicazioni prescrittive 13
3.3.3 Comparto 2 14
3.3.4 Indicazioni prescrittive 14
4. QUADRO GEOLOGICO GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO 15
4.1 Comparto 1 15
4.2 Comparto 2 18
5. INDAGINI PRELIMINARI 20
5.1 Comparto 1 20
5.1.1 Sondaggi a carotaggio continuo 20
5.1.2 Prove penetrometriche dinamiche 24
5.1.3 Misure piezometriche 26
5.1.4 Prove di laboratorio geotecnico 29
5.1.5 Indagini geofisiche 32
5.2 Comparto 2 34
5.2.1 Prove penetrometriche dinamiche 34

Progetto : Recupero area industriale - S.U.A. Via San Rufino 29, Viale San Pio X
Località: Chiavari - GE
Committente: LAMES SPA
Elaborato: Relazione Geologica e Sismica di Fattibilità
Data: Febbraio/2013

6. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E GEOMECCANICA PRELIMINARE 35
6.1 Comparto 1 35
6.1.1 Terreni sciolti 35
6.1.2 Ammasso roccioso 36
6.2 Comparto 2 37
6.2.1 Terreni sciolti 37
6.2.2 Ammasso roccioso 38
7. CARTA DI ANALISI 39
8. CARTA DI SINTESI E NORME DI CARATTERE GEOLOGICO .. 39
8.1 Comparto 1 39
8.1.1 ZONA 1 – Settore sud-occidendale del S.U.A. 40
8.1.2 ZONA 2 – Settore nord—occidendale del S.U.A. 40
8.1.3 ZONA 3 – Torre B 41
8.1.4 ZONA 4 – Torre A 42
8.1.5 ZONA 5 - Settore meridionale del S.U.A. 43
8.1.6 ZONA 6 - Settore centrale e settentrionale del S.U.A. 44
8.1.7 Norme comuni a tutte le ZONE 44
8.2 Comparto 2 45
8.2.1 ZONA I – Settore di versante del S.U.A. 45
8.2.2 ZONA II – Settore pianeggiante del S.U.A. 46
8.2.3 Norme comuni a tutte le ZONE 47
9. CONCLUSIONI 48

ALLEGATI

1 Corografie, 1:5000;

2 Carte geologiche geomorfologiche, 1:5000;

3 Carte di analisi e degli accertamenti geognostici, 1:800;

4 Sezioni geologiche interpretative, 1:400;

5 Carte di Sintesi, 1:800;

6 Stratigrafie dei sondaggi a carotaggio continuo;

7 Certificati analisi e prove di laboratorio geotecnico:

8 Diagrammi di avanzamento delle prove penetrometriche dinamiche;

9 Grafici indagine sismica.

10 Documentazione fotografica indagini.

1. PREMESSA

I sottoscritti professionisti sono stati incaricati dalla Lames Spa di Chiavari di fornire la propria consulenza relativamente il progetto di recupero con variante urbanistica dell'area Lames Via San Rufino 29 - S.U.A. B 11.

Lo studio geologico si riferisce alla seconda proposta progettuale a firma dello Studio Piccione di Genova, Arch. Fabrizio Piccione.

Il presente elaborato costituisce lo Studio di Fattibilità dell'intervento e viene redatto ai sensi della normativa vigente ed in particolare secondo la *Circolare 4551/89, "Integrazione della nota-circolare 77341/8706 – 2034 del 30/07/87 relativa alla applicazione della LR 24/87, per quanto concerne le disposizioni relative alle indagini geologiche a corredo degli strumenti urbanistici attuativi*".

In questa fase è stato improntata un'indagine preliminare volta a fornire un quadro d'insieme sugli aspetti geologici, geotecnici, geomorfologici, idrogeologici, sismici del sito.

L'area oggetto di studio è individuabile nellea Carte Tecniche Regionali scala 1:5000 elementio n. 231081 e 232053 (vd. Corografie allegati 1). Per la cartografia tematica allegata sono state utilizzate le planimetrie e sezioni fornite dal Progettista Arch. Fabrizio Piccione.

Al fine di rendere organico lo studio geologico sono state descritte le varie tematiche facendo riferimento in ogni ai due siti oggetto dello S.U.A., secondo la seguente denominazione:

Comparto 1 : sito stabilimento Lames, Via san Rufino 29, Chiavari;

Comparto 2 : sito Viale San Pio X, Chiavari.

Allo stesso modo sono stati numerati i vari allegati grafici, aggiungendo alla consueta numerazione delle tavole l'estensione **".1"** per il comparto 1, e **".2"** per il comparto 2.

2. DESCRIZIONE DELLO S.U.A.

Il progetto di SUA nasce dalla necessità di ampliamento e trasferimento dello stabilimento produttivo, attualmente insediato nell'area di Via San Rufino n. 29 in Chiavari, la cui ricollocazione avverrà nell'area di Località Quartaie nel Comune di Cicagna (GE).

La riconversione dello stabilimento industriale comporta la variante urbanistica dell'area in uno S.U.A. di iniziativa privata con cambio di destinazione d'uso delle aree in residenziali, e contestualmente la realizzazione di una palazzina di edilizia residenziale pubblica (ERP) su un lotto di terreno individuato in località Viale San Pio X a Chiavari.

Si prevede la costruzione nel comparto 1 di due torri (torre A e torre B) ed annessa viabilità, sistemazioni esterne a verde e servizi; nel comparto 2 la realizzazione di un edificio multipiano inserito a ridosso del versante, con antistante autorimessa interrata.

Per la descrizione di dettaglio del progetto si rimanda agli appositi elaborati tecnici del Progettista.

3. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

Le normative di settore cui si fa riferimento per la redazione degli studi geologici a corredo del progetto di SUA sono elencate nel seguito:

- DM 14/01/2008 “Norme tecniche per le costruzioni”
- Circolare n.617 del 02/02/2009, Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, “Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008”.
- DGR 1308/2008, Nuova classificazione sismica del territorio della Regione Liguria.
- DGR 1362/2010, “D.M. 14.01.2008 Norme Tecniche per le Costruzioni. Aggiornamento classificazione sismica del territorio della Regione Liguria.”
- DGR 471/2010 “*Criteri e linee guida regionali, ai sensi dell'art.1, comma 1 della l.r. 29/83, per l'approfondimento degli studi geologico-tecnici e sismici a corredo della strumentazione urbanistica comunale.”*
- DGR 714/2011 “Specifiche tecniche relative ai criteri e linee guida regionali, ai sensi dell'art.1, comma 1 della l.r. 29/83, per l'approfondimento degli studi geologico-tecnici e sismici a corredo della strumentazione urbanistica comunale, ad integrazione della DGR n. 471/2010.”
- L.R. 24/87 *“Disposizioni per lo snellimento delle procedure urbanistiche in attuazione della legge 28 febbraio 1985 n. 47 e disciplina degli strumenti urbanistici attuativi”.*
- Circolare 4551/89, “Integrazione della nota-circolare 77341/8706 – 2034 del 30/07/87 relativa alla applicazione della LR 24/87, per quanto concerne le disposizioni relative alle indagini geologiche a corredo degli strumenti urbanistici attuativi”.
- Pianificazione di Bacino (DL 180/98 – Ambito Regionale 16)
- PRG Comunale (Norme geologiche/Destefanis1993)
- Dlgs 152/2006, “Norme in materia ambientale” e s.m.i.i.
- D.Lgs. 16 /01/2008, n. 4 “Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale”.
- D.M. 161 del 10/08/2012, “Regolamento recante la disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo (G.U. n. 221 del 21 settembre 2012)”

3.1 Pericolosità sismica

La Regione Liguria ha approvato la D.G.R. n. 1362 del 19.11.2010 (che aggiorna la precedente DGR 1308/2008), secondo la quale il Comune di Chiavari è classificato in zona sismica 3.

In questa fase, sulla base delle indagini preliminari eseguite, è stata preliminarmente valutata la pericolosità sismica attraverso la definizione di ambiti territoriali con omogenee caratteristiche di amplificazione sismica; questo modello potrà essere affinato e subire variazioni dopo la prossima fase di studio geologico esecutivo a corredo del progetto definitivo.
In tale fase saranno anche forniti i parametri sismici per la determinazione dell’azione sismica di progetto (§ 3.2 del D.M. 14.01.2008).

La *Carta di Analisi* redatta, tiene conto della suddivisione del territorio in ambiti omogenei in funzione anche del tipo di amplificazione sismica, sia essa di tipo stratigrafico che morfologico.

Circa le *Norme di Attuazione*, poiché le stesse devono guidare l'intervento geologico in tutte le successive fasi di progettazione e realizzazione del S.U.A., relativamente alle problematiche sismiche, sono state esplicitate le modalità, densità e tipologia delle eventuali prove e indagini integrative da effettuarsi negli ambiti omogenei ed i criteri generali di intervento.

Si richiamano infine i contenuti della DGR 714/2011 in base ai quali non sono necessari per il progetto in esame studi di microzonazione sismica di 2° livello in quanto tali approfondimenti devono essere svolti unicamente su progetti attuativi (SUA, PUO) che riguardino estensioni territoriali rilevanti, comunque superiori ai 5 ha.

3.2 Vincoli di ambito geologico

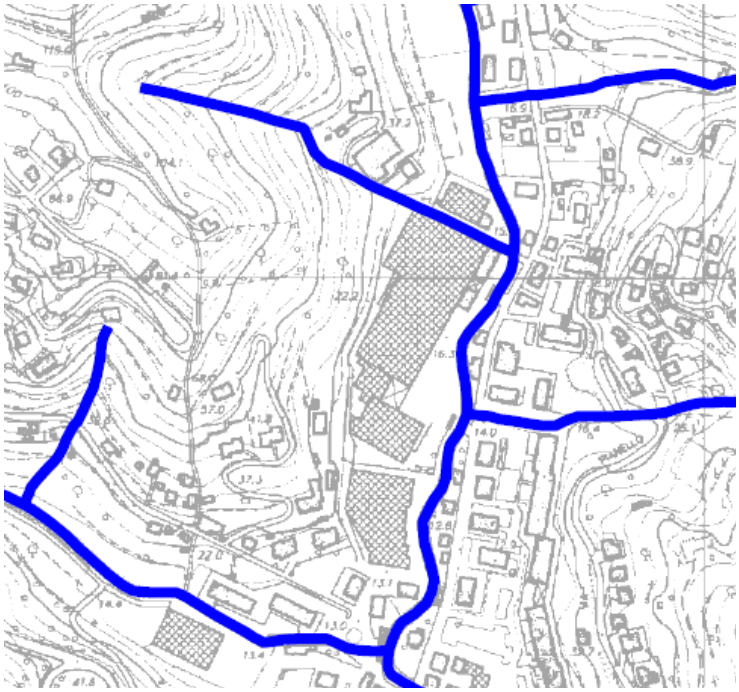
In riferimento ai possibili vincoli esistenti di ambito geologico, sono state esaminate nel seguito le norme del vigente Piano di Bacino (D.L. 180/98 - Ambito Regionale 16) e del Piano Regolatore Generale del Comune di Chiavari.

È stato esaminata anche la perimetrazione delle zone sottoposte a tutela ai sensi della L.R. 4/99 sul Vincolo Idrogeologico.

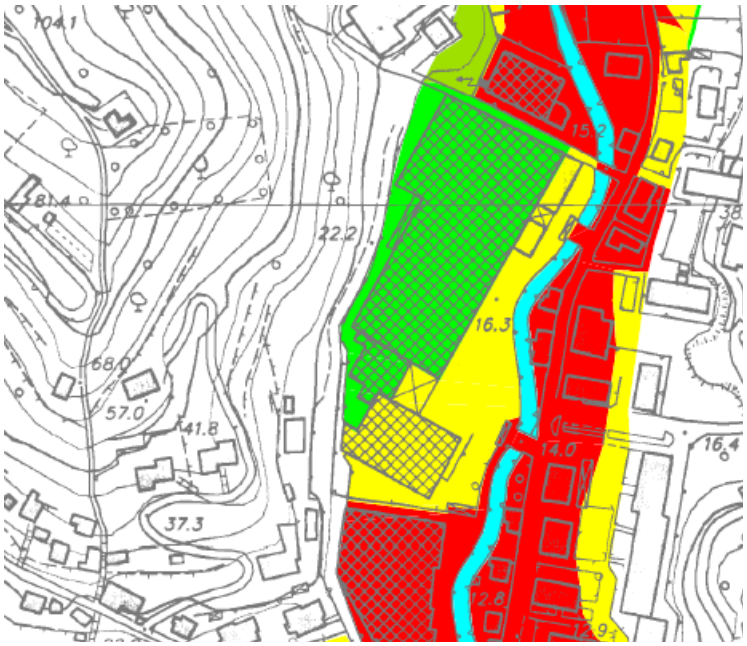
3.2.1 Comparto 1

<u>Piano di Bacino</u>

a) CARTA DEL RETICOLO IDROGRAFICO: sono presenti nella zona corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrografico censito dal Piano di Bacino, di cui il principale è il Torrente Rupinaro, indagato mediante verifiche idrauliche; è presente altresì immediatamente a nord del lotto, un rio tombinato, affluente in sponda destra del Rupinaro, a cui si applicano le NTA del Piano di bacino in termini di distanze.



b) CARTA DELLE FASCE FLUVIALI: il Torrente Rupinaro risulta studiato mediante verifiche idrauliche con individuazione delle fasce inondabili, secondo cui (DGP n° 144 del 19/09/2012) l'area di intervento ricade per la quasi totalità nelle Fasce B (T=200 anni) e C (T=500 anni).



c) CARTA DELLA SUSCETTIVITA' AL DISSESTO: il sito è censito per la quasi totalità in zona a suscettività molto bassa PG0, con locali situazioni variabili sino a PG3a (suscettività elevata) alla base del versante.



Ciò premesso per quanto ai punti a) e b) ovvero per l'analisi della compatibilità sotto il profilo idraulico delle opere a progetto si rimanda ai progettisti appositamente incaricati.

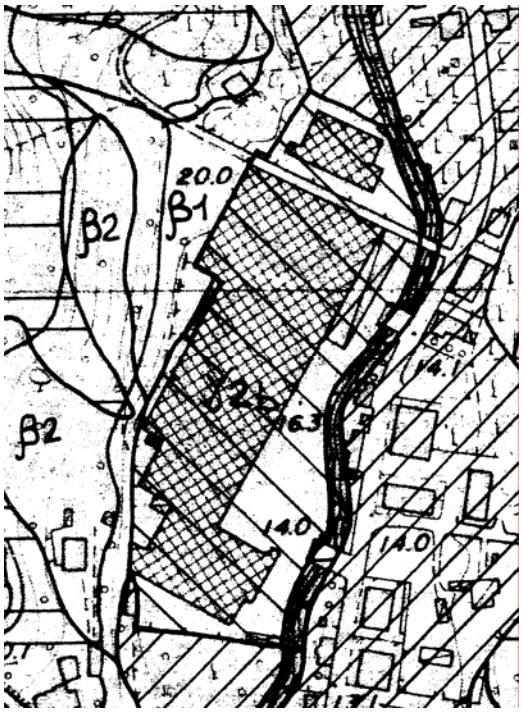
Per quanto riguarda il punto c) le opere previste sono compatibili con le tipologie ammesse nelle classi di suscettività al dissesto individuate nell'area, senza bisogno di parere da parte della Provincia.

Relativamente il **Vincolo Idrogeologico**, come risulta dall'apposita carta delle aree sottoposte a vincolo idrogeologico (R.D. n. 3267/1923) (fonte: Provincia di Genova, perimetrazione ufficiale e vigente - variante sostanziale sul vincolo idrogeologico), l'area di intervento non ricade in zona sottoposta a tutela.

P.R.G. norme geologiche

La normativa geologica comunale è rappresentata dallo studio a corredo del PRG (Destefanis 1993) contenente la zonizzazione e la normativa di attuazione. In riferimento a questo studio si segnala che l'areale di proprietà interessa le seguenti zone così definite:

- ✓ Beta 1 (β1): Aree con suscettività d'uso condizionate
  Con condizionamenti di ordine geologico eliminabili con interventi di piccola e media difficoltà ed onerosità;
- ✓ Gamma 2b (γ2b): Aree speciali
  Aree ad urbanizzazione compatta (o altrimenti impegnate) e/o interdette con problemi geologico-geotecnici strettamente connessi alle preesistenze edilizie in zone interessate da alluvioni.



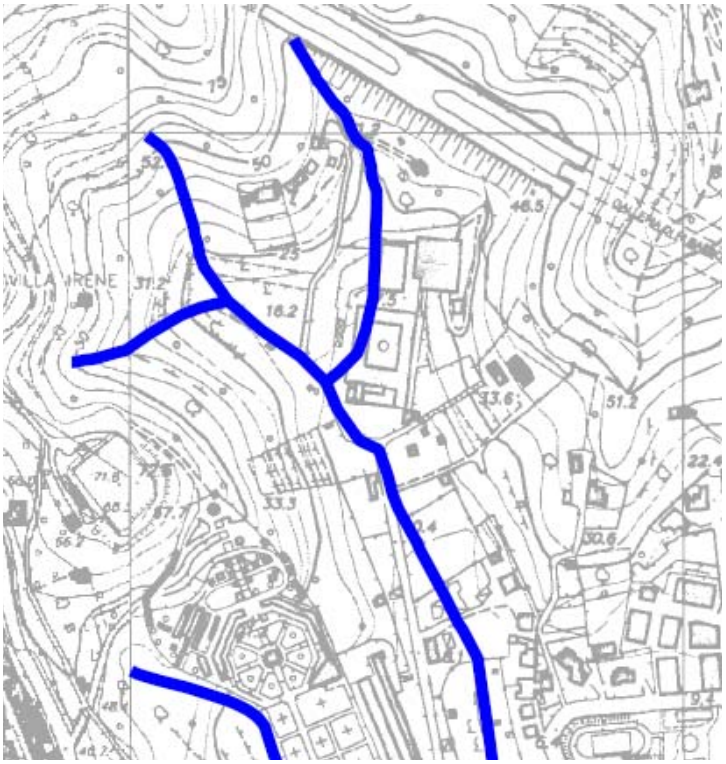
Estratto Carta di Zonizzazione e suscettività d'uso del territorio (Indagine Geologiche PRG Chiavari)

Le indagini geologico-tecniche eseguite in questa fase (fase di fattibilità) rispondono alle norme geologiche di attuazione per le aree di suscettività individuate per interventi "rilevanti", come nel caso in esame.

3.2.2 Comparto 2

Piano di Bacino

a) CARTA DEL RETICOLO IDROGRAFICO: è presente lungo viale San Pio X un corso d'acqua tombinato sotto la sede stradale, appartenente al reticolo idrografico censito dal Piano di Bacino, a cui si applicano le NTA del Piano in termini di distanze.

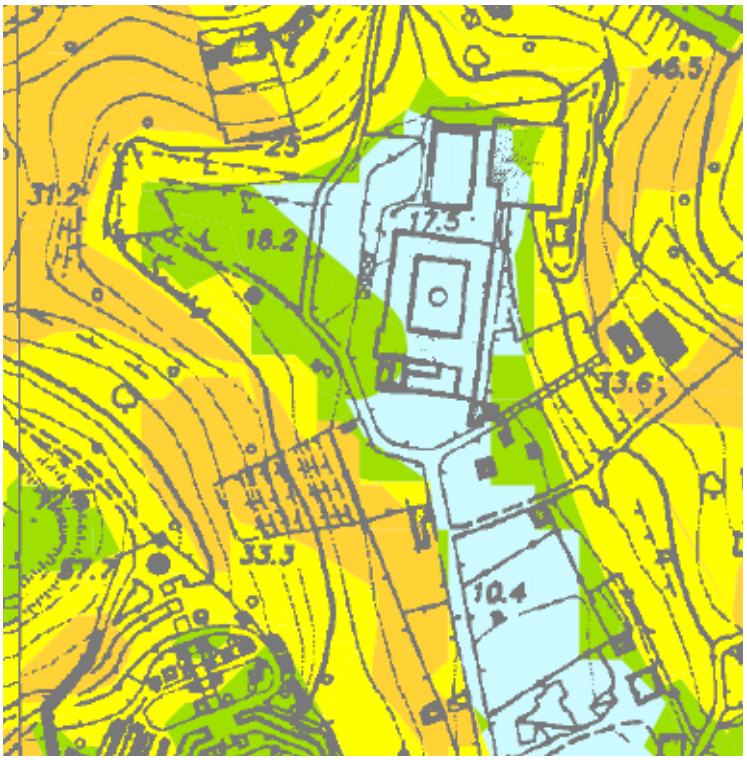


b) CARTA DELLA SUSCETTIVITA' AL DISSESTO: il sito è caratterizzato dalla presenza di zone a debole suscettività in corrispondenza della piana valliva (PG1 e PG2), sino a suscettività elevata a PG3a sul versante (vd. figura pagina seguente).

Ciò premesso per quanto al punto a) si rimanda la verifica di compatibilità delle opere ai progettisti appositamente incaricati.

Per quanto riguarda il punto b) le opere previste sono compatibili con le tipologie ammesse nelle classi di suscettività al dissesto individuate nell'area, senza bisogno di parere da parte della Provincia.

Relativamente il **Vincolo Idrogeologico**, come risulta dall'apposita carta delle aree sottoposte a vincolo idrogeologico (R.D. n. 3267/1923) (fonte: Provincia di Genova, perimetrazione ufficiale e vigente - variante sostanziale sul vincolo idrogeologico), l'area di intervento non ricade in zona sottoposta a tutela.



3.3 Dlgs 152/2006 e s.m.i.i – D.M. 161/2012

3.3.1 Comparto 1

In riferimento agli adempimenti connessi all'applicazione del il Dlgs 152/2006 e s.m.i.i, sono stati eseguiti in via preliminare alcuni campionamenti per verificare la qualità delle matrici ambientali (suolo e acqua) nei confronti delle potenziali fonti di inquinamento derivanti dalle attività svolte fin dal passato nello stabilimento.

Tali campionamenti sono avvenuti durante l'indagine geognostica di fattibilità per la precedente soluzione progettuale (2011). Al momento dell'indagine la norma regionale di riferimento era la D.G.R. n.859 del 18/07/2008 – "Criteri per la gestione e l'utilizzo delle terre e rocce da scavo", a sua volta derivata dal Decreto Legislativo 152/2006. Attualmente è in vigore il DM 161/2012.

I campioni sono stati prelevati nei primi metri di ciascun sondaggio campioni di terreno e campioni dinamici di acqua di falda in ciascuno dei piezometri installati, al fine di sottoporli ad adeguate analisi chimiche nei confronti di sostanze potenzialmente inquinanti derivanti dalle lavorazioni eseguite nello stabilimento.

Alcuni punti di campionamento sono stati ubicati in prossimità di potenziali fonti di contaminazione, ed allo stesso tempo si è cercato di distribuirli in modo da indagare tutta l'area, compatibilmente con il ritmo costante delle lavorazioni, l'organizzazione logistica interna, le misure di sicurezza, etc., che hanno condizionato fortemente la scelta ed il posizionamento dei punti di verifica, sia all'interno che all'esterno del capannone industriale.

In particolare è stata condotta una indagine preliminare ambientale sulle caratteristiche del sito, suolo ed acque sotterranee, sulla base della ricostruzione storica delle attività industriali svolte, dedotta dalle informazioni ricevute dall'Arch. Piero Venuto (responsabile ambiente e sicurezza Lames Spa) e da alcuni altri dipendenti dello stabilimento.

Poiché lo S.U.A. prevede il mutamento d'uso da destinazione industriale a residenziale, l'indagine è stata condotta nei confronti di alcuni parametri connessi ad un potenziale inquinamento per controllare che il livello delle concentrazioni soglia di contaminazione (CSC, allegato 5 al Titolo V della parte quarta del D.Lgs. 152/06 e ss.mm.) sia compatibile con i limiti dettati dalle norme per la destinazione d'uso prevista.

La scelta della quantità dei punti di indagine è stata effettuata in base alle indicazioni della DGR 859/2008, che prescriveva un numero preciso di carotaggi in rapporto all'estensione dell'area e secondo il seguente schema :

Dimensione dell'area	Punti di verifica
Inferiore a 2.500 mq	3
Tra 2.500 mq e 10.000 mq	3 + 1 ogni 2.500 mq eccedenti
Oltre i 10.000 mq	4 + 1 ogni 5.000 mq eccedenti

Nel caso in esame, poiché l'area del sito è pari a 20.600 mq, sono stati necessari n. 7 (4 + 3) punti di verifica. I campioni sono stati prelevati in cassetta durante le perforazioni e sottoposti a analisi chimiche (serie metalli, IPA, PCB, BTEX, cianuri, idrocarburi leggeri e pesanti) dallo Studio Chemilab di Chiavari e dal Laboratorio Geotecnico Toscano di Massa per quanto riguarda l'amianto totale.

La scelta dei campioni ha interessato i livelli più superficiali, circa secondo l'approccio descritto dalla DGR 859/08, ovvero un campione superficiale, uno nella frangia capillare ed uno intermedio, fatte salve alcune variazioni di questo modello, legate ad evidenze visive od olfattive.
Non è stato eseguito alcun sondaggio in zone rappresentative della situazione "naturale" di questa zona di piana alluvionale (bianco ambientale).

I risultati ottenuti sono restituiti come comparazione con i valori di legge (DM 152/06 Allegato 5 Tabella 1) per le destinazioni d'uso residenziale e verde pubblico e commerciale industriale.
I risultati sono descritti nella tabella a pagina seguente. I certificati di laboratorio sono stati allegati alla Relazione Ambientale Preliminare redatta per la VAS per il primo progetto e a cui si rimanda.

Brevemente si segnala che le analisi chimiche del suolo hanno evidenziato tre superi dei valori soglia per quanto riguarda la destinazione d'uso verde pubblico e residenziale, in corrispondenza dei sondaggi S4 ed S6 relativamente ai campioni prelevati nel primo metro di profondità.
A commento della tabella allegata si sottolinea che:

- gli idrocarburi pesanti nel campione S4-CS1 sono da ricondurre alla presenza di un vecchio serbatoio di gasolio per riscaldamento delle palazzine uffici posto immediatamente a monte del carotaggio, e attualmente non più in uso.
- Per quanto riguarda il campione S6-CS1, il tenore di metalli pesanti come il nichel e il cromo totale, potrebbe essere connesso alla presenza strettamente locale nei terreni di riporto di rocce verdi, in particolare serpentiniti, che usualmente mostrano valori naturali superiori alle concentrazioni massime di legge.

Sondaggio	Sigla Campione	Profondità da p.c.(m)	Data Campionamento	Conformità All.5 Tab.1 e 2 DM 152/06	
				Residen. / Verde	Commer/ Indust.
S1	S1-CS1	0.00 – 1.00	02.06.11	si	si
	S1-CS2	1.00 – 2.00	02.06.11	si	si
	S1-CF1		13.06.11	si	
S2	S2-CS1	0.60 – 1.00	02.06.11	si	si
	S2-CS2	1.00 – 2.00	02.06.11	si	si
	S2-CS3 (testati solo idrocarburi pesanti)	2.00 – 3.00	25.07.11	si	si
	S2-CF1		13.06.11	no idrocarburi totali come esano: 960 µg/l (csc 350)	
	S2-CF1bis (testati solo idrocarburi pesanti)		25.07.11	si	
S3	S3-CS1	0.00 – 1.00	03.06.11	si	si
	S3-CS2	1.00 – 2.00	03.06.11	si	si
	S3-CS3	2.00 – 3.00	03.06.11	si	si
	S3-CF1		09.06.11	si	
S4	S4-CS1	0.00 – 1.00	03.06.11	no idrocarb. pesanti c>12 : 540 mg/kg (csc 50)	si
	S4-CS2	3.00 – 4.00	03.06.11	si	si
	S4-CS3	4.50 – 5.50	03.06.11	si	si
	S4-CF1		09.06.11	si	
S5	S5-CS1	0.00 – 1.00	04.06.11	si	si
	S5-CS2	1.00 – 2.00	04.06.11	si	si
	S5-CS3	2.00 – 3.00	04.06.11	si	si
	S5-CF1		09.06.11	si	
S6	S6-CS1	0.00 – 1.00	05.06.11	no cromo totale: 165,8 mg/kg (csc 150) nichel: 226,2 mg/kg (csc 120)	si
	S6-CS2	1.00 – 2.00	05.06.11	si	si
	S6-CS3	3.50 – 4.50	05.06.11	si	si
	S6-CF1		09.06.11	si	
S7	S7-CS1	0.00 – 1.00	05.06.11	si	si
	S7-CS2	5.50 – 6.00	05.06.11	si	si
	S7-CS3	8.00 – 9.00	05.06.11	si	si
	S7-CF1		09.06.11	si	

NOTE: CS = Campione di suolo - CF = Campione dinamico acqua di falda

- Il campione delle acque di falda del sondaggio S2, nella prima analisi effettuata in data 02.06.11 aveva evidenziato una concentrazione di idrocarburi totali oltre il valore soglia.
  Alla luce di questo risultato, in data 25.07.11 si è quindi provveduto ad un secondo prelievo delle acque e di un altro livello di suolo (profondità 2.00-3.00 metri) per ulteriori analisi di controllo, mirate solo all'individuazione degli idrocarburi pesanti. In questo seconda fase di verifica, le concentrazioni dell'inquinante sono risultate inferiori alla soglia.

- Sono state inoltre prelevate e analizzate le acque all'interno di una vasca di accumulo che si trova nelle vicinanze del carotaggio S2. Tale manufatto era adoperato in passato per raccogliere le acque di falda per poterle utilizzare nel ciclo produttivo dello stabilimento. Anche in questo caso le verifiche delle concentrazioni degli idrocarburi pesanti hanno dato esito negativo (vedi certificati del laboratorio).

- Si segnala infine che durante le operazioni di perforazione del carotaggio S7, le carote alle profondità di circa 6 metri hanno evidenziato una evidenza olfattiva di idrocarburi.
  I campioni di suolo prelevati subito dopo l'estrusione dal carotiere, non hanno però mostrato superi dei valori soglia relativi a questo tipo di contaminante. Anche i parametri delle acque di falda analizzate sono risultati entro i limiti di legge.

Tutti questi aspetti dovranno essere quindi maggiormente approfonditi nelle successive fasi di studio.

3.3.2 Indicazioni prescrittive

Ribadendo il carattere preliminare della caratterizzazione ambientale effettuata e che tale fase di studio è stata basata su una precedente proposta progettuale, si rimarca l'attenzione sull'impossibilità di caratterizzare l'area industriale mediante indagini nei punti di maggiore interesse, a causa delle limitazioni logistico-produttive che non hanno consentito di approfondire le conoscenze in ampi settori della proprietà.

Ad oggi, considerato che sono intervenute sostanziali modifiche progettuali, che i volumi di sterro saranno differenti rispetto la prima soluzione, che tali volumi al momento della redazione del presente elaborato non sono stati quantificati né sono quantificabili a causa del carattere molto preliminare del progetto, e considerato infine il nuovo assetto normativo entrato in vigore da pochi mesi (DM 161/2012) ed ancora in divenire (norme regionali in recepimento ed applicazione del medesimo di prossima emanazione), si rende necessaria una nuova campagna di indagine ambientale, di maggior approfondimento, basata sugli esiti preliminari già ottenuti, e correlata al progetto.

Pertanto, tutti gli approfondimenti che obbligatoriamente dovranno essere condotti, saranno eseguiti in fasi successive:

1. durante la fase di studio geologico-geotecnico esecutivo, ovvero lo studio propedeutico alla stesura del progetto definitivo-esecutivo, per il quale sono stati prescritti (vd. §) ulteriori carotaggi geognostici che verranno condotti nei primi metri con tecnica idonea a prelevare i campioni ambientali;

2. durante la fase pre-esecutiva delle opere, mediante campionamento su cumuli e/o in trincee di scavo.

Ciò permetterà di dettagliare le eventuali problematiche del sito sotto l'aspetto ambientale, e le conseguenti stime dei costi di smaltimento e gestione dei volumi di scavo ed eventuali riutilizzi dei terreni di risulta.

3.3.3 Comparto 2

Le caratteristiche "ambientali" per questo sito sono semplificate rispetto l'altra area dello S.U.A. in virtù di un utilizzo nel passato che, allo stato attuale delle conoscenze, è riconducibile a semplice attività coltiva (orto e uliveto).

Pur considerando questa maggiore naturalità del sito, si sottolinea che il progetto per la realizzazione della palazzina di edilizia pubblica residenziale prevede sbancamenti a carico dei terreni di versante per volumi anche in questo caso non ancora stimabili con precisione, e per i quali è necessario analizzare la qualità delle matrici ambientali (suolo e acqua).

Tali terreni, presumibilmente, saranno riutilizzati in sito solo in modestissime quantità, quasi nulle; per cui una successiva caratterizzazione ambientale consentirà di valutare un riutilizzo degli stessi per opere di riempimento, reinterri, etc. ad esempio nell'area Lames o in altro sito.

3.3.4 Indicazioni prescrittive

Anche in questo caso le indagini necessarie alla caratterizzazione ambientale saranno condotte nelle successive fasi di studio geognostico, secondo i punti 1 e 2 indicati per il sito Lames (vd. sopra).

4. QUADRO GEOLOGICO GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

4.1 Comparto 1

L'area oggetto dell'intervento è situata in sponda destra del Torrente Rupinaro, in corrispondenza dei depositi terrazzati della ristretta piana alluvionale, estesa ai lati del corso d'acqua.

L'area si distingue per l'intensa antropizzazione e si colloca al margine nord-occidentale dell'abitato di Chiavari, poco più a valle del confine con il Comune di Leivi. L'intero complesso industriale si è sviluppato in diversi lotti di costruzione che si sono succeduti nel tempo.

Il corpo settentrionale e quello centrale del capannone sono costituiti da strutture poste in elevazione fuori terra: qui è concentrata la produzione industriale e sono localizzati i vari uffici. In fregio al fabbricato sorge un ampio piazzale adibito a parcheggio e area per lo scarico e carico delle merci.

Il corpo meridionale è posto invece ad una quota inferiore rispetto al resto dello stabilimento con un piano seminterrato adibito mensa, cucine e spogliatoi, mentre il piano superiore, allo stesso livello del piazzale principale, è adibito a magazzino merci.

Alla base del versante è presente lungo tutta l'area una sistemazione mediante muri di sostegno che sostengono la sovrastante viabilità. I muri sono costruiti in cls e di altezza variabile (massima dell'ordine dei 5-6 metri) ed in alcuni punti divisi in modo da formare un terrazzamento intermedio.

Dal punto di vista geologico in questo settore sono presenti litotipi appartenenti alla "Formazione della Val Lavagna" costituita da scisti argillosi manganesiferi con intercalazioni di silicoclastiti fini, argilliti scistose, più o meno siltose, o marnoso-ardesiache e rari livelli sottili di arenarie e calcareniti fini.

Il substrato è stato osservato in affioramento lungo la strada privata a monte in corrispondenza di un taglio stradale, ed alla base del muro di contenimento sul confine meridionale del lotto (zona cucine). La scistosità mostra giaciture con immersione verso i quadranti occidentali ed inclinazione medie ed è quindi disposta a traverpoggio rispetto all'orientazione del versante.

In corrispondenza di due carotaggi eseguiti in questa fase sono state rinvenuti al di sotto dei depositi alluvionali litotipi di composizione prevalentemente marnosa-ardesiaca di colore nero, verosimilmente appartenenti al Membro delle Ardesie di M. Verzi.

Sulla base di quanto osservato con i sondaggi, il substrato si approfondisce verso l'asse del Torrente oltre 16 metri di profondità al di sotto dei depositi alluvionali (vedi sondaggio S3).

Dal punto di vista tettonico-strutturale nell'area si rileva una mega anticlinale coricata (vergenza NE, direzione media dell'asse NW-SE), con le Argille a palombini al nucleo nel settore tra i torrenti Rupinaro ed Entella e con gli argilloscisti della Val Lavagna, in serie normale sul Rupinaro ed in serie rovesciata su entrambi i versanti del torrente Entella. Nel tratto occidentale è invece presente in sovrapposizione la placca dei calcari del M. Antola.

Per quanto riguarda la tettonica di tipo fragile, è da evidenziare come questa influenzi l'assetto orografico e l'impostazione del reticolo. Le principali lineazioni hanno orientamento N-S, NNW-SSE, NW-SE, E-W. Le prime sono da ricondurre al periodo Miocene medio-superiore, le ultime invece sono il risultato di fenomeni tettonici recenti, realizzatisi nel quaternario e che hanno condizionato l'evoluzione morfologica dell'Appennino.

Il T. Rupinaro è impostato lungo tratti rettilinei N-S rigettati da lineazioni dirette NW-SE su cui si sono impostati anche il rio Campodonico ed il rio signifcativo che scorre a nord dello stabilimento.

Le coperture sciolte presenti, si possono raggruppare in tre distinte tipologie:

- terreni di riporto
- coltre eluvio – colluviale
- depositi alluvionali

Terreni di riporto

Ricoprono praticamente tutta la parte più superficiale dell'area e sono composti da terreni di granulometria e composizione eterogenea e spessori variabili.

Sono prevalentemente costituiti da terreni di risulta abbancati in passato per ricavare l'area di sedime del capannone industriale e da terreni di sottofondo delle varie pavimentazioni esterne e interne.

Gli spessori aumentano procedendo dalla base del pendio verso l'asta del Torrente Rupinaro, con potenze massime dell'ordine di 4-5 metri in corrispondenza del muro d'argine.

I comparti settentrionale e centrale dell'area risultano sopraelevati di circa 3,5 metri rispetto a quello più meridionale e presentano di conseguenza i riporti con maggior spessore.

Coltre eluvio-colluviale

Deriva essenzialmente dall'alterazione in posto del substrato argillitico e marnoso (eluvio), in parte rimosso e mobilizzato dall'azione delle acque e deposto nelle zone più depresse (colluvio).

Le coltri presentano sempre uno scheletro detritico eterometrico, ma generalmente minuto e poco elaborato, con clasti o scaglie a spigoli vivi. La matrice, percentualmente variabile, risulta di composizione limo-sabbiosa-argillosa debolmente coesiva.

Le coltri si rinvengono alla base del pendio e presentano spessori massimi dell'ordine dei 6 metri nel comparto nord-occidentale. Procedendo verso il corso d'acqua le coltri si assottigliano rapidamente per passare ai depositi alluvionali con cui si mescolano e si interdigitano .

Depositi alluvionali

I depositi alluvionali iniziano a comparire poco più a valle della zona pedemontana e aumentano gradualmente di spessore verso l'alveo del torrente Rupinaro.

Negli orizzonti superficiali sono costituiti da terreni con granulometria fine, coesivi e di composizione prevalentemente limo-argillosa, frammisti alla coltre detritica di versante in prossimità dei settori basali del versante. Si ritrovano immediatamente al di sotto dei terreni di

riporto e raggiungono uno spessore di circa sei metri in corrispondenza del lato orientale del capannone (vedi sondaggio S3).

Al di sotto si rinvengono ghiaie in matrice limo-sabbiosa, che nei livelli più profondi aumentano di granulometria, con clasti sensibilmente più arrotondati.

Dal punto di vista idrogeologico, il basamento roccioso si può considerare praticamente impermeabile in condizioni di integrità, con infiltrazione e circolazione idrica marginale, e comunque sempre localizzata in relazione alla frequenza, alla disposizione delle discontinuità presenti nell'ammasso ed al suo grado di alterazione.

Si stima per le coltri una permeabilità medio-bassa, variabile in funzione della percentuale di contenuto di matrice fine.

I depositi alluvionali grossolani sono generalmente caratterizzati da una permeabilità medio-alta e un buon drenaggio, mentre i depositi alluvionali fini presentano un grado di permeabilità molto basso.

Su tutta l'area di intervento è stata riscontrata la presenza di una falda acquifera i cui livelli piezometrici sono stati misurati tramite una serie di piezometri a tubo aperto.

Nel periodo monitorato i livelli di falda hanno mostrato differenti quote in relazione alla posizione rispetto al versante: le soggiacenze sono minori nella zona pedemontana e aumentano in direzione dell'asse del torrente Rupinaro.

Alla luce delle prime misure piezometriche effettuate dal 03/06/11 al 15/06/11 le direzioni di deflusso della falda sono dirette dal versante verso l'asse del corso d'acqua.

L'acquifero è di tipo alluvionale nastriforme, esteso trasversalmente alla valle (in senso E-O) e si chiude alla base dei versanti contro il substrato roccioso ivi affiorante o subaffiorante.

L'acquifero è limitato inferiormente dal substrato roccioso integro e risulta in falda libera all'interno delle coltri eluvio-colluviali alla base del versante. Verso il centro della piana occupata dal SUA, il serbatoio è costituito dai terreni alluvionali ghiaiosi. Qui l'acquifero diventa di tipo confinato o semiconfinato, in leggera pressione, in quanto limitato superiormente dal livello di sedimenti alluvionali fini limo-argillosi quasi impermeabili.

Il torrente Rupinaro rappresenta la principale via di deflusso superficiale presente nell'area. Nasce dalle pendici del crestone di Costa Lunga ed ha una lunghezza d'asta di 5,9 km. Il principale affluente è il Rio Campodonico, che confluisce nel Rupinaro in sponda sinistra poco più a valle dell'area in oggetto.

Quest'ultimo tratto del corso d'acqua si distingue per l'intensa antropizzazione, dovendo attraversare l'abitato di Chiavari per raggiungere lo sbocco a mare.

L'alveo è canalizzato per l'intero tratto terminale e presenta un andamento debolmente sinuoso nella zona della Lames, per assumere quindi un andamento decisamente rettilineo fino alla foce.La sezione d'alveo è di forma rettangolare, regolare, di circa 9 m d'ampiezza.

Gli argini sono continui su entrambi i lati, più rialzati in sponda destra in corrispondenza dello stabilimento. Sono prevalentemente costruiti in pietrame e malta ed in discreto stato di conservazione, a parte localizzati distacchi di conci lapidei.

In questo tratto il fondo dell'alveo del torrente risulta plateato con una soletta in cls, con scarsi accumuli di depositi alluvionali grossolani sul fondo.

Immediatamente a monte dello stabilimento è presente un rio significativo, affluente in sponda destra del Rupinaro, completamente tombinato fino alla confluenza.

Tutte le acque provenienti dalle superfici impermeabilizzate sono regimate tramite un sistema di tubazioni interrate che recapitano direttamente nel Torrente Rupinaro.

4.2 Comparto 2

Il lotto oggetto di intervento per l'inserimento del fabbricato dedicato all'edilizia residenziale pubblica nell'ambito dello S.U.A. è ubicato nelle vicinanze del Centro Benedetto Acquarone, in un settore di versante esposto verso nord-est e sistemato in parte in fasce agricole terrazzate, attualmente completamente incolte.

Il sito in oggetto comprende terreni che sono da ricondursi a due diversi ambiti geologico-geomorfologici. Infatti una parte del progetto si sviluppa in ambito francamente di versante, la restante parte in un ambito di transizione tra il versante e l'ambito di piana alluvionale vera e propria, la cui genesi è connessa ad un corso d'acqua che scorre tombinato sotto la strada principale e lambisce la zona di intervento sul lato confinante con la viabilità.

Dal punto di vista geologico anche in questo settore sono presenti litotipi appartenenti alla "Formazione della Val Lavagna".

Il substrato è stato osservato in corrispondenza di uno scavo all'interno di un cantiere adiacente al lotto in questione; la roccia appare nei suoi termini superficiali più alterati e degradati, con patine di alterazione e fitta fratturazione, con riempimenti dei giunti spesso costituiti da argilla.

La giacitura media rilevata è 240°/45°, ovvero con immersione verso i quadranti sud-occidentali (disposizione a reggipoggio rispetto all'orientazione del versante); dati bibliografici reperiti per il settore più verso mare, nel versante a valle del cimitero, forniscono valori della stratificazione con immersione verso sud/sud-ovest.

Sulla base di quanto osservato con l'indagine preliminare eseguita in questa fase, il substrato risulta reperibile a breve profondità nei settori di versante (mediamente < 2 metri), mentre si approfondisce avvicinandosi alla zona pianeggiante basale, sino a circa 8 metri.

La roccia al basamento in queste zone è propriamente caratterizzata da potenti livelli molto alterati e fratturati, anche sede di circolazione idrica sotterranea; non si escludono quindi variazioni locali anche significative negli spessori ipotizzati dovute a sacche di alterazione o, viceversa, a risalita delle bancate rocciose.

Le coperture sciolte presenti, si possono preliminarmente suddividere in:

- coltre eluvio – colluviale
- depositi alluvionali

Coltre eluvio-colluviale

Come già descritto in precedenza si tratta di terreni che hanno origine dalla alterazione in posto del substrato argillitico, mobilizzato e rideposto nelle zone più depresse.

Le coltri presentano clasti eterodimensionali, mediamente di modeste dimensioni, poco elaborati, in scaglie a spigoli vivi. La matrice che li ingloba varia in percentuale nel fuso granulometrico ed è composta da limo-sabbioso-argilloso debolmente coesivo.

Le coltri caratterizzano tutto il versante, dove presentano spessori medi intorno ai due metri, con locali variazioni; si estendono sino alla base del pendio dove vanno a mescolarsi ed interdigitarsi con i depositi alluvionali, dando luogo ad una zona di transizione tra i due ambiti veri e propri.

Depositi alluvionali

I depositi alluvionali iniziano a comparire poco più a valle della zona pedemontana e aumentano di spessore verso il centro della valle.

Negli orizzonti superficiali sono costituiti da terreni con granulometria fine, coesivi e di composizione prevalentemente limo-argillosa, per spessori di 4-5 metri; sono sovrapposti ai terreni d'alterazione del substrato (coltri), e localmente frammisti alla coltre detritica di versante in prossimità dei settori basali del versante.

Dal punto di vista idrogeologico valgono le stesse deduzioni per il comparto precedente, ovvero il basamento roccioso si può considerare praticamente impermeabile in condizioni di integrità, con infiltrazione e circolazione idrica marginale, e comunque sempre localizzata in relazione alla frequenza, alla disposizione delle discontinuità presenti nell'ammasso ed al suo grado di alterazione.

Si stima per le coltri una permeabilità da media a medio-bassa, variabile in funzione della percentuale di contenuto di matrice fine. I depositi alluvionali fini sono generalmente caratterizzati da una permeabilità bassa.

Nei settori pianeggianti di pianura è stata riscontrata la presenza di una falda acquifera i cui livelli piezometrici sono stati misurati anche tramite piezometri a tubo aperto inseriti nei fori delle prove penetrometriche.

In corrispondenza della prova PA è stato misurato un livello attestato a -1,62 m dal p.c., mentre nella prova PB il livello idrico è stato rilevato a -1,10 m dal p.c. della prova. Sul versante non è stata rilevata falda ma solo umidità.

È presente al confine orientale del lotto un pozzo irriguo a cui, in occasione dell'indagine condotta, non è stato possibile accedere.

5. INDAGINI PRELIMINARI

In relazione all'importanza, alla destinazione d'uso e alle dimensioni dell'intervento sono state eseguite, in questa fase di fattibilità, una serie di indagini dirette e indirette finalizzate a determinare preliminarmente la sequenza litostratigrafica, l'andamento del substrato roccioso e il suo stato di conservazione, a delimitare settori a comportamento geotecnico e sismico omogeneo, e a definire i livelli di falda, nel rispetto delle normative vigenti (geologiche s.l. e sismiche), con particolare riferimento alla citata Circ. Reg. 4551/89.

Per i due settori del SUA la campagna di indagine è avvenuta in tempi diversi, dettati dalle modifiche progettuali sopravvenute. Per il sito dello stabilimento Lames l'indagine si è svolta nel giugno del 2011, mentre per quello di Via San Pio X nel gennaio 2013.

I due siti sono interessati da un impatto delle opere differente, per cui anche il livello di approfondimento è stato diverso; per entrambi i comparti non si può prescindere dall'esecuzione delle indagini indicate nel programma geognostico esecutivo.

5.1 Comparto 1

La campagna di indagine ha previsto nell'ordine:

- n. 7 Sondaggi a carotaggio continuo di tipo geognostico-ambientale corredati da:
  - prelievo di campioni di sottosuolo a vari livelli per le analisi chimiche di laboratorio;
  - prove SPT in foro;
  - prelievo di n. 6 campioni rimaneggiati per analisi granulometrica dei terreni;
  - prelievo di n. 3 campioni indisturbati per le prove di laboratorio geotecnico;
  - installazione di piezometri a tubo aperto in tutti i fori di sondaggio per il monitoraggio dei livelli di falda e il prelievo di campioni di acqua da analizzare in laboratorio chimico.

- n. 4 prove penetrometriche dinamiche del tipo standardizzato DPL030 e installazione di canne piezometriche in tutti i fori di sondaggio;

- indagine sismica comprendente n. 4 profili MASW.

Per l'ubicazione si rimanda alla *Carta di Analisi e degli accertamenti geognostici* allegata (ALL.3.1).

5.1.1 Sondaggi a carotaggio continuo

I sondaggi a carotaggio continuo sono stati denominati con le sigle da S1a S7.

I lavori di perforazione sono stati eseguiti dalla Geotirreno con sede Massa, nel periodo dal 2 al 5 giugno 2011, utilizzando una sonda cingolata modello JOY 3 HYDRA.

Le perforazioni sono stata effettuate a carotaggio continuo utilizzando carotieri semplici con corone a denti di widia di diametro 101 mm e camicia di rivestimento provvisoria del diametro 178 mm.

Per le prime manovre nei livelli superficiali il carotaggio è stato eseguito direttamente con la corona ed i tubi del rivestimento provvisorio.

Poiché i carotaggi hanno anche una valenza ambientale oltre che geognostica-geotecnica, le perforazioni sono state eseguite procedendo a secco ed a velocità ridotta in maniera da non surriscaldare il materiale prelevato e le corone. Nei carotaggi più profondi è stata utilizzata acqua di perforazione solo a partire dalla profondità di 9 m per rivestire il foro e durante l'uso del carotiere doppio in roccia.

Dopo ogni manovra di estrazione del carotiere l'impresa appaltatrice dei sondaggi ha provveduto alla decontaminazione degli utensili di perforazione attraverso getti di acqua in pressione in un area sufficientemente distante dalla zona di prelievo ed in maniera da evitare la diffusione di eventuale inquinamento.

L'estrusione del materiale carotato è avvenuto sempre senza l'utilizzo di fluidi e riposto in apposite cassette catalogatrici da 5 m in plastica. Una volta ultimata una cassetta da 5 m di carotaggio si è provveduto alla documentazione fotografica; ciascuna cassetta è stata fotografata e si è proceduto al campionamento ambientale. Le cassette sono conservate presso lo stabilimento Lames.

In corrispondenza dei fori di sondaggio state eseguite diverse prove SPT e sono stati prelevati n. 3 campioni indisturbati e n. 6 campioni rimaneggiati per le analisi e prove geotecniche di laboratorio.

In allegato sono riportate le stratigrafie dettagliate (ALL.6) di ciascun sondaggio con l'indicazione di tutti i dati relativi alle operazioni di perforazione; è inoltre riportata la documentazione fotografica delle postazioni di ciascun sondaggio e delle relative carote nelle cassette catalogatrici (ALL.10).

Per la descrizione granulometrica dei materiali carotati e deposti in cassetta è stato fatto riferimento alle classi granulometriche ed ai criteri di identificazione speditivi di cantiere riportati nelle Raccomandazioni AGI (1977).

Per facilitare la consultazione, nelle tabelle seguenti sono riportati in forma semplificata i principali livelli stratigrafici individuati in ciascun sondaggio, con le rispettive profondità dal piano di campagna ed i valori di N_{SPT} dei livelli testati.

Sigla sondaggio	***Profondità (m) da p.c.***	***Descrizione terreno***	***SPT***	
			Profondità (m)	***N_{SPT}***
S1 *Prof. raggiunta –6.00 m da p.c.*	0.00 – 0.20	*Soletta calcestruzzo*		
	0.20 – 1.65	*Terreni di riporto e coltre eluvio-colluviale* costituiti da limo-argilloso con breccia lapidea argillitica		
	1.65 – 6.00	*Cappellaccio di alterazione del substrato roccioso* (Argilliti di Val Lavagna)	1.65 – 1.95	85

Sigla sondaggio	Profondità (m) da p.c.	Descrizione terreno	SPT	
			Profondità (m)	N_{SPT}
S2	0.00 – 0.10	*Pavimentazione e soletta cls*		
	0.10 – 0.80	*Terreni di riporto*		
	0.80 – 5.80	*Coltre eluvio-colluviale* composta da limo argilloso con breccia lapidea argillitica	1.15 – 1.45 2.15 – 2.45 5.15 – 5.45	11 17 32
Prof. raggiunta –6.00 m da p.c.	5.80 – 6.00	*Cappellaccio di alterazione del substrato roccioso (Argilliti di Val Lavagna/Ardesie di M.te Verzi)*		

Sigla sondaggio	Profondità (m) da p.c.	Descrizione terreno	SPT	
			Profondità (m)	N_{SPT}
S3	0.00 – 0.10	*Pavimentazione stradale*		
	0.10 – 2.40	*Terreni di riporto*	1.65 – 1.95	9
	2.40 – 8.20	*Depositi alluvionali fini* costituiti da limi argillosi	3.15 – 3.45	4
Prof. raggiunta –19.00 m da p.c.	8.20 – 16.60	*Depositi alluvionali grossolani* composti prevalentemente da ghiaie limo-sabbiose	9.15 – 9.45 13.15 – 13.45	16 31
	16.60 – 19.00	*Substrato roccioso (Ardesie di M.te Verzi)*		

Sigla sondaggio	Profondità (m) da p.c.	Descrizione terreno	SPT	
			Profondità (m)	N_{SPT}
S4	0.00 – 0.10	*Pavimentazione e soletta cls*		
	0.10 – 4.30	*Terreni di riporto*		
Prof. raggiunta –8.00 m da p.c.	4.30 – 8.00	*Depositi alluvionali grossolani* composti prevalentemente da ghiaie limo-sabbiose		

Sigla sondaggio	***Profondità (m) da p.c.***	***Descrizione terreno***	***SPT***	
			Profondità (m)	***N_{SPT}***
S5 *Prof. raggiunta –18.00 m da p.c.*	0.00 – 0.10	*Pavimentazione stradale*		
	0.10 – 2.55	*Terreni di riporto*	1.65 – 1.95	3
	2.55 – 8.90	*Depositi alluvionali fini* costituiti prevalentemente da limi argillosi	3.15 – 3.45	10
	8.90 – 14.60	*Depositi alluvionali grossolani* composti da ghiaie limo-sabbiose	9.15 – 9.45 10.65 – 10.95 12.15 – 12.45	24 20 27
	14.60 – 15.70	*Coltre eluvio-colluviale* composta da limo argilloso e breccia lapidea argillitica		
	15.70 – 16.50	*Cappellaccio di alterazione del substrato roccioso*		
	16.50 – 18.00	*Substrato roccioso (Ardesie di M.te Verzi)*		

Sigla sondaggio	***Profondità (m) da p.c.***	***Descrizione terreno***	***SPT***	
			Profondità (m)	***N_{SPT}***
S6 *Prof. raggiunta –9.00 m da p.c.*	0.00 – 0.20	*Soletta calcestruzzo*		
	0.20 – 1.80	*Terreni di riporto*		
	1.80 – 5.50	*Depositi alluvionali fini frammisti alla coltre detritica* e costituiti da limi argillosi con breccia lapidea		
	5.50 – 7.60	*Coltre eluvio-colluviale* composta da limo argilloso e breccia lapidea argillitica		
	7.60 – 8.70	*Cappellaccio di alterazione del substrato roccioso*		
	8.70 – 9.00	*Substrato roccioso (Argilliti di Val Lavagna/Ardesie di M.te Verzi)*		

Sigla sondaggio	*Profondità (m) da p.c.*	*Descrizione terreno*	*SPT*	
			Profondità (m)	N_{SPT}
S7	0.00 – 0.10	*Pavimentazione stradale*		
	0.10 – 3.10	*Terreni di riporto*		
Prof. raggiunta –9.00 m da p.c.	3.10 – 8.50	*Depositi alluvionali fini* costituiti prevalentemente da limi argillosi		
	8.50 – 9.00	*Depositi alluvionali grossolani* composti da ghiaie limo-sabbiose		

5.1.2 Prove penetrometriche dinamiche

Si è scelto di eseguire n. 4 prove penetrometriche dinamiche (ALL.8) con un'attrezzatura dinamica medio-leggera del tipo standardizzato "DL030" di fabbricazione tecnotest (modello TP 223/S).

Le prove sono state tutte effettuate previa esecuzione di prefori con martello pneumatico per demolire le pavimentazioni che altrimenti ne avrebbero impedito l'esecuzione. La prova consiste nell'infissione di una punta conica a perdere, di area standard pari a 10 cm^2, attraverso una batteria di aste che riceve l'energizzazione tramite l'impatto di un maglio di 30 Kg che cade ripetutamente da un'altezza di 20 cm.

Il conteggio del numero di colpi necessario per l'avanzamento di un tratto di 10 cm, in condizioni di assenza di attrito laterale (controllato tramite la periodica rotazione delle aste), permette una stima della stratigrafia del terreno attraversato e delle sue caratteristiche di resistenza al taglio in funzione delle correlazioni con la prova standard SPT (Standard Penetration Test).

I test sono stati denominati con le sigle progressive da P1 a P4 e sono state ubicate come da planimetria allegata (*Carta di analisi*, ALL. 3.1).

I diagrammi penetrometrici indicano il numero di colpi N_{10} per ogni infissione di 10 cm ed i valori corrispondenti della resistenza dinamica alla punta Rpd.
Quest'ultimo valore, Rpd, è ottenuto con una formula empirica detta "degli olandesi" ed è un parametro caratteristico che può essere utile per confrontare attrezzatura strumentale differente, per correlazioni con la resistenza alla punta del penetrometro statico o anche per valutazioni preliminari del carico ammissibile del terreno. La formula analitica per ricavare la resistenza dinamica alla punta è la seguente:

$$R_{pd} = \frac{M^2 H \; N_{30}}{A \, h \, (M + P)}$$

dove: M = peso del maglio (30kg)
H = altezza di caduta di M (20 cm)
A = sezione della punta conica (10 cm2)
h = passo d'infissione (10 cm)
N = n° colpi per un approfondimento di 10 cm
P = massa dei componenti battuti

Le profondità riportate nel diagrammi penetrometrici si riferiscono alla quota locale delle pavimentazioni.

Le prove P1-P2-P4 sono state condotte fino al raggiungimento del rifiuto strumentale, intendendo con termine che il maglio rimbalza ripetutamente sulla testa incudine senza produrre alcun avanzamento significativo con un numero di colpi registrato maggiore di 100, a causa del rinvenimento del substrato roccioso o di un livello con clasti lapidei particolarmente grossolani.

Negli schemi seguenti, sono riportati i risultati delle prove penetrometriche e la loro interpretazione stratigrafica, effettuata anche sulla base delle conoscenze acquisite con i carotaggi eseguiti:

P1:
0.00 ÷ 0,30 m: preforo
0.30 ÷ 5.00 m : terreni a comportamento coesivo assimilabili ai depositi alluvionali fini rinvenuti con i carotaggi e resistenza media alla penetrazione N_{DL30} = 4
5.00 ÷ 8.70 m : terreni a comportamento prevalentemente granulare che si possono ascrivere ai alluvionali ghiaiosi individuati nei carotaggi alle stesse quote assolute. Resistenza media alla penetrazione depurata dai valori di picco N_{DL30} = 14
8.70: rifiuto strumentale dovuto probabilmente al cappellaccio di alterazione del substrato roccioso.

P2*:*
0.00 ÷ 0,40 m: preforo
0.40 ÷ 0.70 m : terreni di riporto grossolani
0.70 ÷ 3.60 m : terreni a comportamento misto granulare / coesivo che si possono interpretare come coltre detritica di pendio.
Resistenza media alla penetrazione depurata dai valori di picco N_{DL30} = 9
3.60 ÷ 4.00 m : probabile cappellaccio di alterazione del substrato roccioso e rifiuto strumentale

P3*:*
0.00 ÷ 0,60 m: preforo e terreno grossolano di riporto
0.60 ÷ 7.10 m : terreni a comportamento misto coesivo/granulare assimilabili ai depositi alluvionali fini con contenuto di ghiaia o breccia minuta rinvenuti con i carotaggi (in particolare S6) con resistenza media alla penetrazione N_{DL30} = 6
7.10 ÷ 10.0 m : terreni a comportamento granulare che si possono assimilare agli orizzonti alluvionali ghiaiosi. Resistenza media alla penetrazione depurata dai valori di picco N_{DL30} = 15

P4*:*
0.00 ÷ 0,50 m: preforo
0.50 ÷ 1.10 m : terreni di riporto grossolani
1.10 ÷ 2.70 m : terreni a comportamento prevalentemente coesivo assimilabili ai depositi alluvionali fini rinvenuti con i carotaggi con resistenza media alla penetrazione N_{DL30} = 5
2.70 ÷ 6.70 m : terreni a comportamento prevalentemente granulare che si possono ascrivere alla coltre detritica di pendio. Resistenza media alla penetrazione depurata dai valori di picco N_{DL30} =11
6.70 ÷ 7.30 m : probabile cappellaccio di alterazione del substrato roccioso e rifiuto strumentale.

I valori di N_{DL30} calcolati possono essere poi correlati con il parametro N_{SPT} della prova penetrometrica standard SPT, attraverso varie formulazioni.

In particolare, al fine di determinare l'angolo di resistenza al taglio dei terreni attraversati in via preliminare, si è fatto riferimento alle correlazioni ricavate con misure sperimentali da Vanelli & Benassi (1983), secondo cui mediamente si può porre: $N_{DL30} \approx N_{SPT}$. (vd. Paragrafo 6).

5.1.3 Misure piezometriche

Su tutta l'area di intervento è stata riscontrata la presenza di una falda acquifera, i cui livelli piezometrici sono stati misurati tramite una serie di piezometri a tubo aperto.

Nel periodo monitorato i livelli di falda hanno mostrato differenti quote in relazione alla posizione rispetto al versante: le soggiacenze sono minori nella zona pedemontana e aumentano in direzione dell'asse del torrente Rupinaro.

Durante il periodo monitorato, le direzioni di deflusso della falda sono dirette dal versante verso l'asse del corso d'acqua.

L'acquifero è di tipo alluvionale nastriforme, esteso trasversalmente alla valle (in senso E-O) e si chiude alla base dei versanti contro il substrato roccioso ivi affiorante o subaffiorante. Esso è limitato inferiormente dal substrato roccioso integro e risulta in falda libera all'interno delle coltri eluvio-colluviali alla base del versante.

Verso il centro della piana occupata dal SUA, il serbatoio è costituito dai terreni alluvionali ghiaiosi. Qui l'acquifero diventa di tipo confinato o semiconfinato, in leggera pressione, in quanto limitato superiormente dal livello di sedimenti alluvionali fini limo-argillosi, quasi impermeabili.

All'interno di tutti i fori di sondaggio eseguiti in questa fase, sono state installate tubazioni piezometriche a tubo aperto, del diametro di 3" o 4" e lunghezza variabile.

Per un più ampio controllo della falda su tutta l'area, sono state installate anche nei fori delle prove penetrometriche delle canne piezometriche fessurate del diametro di 16 mm.

Nella tabella di pagina seguente sono riportate le soggiacenze piezometriche in metri rispetto al p.c.

Le misure del 21/10/2011 sono state rilevate dopo un evento piovoso di debole intensità avvenuto dopo un lungo periodo asciutto, mentre le misure del 07.11.2011 sono state effettuate dopo le intense precipitazioni del periodo fine ottobre – inizio novembre 2011.

Queste due misure sono rappresentative rispettivamente dei periodi di minima e massima ricarica della falda durante il lasso di tempo monitorato.

Nella tabella di pagina 29 sono riportati i valori di escursione del livello piezometrico rispetto alle misure del 21 ottobre 2011 prese come riferimento delle soggiacenze più basse.

Piezom.	tipo	data misurazione							
		04.06.11	**05.06.11**	**08.06.11**	**10.06.11**	**11.06.11**	**15.06.11**	**21.10.11**	**07.11.11**
S1	3”	-3.35	-3.48	-3.16	-3.20	-3.10	-3.24	-3,42	-3.02
S2	4”	-0.46	-0.45	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0,44	-0.36
S3	4”	-5.85	-5.86	-5.35	-5.46	-5.57	-5.69	-6,13	-5.20
S4	3”	-5.20	-5.31	-4.84	-5.00	-5.03	-5.15	-5,61	-4.67
S5	4”		-6.09	-5.60	-5.70	-5.80	-5.92	-6,37	-5.45
S6	3”		-4.13	-3.82	-3.81	-3.80	-3.91	-4,16	-3.63
S7	3”			-5.65	-5.84	-5.91	-6.03	-6,48	-5.60
P1	16 mm					-2.94	-3.05	-3,47	-2.65
P2	16 mm					-1.59	-1.51	-1,81	-
P3	16 mm						-4.95	-5,42	-4.42
P4	16 mm						-2,46	-2,63	-2.49

Escursione dei livelli di falda (m) rispetto alle misure del 21.10.2011

Piezometro	15.06.11	07.11.11
S1	0,18	0,40
S2	0,04	0,08
S3	0,44	0,93
S4	0,46	0,94
S5	0,45	0,92
S6	0,25	0,53
S7	0,45	0,88
P1	0,42	0,82
P2	0,30	-
P3	0,47	1,00
P4	0,17	0,14

Le escursioni massime si osservano nei piezometri della zona centrale del terrazzo alluvionale, con valori dell'ordine del metro.

Infine si evidenzia che, come da informazioni reperite presso la Provincia di Genova - Ufficio Acqua e Derivazioni Idriche, non risultano concessioni di derivazione acqua da pozzi in un intorno di almeno 500 m circa a valle dell'area in oggetto.

5.1.4 Prove di laboratorio geotecnico

Per valutare in laboratorio le caratteristiche geotecniche dei terreni sciolti interessati dall'intervento in progetto, sono stati prelevati durante le perforazioni n. 3 campioni indisturbati (sigla Ci) utilizzando un campionatore a pareti sottili tipo Shelby.

Sono stati inoltre prelevati n 6 campioni rimaneggiati (sigla CR) direttamente nelle casette catalogatrici dei sondaggi. Il seguente schema riassume le sigle dei campioni e le profondità di prelievo:

Sondaggio	***Sigla Campione***	***Profondità di prelievo dal p.c.(m)***	***Descrizione stratigrafica***
S2	S2-CR1	3.00 – 5.00	Coltre detritica
S3	S3-CR1	6.00 – 7.00	Depositi alluvionali fini
	S3-CR2	9.00 – 10.00	Depositi alluvionali grossolani
	S3-CR3	12.00 – 14.50	Depositi alluvionali grossolani
S5	S5-Ci1	4.50 – 5.00	Depositi alluvionali fini
	S5-Ci2	7.50 – 8.00	Depositi alluvionali fini
S6	S6-CR1	3.00 – 4.00	Depositi alluvionali fini
	S6-CR2	5.00 – 5.50	Depositi alluvionali fini
S7	S7-Ci1	5.00 – 5.60	Depositi alluvionali fini

Le fustelle contenenti i campioni indisturbati sono state sigillate con paraffina ed inviate al laboratorio L.G.T. di Massa, dove è stata eseguita una serie di prove geotecniche, i cui certificati di prova sono raccolti in allegato (ALL. 7).

Per maggior facilità di lettura, i risultati delle prove sono state sintetizzati nelle 2 tabelle seguenti: la prima con le proprietà indici (granulometria, contenuto d'acqua, classificazioni ecc.) e la seconda con i parametri geotecnici di resistenza e compressibilità.

Tab. PROPRIETÀ INDICI		***CAMPIONI***							
		S2-CR1	***S3-CR1***	***S3-CR2***	***S3-CR3***	***S5-Ci1***	***S5-Ci2***	***S6-CR1***	***S6-CR2***
Profondità di prelievo (m)		3.00 – 5.00	6.00 – 7.00	9.00 – 10.00	12.00 – 14.50	4.50 – 5.00	7.50 – 8.00	3.00 – 4.00	5.00 – 5.50
Colore		Marroncino verdino e ocra	Marroncino e verdino	Marroncino	Marroncino	Verde-azzurrino	Marrone e azzurrino	Marroncino	Marroncino
Granulometria	*Ghiaia (%)*	38,19	2,19	39,72	52,00	0,10	9.40	6,16	28,09
	Sabbia (%)	28,85	17,45	27,48	23,57	16,25	30.29	25,05	32,02
	Limo (%)	20,90	50,83	20,08	11,96	52,91	33.23	36,49	18,98
	Argilla (%)	20,06	29,53	12,72	12,47	30,74	27.08	32,29	20,91
Descrizione del materiale		Ghiaia limosa sabbiosa argillosa	Limo con argilla sabbioso	Ghiaia con sabbia limosa debolmente argillosa	Ghiaia sabbiosa debolmente argillosa limosa	Limo con argilla sabbioso	Sabbia con limo e argilla debolmente ghiaiosa	Limo con argilla sabbioso debolmente ghiaioso	Sabbia e ghiaia limose argillose
Contenuto in acqua w (%)						23,90 – 26,60	22,4		
Grado di saturazione (%)						94 - 100			
Peso di volume γ *(t/m^3)*						1,778 – 2.04	1,819		
Limite Liquidità (%)						40	41		
Limite Plasticità (%)						22	23		
Indice di plasticità (%)						18	18		
Indice di liquidità						0,2	0,0		
Indice di consistenza						0,8	1,0		
Classificazione USCS						CL	CL		

Parametri geotecnici

PROVA DI LABORATORIO	**PARAMETRI RICAVATI**	S5-Ci1 4.50 – 5.00	S5-Ci2 7.50 – 8.00	S7-Ci1 5.00 – 5.60
Prova di compressione ELL	*Coesione non drenata* *C_u = qu/2 [Kg/cm^2]*	0,63	0,28*	0,50
Prova triassiale CD	*Angolo di attrito efficace* *ϕ' [°]*	27	-	-
	Coesione efficace *C' [kPa]*	9	-	-
Prova edometrica	*Coefficiente di consolidazione C_v* *[cm^2/s]*		1,624 x 10^{-3}	3,131 x 10^{-3}
	Coefficiente di conducibilità idraulica K *[cm/s]*		3,79 x 10^{-8} *σ'= 2 kg/ cm^2*	8,48 x 10^{-8} *σ'= 1 kg/cm^2*
	Coefficiente compressibilità di volume *m_v (a 2.00 kg/cm^2)* *[cm^2/kg]*		0,0234	0,0172
	Indice di compressibilità C_c nel tratto finale della curva		0,186	0,183

*I risultati della prova ELL sul campione S5-Ci2 sono da ritenersi poco attendibili a causa della composizione prevalentemente sabbiosa del provino.

5.1.5 Indagini geofisiche

Le indagini geognostiche (sondaggi) corredate dalle prove geotecniche eseguite per questa fase di fattibilità, sono state associate alle seguenti indagini geofisiche (eseguite e elaborate dalla Geotirreno srl):

- n. 4 profili MASW

Ovviamente, una volta definito il modello geologico-stratigrafico di massima del sito si è cercato di eseguire le indagini geofisiche in modo da ottenere un modello sismostratigrafico di buona affidabilità, seppur preliminare.

Si segnala tuttavia che le indagini geofisiche:

- hanno incontrato non poche difficoltà legate alle caratteristiche proprie dell'area nonché all'esigenza della Committenza di non interrompere il ciclo produttivo (solette in cemento di vario spessore, asfaltature, strutture sepolte, disturbi ambientali legate alle lavorazioni).
- Sono state eseguite per la precedente proposta progettuale, quindi alcuni profili non risultano ubicati nei punti più significativi.

Tuttavia i dati raccolti con queste indagini contribuiscono alla caratterizzazione d'insieme del comparto.

Risultati MASW 1

Acquisizione:	Array: **24 canali**	Passo: **2 m**	Offset minimo: **5 m**
Data analizzati:	Dataset:	**MASW1_vert.sgy; MASW1_love.sgy**	
	Tipo di analisi:	**onde di Rayleigh + onde di Love**	

Tab. 1 Tabella riepilogativa dataset.

Modello medio

Mean model: Vsv (m/s): 409, 325, 294, 490, 712
Vsh (m/s): 376, 342, 314, 493, 729
Thickness (m): 0.4, 2.9, 6.2, 6.9

Dalle analisi eseguite si è ricavato il valore di V_{s30} di seguito indicato:

V_{SV30} = **467** m/s; V_{SH30} = **484** m/s (modello medio)

Risultati MASW 2

Acquisizione:	Array: **24 canali**	Passo: **2 m**	Offset minimo: **5 m**
Data analizzati:	Dataset:	**ResV.sgy; ResL.sgy**	
	Tipo di analisi:	**onde di Rayleigh + onde di Love**	

Tab. 2 Tabella riepilogativa dataset.

Modello medio

Mean model: Vsv (m/s): 427, 253, 290, 382, 678
Vsh (m/s): 390, 272, 291, 373, 671
Thickness (m): 0.4, 4.8, 5.0, 9.8

Dalle analisi eseguite si è ricavato il valore di V_{S30} di seguito indicato:

V_{SV30} = **386** m/s; V_{SH30} = **389** m/s (modello medio)

Risultati MASW 3

Acquisizione:	Array: **24 canali**	Passo: **2 m**	Offset minimo: **5 m**
Data analizzati:	Dataset:	**MASW3.cdp; HV3.hv**	
	Tipo di analisi:	**onde di Rayleigh + HVSR**	

Tab. 3 Tabella riepilogativa dataset.

Modello medio

Mean model: Vsv (m/s): 359, 196, 449, 564, 684
Vsh (m/s): 357, 222, 478, 559, 703
Thickness (m): 0.5, 4.2, 5.8, 8.7

Dalle analisi eseguite si è ricavato il valore di V_{S30} di seguito indicato:

V_{SV30} = **448** m/s; V_{SH30} = **473** m/s (modello medio)

Risultati MASW 4

Acquisizione:	Array: **24 canali**	Passo: **2 m**	Offset minimo: **5 m**
Data analizzati:	Dataset:	**MASW4.cdp; HV5.hv**	
	Tipo di analisi:	**onde di Rayleigh + HVSR**	

Tab. 4 Tabella riepilogativa dataset.

Modello medio

Mean model: Vsv (m/s): 417, 267, 328, 461, 740
Vsh (m/s): 427, 270, 330, 439, 749
Thickness (m): 0.5, 4.5, 5.4, 9.0

Dalle analisi eseguite si è ricavato il valore di V_{S30} di seguito indicato:

V_{SV30} = **439** m/s; V_{SH30} = **436** m/s (modello medio)

5.2 Comparto 2

5.2.1 Prove penetrometriche dinamiche

Si è scelto di eseguire n. 3 prove penetrometriche dinamiche con attrezzatura dinamica medio-leggera del tipo standardizzato “DL030” di fabbricazione tecnotest (modello TP 223/S).

Le prove sono state effettuate laddove l’accessibilità del sito lo ha consentito: due in corrispondenza della piana alluvionale e una sul versante a fasce terrazzate. Per questa fase di studio, pur con le limitazioni di accesso dovute alla fitta vegetazione, si ritiene di aver ottenuto dati preliminari sufficienti a rispondere ai quesiti normativi.

Per la descrizione delle modalità di esecuzione delle prove e del loro significato geotecnico, si rimanda ai paragrafi precedenti. I test sono stati denominati con le sigle progressive PA, PB, PC e sono state ubicate come da planimetria allegata (*Carta di analisi*, ALL. 3.2).

Le prove effettuate, che hanno valore puntuale, hanno fornito i seguenti risultati:

Prova PA: *(attrezzata con piezometro)*

0.00 ÷ 0.50 m: terreno vegetale, fine, aerato;
0.50 ÷ 5.10 m : depositi alluvionali fini, depositi alluvionali fini, di natura limo-sabbioso-argillosa, debolmente coesivi e resistenza media alla penetrazione N_{DL30} = 6;
5.10 ÷ 7.50 m : terreni a comportamento prevalentemente granulare, ascrivibili a coltre di versante con scheletro lapideo in aumento con la profondità e graduale passaggio al cappellaccio del substrato. Resistenza media alla penetrazione depurata dai valori di picco N_{DL30} = 22.
7.50: rifiuto strumentale nel cappellaccio di alterazione del substrato roccioso.

Prova PB:

0.00 ÷ 0.70 m: terreno vegetale, fine, aerato;
0.70 ÷ 4.20 m : depositi alluvionali fini, di natura limo-sabbioso-argillosa, debolmente coesivi e resistenza media alla penetrazione N_{DL30} = 5;
4.20 ÷ 7.00 m : terreni a comportamento prevalentemente granulare, ascrivibili a coltre di versante con scheletro lapideo in aumento con la profondità e graduale passaggio al cappellaccio del substrato. Resistenza media alla penetrazione depurata dai valori di picco N_{DL30} = 24.
7.00: rifiuto strumentale nel cappellaccio di alterazione del substrato roccioso.

Prova PC:

0.00 ÷ 0.30 m: terreno vegetale, fine, aerato;
0.30 ÷ 2.00 m : coltre di versante con scheletro lapideo in aumento con la profondità sino al passaggio al cappellaccio del substrato. Resistenza media alla penetrazione depurata dai valori di picco N_{DL30} = 15.
2.00: rifiuto strumentale nel cappellaccio di alterazione del substrato roccioso.

6. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E GEOMECCANICA PRELIMINARE

L'insieme delle indagini ha consentito la ricostruzione di un modello geologico preliminare del sottosuolo in esame, la cui espressione grafica è descritta nelle sezioni geologiche allegate (ALL. 4.1 e 4.2).

6.1 Comparto 1

Dal punto di vista stratigrafico ed in forma semplificativa i terreni incontrati nell'area dello stabilimento sono così riassumibili:

- Terreni di riporto eterogenei, di potenza crescente verso l'argine del torrente Rupinaro.
- Coltri di natura eluvio-colluviale con comportamento prevalentemente granulare e costituite da scheletro lapideo della dimensione di una ghiaia in matrice sabbiosa-limosa-argillosa; presenti in una fascia pressoché continua alla base del versante, con spessori decrescenti verso il centro della piana. Presentano una permeabilità medio-bassa.
- Deposti alluvionali fini di composizione limo-argillosa con comportamento coesivo, moderatamente consistenti e localmente frammisti e/o in eteropia di facies con le coltri. Sono caratterizzati da un grado di permeabilità molto basso, dell'ordine di 10^{-8} cm/sec.
- Depositi alluvionali grossolani prevalentemente composti da ghiaie sabbioso-limose. In relazione alla composizione abbastanza grossolana, presentano una permeabilità medio-alta.
- Substrato roccioso, costituito dai litotipi della Formazione di Val Lavagna e presentano al tetto un orizzonte di alterazione di spessore variabile. L'ammasso risulta praticamente impermeabile in condizioni di integrità.

La falda è tipo freatico nella zona pedecollinare all'interno delle coltri, mentre verso valle diventa di tipo artesiano all'interno delle ghiaie alluvionali, in leggera pressione poiché confinata al tetto dai depositi alluvionali limo-argillosi di permeabilità molto bassa.

6.1.1 Terreni sciolti

Per quanto riguarda la caratterizzazione dei terreni sciolti a comportamento granulare si possono correlare direttamente il valore di N_{SPT} con l'angolo di resistenza al taglio ϕ'.

I valori di N_{SPT} possono essere utilizzati per stimare in maniera preliminare l'angolo di resistenza al taglio ϕ' attraverso le relazioni proposte da vari autori. Nella tabella seguente sono riportati i valori di ϕ' calcolati attraverso la relazione proposta da Meyerhof (1965) per terreni con contenuto di limo > del 5% :

$$\phi = 23.7 + 0.57Nspt - 0.006(Nspt)^2$$

Per i terreni alluvionali coesivi sono stati invece attribuiti i parametri geotecnici desunti dalle prove di laboratorio.

Si riportano di seguito i parametri geotecnici assegnati in prima approssimazione ai terreni individuati con i dati desunti in questa fase preliminare:

	N_{SPT}	ϕ'	c' [kg/cm^2]	cu [kg/cm^2]	γ [t/m^3]	Cc (tratto finale curva edometrica)
Terreni di riporto	*3 ÷ 9*	*26°÷ 28°*	*0*	*-*	*1.7 ÷ 1.9*	*-*
Coltre detritica	*9 ÷ 17*	*28° ÷ 31°*	*0*	*-*	*1.7 ÷ 1.9*	*-*
Depositi alluvionali fini	*4 ÷ 6*	*27°*	*0.09*	*0.50 ÷ 0.63*	*1.8 ÷ 2.0*	*0,18*
Depositi alluvionali ghiaiosi	*14 ÷ 31*	*30° ÷ 35°*	*0*	*-*	*1.8 ÷ 2.0*	*-*

6.1.2 Ammasso roccioso

E' stato effettuato un rilievo geostrutturale sull' affioramento presente immediatamente a monte dello stabilimento.

Sono state individuate due famiglie di superfici di discontinuità oltre alla scistosità e si è constatata inoltre la presenza di un certo numero di fratture indipendenti.
Sono riportate di seguito le giaciture delle famiglie di giunti misurate nella stazione di rilevamento G1 (in ALL 3 l'ubicazione e in ALL. 11 la documentazione fotografica):

Stazione G1

STRATIFICAZIONE 265°/40°
K1 182°/75°
K2 106°/58°

Facendo riferimento a misure sclerometriche eseguite sugli stessi litotipi, si può assegnare una resistenza alla compressione uniassiale della roccia sana pari a 20 ÷ 25 MPa.

Applicando la classificazione di Bieniawski (Sistema RMR, 1989), si può caratterizzare mediamente l'ammasso roccioso sano nel seguente modo, considerando un RQD medio pari a 40 come rilevato nei carotaggi:

		Intervallo	Coeff.
1. Compressione semplice	*Qu (Mpa)*	5 - 25	2
2. RQD	*RQD calcolato*	25 - 50	8
3. Spaziatura dei giunti	*Spaziatura (mm)*	<60	5
4. Condizioni dei giunti	*Continuità (m)*	> 20 m	0
	Apertura(mm)	1 - 5 mm	1
	Scabrezza	Lievemente scabri	3
	Riempimento	Morbidi<5 mm	2
	Alterazione	Moderata	3
5. Condizioni idrauliche	*Situazione generale*	Bagnato	7
RMRbase	*31*		
Classe	*IV - Roccia scadente*		

In via del tutto preliminare si indicano per l'ammasso roccioso i seguenti parametri di *resistenza al taglio di picco* sulla base di esperienze e precedenti studi eseguiti sui medesimi litotipi.

	substrato roccioso alterato	***substrato roccioso sano***
peso di volume γ [t/m^3]	23 - 24	24 - 25
angolo d'attrito dell'ammasso ϕ'	27° - 30°	30° - 35°
coesione dell'ammasso c [kg/cm^2]	0.10 – 0.50	0.50 – 1.00

6.2 Comparto 2

6.2.1 Terreni sciolti

Anche in questo caso i valori di N_{SPT} desunti dalle penetrometrie, utilizzati per stimare in maniera preliminare l'angolo di resistenza al taglio ϕ' , sono stati elaborati attraverso la relazione proposta da Meyerhof (1965) per terreni con contenuto di limo > del 5% .

Si riportano di seguito i parametri geotecnici assegnati in prima approssimazione ai terreni individuati con i dati desunti in questa fase preliminare:

	N_{SPT}	ϕ'	c' [kg/cm^2]	cu [kg/cm^2]	γ [t/m^3]
depositi alluvionali fini	*5 ÷ 6*	*26°÷ 27°*	*0*	*0.10-0.30-*	*1.7 ÷ 1.9*
Coltre eluvio-colluviale	*15 ÷ 24*	*30° ÷ 33°*	*0*	*-*	*1.7 ÷ 1.9*

6.2.2 Ammasso roccioso

Non è stato possibile in questa fase eseguire un rilevamento geomeccanico di dettaglio in quanto l'areale investigato è stato limitato alle porzioni accessibili dove è stato rinvenuto un solo affioramento, peraltro costituito da roccia molto alterata, appartenente ai livelli più superficiali dell'ammasso (cappellaccio), a tratti decomposta in breccia, di cui è stato possibile sono rilevare una giacitura media della stratificazione.

Si confermano pertanto in questa fase per l'ammasso nei suoi diversi gradi di alterazione, i parametri indicati per il comparto di Sampierdicanne desunti sulla medesima litologia. (vedasi paragrafi precedenti).

Le successive fasi di studio geologico-tecnico permetteranno approfondimenti in tal senso ed un maggior dettaglio nelle parametrizzazioni ai fini della progettazione strutturale.

7. CARTA DI ANALISI

Tutte le informazioni derivanti dalle indagini geologiche e geognostiche effettuate sono state sintetizzate nelle Carte *di Analisi* (ai sensi della Circ. 4551/89) relative ai due diversi lotti di intervento in scala 1:800 (ALL.3.1 e 3.2), che hanno come base topografica i rilievi plano-altimetrici su cui è stato impostato il SUA.

In queste carte sono stati evidenziati gli affioramenti rocciosi del substrato roccioso, i terreni sciolti di copertura differenziati in relazione alla loro composizione e al loro range di spessore, tutti gli elementi morfologici ed idrogeologici più significativi e la posizione delle indagini geognostiche e sismiche effettuate.

I dati desunti hanno condotto alla zonizzazione geologica-tecnica ed idrogeologica, con definizione di ambiti a comportamento geotecnico e idrogeologico discretamente omogeneo in senso verticale ed orizzontale.

Per quanto riguarda l'esame dei "rapporti con i corsi d'acqua – zone esondabili" , si sottolinea che l'evoluzione normativa ha determinato l'entrata in vigore di strumenti di pianificazione specifici (Piani di bacino) corredati da studi idraulici di approfondimento.

Pertanto per tutti questi aspetti si rimanda alle norme del Piano di Bacino vigente, nonché alle valutazioni eseguite dai tecnici incaricati.

8. CARTA DI SINTESI E NORME DI CARATTERE GEOLOGICO

8.1 Comparto 1

In relazione alle caratteristiche idro-geo-morfologiche riscontrate localmente ed alle problematiche specifiche legate agli interventi in progetto è stata realizzata una carta di zonizzazione geologico-tecnica che definisce sei differenti aree definite come: Zona 1, Zona 2, Zona 3, Zona 4, Zona 5 e Zona 6.

Viene fornita una dettagliata programmazione delle indagini geognostiche, geotecniche, idrogeologiche e sismiche integrative che dovranno essere eseguite obbligatoriamente per le successive fasi di progettazione.

Per ciascuna zona vengono inoltre definite le norme di carattere idrogeologico e geologico-tecnico, in particolar modo per quando riguarda i criteri generali di intervento ai fini fondazionali e di scavo.

L'allegato grafico di riferimento è la tavola 5.1.

8.1.1 ZONA 1 – Settore sud-occidendale del S.U.A.

Questo settore è caratterizzato dalla presenza di sottili coltri eluvio-colluviali che poggiano direttamente sul substrato roccioso, posto mediamente a profondità inferiore ai 2 m.

In questa zona non sono previste opere significative, a parte le sistemazioni esterne, per cui non si ritiene necessario procedere a particolari supplementi di indagine in fase di progettazione definitiva/esecutiva.

8.1.2 ZONA 2 – Settore nord—occidendale del S.U.A.

Questo settore è caratterizzato dalla presenza di coltri eluvio-colluviali di spessore mediamente superiore a 2 metri, con potenze massime dell'ordine dei 6 metri che poggiano direttamente sul substrato roccioso.

Questa zona interseca gli spigoli occidentale della torre B e della autorimessa interrata sottostante.
Gli scavi per la realizzazione dell'autorimessa, di altezza massima dell'ordine dei due metri interesseranno esclusivamente i terreni sciolti della coltre detritica-colluviale.
La presenza di manufatti (muri di sostegno, strada carrabile e un capannone) poco più a monte dei fronti di scavo, obbliga l'adozione di particolari cautele, quali scavi a campione ristretti e/o l'adozione di fronti di scavo con inclinazioni compatibili con le caratteristiche geotecniche dei terreni sciolti, previa verifica di stabilità dei fronti stessi.

Eventuali fondazioni dirette delle struttura in questa zona sarebbero presumibilmente impostate sulle coltri di copertura di scarse caratteristiche geotecniche, per cui visti gli elevati carichi in fondazione, appare necessaria l'adozione di fondazioni indirette attestate nel substrato roccioso sano.

Le indagini geognostiche saranno quindi principalmente rivolte alla verifica delle caratteristiche degli spessori e delle caratteristiche geotecniche di resistenza e compressibilità delle coltri sciolte nonché alla caratterizzazione geomeccanica del substrato e dello spessore del suo cappellaccio di alterazione per valutarne le caratteristiche di resistenza.

In questa zona la falda è tipo freatico ed è posta ad una quota superiore rispetto al fondo degli scavi e al piano di imposta delle strutture fondazionali previste, per cui dovranno essere effettuate indagini volte alla determinazione dei parametri idraulici dei terreni interessati dagli sbancamenti, per la stima delle venute d'acqua all'interno degli scavi.

In questa area vengono perciò prescritte le seguenti indagini geognostiche-geotecniche:

- n. 1 sondaggio a carotaggio continuo fino alla profondità di circa 10-15 m, ad integrazione del carotaggio S2 già eseguito in questa fase.
- Esecuzione di prove SPT.

- Prelievo di campione/i indisturbati su cui eseguire in laboratorio geotecnico le analisi di riconoscimento di routine, granulometria e prove di taglio diretto CD o triassiale CD
- Prove di permeabilità in foro di tipo Lefranc nei terreni sciolti e/o Lugeon nella roccia
- Installazione di tubo piezometrico da 3”
- Prove di permeabilità tipo Slug o Bail Test nel piezometro
- analisi geomeccanica delle carote poste in cassetta con esecuzione di prove di laboratorio (point load test, prove di compressione semplice ecc.)
- n.1 prova penetrometrica dinamica

8.1.3 ZONA 3 – Torre B

La zona dove sorgerà la Torre B è prevalentemente caratterizzata dalla presenza dei sedimenti alluvionali limo-argillosi, sovrapposti a depositi ghiaiosi.

Gli spessori aumentano gradualmente procedendo in direzione del torrente Rupinaro, arrivando a superare i 15 metri nel settore più orientale della zona.

In quest’area sono preponderanti le problematiche fondazionali, dovute alla presenza dell’orizzonte costituito da limi argillosi moderatamente consistenti, di scadenti caratteristiche di resistenza e compressibilità.

Tale orizzonte si estende al di sotto di tutto il sedime dell’edificio e con potenze tali, che alla luce delle indagini finora effettuate, non sembra essere adatto a costituire un piano di appoggio diretto delle strutture, sia in termini di portanza sia per quanto riguarda i cedimenti assoluti e quelli differenziali tra il comparto occidentale e quello orientale dei fabbricati, dove gli spessori dei limi argillosi sono maggiori.

In considerazione quindi della rilevanza delle opere e dei carichi trasmessi in fondazione, appare già da questa fase raccomandabile il ricorso a fondazioni indirette, adottando ad esempio palificazioni attestate fino al substrato roccioso più resistente.

La falda è tipo artesiano, debolmente in pressione al di sotto dei limi argillosi impermeabili, con soggiacenze variabili (da monte verso valle) tra i 2 e 5 metri circa sotto il piano campagna attuale.

Sarà quindi necessario valutare dal punto di vista geotecnico possibili problematiche di sollevamento del fondo degli scavi a causa della sottospinta idraulica al di sotto dei livelli argillosi.

Nell’ipotesi progettuale di realizzazione di un solo piano interrato, con fronti di scavo di altezza max 2 mt, si potrà eventualmente procedere senza opere di sostegno provvisionali, conferendo alle scarpate inclinazioni compatibili con le caratteristiche geotecniche dei terreni interessati, previa verifica di stabilità dei fronti stessi.

Le indagini saranno quindi principalmente volte alla determinazione delle caratteristiche geotecniche di resistenza e compressibilità dei depositi alluvionali, alla definizione delle profondità del substrato roccioso sano e dello spessore del suo cappellaccio di alterazione e alla eventuale definizione dei parametri idrogeologici dell'acquifero.

In questa area vengono prescritte le seguenti indagini:

- n. 4 sondaggi a carotaggio continuo sino al reperimento per alcuni metri del substrato roccioso sano, di cui almeno due spinti alla profondità di almeno 30 m, ad integrazione dei carotaggi già eseguiti in questa fase.
- Esecuzione di prove SPT nei terreni granulari.
- Prove di permeabilità in foro di tipo Lefranc nei terreni sciolti granulari
- Prelievo di un numero congruo di campioni indisturbati dei terreni fini, su cui eseguire in laboratorio le analisi di riconoscimento, limiti di Attenberg, pesi di volume, prove di permeabilità, prove edometriche e prove triassiali di tipo UU, CD e/o CIU in maniera da ricavare tutti i parametri drenati e quelli non drenati necessari per le verifiche a breve e a lungo termine.
- Al termine delle operazioni di perforazione i fori saranno attrezzati a piezometro da 3".
- analisi geomeccanica delle carote rocciose poste in cassetta e esecuzione di prove di laboratorio (point load test, prove di compressione semplice ecc.)
- esecuzione di almeno n. 3 prove penetrometriche dinamiche in maniera da completare la verifica degli spessori e delle caratteristiche geotecniche dei terreni sciolti.

8.1.4 ZONA 4 – Torre A

L'area di sedime della Torre A è posta su due zone che attualmente presentano un dislivello topografico, infatti il settore sud, dove sorge attualmente l'edificio adibito a magazzino e mensa, è posto ad una quota più bassa di circa 3 metri rispetto al settore nord.

Tutto il sedime del nuovo corpo di fabbrica non potrà essere impostato a quote differenti, per cui si valutare nel progetto definitivo se eseguire uno sbancamento nel settore settentrionale per raggiungere le quote inferiori, o realizzare un rilevato nel settore meridionale.

Nel primo caso diventeranno rilevanti le problematiche di stabilità dei fronti di scavo, per cui si dovrà valutare la necessità di realizzare opere provvisionali di sostegno dei fronti stessi.
Dovrà essere anche valutata l'interferenza degli scavi con la falda e determinati i parametri idrogeologici necessari alla stima delle venute d'acqua all'interno degli scavi.
Dovranno essere verificate possibili problematiche di sollevamento del fondo degli scavi a causa della sottospinta idraulica della falda in pressione al di sotto dei livelli argillosi.
Le indagini dovranno inoltre essere rivolte alla definizione delle più idonee tipologie fondazionali connesse alla realizzazione delle opere di sostegno definitive dello scavo.

Nel secondo caso, dovranno essere valutate le modalità di abbancamento e compattazione dei terreni di riempimento nonchè i possibili cedimenti dei depositi alluvionali fini sottostanti ed il loro decorso nel tempo sotto il carico del rilevato, che presenterà uno spessore medio di circa 3-4 metri.

Dal punto di vista stratigrafico e geotecnico l'area ha caratteristiche simili a quelle della zona 3, con la differenza che sono presenti terreni di riporto con spessori più esigui nella zona posta a quota inferiore.

Anche in quest'area sono preponderanti le problematiche fondazionali, dovute alla presenza dell'orizzonte limo-argilloso, costituito da limi argillosi moderatamente consistenti, di scarse caratteristiche di resistenza. Anche in questo caso, appare raccomandabile il ricorso a fondazioni indirette, adottando per esempio palificazioni attestate fino al substrato roccioso più resistente.

Le indagini saranno quindi principalmente volte alla determinazione delle caratteristiche geotecniche di resistenza e compressibilità dei depositi alluvionali, alla definizione delle profondità del substrato roccioso sano e dello spessore del suo cappellaccio di alterazione e dei parametri idrogeologici dell'acquifero.

Per questa zona vengono prescritte le seguenti indagini:

- n. 5 sondaggi a carotaggio continuo, di cui almeno uno spinto alla profondità di circa 30 m, ad integrazione delle indagini già eseguite in questa fase.
- Esecuzione di prove SPT nei terreni granulari.
- Prelievo di un numero congruo di campioni indisturbati dei terreni fini, su cui eseguire in laboratorio le analisi di riconoscimento, limiti di Attemberg, prove edometriche e prove triassiali di tipo UU, CD e/o CIU in maniera da ricavare i parametri drenati e quelli non drenati necessari per le verifiche a breve e a lungo termine.
- Al termine delle operazioni di perforazione i fori saranno attrezzati a piezometro da 3".
- Analisi geomeccanica delle carote rocciose poste in cassetta e esecuzione di prove di laboratorio (point load test, prove di compressione semplice ecc.)
- Prove di permeabilità in foro di tipo Lefranc nei terreni sciolti
- esecuzione di almeno n. 3 prove penetrometriche dinamiche per completare la verifica degli spessori e delle caratteristiche geotecniche dei terreni sciolti.

8.1.5 ZONA 5 - Settore meridionale del S.U.A.

Le problematiche di questa zona sono strettamente connesse alle scelte progettuali descritte al punto precedente, soprattutto nel caso di realizzazione di un rilevato che necessariamente andrebbe ad occupare almeno in parte anche questa area.

Dovranno quindi essere valutate in tal caso le modalità di abbancamento e compattazione dei terreni di riempimento nonchè i possibili cedimenti dei depositi alluvionali fini sottostanti ed il loro decorso nel

tempo sotto il carico del rilevato, che presenterà uno spessore medio di circa 3-4 metri.

Per questo tipo di valutazioni saranno utilizzati i parametri geotecnici ricavati dalle indagini geognostiche prescritte per la zona 4.

Si dovranno inoltre verificare le condizioni di stabilità del tratto di muro d'argine sulla base dei parametri geotecnici dei terreni presenti a tergo e della spinta del nuovo riempimento.

Per questa zona vengono quindi prescritte le seguenti indagini:

- esecuzione di almeno n. 2 prove penetrometriche dinamiche a tergo del muro d'argine

8.1.6 ZONA 6 - Settore centrale e settentrionale del S.U.A.

In una parte di questa zona non sono previste opere significative, a parte le sistemazioni esterne, di viabilità e sistemazioni a verde, per cui non si ritiene necessario procedere a particolari supplementi di indagine in fase di progettazione definitiva/esecutiva.

8.1.7 Norme comuni a tutte le ZONE

In questa sezione vengono riportate le indagini geognostiche-geotecniche e le norme comuni a tutte le Zone in cui è stato suddiviso il SUA.

Le indagini prescritte ad integrazione di quelle relative a ciascuna Zona sono le seguenti:

- Monitoraggio dei livelli piezometrici della falda nei periodi piovosi autunnali in condizioni di massima ricarica dell'acquifero per valutare i livelli piezometrici massimi e le escursioni stagionali della falda. Restituzione dei dati in forma di carte a isopiezometriche.

- Esecuzione di un congruo numero di indagini sismiche in foro, ad esempio mediante tecniche downhole e/o crosshole, e/o in superficie, ad integrazione di quelle già effettuate, per la corretta individuazione della categoria di suolo di fondazione, dei parametri sismici sito-specifici ai sensi delle NTC2008, e verifica della suscettibilità a liquefazione dei terreni presenti nel sottosuolo.

- Esecuzione di indagini di carattere ambientale ai sensi delle norme vigenti (Dlgs 152/2006 e s.m.i.i - DM 161/2012) per la caratterizzazione esaustiva dei terreni di risulta al fine di un loro smaltimento e/o riutilizzo, e per la verifica di compatibilità delle matrici ambientali con la nuova destinazione d'uso, come già evidenziato nel paragrafo 3.3.2.

Per le fasi di progettazione definitiva/esecutiva dovrà essere redatta a corredo una relazione geologica ai sensi del DM 14-01-2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni).

La relazione geologica a carattere esecutivo dovrà contenere le indagini, la caratterizzazione e il modello geologico e sismico del sito in riferimento alle opere previste.

La progettazione dell'intervento dovrà porre particolare cura nell'individuazione di adeguati criteri e metodi per la disciplina delle acque superficiali e di quelle provenienti dalle superfici impermeabilizzate. Le nuove opere vanno comunque ad inserirsi in un contesto che allo stato attuale è completamente impermeabilizzato, prevedendo nuovi ampi spazi a verde che determineranno un miglior drenaggio naturale delle acque di pioggia.

Nel rispetto della normativa di cui alla Circolare 4551/89, si ricorda che le norme del S.U.A. devono guidare l'intervento geologico in tutte le fasi successive della progettazione e della realizzazione.

Pertanto, anche in base alle NTC 2008 si prescrive l'assistenza del geologo alla Direzione Lavori durante la realizzazione delle opere.

8.2 Comparto 2

In relazione alle caratteristiche idro-geo-morfologiche del sito ed alle problematiche specifiche legate agli interventi in progetto è stata realizzata una carta di zonizzazione geologico-tecnica che definisce due differenti aree definite come: Zona I e Zona II

Anche per questo comparto viene fornita una dettagliata programmazione delle indagini geognostiche, geotecniche, idrogeologiche e sismiche integrative che dovranno essere eseguite necessariamente per le successive fasi di progettazione.

Per ciascuna zona vengono inoltre definite le norme di carattere idrogeologico e geologico-tecnico, in particolar modo per quando riguarda i criteri generali di intervento ai fini fondazionali e di scavo.

L'allegato grafico di riferimento è la tavola 5.2.

8.2.1 ZONA I – Settore di versante del S.U.A.

In questo settore di versante è prevista la maggior parte delle opere a progetto, ovvero il nuovo fabbricato, i muri di sostegno di altezza variabile lungo il versante, ed una porzione dell'interrato. Qui diventano preponderanti le problematiche di stabilità del versante e degli scavi. Per la preparazione dell'area è infatti prevista una gradonatura del profilo del terreno con fronti di sbancamento di altezza massima pari a circa 6 metri.

Gli scavi interesseranno prevalentemente il substrato roccioso, poiché in questo settore sono presenti sottili coperture sciolte eluvio-colluviali. Secondo le indagini di massima fino ad ora effettuate, il

substrato roccioso sembra disposto a reggipoggio rispetto alla orientazione dei fronti di scavo contromonte, per cui è possibile non escludere a priori la possibilità di effettuare gli sbancamenti a campioni e senza opere di sostegno provvisionali.

Le indagini saranno quindi rivolte alla definizione delle caratteristiche geomeccaniche e di alterazione del substrato roccioso, in funzione della valutazione del calcolo della stabilità dei fronti, del sistema di scavo più opportuno e della eventuale messa in opera di sostegni provvisionali, nel caso l'ammasso roccioso presentasse scarse caratteristiche geomeccaniche e di conservazione.

Le indagini dovranno definire quindi l'assetto giaciturale del substrato, il suo stato di conservazione e gli spessori degli orizzonti alterati. Dovranno altresì essere valutati gli spessori delle coperture sciolte e le loro caratteristiche geotecniche. Dovrà infine essere verificata l'eventuale presenza di una falda di versante e la sua interferenza con gli sbancamenti.

Per questa zona vengono prescritte le seguenti indagini:

- n. 3 sondaggi a carotaggio continuo, spinti alla profondità di circa 10-15 m, ad integrazione delle indagini già eseguite in questa fase.
- Esecuzione di prove SPT nei terreni granulari.
- Eventuale prelievo di un numero congruo di campioni indisturbati dei terreni sciolti, su cui eseguire in laboratorio le analisi di riconoscimento, limiti di Attenberg, prove triassiali di tipo UU, CD e/o CIU in maniera da ricavare i parametri drenati e quelli non drenati necessari per le verifiche a breve e a lungo termine.
- Al termine delle operazioni di perforazione i fori saranno attrezzati a piezometro da 3".
- Analisi geomeccanica delle carote rocciose poste in cassetta e esecuzione di prove di laboratorio (point load test, prove di compressione semplice ecc.)
- Prove di permeabilità in foro di tipo Lefranc nei terreni sciolti e Lugeon nell'ammasso roccioso
- Esecuzione di una serie di prove penetrometriche dinamiche per completare la verifica degli spessori e delle caratteristiche geotecniche dei terreni sciolti, abbinate ad alcuni pozzetti geognostici per verificare direttamente le condizioni giaciturali e di conservazione del substrato roccioso.

8.2.2 ZONA II – Settore pianeggiante del S.U.A.

In questo settore ricade una parte dell'interrato e la sistemazione dell'area con parcheggi a raso. Le problematiche sono esclusivamente di carattere fondazionale, poiché in questo settore sono presenti coperture sciolte di spessore crescente.

Le indagini saranno quindi principalmente volte alla determinazione delle caratteristiche geotecniche di resistenza e compressibilità delle coperture (coltre eluvio-colluviale e depositi alluvionali fini), alla definizione delle profondità del substrato roccioso sano e dello spessore del suo cappellaccio di alterazione.

Dovranno essere inoltre valutati i livelli della falda freatica, la cui presenza prossima al piano campagna è già stata individuata con le indagini eseguite in questo studio e valutate le sue interazioni con le strutture fondazionali dell'edificio.

Per questa zona vengono prescritte le seguenti indagini:

- n. 1 sondaggi a carotaggio continuo, spinto alla profondità di circa 10-15 m, ad integrazione delle indagini già eseguite in questa fase.
- Esecuzione di prove SPT nei terreni granulari.
- Prelievo di campioni indisturbati dei terreni sciolti coesivi, su cui eseguire in laboratorio le analisi di riconoscimento, limiti di Atteberg, prove triassiali di tipo UU, CD e/o CIU e prove traissiali in maniera da ricavare i parametri drenati e quelli non drenati necessari per le verifiche a breve e a lungo termine.
- Al termine delle operazioni di perforazione il foro sarà attrezzato con piezometro da 3".
- Eventuale analisi geomeccanica delle carote rocciose poste in cassetta e esecuzione di prove di laboratorio (point load test, prove di compressione semplice ecc.)
- Prove di permeabilità in foro di tipo Lefranc nei terreni sciolti.
- Esecuzione di n.1 prova penetrometrica dinamica per completare la verifica degli spessori e delle caratteristiche geotecniche dei terreni sciolti.

8.2.3 Norme comuni a tutte le ZONE

In questa sezione vengono riportate le indagini geognostiche-geotecniche e le norme comuni a tutte le Zone in cui è stato suddiviso questo comparto di SUA.

Le indagini prescritte ad integrazione di quelle relative a ciascuna Zona sono le seguenti:

- Monitoraggio dei livelli piezometrici della falda nei periodi piovosi autunnali in condizioni di massima ricarica dell'acquifero per valutare i livelli piezometrici massimi e le escursioni stagionali della falda. Restituzione dei dati in forma di carte a isopiezometriche.

- Esecuzione di un congruo numero di indagini sismiche di tipo MASW, per la corretta individuazione della categoria di suolo di fondazione, e dei parametri sismici sito-specifici ai sensi delle NTC2008. Valutazione della suscettibilità a liquefazione dei terreni sciolti presenti.

- Esecuzione di indagini di carattere ambientale ai sensi delle norme vigenti (Dlgs 152/2006 e s.m.i.i - DM 161/2012) per la caratterizzazione esaustiva dei terreni di risulta al fine di un loro smaltimento e/o riutilizzo, come già evidenziato nel paragrafo 3.3.4.

Per le fasi di progettazione definitiva/esecutiva dovrà essere redatta a corredo una relazione geologica ai sensi del DM 14-01-2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni).

La relazione geologica a carattere esecutivo dovrà contenere le indagini, la caratterizzazione e il modello geologico e sismico del sito in riferimento alle opere previste.

La progettazione dell'intervento dovrà porre particolare cura nell'individuazione di adeguati criteri e metodi per la disciplina delle acque superficiali, di drenaggio e di quelle provenienti dalle superfici impermeabilizzate.

Nel rispetto della normativa di cui alla Circolare 4551/89, si ricorda che le norme del S.U.A. devono guidare l'intervento geologico in tutte le fasi successive della progettazione e della realizzazione.

Pertanto, anche in base alle NTC 2008, si prescrive l'assistenza del geologo alla Direzione Lavori durante la realizzazione delle opere.

9. CONCLUSIONI

In base alle risultanze dell'indagine preliminare si ritiene di poter esprimere un positivo giudizio di fattibilità dell'intervento dal punto di vista geologico-tecnico.

La presente Relazione e gli elaborati in allegato costituiscono adempimento alle normative citate nell'apposito paragrafo.

Prima della fase di progettazione definitiva/esecutiva degli interventi si dovranno comunque svolgere tutti gli ulteriori approfondimenti di indagine previsti per le varie Zone della Carta di Sintesi, e seguire le norme di attuazione prescritte nel paragrafo precedente.

Le zonizzazioni e norme prescrittive ad esse associate contenute in questo elaborato sono esclusivamente valide per il presente progetto di SUA.

Eventuali modifiche al progetto, sia in termini di localizzazione degli interventi che di ripercussioni sul contesto idrogeologico, dovranno essere oggetto di nuove specifiche valutazioni di fattibilità.

Recco, Febbraio 2013

Geol Antonio Tagliafico Geol. Denjs Tassisto