COMMITTENTE

Soc. VISTA MARE S.r.l.

Corso Barolo 48/A, 12051
Alba (Cn)



TITOLO

COMUNE DI ALBENGA (SV)
STRUMENTO URBANISTICO ATTUATIVO

Recupero dell'area dismessa in via Dalmazia già sede della cooperativa Ortofrutticola

PROGETTO ARCHITETTONICO cat. AR

Arch. Gonçalo Byrne

Rua da Escola Politécnica 285,1250-101 - Lisboa (PORTUGAL)
T. +351 213 804 190; F. +351 213 804 199; E. geral@byrnearq.com

Arch. Domenico Catrambone

CN Studio - C.so Alessandria 67, 14100 - Asti
T. +39 0141 321845; F. +39 0141 531833; E. elaborati@cnstudio.net

OPERE DI URBANIZZAZIONE PRIMARIA (piazze, giardini) cat. OU1

Arch. Gonçalo Byrne

Rua da Escola Politécnica 285,1250-101 - Lisboa (PORTUGAL)
T. +351 213 804 190; F. +351 213 804 199; E. geral@byrnearq.com

Arch. Domenico Catrambone

CN Studio - C.so Alessandria 67, 14100 - Asti
T. +39 0141 321845; F. +39 0141 531833; E. elaborati@cnstudio.net

OPERE DI URBANIZZAZIONE SECONDARIA (scuola materna) cat. OU2

Arch. Domenico Catrambone

CN Studio - C.so Alessandria 67, 14100 - Asti
T. +39 0141 321845; F. +39 0141 531833; E. elaborati@cnstudio.net

OPERE DI URBANIZZAZIONE PRIMARIA (sottoservizi) cat. OU1

Arch. Stefano Bianco

Studio Bianco - Via Duca d'Aosta 42, 14100 - Asti
T. +39 347 96 11 675; F. +39 0141 214 225; E. stefano@studio-bianco.it

CONSULENZA AMBIENTALE cat. CA

Arch. Giorgio Baldizzone

Studio Baldizzone - Via Della Colla 3, 17051 - Andora (SV)
T. +39 0182 87510; F. +39 0182 636908; E. studio.baldizzone@fastwebnet.it

CONSULENZA OPERE STRUTTURALI cat. CS

Prof. Ing. Franco Mola

E.C.S.D. S.r.l. - Via Goldoni 22, 20129 - Milano
T. +39 02 73954653; F. +39 02 70008547; E. info@ecsd.it.it

Ing. Alessandro Boe

B.CUBE S.r.l. - Via Giuseppe di Vittorio 29, I-20068 Peschiera Borromeo (MI)
T. +39 02 547729260; F. +39 02 45503127; E. a.boe@bcubeprogettazione.it

CONSULENZA OPERE GEOTECNICHE cat. OG

Prof. Ing. Francesco Colleselli

Studio Colleselli&P. - Via Vigonovese 115, 35127 - Padova
T. +39 049 8705204; F. +39 049 7628139;
E. giuseppe.colleselli@colleselligeotecnica.it

Revisioni

N.	Data	Aggiornamento
A	__/05/2012	Aggiornato superficie di vendita Unità C1 e C2
B	__/06/2012	Integrazione
C	__/__/201_	-

OGGETTO

ALLEGATO AL RAPPORTO AMBIENTALE
Studio idrogeologico e geotecnico
Studio preliminare strutturale
Colleselli&P. - B.Cube S.r.l. - E.C.S.D. S.r.l.

Scala - - **Data** __/06/2012

Fase	Cat.	N°	Rev.
U	CA	01f	B

U: urbanistico
M: municipale
D: definitivo
E: esecutivo

Relazione di fattibilità sulle problematiche idrogeologiche, geologiche e geotecniche

1 PREMESSE .....

2 ASPETTI IDROGEOLOGICI .....

3 OPERE DI SOSTEGNO DEGLI SCAVI .....

3.1 RIUTILIZZO DEL MATERIALE DI SCAVO .....

3.2 MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA..... 10

4 OPERE DI FONDAZIONE .....

5 RISCHIO SISMICO .....

6 INDAGINI INTEGRATIVE .....

1 PREMESSE

L'area in oggetto, sita nel comune di Albenga in provincia di Savona ed attualmente sede dalla Cooperativa Ortofrutticola, si estende su una superfice di 10 000 m^2 circa ed, allo stato attuale, è occupata quasi totalmente da edifici di tipologia produttiva.

Il progetto di recupero dell'area prevede la realizzazione dei seguenti complessi strutturali:

- n.2 due edifici a tipologia edilizia "a torri multipiano" da 23 piani fuori terra ciascuno ed un ulteriore piano destinato ad attrezzature di tipo tecnologico;
- n.2 piani interrati su tutta l'impronta dell'area dell'ex ortofrutticola destinati a parcheggio;
- n.1 complesso edilizio di accorpamento delle strutture di vendita su due piani fuori terra con funzioni sia di tipo commerciale che pubbliche occupante il sedime dell'areale dell'ex ortofrutticola escluso il settore sud-ovest, destinato a funzione di piazza.

L'area in oggetto si trova ad una quota media di 2 m s.l.m.m. a 150 m circa dalla linea di costa.

Per definire la natura e le caratteristiche dei terreni di fondazioni sono ad oggi disponibili i risultati di una campagna di indagine geognostica preliminare riportati nella relazione di fattibilità geologica del dott. geol. Macciò del marzo 2012.

Nell'area in esame sono stati individuati, al di sotto di un livello superficiale di natura limosa di spessore limitato pari a 1÷1,5 m circa, terreni prettamente sabbiosi e limosi con presenza di strati di sabbia e ghiaia pulita; le prove penetrometriche dinamiche P1 e P2, condotte con penetrometro dinamico automatico DPM 30 direttamente dal dott. Macciò e spinte sino a 10 m circa di profondità, indicano una forte stratificazione con livelli sabbiosi e ghiaiosi di medio alto addensamento (Resistenza di punta R_{pd} pari a 50÷100 kg/cm^2) e livelli a granulometria più fine di natura sabbioso-limosa di medio addensamento (R_{pd} pari a 30÷50 kg/cm^2).

Alcuni pozzi realizzati nelle vicinanze dell'area in progetto hanno rilevato, a partire da una profondità di 10÷15 m circa, la presenza di un potente strato di natura coesiva ed impermeabile di spessore pari a 20 m circa. Le indagini a disposizione non hanno permesso di identificare la profondità del tetto del substrato roccioso.

Sempre in base a quanto riportato nella relazione del dott. Macciò, nell'area in esame è presente una ricca falda di tipo freatico, il cui livello è legato alle variazioni del pelo libero del vicino fiume Centa con un valor medio di -1÷-1.5 m di profondità dal piano campagna. La direzione principale di deflusso delle acque sotterranee nella zona in esame è pressoché ortogonale alla linea di costa. Nell'area in esame, nonostante la vicinanza alla linea di costa, la falda è di buona qualità chimica, grazie all'abbondante alimentazione da parte delle acque del fiume Centa.

L'ubicazione dell'intervento, come indicato nello stralcio della cartina idrogeologica redatta dal dott. Macciò e riportata nella seguente figura, è tale per cui si trova ad avere il lato minore in direzione perpendicolare alle linee di flusso, limitando in questo modo l'impatto sulla falda.

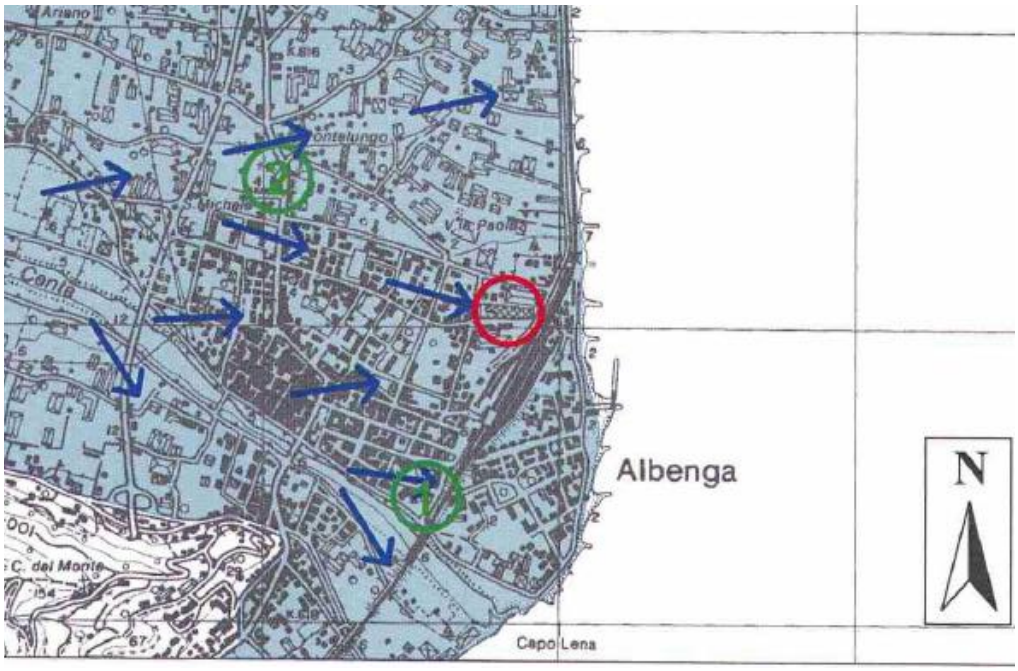


Figura 1 Estratto della carta idrogeologica riportata nella relazione del dott. geol. Macciò del marzo 2012 – l'area in oggetto è evidenziata dal cerchio rosso.

Nella presente relazione vengono indagate le problematiche idrogeologiche e geotecniche relative agli interventi previsti, con particolare attenzione alle potenziali criticità ed alle soluzioni tecnologiche più idonee ad ovviarle.

2 ASPETTI IDROGEOLOGICI

In base al quadro idrogeologico locale delineato dal geol. Macciò il criterio fondamentale con il quale sono state previste le opere in oggetto è quello di non modificare il regime della falda ne in fase provvisionale durante la realizzazione delle opere interrate ne a lungo termine.

Durante lo scavo, per non utilizzare sistemi di aggottamento che possono generare abbassamenti localizzati della falda nell'intorno, è previsto il completo confinamento idraulico dell'area ottenuto, lateralmente, con paratia dotata di giunti a tenuta idraulica e, sul fondo, immorsando la paratia nello strato argilloso impermeabile presente a partire da 12÷13 m circa di profondità o con un tappo di fondo con colonne compenetrate di terreno consolidato con jet grouting. Qualora la presenza dello strato argilloso interessi solo parte dell'area di scavo potranno essere realizzati dei diaframmi plastici in modo da isolare tali aree prevedendo il tappo con colonne jet sulle rimanenti.

A lungo termine l'intervento in progetto si configura di fatto come una barriera impermeabile posta all'interno dell'ampio e vasto acquifero freatico alimentato a monte in via principale dal fiume Centa e con direzione di deflusso ortogonale alla linea di costa in direzione del mare.

Va in ogni caso ricordato (vedi figura 1) che l'ubicazione dell'intervento è tale per cui si trova ad avere il lato minore in direzione perpendicolare alle linee di flusso, limitando in questo modo l'impatto sulla falda.

In ogni caso, in via del tutto teorica, la presenza di questa barriera all'interno del acquifero che limita il campo di moto potrebbe avere i seguenti effetti:

- innalzamento del livello di falda a monte dell'area in oggetto a casa dell'effetto barriera;
- riduzione delle portate verso la linea di costa col rischio di favorire nell'area a valle della barriera la risalita del cuneo salino.

Una volta condotte le indagini integrative di cui al successivo punto 6, sarà possibile sviluppare un modello di flusso tridimensionale in modo da valutare in modo esatto l'impatto di tale barriera: da alcune analisi condotte in via preliminare, l'impatto risulta estremamente

limitato con un innalzamento del livello della falda a monte della barriera dell'ordine di qualche centimetro e una riduzione della portata assolutamente non significativa.

Si tratta di variazioni minime e trascurabili se confrontate con le naturali oscillazioni dei livelli di falda legate alle stagioni e alle precipitazioni meteoriche; non è quindi ipotizzabile che l'intervento in oggetto possa interferire con la funzionalità dei pozzi presenti nell'area o alterare l'andamento del cuneo salino.

Allo stesso modo, con variazioni del livello della falda indotte dall'intervento inferiori di almeno un ordine di grandezza rispetto a quelle naturali, non vi è alcun rischio per i fabbricati circostanti l'area di intervento.

Operando come sopra descritto con il completo confinamento idraulico dell'area e senza sistemi di aggottamento, viene garantita, anche in fase di costruzione, la piena funzionalità dei pozzi e viene esclusa qualsiasi interazione con fabbricati circostanti.

In ogni caso, come descritto nel seguente paragrafo, in fase di costruzione verrà messo in opera un sistema di monitoraggio della falda, delle opere di sostegno e degli edifici in grado di evidenziare ogni anomalia e poter intervenire con gli opportuni accorgimenti.

Il sistema di monitoraggio della falda verrà lasciato in opera anche successivamente alla fase provvisionale di costruzione, in questo modo potranno essere confermate le analisi e le ipotesi progettuali sull'impatto sulla falda nel lungo termine.

Nella remota ipotesi che l'impatto non sia trascurabile si potrà intervenire con dei pozzi di "ricarica e compensazione", ovvero una serie di pozzi o trincee posti a monte e a valle dell'area collegati tra di loro con condotte, opportunamente dimensionati.

Si tratta di un intervento che viene generalmente realizzato nell'ambito di grandi opere infrastrutturali quando ci sono trincee o gallerie con dimensione principale prevista ortogonale alle linee di flusso.

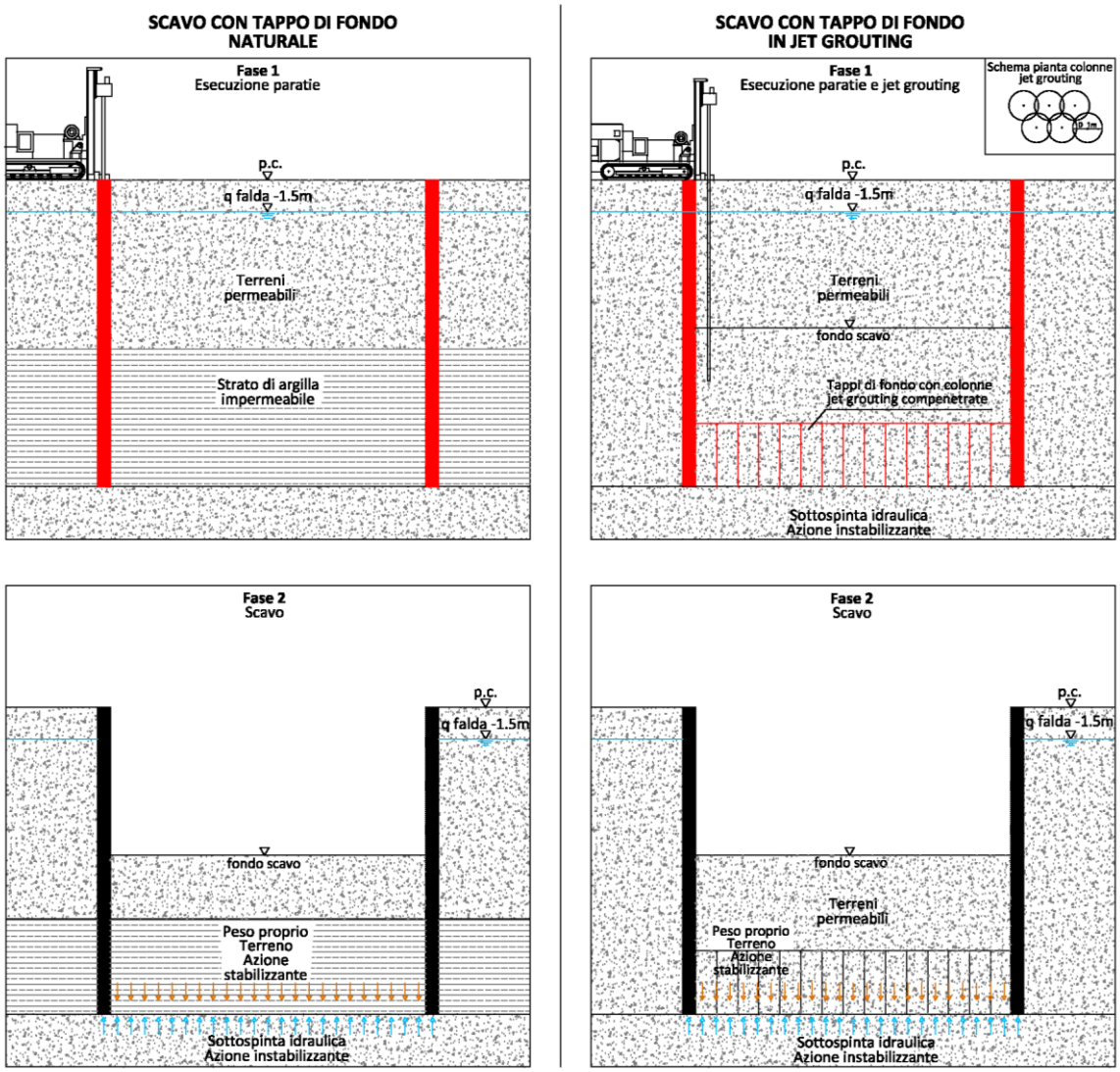


Figura 2 Schema scavo in presenza di tappo di fondo natura in argilla o con tappo di fondo realizzato con colonne jet grouting.

3 OPERE DI SOSTEGNO DEGLI SCAVI

Il progetto prevede scavi di entità importante sino a 7 m circa dal p.c. da eseguire al di sotto del livello della falda indisturbata in un contesto fortemente urbanizzato; per eseguire gli scavi in condizioni di sicurezza in tali condizioni è necessario:

1) realizzare opere di sostegno sufficientemente rigide in grado di garantire spostamenti orizzontali ridotti che limitino i cedimenti del terreno a tergo e l'interferenza con le strutture in prossimità dell'area di scavo;
2) operare, come già detto, in modo da non interferire con la falda durante le fasi provvisionali, così da evitare abbassamenti localizzati della falda nell'intorno dell'area di scavo.

Per il sostegno dei fronti di scavo è prevista una paratia con panelli di diaframma in c.a. gettati in opera che potranno essere realizzati con il tradizionale metodo di scavo con benna, per mezzo di idrofresa o con le più recenti tecnologie tipo CSM (cutter soil mixing), e dotati di almeno due ordini di vincoli alle traslazioni orizzontali: nelle zone dove non sono presenti edifici a tergo dell'area di scavo tali vincoli potranno essere realizzati con tiranti di ancoraggio provvisionali, secondo uno schema classico ripotato nella seguente figura.

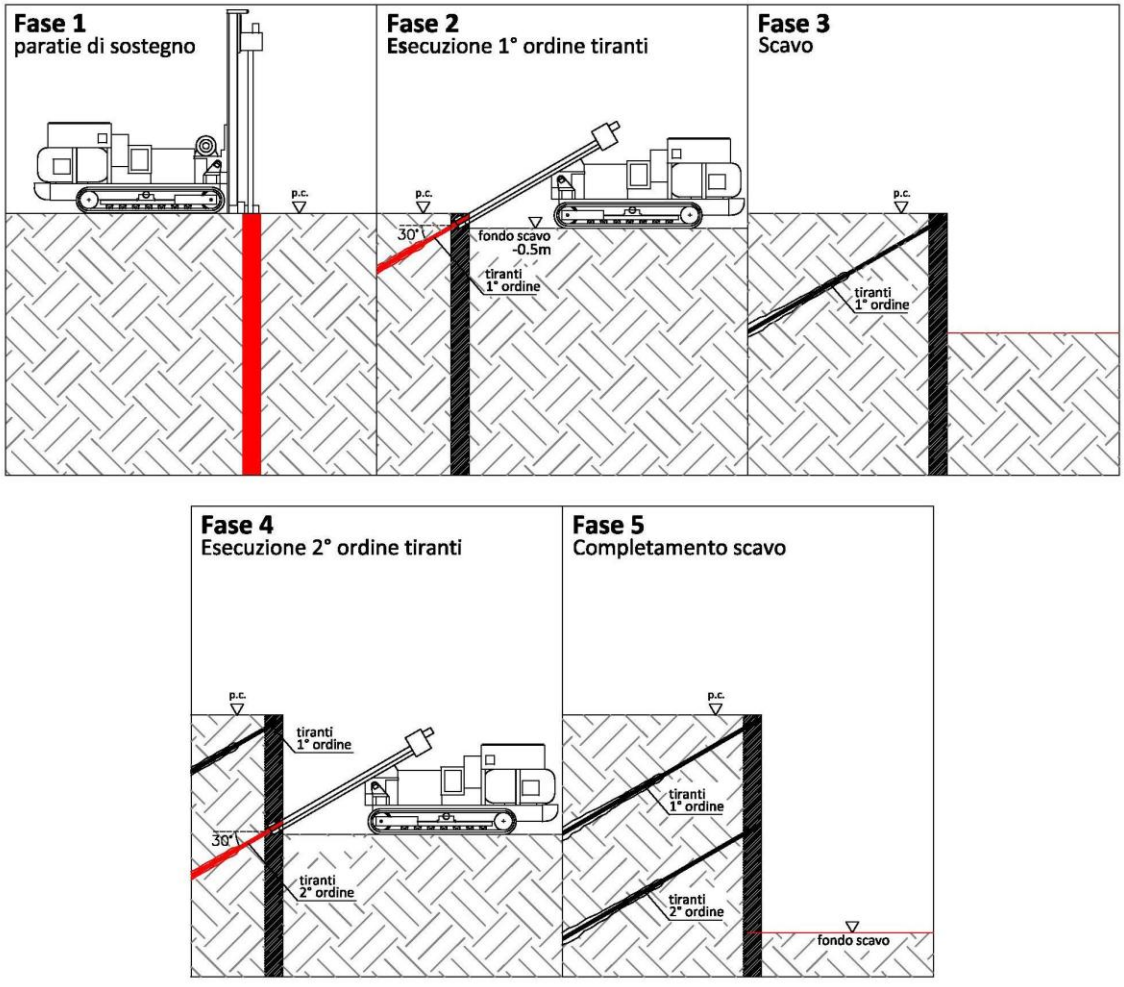


Figura 3: Schema fasi di scavo con paratia tirantata

Nella zone in cui non sarà possibile eseguire i tiranti di ancoraggio provvisionali (causa non ottenimento dei permessi o presenza di edifici nelle immediate vicinanze dell'area di scavo) è previsto di utilizzare la cosiddetta tecnica di scavo top-downwards, illustrata nella figura seguente, che prevede le seguenti fasi:

- messa in opera delle paratie di sostegno laterali dei fronti di scavo;
- prescavo di un metro circa;
- messa in opera del solaio di copertura (o di una porzione dello stesso), sostenuto da pali stampella, con funzione di vincolo alle traslazioni orizzontali della paratia di sostegno;
- scavo al di sotto del solaio sino alla quota del successivo solaio;
- messa in opera dell'ulteriore solaio, e proseguo dello scavo ripetendo la sequenza sino alla quota di fondo scavo.

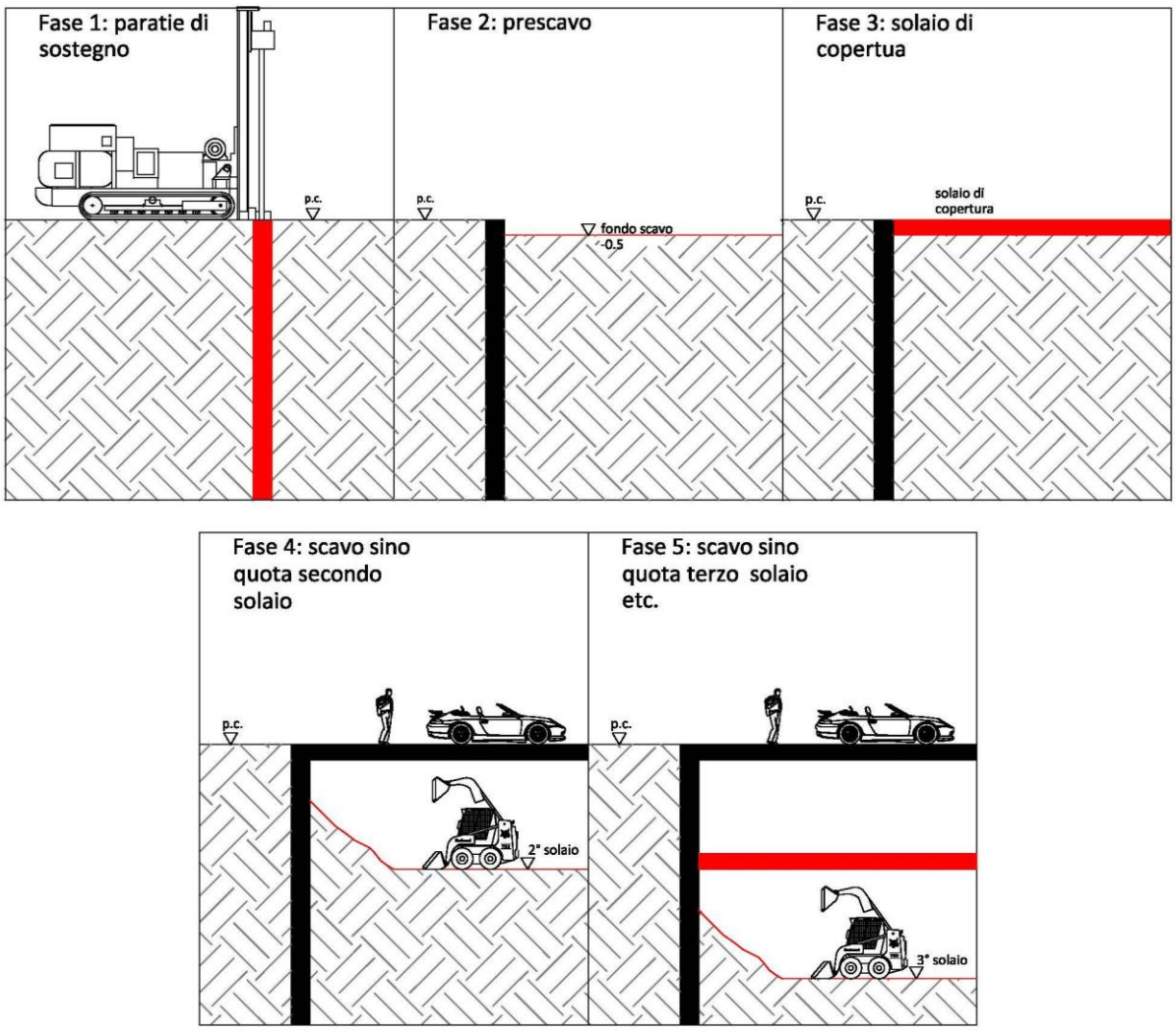
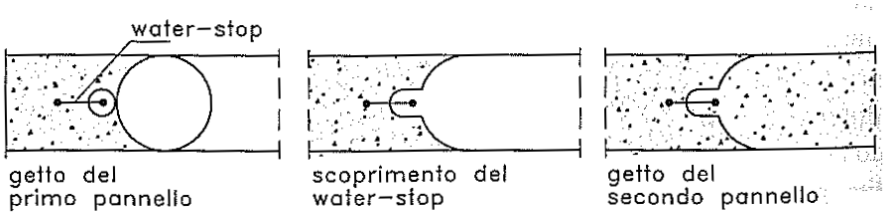


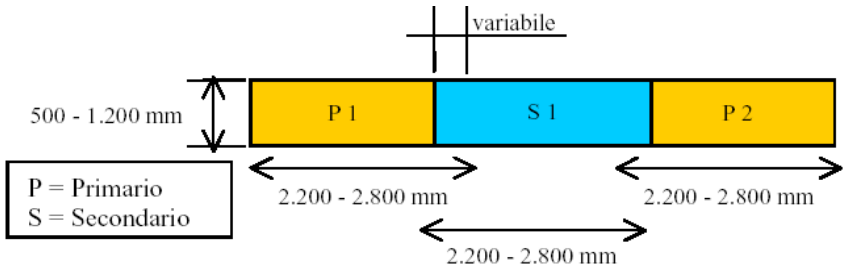
Figura 4 Schema fasi di scavo tecnologia top-downwards

I pannelli di diaframma saranno inoltre dotati di giunti a tenuta idraulica in modo da garantire il confinamento idraulico laterale dell'area di scavo.

Le tecnologie per realizzare i giunti sono molteplici e consolidate nel tempo: nella seguente figura si riporta sia un esempio di giunti nel caso di pannelli realizzati con scavo con benna (a) che nel caso di pannelli realizzati con idrofresa o CSM (b).



a)



b)

Figura 5 Tipologie di giunti per pannelli di diaframma

3.1 RIUTILIZZO DEL MATERIALE DI SCAVO

Per realizzare l'intervento è previsto un volume complessivo di scavo pari a 70 000 m^3 circa da utilizzare in altro sito, per cui verrà rigorosamente seguito tutto l'iter procedurale previsto dalla normativa nazionale e regionale per le "terre e rocce da scavo".

Alla stato di conoscenza attuale, in base a quanto riportato dal geol. Macciò, si può affermare che le terre provenienti dallo scavo in progetto:

• non appartengono a siti di produzione con potenziale inquinamento del suolo superficiale, secondo quanto previsto al punto II.c della D.G.R. 859/2008;

• non ricadono nei siti di produzione potenzialmente contaminati, secondo quanto definito dal punto II.d della D.G.R. 859/2008;

• non ricadono all'interno di sito contaminato o di sito sottoposto a interventi di bonifica;

• non interessano lo sbancamento di aree interessate dalla presenza di Pietre Verdi;

• la litologia del terreno non è caratterizzata da una composizione mineralogica idonea a sviluppare minerali asbestiformi, ovvero non contiene amianto in condizioni di "origine primaria o secondaria", come da allegato n.1 D.G.R.n.1776 del 22/12/2008.

Per i materiali provenienti dallo scavo è possibile ipotizzare i seguenti utilizzi:

- ripascimento delle spiagge;
- riutilizzo degli inerti per il confezionamento di materiali da costruzione (cls, ecc.);
- riutilizzo in cave dismesse per una nuova sistemazione a verde dei fronti.

La destinazione più idonea verrà definita in base ai risultati delle analisi di caratterizzazione chimica e granulometrica previste nelle successive fasi progettuali.

3.2 MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA

Durante le fasi di scavo e sino al completamento delle strutture definitive, verrà predisposto un accurato sistema di monitoraggio consistente nei seguenti elementi.

1) Monitoraggio della falda: verranno messi in opera una serie di piezometri per il sia all'interno e all'esterno dell'area di scavo.

2) Monitoraggio dei movimenti della paratia: oltre all'usuale controllo topografico della trave di collegamento dei setti di diaframma mediante mire appositamente poste in opera, si prevede l'installazione di inclinometri su tutta lunghezza, uno per ciascun fronte, che consentiranno di valutare l'effettiva deformata durante la sequenza operativa dello scavo.

3) Monitoraggio degli edifici e delle strutture adiacenti all'area di scavo: l'implementazione del monitoraggio si articolerà secondo i seguenti provvedimenti:
   - rilievo topografico attraverso stazioni totali motorizzate di alcuni punti di mira disposti sulle facciate lato scavo e anche lato interno, al fine di valutare il comportamento dell'edificio nel suo complesso. Tale sistema di monitoraggio verrà strutturato in modo da consentire misure ripetute della posizione di diversi

punti di mira posizionati sulle facciate dell'edificio. Il grado di precisione delle letture e la loro frequenza dovranno consentire di apprezzare spostamenti dei caposaldi dell'ordine del millimetro in modo da poter valutare non solo l'entità degli spostamenti assoluti e relativi, ma anche la dinamica della loro evoluzione nel tempo, ed in particolare durante le lavorazioni di esecuzione delle paratie e le successive fasi provvisionali di scavo;

- i punti di misura andranno predisposti a diverse quote, ovvero a livello fondazionale e dei diversi piani, in modo da verificare se gli spostamenti sono costanti, ad esempio a causa di un cedimento uniforme in direzione verticale, oppure se variano lungo l'altezza come succede, ad esempio, in presenza di una rotazione rigida dell'edificio;
- installazione di alcuni "fessurimetri elettronici" collegati ad una centralina che rileva in tempo reale eventuali scostamenti riconducibili alle lavorazioni in corso, in corrispondenza di alcune sezioni significative degli edifici, ad esempio in corrispondenza di giunti strutturali.

L'installazione della strumentazione sopradefinita è prevista almeno un mese prima dell'inizio delle lavorazioni, al fine di poter tarare l'intero sistema e accertare la presenza di eventuali movimenti naturali dei fabbricati dovuti alle azioni esterne già presenti, quali ad esempio le oscillazioni naturali dei livelli delle falde.

Figura 6 Stazione totale



4 OPERE DI FONDAZIONE

Per quanto riguarda le due torri, in base alla natura e alle caratteristiche dei terreni di fondazione ed ai carichi trasmessi dalle strutture in elevazione, sono necessarie fondazioni di tipo profondo su pali trivellati a grande diametro. Lunghezza e diametro dei pali potranno essere definiti in dettaglio un volta eseguite le indagini geognostiche integrative di cui al punto 6.

I pali di fondazione, in quanto strutture isolate, non interferiscono sul regime della falda profonda.

Per gli edifici di altezza minore (sino a 2 piani) e le strutture del garage interrato è ammissibile una fondazione di tipo diretto corrispondente alla platea di fondazione dell'secondo piano interrato: si tratta infatti di una fondazione di tipo "compensato", ovvero con un carico medio trasmesso dalle strutture inferiore al carico litostatico antecedente lo scavo, in grado di garantire cedimenti totali e differenziali limitati.

5 RISCHIO SISMICO

In conformità a quanto indicato dall'OPCM 3274 con D.G.R. n.1362 del 2010 la Regione Liguria ha classificato il comune di Albenga in classe sismica 3; i valori delle massime accelerazioni orizzontali nel periodo di riferimento sono quelli indicati nell'allegato B delle NTC 08.

Nella relazione di fattibilità geologica il geol. Macciò non esclude la possibilità di fenomeni di liquefazione del terreno vista la presenza di un terreno sabbioso superficiale con quota di falda in prossimità del p.c..

In base alle indagini preliminari già condotte sull'area tali terreni sabbiosi superficiali presentano un buon grado di addensamento e quindi una buona resistenza: si tratta quindi di terreni difficilmente suscettibili a fenomeni di liquefazione.

Tale aspetto verrà in ogni caso affrontato in maggior dettaglio una volta disponibili i risultati delle campagna di indagine geognostica integrativa indicata nel seguente paragrafo.

Nell'improbabile caso in cui vi sia un effettivo rischio per i terreni di fondazione possono essere previsti idonei interventi di consolidamento, per esempio con colonne di terreno consolidato con jet grouting, atti a garantire tale rischio di liquefazione.

6 INDAGINI INTEGRATIVE

Al fine di indagare in maggior dettaglio la natura e le caratteristiche i terreni di fondazione dell'area in esame è stata programmata una campagna di indagine geognostica integrativa consistente in n.2 sondaggi a carotaggio continuo (SA e SB) spinti sino a 50 m di profondità dal p.c. e ubicati in corrispondenza dell'impronta delle due torri e n.1 sondaggio (SC) da spingere sino ad una profondità di 20 m dal piano campagna. L'ubicazione dei sondaggi è riportata nella seguente figura.

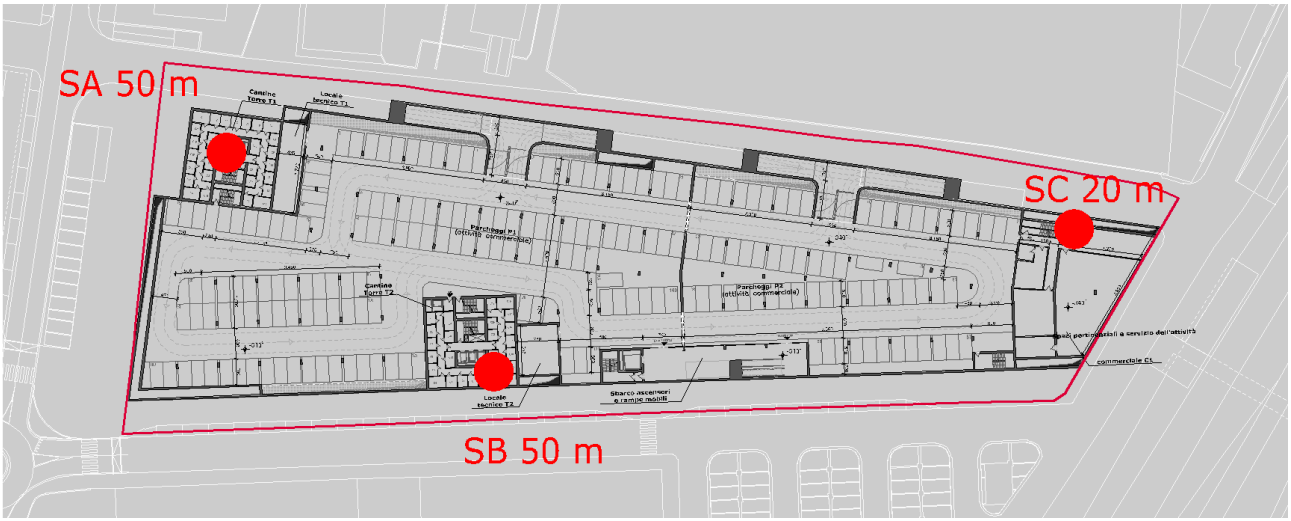


Figura 7: Ubicazione indagini integrative

Il sondaggio SC dovrà essere eseguito successivamente agli altri due ed è previsto con la finalità di definire la continuità dell'orizzonte argilloso individuato a 12÷13 m circa di profondità dalle indagini raccolte dal dott. geol. Macciò.

Nel corso dei sondaggi a carotaggio continuo (SA e SB) oltre alla descrizione dei terreni indagati da parte di un geologo abilitato dovranno essere condotte, in corrispondenza dei livelli coesivi, misure di coesistenza con il pocket penetrometer, il torvane e prelevati campioni indisturbati e, in corrispondenza dei livelli incoerenti, condotte prove dinamiche in foro di sondaggio tipo SPT (Standard Penetration Test) ogni 3 m circa, prelevati campioni rimaneggiati ed eseguite prove di permeabilità in foro di sondaggio tipo Lefranc.

Il foro del sondaggio SB dovrà essere attrezzato per eseguire prove tipo Down Hole sino a 30 m di profondità per valutare l'andamento della velocità delle onde di taglio Vs. In alternativa si potranno eseguire indagini geofisiche tipo MASW.

Il foro del sondaggio SB dovrà essere attrezzato con un piezometro a tubo aperto finestrato in corrispondenza dell'acquifero più profondo al di sotto dello strato argilloso più superficiale, indicativamente tra 30÷35 m e 40÷45 m dal p.c..

Il foro del sondaggio a distruzione SC dovrà essere attrezzato con un piezometro a tubo aperto finestrato in corrispondenza dell'acquifero più superficiale, indicativamente sino a 10 m dal p.c..

Le indagini e le prove dovranno essere condotte in accordo a quanto prescritto dalle normative indicate al paragrafo 2, qualora necessario potranno essere fornite apposite specifiche di dettaglio.

Il numero e la tipologia esatta delle prove in laboratorio potranno essere definiti solo sulla base dei risultati delle indagini in situ, in linea di massima si possono prevedere le seguenti prove:

- prove di classificazione (granulometrie, limiti di Atterberg, contenuto naturale d'acqua, peso di volume);
- prove edometriche;
- prove di resistenza al taglio in cella triassiale (tipo UU e CU);
- prove di taglio diretto.

Tali indagini sono state programmate con riferimento ad una fase di progettazione preliminare ed andranno opportunamente integrate nel corso delle successive fasi.

Prof. Ing. Francesco Colleselli
Ing. Giuseppe Colleselli

Relazione generale
sull'approccio concettuale
alla progettazione delle strutture

ECSD S.r.l.
Via Goldoni, 22
20129 Milano
Ph. +39 (0)2 73954653
Fax. +39 (0)2 70008547
Sito web : www.ecsd.it
Mail : info@ecsd.it

B.Cube S.r.l.

Sede legale ed amministrativa
via Giuseppe Di Vittorio 29
20068 Peschiera Borromeo (MI)
Telefono +39 02 547729260
Fax +39 02 45503127
Partita I.v.a. Codice fiscale 05765920961

info@bcubeprogettazione.it

1. Introduzione

Sull'area in oggetto è previsto un intervento edilizio di recupero consistente nella costruzione di due edifici alti aventi 23 piani fuori terra con un ulteriore piano intermedio destinato a servizi tecnologici. Sull'intera area, con superficie di circa 10000 m2 è poi presente una struttura interrata, che si sviluppa su due piani, destinati a parcheggio. Infine il progetto di recupero comprende la costruzione di un edificio commerciale che si sviluppa per due piani fuori terra, posto sul sedime dell'ex ortofrutticola. L'intervento edilizio, di significativa complessità, pone varie problematiche, derivanti da fattori intrinseci, associati alla natura dei luoghi , alle caratteristiche del territorio, nonché alle prerogative delle costruzioni, ed ai livelli prestazionali per esse richiesti. Queste evidenze hanno presieduto le operazioni dalle quali sono derivati da un lato i concetti informatori del processo progettuale, dall'altro la definizione delle modalità attraverso le quali è stata messa a punto la strategia operativa che ha permesso di formulare le basi sulle quali si sono sviluppate le varie operazioni. A questo riguardo le caratteristiche del territorio e le peculiarità delle costruzioni in progetto hanno evidenziato la necessità di suddividere le problematiche in due distinte categorie, per le quali le soluzioni, seppure orientate alla ottimizzazione del processo operativo, traggono i loro caratteri distintivi da discipline differenti, che seppure strettamente interagenti, richiedono approcci progettuali basati su specificità proprie, riconosciute e codificate negli attuali documenti normativi. Precisamente ci si riferisce ai due aspetti essenziali riguardanti da un lato la specificità del territorio, dall'altro le caratteristiche delle costruzioni e la loro risposta sia nella fase di esercizio, sia agli stati limite ultimi in relazione alle azioni ad esse applicate, per alcune delle quali la relativa intensità dipende dall'ambiente circostante. Relativamente al primo aspetto si evidenzia con chiarezza la complessa morfologia del luogo, cui sono associate caratteristiche geomorfologiche di significativa delicatezza che richiedono indagini approfondite per potere individuare con sicurezza le modalità operative che presiederanno le operazioni connesse alla progettazione, alla costruzione ed alla direzione dei lavori. Questo campo concerne specificatamente le discipline geologiche e geotecniche e le modalità operative che attualmente, sulla base delle prove sperimentali condotte, possono delinearsi, sono riportate e ampiamente discusse nella specifica relazione illustrativa. Di esse, nel prosieguo, si discuteranno i caratteri essenziali, mettendone in evidenza gli aspetti più significativi e la affidabilità dell'approccio progettuale, che permette di perseguire livelli di sicurezza elevati, all'interno di un processo che, governato da un approccio teorico avanzato, tiene conto in maniera realistica delle proprietà dell'ambiente, perseguendo soluzioni di garantita affidabilità, associate a livelli di sicurezza pienamente

congruenti con quelli richiesti dalle attuali normative. Il secondo aspetto, i cui caratteri distintivi riguardano la risposta delle strutture alle azioni applicate nonché i livelli di sicurezza ad essi associati, è tipico della ingegneria strutturale, con particolare riguardo alla progettazione di costruzioni speciali, interagenti con un territorio che, in virtù della sua complessità e delicatezza, impone ad esse condizioni al contorno complesse che richiedono analisi approfondite per poterne definire le caratteristiche e peculiarità ottimali. Ci si riferisce in particolare alle azioni direttamente dipendenti dalla interazione fra costruzioni e territorio quali la interazioni terreno-struttura, le azioni sismiche, le azioni eoliche, le interazioni di natura fisico-chimica associate alla aggressività dell'ambiente, che possono indurre fenomeni di degrado nei materiali. Tutti questi aspetti, il cui controllo ricade nell'ambito della ingegneria strutturale, sono comunque collegati alle caratteristiche del territorio, cosicché il processo progettuale assume l'aspetto di un complesso e interconnesso percorso caratterizzato da marcata interdisciplinarietà, il cui affidabile controllo in ogni distinta fase è la premessa di una corretta ed efficace progettazione. Questi concetti hanno presieduto le fasi preliminari di questo processo, le cui prerogative di base saranno nel prosieguo dettagliatamente discusse.

2. Aspetti idrogeologici e specificità geotecniche

Questi caratteri sono discussi nel dettaglio nella relazione specifica ad essi dedicata. Nel presente punto se ne discutono le peculiarità concernenti la interazione fra terreno e struttura nonché i caratteri distintivi essenziali, con specifico riferimento alle condizioni al contorno che il territorio pone e alle modalità operative messe in atto per garantirne la integrità. Prima di discutere specificatamente questi aspetti, è importante osservare che il processo progettuale su cui si basa l'intervento geologico-geotecnico, riposa sulle conoscenze che possono derivarsi da prove sperimentali miratamente progettate, atte a definire compiutamente le caratteristiche geomorfologiche del sedime fondale. Questa premessa è essenziale per riconoscere che il progetto geotecnico riposa sulla conoscenza di dati derivati da prove sperimentali condotte su una realtà preesistente, la quale, malgrado la raffinatezza delle analisi sperimentali progettate non può essere conosciuta in tutti i suoi dettagli. Per questo motivo è stato possibile, nella relazione geotecnica che illustra il processo progettuale che può attualmente delinearsi, formulare un grado di definizione dello stesso sufficientemente approfondito, malgrado le prove sperimentali, attualmente disponibili debbano in una seconda fase essere convenientemente approfondite ed ampliate. La conoscenza che si può attualmente derivare, basata su esperienze

ove erano presenti situazioni analoghe e sul successo conseguito in interventi simili, permette, allo stato attuale delle conoscenze di formulare un percorso progettuale sufficientemente dettagliato e di garantire livelli di sicurezza e di successo di adeguata affidabilità. I problemi che emergono dalle prime analisi condotte riguardano essenzialmente da un lato la necessità di mantenere il più possibile inalterato l'equilibrio idrogeologico del sottosuolo, dall'altro le scelta di opportuni sistemi fondali per gli edifici da costruire, per i quali, date le loro sensibilmente differenti caratteristiche, le interazioni suolo struttura sono fortemente diversificate. Relativamente al primo punto, le problematiche essenziali riguardano la necessità di dovere realizzare un perimetro di contorno della zona di intervento che sia in grado di assicurare la possibilità di operare scavi profondi, spinti fino a circa 7m dal piano campagna, mantenendo la impermeabilità dello scavo ed assicurando la stabilità trasversale delle opere di contenimento dello stesso. Queste tre operazioni comportano l'inserimento, all'interno della falda freatica di una barriera che ne altera, seppure in maniera limitata il libero deflusso. Questo fatto, tenendo conto della vicinanza dell'intervento alla costa, potrebbe alterare l'equilibrio della falda stessa, favorendo la risalita del cuneo salino attualmente presente. La morfologia della superficie di scavo e delle pareti di contenimento è comunque tale da dare luogo al minimo contrasto al libero deflusso della falda, alterandone in maniera ridotta l'attuale equilibrio, all'interno di livelli di variabilità accettabili. Non disponendo attualmente di dati sufficientemente approfonditi, sono state progettate specifiche prove sperimentali atte a meglio caratterizzare la situazione idrogeologica, i cui risultati permetteranno di affinare le prerogative della progettazione, la quale allo stato attuale, appare tuttavia in grado di soddisfare pienamente alle prestazionalità associate al mantenimento del regime idrogeologico entro limiti affidabili. Gli aspetti legati alla definizione delle strutture di fondazione e alla scelta dei sistemi più convenienti, in relazione alle caratteristiche dei sovrastanti edifici, costituisce prassi di più immediato approccio per la quale le attuali conoscenze sono in grado di permettere di formulare previsioni sufficientemente affidabili. Precisamente, tenendo conto che, dell'insieme di edifici che dovranno insistere sul sedime le due torri affidano al terreno azioni nettamente superiori, cui sono associati stati deformativi assai marcati, per questi edifici la soluzione che prevede fondazioni di tipo diretto, con base su pali o su pannelli di diaframma appare imprescindibile, mentre la soluzione che prevede fondazioni compensate di tipo diretto per le altre costruzioni costituisce soluzione in linea di principio perseguibile. In questo modo risultano controllabili i cedimenti assoluti e differenziali delle costruzioni, evitando discongruenze geometriche fra di esse che potrebbero avere conseguenze dannose sul buon funzionamento delle strutture portate. Relativamente alle

tecniche costruttive, sia per quanto riguarda i diaframmi di perimetro, sia le modalità da osservare per garantirne la stabilità laterale durante le operazioni di scavo, nella relazione specifica è illustrato un esauriente scenario che individua possibili soluzioni tutte altamente affidabili da utilizzarsi in dipendenza dalle condizioni al contorno che si verificheranno durante le operazioni di costruzione. A questo riguardo è esemplificativa la possibilità o meno di realizzare la stabilità dei diaframmi attraverso la costruzione di tiranti ancorati nel retrostante terreno, per la cui costruzione è necessaria la autorizzazione dei proprietari del terreno entro cui si costruisce il tirante. La possibilità di non potere perseguire tale autorizzazione richiede di procedere attraverso metodologie più complesse sul piano operativo, quali le tecniche di scavo dall'interno procedendo dall'alto, ma del tutto affidabili sia per quanto riguarda la sicurezza in fase realizzativa, sia relativamente alle prestazioni che possono raggiungere una volta completata la struttura. Il quadro che attualmente può rappresentarsi per l'intervento di tipo geotecnico appare del tutto affidabile ed il suo affinamento dopo la esecuzione delle ulteriori prove sperimentali progettate sarà in grado di definire intervento ben calibrato e di efficace capacità, in grado di interagire con le sovrastanti strutture garantendone l'affidabile comportamento nella fase di esercizio ed allo stato limite ultimo.

3. Aspetti strutturali e loro specificità

Le strutture brevemente descritte in precedenza, presentano caratteristiche differenti in funzione delle prestazioni loro richieste, nonché del tipo di azione predominante su di esse agente. Riguardo questo aspetto, le azioni agenti sugli edifici possono suddividersi in tre sostanziali categorie, precisamente le azioni associate all'interazione fra struttura e territorio, quelle di tipo antropico e quelle indirette derivanti dalla applicazione di deformazioni impresse. Fra le prime assumono aspetto rilevante quelle derivanti dal sisma e dal vento, mentre risultano modeste quelle associate al carico di neve. Le seconde dipendono dalle prestazioni richieste alle strutture in relazione al loro uso ed allo loro vita nominale, mentre le terze sono conseguenza e delle caratteristiche del sedime su cui insistono le costruzioni, delle escursioni termiche presenti nell'area di costruzione, nonché delle caratteristiche intrinseche dei materiali utilizzati, in special luogo il ritiro del calcestruzzo. Tutte queste azioni sono definite in intensità, frequenza temporale, distribuzione spaziale e modalità di combinazione dai documenti normativi attualmente vigenti, cosicché esse possono combinarsi per definire l'insieme della domanda definita in forma semiprobabilistica che dev'essere imposta alla struttura onde procedere alla

sua misura di sicurezza nei confronti degli stati limite ultimi e di servizio trascritti in sede normativa.

Riguardo all'azione sismica, questa è di significativa importanza in relazione alle caratteristiche geotettoniche dell'area, che in base all'Ordinanza 3274 è definita quale zona 3, mentre secondo quanto specificato dall'attuale normativa delle costruzioni il sito ove sorgeranno le opere ha una sismicità derivata dal reticolo redatto in base alla rete dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, che postula per il sito in esame una accelerazione massima al suolo pari a circa 0.17g. Altrettanto importante è l'azione del vento, trattandosi di zona costiera, di una regione ove sono presenti significativi fenomeni eolici. Queste azioni strettamente dipendenti dal territorio, dettano i principi di base cui è stata informata la progettazione strutturale degli edifici. In particolare per le due torri, ove le azioni di vento e di sisma si esplicano attraverso forze laterali agenti normalmente all'asse verticale della costruzione, di particolare importanza risultano alcuni aspetti della morfologia strutturale e fra questi assume carattere preminente la regolarità con cui sono distribuiti planimetricamente ed in altezza le strutture taglio-resistenti, ovvero quegli elementi capaci di opporsi e di equilibrare convenientemente le azioni laterali applicate all'edificio.

Per quanto riguarda le torri, che sono le strutture più sensibili a questi effetti, si osserva che la sagace progettazione architettonica delle stesse, che prevede ossature resistenti a nucleo disposte centralmente rispetto alla pianta strutturale e colonne di perimetro, con impalcati a pianta quadrata, permette di mettere a punto un impianto strutturale di grande efficienza statica e di limitata deformabilità che assicura due fondamentali prestazionalità, e precisamente la resistenza di complesso e adeguati livelli di comfort degli occupanti nelle condizioni di esercizio. Dettagliando più specificatamente le peculiarità statiche delle torri si osserva che le caratteristiche dell'impianto strutturale, prefigurate nel progetto preliminare, definiscono un complesso formato da un elemento taglio resistente in calcestruzzo armato costituito dal nucleo scale servizi, da colonne perimetrali a sezione quadrata e da impalcati in calcestruzzo armato, aventi funzionamento di tipo generalizzato a lastra-piastra, che si esplica nella capacità portante relativa alle azioni verticali ad esso applicate, nonché nel funzionamento a diaframma rigido di piano, avente il fondamentale compito di collegare le colonne al nucleo taglio resistente, limitandone opportunamente gli spostamenti trasversali. Si configura così un sistema resistente di grande affidabilità statica e di limitata deformabilità per il quale le dimensioni geometriche degli elementi portanti potranno essere opportunamente ottimizzate progettando ed utilizzando materiali, in special modo per quanto concerne il calcestruzzo, di elevate prestazioni. In questo

modo risulterà possibile incrementare significativamente la capacità della struttura nei riguardi dello stato limite di durabilità, limitando il regime fessurativo degli elementi in calcestruzzo armato, garantendo un affidabile rapporto fra spessore di copriferro e resistenza del materiale.

Oltre alle azioni derivanti dalla ubicazione geografica degli edifici, altre azioni che possono assumere valori non trascurabili derivano dalla interazione suolo-struttura, che è primariamente determinata dalle caratteristiche geomorfologiche del sedime fondale. E' questo un aspetto di primaria importanza, la cui analisi e le misure che saranno intraprese per eliminare le incertezze che possono incrementarne gli effetti statici, sono tipico oggetto di una sinergica progettazione multidisciplinare, comprendente l'ingegneria strutturale e l'ingegneria geotecnica, per le quali alcuni aspetti sono già stati discussi nel capitolo relativo alla relazione geotecnica.

I problemi di interazione suolo-struttura riguardano in particolar modo i cedimenti differenziali che possono nascere tra gli elementi verticali di edifici di significativa altezza, dando luogo a deformazioni impresse negli impalcati che ne modificano sensibilmente lo stato sollecitativo. Allo scopo di limitare opportunamente tali cedimenti lo studio geotecnico del sedime ha permesso di individuare alcune indicazioni per la realizzazione di sottofondazioni profonde tali da ridurre, fino a pressoché annullare tali cedimenti differenziali.

L'aspetto progettuale di tipo sinergico assume carattere determinante per la definizione delle strutture in sotterraneo e dell'area commerciale, ove per le prime è predominante il problema di inserimento di strutture portanti all'interno di un sottosuolo saturo d'acqua, mentre per le seconde a questo problema si sovrappongono quelli associati alla presenza delle azioni di vento e sisma precedentemente discusse. Le tecniche operative discusse nella relazione geotecnica costituiscono la base su cui si sviluppa la progettazione strutturale capace di assicurare le prestazioni richieste alle strutture. In questo caso il problema dei cedimenti differenziali assume importanza limitata, cosicché nella relazione geotecnica si è potuta prendere in considerazione la più semplice e veloce soluzione che contempla la realizzazione di fondazioni dirette di tipo compensato.

Conclusioni

L'intervento edilizio dell'area dismessa in via Dalmazia, Albenga, pone svariati e delicati problemi connessi sia alle caratteristiche del sito, sia a quelle delle strutture degli edifici oggetto dell'intervento. Per quanto riguarda gli effetti connessi alla specificità del luogo, sono da ricordarsi da un lato la morfologia geotettonica, le problematiche idrogeologiche e l'intensità delle azioni applicate alle strutture derivanti dal sisma e dal vento tipici della zona. Relativamente alle prerogative degli impianti strutturali sono di primaria importanza quelle connesse al comportamento in esercizio ed allo stato limite ultimo delle due torri, nonché quelle derivanti dalla realizzazione degli edifici interrati. Questi aspetti sono stati oggetto di uno studio che, seppur preliminare, ha approfondito i caratteri essenziali condizionanti una corretta progettazione, attraverso una sinergia operativa fra le discipline riguardanti la geologia, la geotecnica e l'ingegneria strutturale. Questo processo, i cui caratteri essenziali sono stati discussi in precedenza, ha permesso di individuare modalità operative che permettono di salvaguardare l'integrità del territorio, in particolare la sua idrogeologia, di identificare i più idonei sistemi fondali e di prefigurare le caratteristiche delle strutture portanti degli edifici. Le operazioni discusse, oggetto di raffinamento e di ottimizzazione nelle fasi di avanzamento del progetto, permetteranno di definire in maniera affidabile ed esaustiva le tecniche di monitoraggio che governeranno la conoscenza del comportamento delle strutture sia in fase di costruzione sia a costruzione ultimata, nonché di valutarne l'interazione con gli edifici circostanti, prevenendo situazioni di danno e mantenendo strettamente sotto controllo lo stato di avanzamento dei lavori. Si configura così un processo operativo il cui sviluppo, basato su modelli di previsione, potrà in ogni fase essere meglio valutato attraverso l'acquisizione di dati su cui ritarare i parametri fondamentali di tali modelli. Questa strategia permette di progettare in sicurezza un intervento comprendente edifici che pur caratterizzati da differenti risposte strutturali e da differenti modalità di interazione con il suolo ed il territorio, possiederanno livelli di sicurezza omogenei e capacità prestazionali e di durabilità elevate e garantite. Ciò è reso possibile da un approccio concettuale alla progettazione che comprende pariteticamente i contributi di più discipline ottimizzandone le specificità. In tal modo gli oggetti progettati assumeranno caratteri di elementi tecnologici capaci di convergere verso una comune ottimizzazione delle moderne prestazionalità che sono alla base del progetto di edifici di elevato standard qualitativo quali la riduzione dei tempi esecutivi, la standardizzazione delle tecnologie utilizzate, la semplicità esecutiva, il rispetto delle condizioni ambientali, la durabilità e la qualità

di un armonico e corretto inserimento nell'ambiente preesistente, preservandone l'identità costitutiva.

Prof. Ing. Franco Mola
Ing. Alessandro Boe