

*Comune di VADO LIGURE
Provincia di SAVONA*

“SECONDA VARIANTE AL PIANO PARTICOLAREGGIATO DI INIZIATIVA PUBBLICA CONCERNENTE INTERVENTI NELLA “AREA NORD” DI VADO LIGURE DELLO STABILIMENTO INFINEUM ITALIA S.r.l. E REALIZZAZIONE DELLE RELATIVE OPERE DI URBANIZZAZIONE”

Committente:
INFINEUM ITALIA S.r.l. con Sede in Vado Ligure in Strada di Scorrimento 2

Progettista incaricato ed estensore:
Studio dell'arch. Rodolfo Fallucca, in Savona in Via Fiume 2/4

Savona 16 settembre 2025

“Allegato F.1” degli elaborati di progetto
Sostituisce all f

RELAZIONE GEOLOGICA

In allegato alla presente la “RELAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA” relative alla presente SECONDA VARIANTE di S.U.A.

*Il Tecnico incaricato
Arch. Rodolfo Fallucca*

GEOLOGO COSTANTINI DARIO

Studio geologia tecnica

Via Armando Diaz 7a/4 Quiliano (SV)

cosdar@gmail.com

Cell. 349/4006823

REGIONE LIGURIA

COMUNE DI VADO LIGURE

PROVINCIA DI SAVONA

**SECONDA VARIANTE AL PIANO PARTICOLAREGGIATO DI INIZIATIVA
PUBBLICA CONCERNENTE INTERVENTI NELLA "AREA NORD" DI
VADO LIGURE DELLO STABILIMENTO INFINEUM ITALIA Sr.l. E
REALIZZAZIONE DELLE RELATIVE OPERE
DI URBANIZZAZIONE**

**RELAZIONE GEOLOGICA – RELAZIONE SULLA PERICOLOSITA'
SISMICA - RELAZIONE GEOTECNICA**

ANNO 2025

IL TECNICO:

Dott. Geol. Dario Costantini



SOMMARIO

1	PREMESSA	3
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
3	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	5
4	ASSETTO GEOLOGICO.....	6
4.1	ASSETTO GEOLOGICO GENERALE.....	6
4.2	ASSETTO GEOLOGICO DI DETTAGLIO	7
5	ASSETTO GEOMORFOLOGICO	9
6	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO.....	10
6.1	ACQUE SOTTERRANEE	10
6.2	ACQUE SUPERFICIALI.....	11
7	RICOSTRUZIONE STRATIGRAFICA DEL SOTTOSUOLO E PARAMETRI FISICO MECCANICI DEI TERRENI.....	12
7.1	COLTRE DETRITICA ELUVIO-COLLUVIALE.....	12
7.2	TERRENI LIMOSO-ARGILLOSI DI COLORE MARRONCINO	13
7.3	TERRENI LIMOSO-ARGILLOSI DI COLORE GRIGIO.....	13
8.1	AZIONE SISMICA	14
8.2	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE	14
8.3	SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE DELLE COMPONENTI ORIZZONTALI	16
8.4	STATI LIMITE E RELATIVE PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO	17
8.5	VITA NOMINALE	18
8.6	CLASSI D'USO	18
8.7	PERIODO DI RIFERIMENTO.....	19
8.8	CALCOLO DEI PARAMETRI SISMICI	20
9	CARATTERISTICHE TIPOLOGICHE DEGLI INTERVENTI.....	36
10	ESPOSIZIONE DATI GEOLOGICI - GEOTECNICI E GEOSTRATIGRAFICI AFFERENTI FASI DI INDAGINE PREGRESSA O LIMITROFA	39
10.1	DESCRIZIONE DEL PROGRAMMA DELLE INDAGINI E DELLE PROVE E ACQUISIZIONE DATI GEOTECNICI	39
10.1.1	<i>Dati e prove in situ attinenti perizia geologica SUA fasi approvative pregresse</i>	39
10.1.2	<i>Dati e prove in situ attinenti perizia geologica "sostituzione del fabbricato precario a servizi "Demont" in area Nord Infineum"</i>	40
10.1.3	<i>Sondaggi geognostici</i>	40
10.1.4	<i>Prove di laboratorio geotecnico</i>	43
10.1.5	<i>Classificazione campioni prelevati</i>	43
10.1.6	<i>Prove di laboratorio eseguite</i>	25
10.1.7	<i>Indagini tomografiche superficiali</i>	33
10.2	STRATIGRAFIA E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI E DELLE ROCCE	34
10.3	CARATTERIZZAZIONE FISICO-MECCANICA DEI TERRENI.....	35
10.3.1	<i>Coltri detritiche eluviali.....</i>	35
10.3.2	<i>Terreni limoso-argillosi di colore marroncino</i>	35
10.3.3	<i>Terreni limoso-argillosi di colore grigio.....</i>	35
10.3.4	<i>Definizione dei valori caratteristici dei parametri geotecnici</i>	36

11	PRESCRIZIONI E NORMATIVA GEOLOGICA - GEOTECNICA.....	38
11.2	INDICAZIONI GEOTECNICHE DI MASSIMA PER SINGOLO INTERVENTO (NOTE ALLEGATE ALLA CARTA DI SINTESI) ..	41
12	TERRE E ROCCE DA SCAVO.....	46
13	CONCLUSIONI.....	47

1 PREMESSA

La presente *relazione geologica, di analisi della pericolosità sismica e le correlate indicazioni geotecniche* è stata eseguita per lo "SECONDA VARIANTE AL PIANO PARTICOLAREGGIATO DI INIZIATIVA PUBBLICA CONCERNENTE INTERVENTI NELLA "AREA NORD" DI VADO LIGURE DELLO STABILIMENTO INFINEUM ITALIA Sr.l. E REALIZZAZIONE DELLE RELATIVE OPERE DI URBANIZZAZIONE."

L'area di sedime ricade all'interno della superficie comunale di Vado Ligure, in località Bossarino entro e al di fuori dello stabilimento Infineum - area Nord.

La presente indagine fa riferimento alle nuove *Norme Tecniche per le Costruzioni* di cui al D.M. 17.01.2018. Il territorio in esame è riportato nell'elenco regionale dei comuni in zona sismica 3 ai sensi dell'Opcm 3519/06 (nuova classific. sismica reg. Liguria) e della conseguente Dgr. n. 216/2017.

Le relazioni sono finalizzate alla caratterizzazione e alla costruzione del modello geologico del sito in relazione alle finalità progettuali e alle peculiarità dello scenario territoriale ed ambientale in cui si opera. Ottenuta la documentazione tecnica necessaria sono stati eseguiti i sopralluoghi e le indagini in situ ritenuti maggiormente opportuni, in modo da delineare adeguatamente il contesto geologico, in relazione al tipo di intervento eseguito.

I sopralluoghi e le indagini sono stati volti alla trattazione degli aspetti geologici, geomorfologici, idrogeologici della area di sedime allargata ad un intorno dimensionale sufficientemente significativo, analisi che ha compreso anche un esame della stratigrafia locale e delle caratteristiche fisico meccaniche delle litologie presenti in loco.

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Norme tecniche per le Costruzioni 2018

Norme tecniche per le costruzioni D.M. 17 gennaio 2018.

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale.

Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007

Eurocodice 8 (1998)

Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003)

Eurocodice 7.1 (1997)

Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali.

Eurocodice 7.2 (2002)

Progettazione geotecnica — Parte II: Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002).

Eurocodice 7.3 (2002)

Progettazione geotecnica — Parte II: Progettazione assistita con prove in situ (2002).

DGR 535/2021

Adozione delle Linee Guida per la Gestione del Territorio in Aree Interessate da Liquefazione (LQ) ed approvazione criteri tecnici integrativi alla DGR 471/2010.

3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area insediativa in oggetto è localizzata sia dentro che al di fuori della porzione di Stabilimento Infineum denominata "area Nord". Il sito è delimitato dalla strada di scorrimento veloce, e dalla collina che delimita l'insediamento industriale dalla loc. Bossarino. La zona si presenta densamente antropizzata in ragione della presenza del sito industriale, ma è circondata da ampie aree di versante, il quale si presenta zerbido, con aspetto disordinato e irregolare.

Inquadramento aerofotogrammetrico

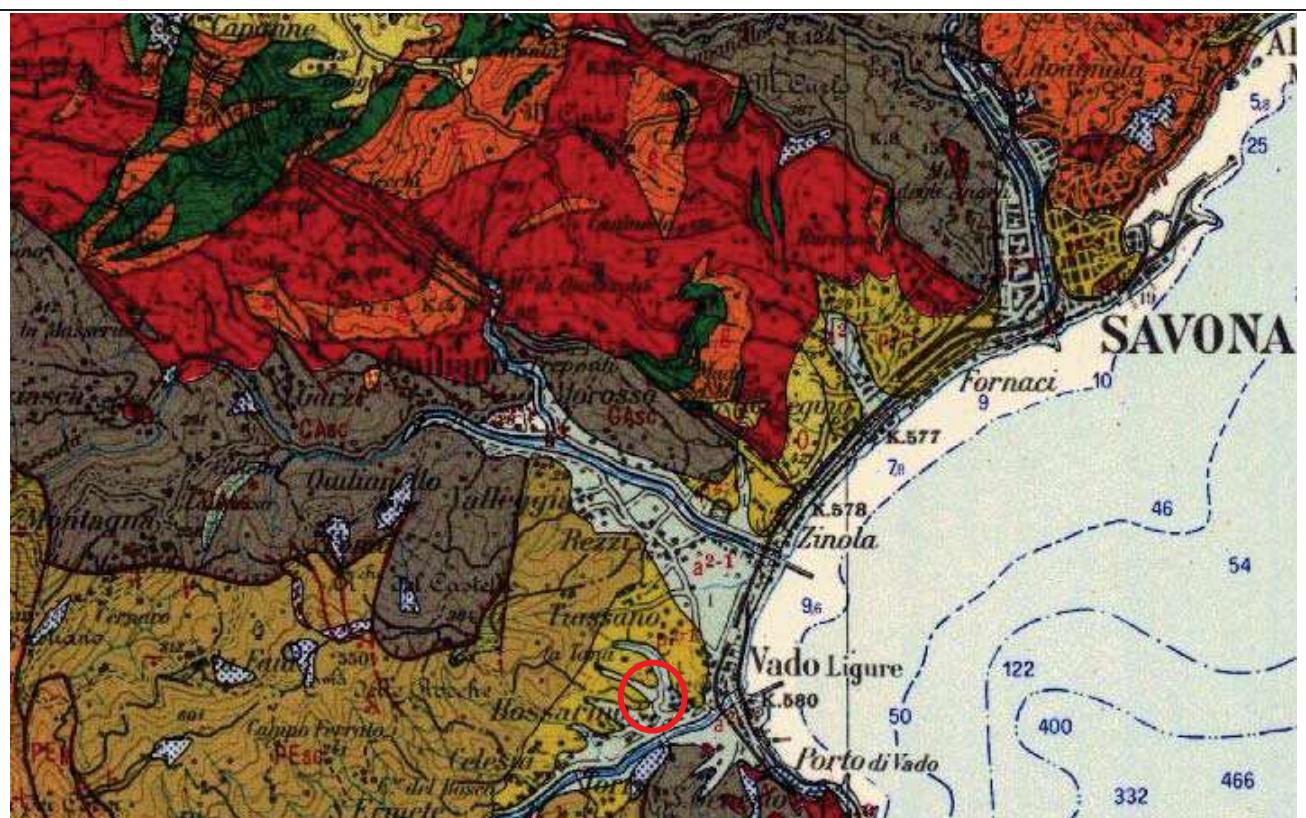


4 ASSETTO GEOLOGICO

4.1 Assetto geologico generale

Analizzando la geologia dei luoghi a larga scala si osserva come sia presente al contorno dell'area di sedime un'ampia fascia di terreno pianeggiante che costituisce il limite occidentale della piana alluvionale di Vado Ligure – Quiliano. Tale struttura sedimentaria, deve la sua l'origine e le prime fasi evolutive, alla presenza di una depressione tettonica, impostata su un sistema di faglie dirette e da riferirsi ad una ripresa della dinamica distensiva del bacino del Mar Ligure, secondo uno schema formativo comune a molte delle brevi piane alluvionali presenti lungo la fascia costiera che va da Savona a Loano.

Il ciclo sedimentario riferibile al pleistocene e all'olocene risulta abbastanza completo ma in affioramenti poco potenti, mediamente di spessore di circa 30-50 m. Sono inoltre riconoscibili alcuni ordini di terrazzi alluvionali antichi sotto i quali si sottopongono i depositi plio – pleistocenici costituenti le Formazioni delle Argille di Ortovero e dei "Conglomerati di Molare". La geologia che contraddistingue la zona di sedime appare comunque fortemente condizionata sia dagli interventi antropici che hanno modificato fortemente la pianura alluvionale.



Estratto carta geologica scala 1:100000 foglio 93 Albenga - Savona

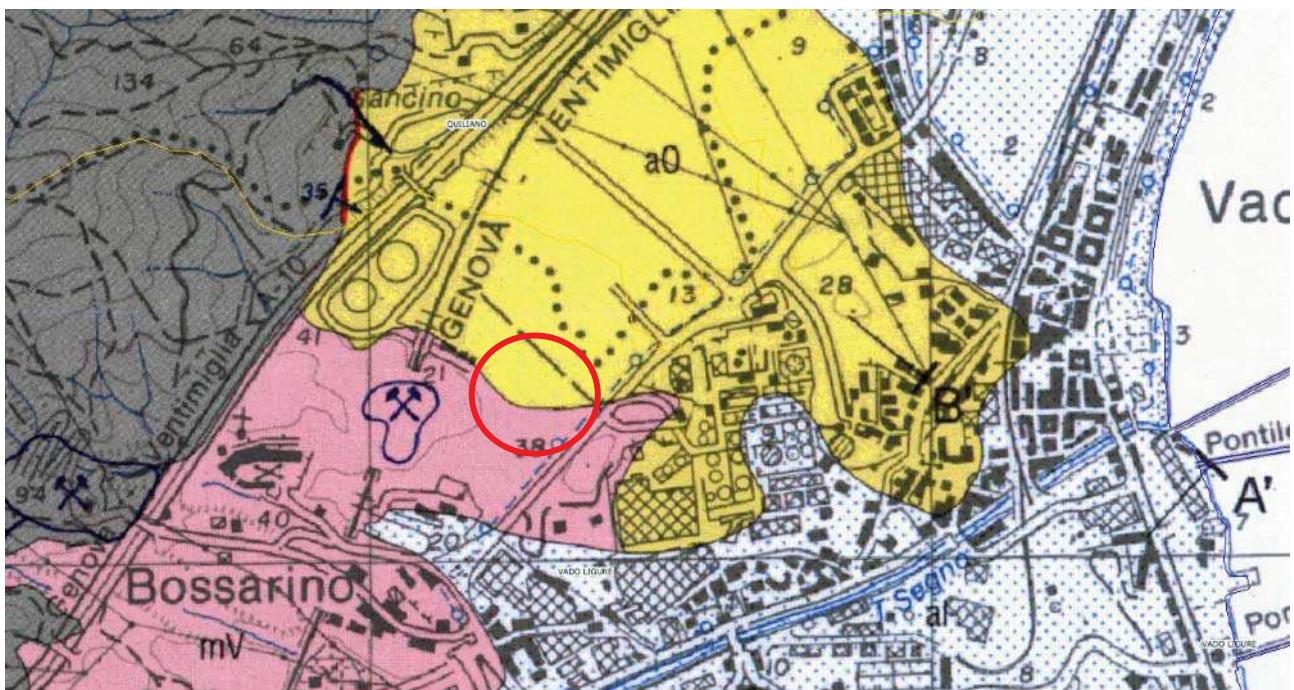
4.2 Assetto geologico di dettaglio

I terreni affioranti in situ sono caratterizzati da una stratificazione irregolare tipica dell'ambiente di sedimentazione alluvionale con frequenti disomogeneità litologiche sia verticali sia orizzontali.

La zona di sedime che si pone in posizione sopra elevata rispetto all'ambito di pianura franca, ha le caratteristiche morfologiche di un terrazzo alluvionale antico, di probabile origine marina. I sedimenti che vi si trovano sono in accordo con tale ipotesi; troviamo infatti una deposizione di ghiaie e sabbie anche grossolane con ciottoli spesso arrotondati, disposte in lenti nastriiformi allungate nel senso della corrente, intervallate da depositi non molto potenti di sabbie fini e limi argillosi. La colorazione del terreno tendente al rossastro, denota una forte componente di alterazione continentale. Nella letteratura geologica corrente i terreni sono ascrivibili al "Fluviale Antico Terrazzato" databile al passaggio Pliocene-Pleistocene.

Il substrato non è noto con esattezza, si suppone che comunque esistano facies plio-pleistoceniche di transizione con alternanze di argille, conglomerati più o meno cementati passanti anche a livelli francamente ghiaiosi, risulta abbastanza profondo certamente superiore ai 10-15 m ed affiora frequentemente nei rilievi che circondano l'area di sedime. Presso il sito in esame è stata rilevata presenza di terreni di copertura detritico superficiale per spessori comunque ridotti e compresi tra 0.5 e 1 mt.

Estratto carta geologica CARG



QUATERNARIO

- COPERTURE SCIOLTE: coltri detritiche fluvio-colluviali.
- TERRE ROSSE: suoli smossati da argille residuali. Olocene.
- ALLUVIONI: depositi fluviali attuali e recenti; depositi di spiaggia. Olocene.
- ALLUVIONI ANTICHE: conglomerati, aterrazza di argille sabbiose e/o conglomerati minuti; conglomerati con matrice rossa argillosa. Quaternario - Pliocene.

COPERTURE PRE-QUATERNARIE

- | | |
|----|--|
| a0 | ARGILLE DI ORTOVERO: argille grigialstre con intercalazioni di sabbie e conglomerati; marni grigio azzurro; conglomerati minuti con matrice rossastra, argille grigie, marni grigie e conglomerati minuti con matrice rossastra. Pliocene. |
| sf | GALCARI DI FINALE: calcari vacuolari bioclastici, di colore bianco, rosato o rossastro, affermazione di conglomerati ed arenarie con lenti fossiliere. Oligocene medio. |
| ml | MARNE DI SAN LORENZINO: marni e argille grigio grialstre, brecce monogeniche dolomitiche, conglomerati e flesse poligeniche. Oligocene inferiore. |
| d | FORMAZIONE DI MOLARE: depositi prevalentemente continentali o salmasti; conglomerati poligeni più o meno cementati, con cicobili di dimensioni variabili. In bancate potenti, localmente alternati a livelli arenacei e marnosi; marni ed arenarie grigio azzurro, marni grigio grialstre generalmente potenti, intercalate a bancate arenacee o conglomeratiche; intercalazioni di lenti di lignite. Oligocene inferiore. |

DOMINIO BRIANZONESE

SEQUENZE MESOZOICHE E DEL PERMIANO SUPERIORE

- | | |
|------|---|
| c | FORMAZIONE DI CAPRAUNA: scisti calcarei e calcareo-arenacei, scisti filidici grigio scuri (calcesisti planctonici aucti). Cretaceo - Eocene. |
| Sc | CALCARI DI VAL TANARELLO: calcari marmorei o ceroidi, chiari; localmente calcari arenacei, brecce e conglomerati a clasti carbonatici basali; marni rosati sommitali. Mafra. |
| Tp | DOLOMIE DI SAN PIETRO DEI MONTI: dolomie grigie più o meno calcaree, calcari dolomitici grigi, calcari chiari o rosati, ceroidi; localmente brecce dolomitiche. Ladinico - Anisico. |
| Te/V | QUARZITI DI PONTE DI NAVA - VERRUCANO BRIANZONESE: quarziti biancastre scistosi (Quarziti di Ponte di Nava). Metareniti prevalentemente quarzose talora verdi e violacee, livelli conglomeratici con clasti ricchi di arrossati, metaconglomerati sommitali a ciotoli di quarzo (Verrucano Brianzone). Scirto - Permiano superiore. |

5 ASSETTO GEOMORFOLOGICO

Il sedime di progetto, si colloca in una zona di transizione tra la pianura e i primi contrafforti collinari, retrostante l'abitato di Vado Ligure. L'ambito perimetrato nel progetto in esame si pone in prossimità alla strada di scorrimento veloce, nel tratto che separa i due poli operativi dello stabilimento Infineum.

L'acclività generale dei luoghi risulta compresa tra debole e media, ponendosi nella zona di cambio di pendenza tra la piana alluvionale e i primi rilievi collinari.

La morfologia locale vede la presenza di un versante zerbido posto in fregio al confine delle zone ad uso industriale.

Il rilievo geomorfologico eseguito in situ ha rilevato le caratteristiche salienti del sito, al fine di delinearne il grado di stabilità a livello puntuale e di versante. Tali caratteristiche sono di seguito elencate:

- ubicazione in ambito di pianura – collina con grado di pendenza da basso a medio in ragione della presenza dei primi contrafforti del versante;
- profilo del terreno naturale irregolare con presenza di zone zerbide e aree antropizzate;
- presenza di scarpate naturali con grado di conservazione e stabilità variabili da punto a punto, che evidenziano la presenza dei terreni che costituiscono il substrato geologico locale in relazione ad uno spessore delle coltri detritiche di livello basso;

L'analisi geomorfologica indica come il sedime di progetto si posiziona in una porzione di versante geomorfologicamente omogeneo con energia di rilevo di grado medio-basso, in relazione al fatto sia di ricadere in una zona di transizione tra il crinale e il versante.

Allo stato attuale, la presenza di evidenti interventi di bonifica geostatica e messa in sicurezza delle porzioni periferiche al sedime, consentono di asserire che il sedime si trovi in una condizione di stabilità geomorfologica.

6 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

6.1 Acque sotterranee

I terreni presenti in sito si configurano essenzialmente secondo due modelli di permeabilità, ovvero:

- coltri detritiche superficiali, dotate in genere di permeabilità media; (K var. tra 10^{-4} / 10^{-5}) 
- substrato argillitico sovraconsolidato dotato di permeabilità variabili ma comunque comprese in un intervallo basso o molto basso; (K var. tra 10^{-7} / 10^{-8}) 

k (m/s)	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}	10^{-11}
<i>Drenaggio</i>	buono			povero			praticamente impermeabile					
	ghiaia pulita	sabbia pulita e miscele di sabbia e ghiaia pulita	sabbia fine, limi organici e inorganici, miscele di sabbia, limo e argilla, depositi di argilla stratificati	terreni impermeabili, argille omogenee sotto la zona alterata dagli agenti atmosferici								
			terreni impermeabili modificati dagli effetti della vegetazione e del tempo									

Grado di permeabilità	Valore di k (m/s)
alto	superiore a 10^{-3}
medio	$10^{-3} \div 10^{-5}$
basso	$10^{-5} \div 10^{-7}$
molto basso	$10^{-7} \div 10^{-9}$
impermeabile	minore di 10^{-9}

Il blando contrasto di permeabilità e il posizionamento in ambiti a pendenze medio-basse non è sufficiente a consentire l'instaurarsi di falde acquifere sotterranee dotate di potenza, continuità ed estensione areale significativi.

In virtù della scarsa potenza complessiva della coltre detritica si possono verificare solo sporadiche impregnazioni di acque meteoriche presso gli strati di coltre di maggiore spessore, specie in concomitanza con eventi piovosi di particolare entità.

Nell'ammasso litoide limo-argilloso, la circolazione delle acque si limita di fatto a fenomeni

di ristagno limitati a particolari condizioni strutturali, ovvero presenza di bande a maggiore componente granulare ad elevata continuità laterale che costituiscono lineazioni a maggiore permeabilità, e consentono una lentissima permeazione dei fluidi all'interno delle masse, senza tuttavia creare vere falde acquifere.

In genere quindi la circolazione delle acque sotterranee in situ risulta assai contenuta e tale da poter essere controllata nell'ambito della consueta procedura di regimazione e allontanamento delle acque che sarà comunque tassativa e dovrà essere accuratamente programmata.

6.2 Acque superficiali

In considerazione della complessiva bassa permeabilità dei terreni in situ, il ruscellamento superficiale appare la componente principale dei deflussi acquei presenti in loco.

Il sistema idrografico locale è rappresentato unicamente da linee di deflusso embrionale che nascono immediatamente a monte della zona di sedime. Presso l'asse vallivo sotteso dal sedime scorre il rio Tana che si pone ad una distanza tale da interferire solo indirettamente sul sistema idrologico locale ma costituisce comunque l'asse verso il quale defluiscono tutte le acque drenate dal reticolo minore sopraccitato.

7 RICOSTRUZIONE STRATIGRAFICA DEL SOTTOSUOLO E PARAMETRI FISICO MECCANICI DEI TERRENI

L'intervento risulta ubicato in una zona ampiamente conosciuta dal punto di vista geologico – geotecnico, a seguito dei contenuti bibliografici disponibili e dei lavori eseguiti dallo scrivente, in ambiti limitrofi e analoghi per caratteristiche geologico-stratigrafiche.

In base alle risultanze delle suddette considerazioni è stato possibile definire per linee generali la stratigrafia locale schematica del sottosuolo investigato ovvero:

- *da P.C. a -5.0/-6.0 mt -> terreni detritici eluvio-colluviali - coltre detritica limoso sabbiosa di colore marroncino giallastro con presenza di radi ciottoli arrotondati;*
- *Da -5.0/-6.0 mt a -20 mt-> terreni argilloso-limosi da debolmente a mediamente sovraconsolidati riconducibili ai depositi marini pliocenici antichi terrazzati in strati di spessore variabile, costituiti da alternanze di limi argilosi, sabbie argillose e conglomerati minuti appartenenti al "fluviale antico ligure";*
- *Oltre -20 mt argille grigie sovraconsolidate appartenenti alla formazione d'età pliocenica delle Argille d'Ortovero" con grado di sovra consolidazione crescente con la profondità;*

7.1 Coltre detritica eluvio-colluviale

Tralasciando il primo livello di terreni superficiali ad elevata componente pedogenica, la coltre detritica eluviale propriamente detta presenta uno spessore medio compreso tra 5 e 6 m e sfuma nei terreni a maggiore grado di consolidamento sottostanti dei quali riprende la matrice granulometrica.

Tali materiali denotano un blando scheletro litico (costituito da trovanti di dimensioni centimetriche), immerso in una matrice di colore bruno-giallastro a granulometria fine. Il terreno è quindi decisamente eterogeneo, tuttavia, sulla base di altre precedenti esperienze conseguite dallo scrivente nell'area in esame e verificate in back-analysis, i terreni sopraindicati possono essere inseribili nella classifica funzionale U.S.C.S. nei gruppi GM - SM (ghiaie e sabbie limose scarsamente plastiche) e nonostante una certa variabilità compositiva possono esserne definiti i seguenti parametri litotecnici:

- *Peso di Volume* $= \gamma = 16.0 - 17.0 \text{ kN/m}^3$
- *Coesione* $= c = 0 - 5 \text{ kpa}$

- *Angolo di Attr. Int. = $\phi = 26^\circ - 28^\circ$*
- *classifica funzionale U.S.C.S.: gruppo GM - SM*

7.2 Terreni limoso-argillosi di colore marroncino

Trattasi di importanti e continui orizzonti di limi e argille limose mediamente plastiche di colore bruno- giallastro (ML-CL) con contenuto di scheletro sabbioso da basso a scarso. Trattasi di terreni ben stratificati eminentemente coesivi da debolmente a mediamente compatti.

Pertanto si ritengono adeguate le seguenti caratteristiche litotecniche:

- *Peso di Volume = $\gamma = 17.0 - 18.0 \text{ kN/m}^3$*
- *Coesione = $c = 10 - 20 \text{ kpa}$*
- *Angolo di Attr. Int. = $\phi = 25^\circ - 27^\circ$*
- *classifica funzionale U.S.C.S.: gruppo CL*

7.3 Terreni limoso-argillosi di colore grigio

Trattasi di importanti e continui orizzonti di limi e argille limose mediamente plastiche di colore grigio (ML-CL) con contenuto di scheletro sabbioso scarso. Trattasi di terreni ben stratificati eminentemente coesivi da debolmente a mediamente compatti.

Pertanto si ritengono adeguate le seguenti caratteristiche litotecniche:

- *Peso di Volume = $\gamma = 18.0 - 19.0 \text{ kN/m}^3$*
- *Coesione = $c = 10 - 20 \text{ kpa}$*
- *Angolo di Attr. Int. = $\phi = 24^\circ - 26^\circ$*
- *classifica funzionale U.S.C.S.: gruppo CL*

N.B. i valori caratteristici dei parametri geotecnici e geomeccanici saranno calcolati nella collegata stesura geotecnica, i valori sopra indicati hanno unicamente funzione indicativa.

8 ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA

8.1 Azione sismica

Con l'entrata in vigore del D.M. 17 gennaio 2018, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio legato al "sito" di costruzione. Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito, che è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo "periodo di riferimento" T_R (espresso in anni), in un specifico sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato; la probabilità è denominata "Probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento" PVR .

La pericolosità sismica è definita in termini di:

- a_g = accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_o = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.
- T^*_c = valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Nelle NTC la stima della pericolosità sismica basata su una griglia di 10751 punti ove viene fornita la terna di valori a_g , F_o e T^*_c per nove distinti periodi di ritorno T_R ; tale calcolo viene determinato via software, conosciute le coordinate geografiche in gradi decimali.

8.2 Categoria di sottosuolo e condizioni topografiche

È necessario tenere conto delle condizioni topografiche e delle condizioni stratigrafiche del volume di terreno interessato dall'opera, poiché entrambi questi fattori concorrono a modificare l'azione sismica in superficie rispetto a quella attesa su un sito rigido con superficie topografica orizzontale. Tali modifiche, in ampiezza, durata e contenuto in frequenza, sono il risultato della risposta sismica locale.

Si definiscono:

Effetti stratigrafici Legati alla successione stratigrafica, alle proprietà meccaniche dei terreni, alla geometria del contatto tra il substrato rigido e i terreni sovrastanti ed alla geometria dei contatti tra gli strati di terreno;

Effetti topografici Legati alla configurazione topografica del piano campagna.

Considerando le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni come chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della

velocità di propagazione delle onde di taglio V_S .

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

con:

h_i = spessore dell'i-esimo strato;

$V_{S,i}$ = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N = numero di strati;

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Viene attribuito al sito la pertinente categoria di sottosuolo come definita nella Tabella 3.2 II e ad una delle categorie topografiche definite nella Tabella 3.2 III

Tab. 3.2.II (NTC) Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m..</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Il substrato geologico locale è caratterizzato da litotipi d'età pliocenica che si presentano in facies argillosa, stratigraficamente riconducibili alle "Argille di Ortovero", sottoposto ad uno strato di coltri detritiche eluvio-colluviali di potenza prossima ai 30 mt. Il valore di $V_{s_{eq}}$ è stato determinato analiticamente mediante esecuzione di 1 prova sismica di tipo MASW.

Sulla base di tali informazioni si può inserire il sottosuolo fondazione nella **categoria B** "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_s,30$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s .

Le categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

Per configurazioni morfologiche superficiali semplici come quella in esame si può adottare la seguente classificazione:

Tab.3.2.III (NTC) Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Sulla base dei dati morfologici del sito si può inserire la superficie topografica nella **categoria T2** "Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$ ".

8.3 Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

La categoria di sottosuolo e le condizioni topografiche incidono sullo spettro elastico di risposta. Specificamente, l'accelerazione spettrale massima dipende dal coefficiente $S = S_s \times S_t$ dove:

- S_s = coefficiente amplificazione stratigrafica (vedi Tab.3.2.II-III-NTC)
- S_t = coefficiente amplificazione topografica (vedi Tab.3.2.VI- NTC)

Per le varie categorie di sottosuolo i coefficienti S_s e C_c possono essere calcolati, in funzione dei valori di F_o e $T \times C$ relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni fornite nella Tab. 3.2.V, nella quale g è l'accelerazione di gravità ed il tempo è

espresso in secondi. Per tener conto delle condizioni topografiche si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella Tab. 3.2.VI (NTC), in funzione della categoria topografica precedentemente definita in relazione dell'ubicazione dell'intervento.

Tab. 3.2.IV NTC - Espressioni di S_s e di C_c

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

Tab. 3.2.V NTC - Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

8.4 Stati limite e relative probabilità di superamento

Nei confronti delle azioni gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Stati limite in generale:

SLU: stato limite ultimo -> il superamento di uno stato limite ultimo ha carattere irreversibile e si definisce collasso;

SLE: stati limite di esercizio -> il superamento di uno stato limite di esercizio può avere carattere reversibile o irreversibile;

In condizioni sismiche/dinamiche gli stati limite di cui sopra si suddividono ulteriormente come di seguito indicato:

SLU stato limite ultimo dinamico -> SLV , SLC

SLE stato limite di esercizio dinamico -> SLO, SLD

Dove:

SLV = Stato Limite di salvaguardia della Vita

SLC = Stato Limite di prevenzione del Collasso

SLO = Stato Limite di Operatività

SLD = Stato Limite di Danno

8.5 Vita nominale

La vita nominale di progetto V_N di un'opera è convenzionalmente definita come il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella Tab. 2.4.I (NTC).

Tabella 2.4.I – Vita nominale V_N per diversi tipi di opere

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Sulla base dei dati in esame i manufatti in oggetto (piazzali, aree coperte ad uso industriale e vie di accesso) sono classificabili come "costruzioni con livelli di prestazioni ordinari" ovvero nella seconda casistica di tipologia d'opera e pertanto **la V_N è definibile come = a 50 anni.**

8.6 Classi d'uso

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasco, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

Classe I:	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli
Classe II:	Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasco non provochi conseguenze rilevanti.
Classe III:	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro

	eventuale collasso.
Classe IV:	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n.6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Sulla base dei dati in esame il progetto ha come fine la rimodellazione di un'area ad uso industriale e pertanto è assimilabile ad una costruzione il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. La tipologia ricade pertanto nella **classe d'uso II**.

8.7 Periodo di riferimento

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R . Il periodo di riferimento si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U

$$V_R = V_N \times C_U$$

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato nella sottostante tabella:

Valori del coefficiente d'uso CU

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

La tabella sottostante consente l'interpolazione diretta per il ricavo di V_R , partendo dalla conoscenza di V_N , della classe d'uso e quindi di C_U

Intervalli di valori attribuiti a V_R al variare di V_N e C_U

VITA NOMINALE V_N	VALORI DI V_R			
	CLASSE D'USO			
	I	II	III	IV
≤ 10	35	35	35	35
≥ 50	≥ 35	≥ 50	≥ 75	≥ 100
≥ 100	≥ 70	≥ 100	≥ 150	≥ 200

Tabella C8.1 Periodo di riferimento dell'azione sismica $V_R = V_N C_U$ (anni)

TIPI DI COSTRUZIONE	V_N	Classe d'uso →			
		I	II	III	IV
	Coeff. $C_U \rightarrow$	0,70	1,00	1,50	2,00
Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva	10	35	35	35	35
Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	50	35	50	75	100
Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	100	70	100	150	200

Nel caso in esame l'interpolazione dei dati consente di definire $V_R = 50$ anni.

8.8 Calcolo dei parametri sismici

Il calcolo dei parametri sismici si basa sui dati generali di cui ai precedenti paragrafi e utilizza il software di calcolo gratuito e online messo a disposizione dalla società GEO.STRU. Di seguito si riporta la maschera finale di calcolazione, nella quale sono contenuti i valori caratteristici di a_g , F_o e $T \times C$ nonché i valori dei coefficienti kh , kv , **Amax** e **Beta** per l'area di sedime, calcolate sia per le strutture di fondazione che per le opere di sostegno.

PARAMETRI SISMICI

Categoria sottosuolo: B
Categoria topografica: T1
Periodo di riferimento:
50anni
Coefficiente cu:
1

Operatività (SLO):
Probabilità di superamento:
81 %
Tr:
30 [anni]
ag:
0,019 g
Fo:
2,577
Tc*:
0,158 [s]

Danno (SLD):
Probabilità di superamento:
63 %
Tr:
50 [anni]
ag:
0,025 g
Fo:
2,539
Tc*:
0,188 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):
Probabilità di superamento:
10 %
Tr:
475 [anni]
ag:
0,059 g
Fo:
2,604
Tc*:
0,305 [s]

Prevenzione dal collasso
(SLC):

Probabilità di superamento:

5 %

Tr:

975 [anni]

ag:

0,077 g

Fo:

2,630

Tc*:

0,323 [s]

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii
SLO:

Ss: 1,200
Cc: 1,590
St: 1,000
Kh: 0,004
Kv: 0,002
Amax: 0,219
Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,200
Cc: 1,540
St: 1,000
Kh: 0,006
Kv: 0,003
Amax: 0,291
Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,200
Cc: 1,390
St: 1,000
Kh: 0,014
Kv: 0,007
Amax: 0,699
Beta: 0,200

SLC:

Ss: 1,200
Cc: 1,380
St: 1,000
Kh: 0,019
Kv: 0,009
Amax: 0,909
Beta: 0,200

8.9 Classificazione sismica regione Liguria

L'area insediativa ricade nel comune di Vado Ligure e, ai sensi della DGR n.216/2017, risulta inserito nella **Classe Sismica 3** (p.g.a. = 0.150 g).

Si riporta la tabella ove ciascuna zona è individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo ag, con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

ZONA 3			
Numero progressivo	Provincia	Numero identificativo comune su mappa	Comune
153	SV	41	NASINO
154	SV	42	NOLI
155	SV	43	ONZO
156	SV	44	ORCO FEGLINO
157	SV	45	ORTOVERO
158	SV	46	OSIGLIA
159	SV	47	PALLARE
160	SV	49	PIETRA LIGURE
161	SV	52	QUILIANO
162	SV	53	RIALTO
163	SV	56	SAVONA
164	SV	57	SPOTORNO
165	SV	60	TESTICO
166	SV	61	TOIRANO
167	SV	62	TOVO SAN GIACOMO
168	SV	64	VADO LIGURE
169	SV	66	VENDONE
170	SV	67	VEZZI PORTIO
171	SV	68	VILLANOVA DI ALBENGA
172	SV	69	ZUCCARELLO

8.10 Analisi del rischio liquefazione ai sensi delle DGR 535/2021

La presente analisi viene redatta in applicazione delle "Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da liquefazione (LQ)" e rappresentano un documento operativo finalizzato alla prevenzione e gestione dei rischi connessi al fenomeno della liquefazione.

"Con il termine "liquefazione" si indicano diversi fenomeni fisici che si verificano nei terreni sabbiosi saturi

durante i terremoti di elevata intensità, che hanno come elemento comune una drastica caduta della resistenza al taglio ed una temporanea fluidificazione degli stessi.

I potenziale di liquefazione dei terreni viene, pertanto, valutato comparando gli effetti dell'azione sismica legata al terremoto con la resistenza alla liquefazione propria di ciascun suolo. Convenzionalmente si considera, quindi, un fattore di sicurezza rispetto al fenomeno della liquefazione sulla base del rapporto tra la resistenza di taglio ciclica del terreno (CRR), legata alle caratteristiche geotecniche del suolo e lo sforzo di taglio indotto dal terremoto (CSR), legato alle caratteristiche sismiche dell'area.”.

8.10.1 Recepimento delle linee guida nei comuni liguri

- a) **il Comune di interesse è dotato¹⁰ di uno studio di Microzonazione simica di livello 1, a corredo della strumentazione urbanistica comunale, nel quale sono state identificate le zone interessate da potenziale instabilità per liquefazione, ai sensi della DGR 471/2010 ovvero degli “Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica (ICMS08)” secondo gli studi di MS di cui all'art.11 della L.77/2009.**
- b) **il Comune di interesse è dotato di uno studio di Microzonazione simica di livello 1 a corredo della strumentazione urbanistica comunale ma, in fase di studio, non è stata accerta l'esclusione della potenzialità al fenomeno della liquefazione ovvero non presenta analisi riferite al fenomeno di instabilità per effetto della liquefazione,**
oppure
- c) **il Comune di interesse NON è dotato di uno studio di Microzonazione simica di livello 1, a corredo della strumentazione urbanistica comunale,**

8.10.2 Analisi del rischio liquefazione in riferimento alla localizzazione del sito in termini geologici e geomorfologici

Il rischio liquefazione si localizza in determinati ambiti con precise caratteristiche sia geologiche che geomorfologiche, che permettono di escludere dalle zone a rischio determinate porzioni di territorio.

Termini geologici

Età del deposito	Profondità della falda (metri)		
	< 9	Da 9 a 15	>15
Olocene recente	Elevata	Bassa	Molto bassa
Olocene antico	Moderata	Bassa	Molto bassa
Pleistocene recente	Bassa	Bassa	Molto bassa
Pleistocene antico	Molto bassa	Molto bassa	Molto bassa

Tab. A - Probabilità alla liquefazione di depositi sedimentari (Facciorusso, 2011)

Termini geomorfologici

Classe	Geomorfologia	Suscettibilità
A	Letti di fiume recenti e antichi; paludi; zone di bonifica; zone interdunari	Liquefazione probabile
B	Conoidi; argini naturali; dune di sabbia; pianure di esondazione; spiagge; altre pianure	Liquefazione possibile
C	Terrazzi; colline; montagne	Liquefazione non probabile

Tab. B - Classi di suscettività alla liquefazione in funzione della geomorfologia (Iwasaki et al., 1982)

Report analisi geologica → probabilità molto bassa

Report analisi geomorfologica -- → liquefazione non probabile

L'intervento non ricade in un ambito geologico e geomorfologico suscettibile di liquefazione

8.10.3 Descrizione delle caratteristiche tipologiche e strutturali dell'intervento

L'insieme degli interventi previsti riguarda la realizzazione di nuovi insediamenti ad uso industriale ovvero la realizzazione di un'ampia area parcheggio per autotreni con relativa rampa per l'accesso e numerose altre strutture (tipo magazzini e capannoni) di uno o due piani senza interrato, previa demolizione delle opere ad oggi esistenti.

L'intervento nel suo complesso si configura quindi come un intervento di nuova costruzione.

8.10.4 Analisi territoriale della suscettività a liquefazione dei suoli sulla base dei dati di pericolosità sismica di base

Elenco dei Comuni caratterizzati da un valor modale della distribuzione della magnitudo attesa maggiore o uguale a 5 e un'accelerazione in superficie di riferimento maggiore o uguale a 0.1g, considerando il periodo di ritorno pari a 475 - 975 - 2475 anni.				
	Tr =	475	975	2475
ALESSIO				
ALBENGA				
ALTARE				
ANDORA				
ARNASCO				
BALESTRINO				
BARDINETTO				
BERGEGGI				
BOISSANO				
BORGHETTO SANTO SPIRITO				
BORGIO VEREZZI				
BORMIDA				
CALICE LIGURE				
CALIZZANO				
CARCARE				
CASTELBIANCO				
CENGIO				
CERIALE				
CISANO SUL NEVA				
COSSERIA				
ERLI				
FINALE LIGURE				
GARLENDÀ				
GENOVA				
GIUSTENICE				
LAigueglia				
LOANO				
MAGLIOLO				
MALLARE				
MILLESIMO				
MURIALDO				
NASINO				
NOLI				
ONZO				
ORCO FEGLINO				
ORTOVERO				
OSIGLIA				
PALLARE				
PIETRA LIGURE				
QUILIANO				
RIALTO				
SAVONA				
SPOTORNO				
TOIRANO				
TOVO SAN GIACOMO				
VADO LIGURE				
VENDONE				
VEZZI PORTO				
VILLANOVA D'ALBENGA				

Comune di Vado Ligure → Tr (SLV) = 475 anni (per tipologia di intervento)

Il comune rientra nella tabella con Periodo di Ritorno. pari a 2475 anni

8.10.5 Verifica compatibilità previsioni urbanistico- edilizie nei Comuni non dotati di analisi liquefazione a corredo dello strumento urbanistico comunale

In ragione della particolare tipologia di intervento per caratteristiche edilizio-strutturali, esso è ricompreso tra quelli per i quali devono essere condotte specifiche analisi sulla liquefazione dei terreni ovvero:

- ***E' un intervento di nuova costruzione;***
- ***NON è un intervento assimilabile alla ristrutturazione edilizia con demolizione e ricostruzione;***
- ***NON interessa le strutture portanti di edifici esistenti;***

In tal senso, secondo i dettami della DGR 535/2021 appendice 2 **è subordinato alla preventiva verifica di compatibilità degli stessi al rischio liquefazione.**

Tuttavia, in relazione alle particolarità geologiche, geomorfologiche e sismiche del sito evidenziate nei precedenti paragrafi ovvero:

- *l'analisi dei termini geologici e geomorfologici locali;*
- *la verifica del valore modale della distribuzione della magnitudo attesa - accelerazione in superficie di riferimento in rapporto al il periodo di ritorno (475-975-2475 anni);*
- *l'analisi dei valori di Vs ampiamente maggiori di 250 m/s, ricavati dalle indagini di tipo MASW eseguite in situ;*

secondo i dettami delle NTC 2018 e relativa circ. applicativa n°7/2019, il sito non risulta a rischio liquefazione.

9 CARATTERISTICHE TIPOLOGICHE DEGLI INTERVENTI

Gli interventi previsti a progetto della presente Seconda Variante allo S.U.A. sono proposti ed organizzati in **due UNITA' ORGANICHE DI INTERVENTO: la U.O.I. 1 e la U.O.I. 2.**

I confini delle singole U.O.I. (1 e 2) non sono reciprocamente invalicabili relativamente agli interventi previsti in progetto della presente Seconda Variante come invece risultano essere per propria specificità ed identità i confini di zona: le U.O.I. indicano ambiti territoriali di proprietà utili e funzionalmente disponibili alla realizzazione delle specifiche necessità che motivano la presente Seconda Variante.

La U.O.I. 1 comprende quanto perimettrato evidenziato nella TAV. grafica 06 e nello specifico:

- parcheggio esterno di fronte "guardiania area nord"
- uffici/spazi tecnici con annessa guardiania
- uffici
- bretella di ingresso a parcheggio autotreni e mezzi pesanti
- refettorio-spogliatoi maestranze Infineum e addetti ditte appaltatrici
- nuove officine centrali appaltatori con annessi uffici tecnici
- nuovo magazzino e stoccaggio centrale
- nuova centrale a cogenerazione in area nord
- magazzino specifico area gas tecnici
- uffici corsi personale interno-esterno, servizi igienici centralizzati
- volume a servizio equipaggi mezzi pesanti in sosta

Nell'ambito dei limiti volumetrici, superficiali e di zona previsti dal vigente S.U.A. e recepiti identici nelle quantità nella presente II variante, potranno essere realizzati nella U.O.I. 1 (e fino al massimo concorso dei limiti volumetrici espressi) altri interventi volumetrici nell'ambito della tipologia e destinazione (industriale e di servizio alla stessa) prevista dalla scheda di piano e dalle N.d.A. ciò istruendo gli stessi con le procedura di richieste di permesso a costruire od altre comunicazioni all'Amministrazione del Comune di Vado Ligure nelle forme dalla normativa edilizia urbanistico-vigente.

La U.O.I. 2 comprende nello specifico:

- Riproposizione, modificata nell'impatto volumetrico previsto nello S.U.A. vigente, dell'esteso spazio previsto a parcheggi per mezzi pesanti su aree di proprietà di Committenza; aree esterne (collina adiacente di proprietà) ad "Area Nord" Infineum, verificata recentemente la possibile sinergia con ulteriori sviluppi strategici, con pari destinazione delle proprie aree, di gruppi industriali adiacenti: nell'indirizzo programmatico condivisibile di caratterizzare con dotazioni di "ultimo miglio" il territorio comunale di Vado Ligure subito a valle del costruendo nuovo casello autostradale.

La suddivisione in due unità organiche di intervento si giustifica anche dal punto di vista geologico-geotecnico, in quanto la U.O.I.1 si sviluppa quasi totalmente in ambito pianeggiante, mentre la U.O.I.2 trova collocazione in ambito collinare.



Collocazione su ortofoto delle Unità Organiche di Intervento 1 e 2

La realizzazione degli scopi della U.O.I. 2 e della ridotta parte di U.O.I.1 nella parte collinare necessiterà di importanti operazioni di scavo e rimodellamento del terreno naturale, mentre le altre opere interesseranno un'area già perfettamente pianeggiante ed idonea al loro insediamento.

Per tutti i dettagli al riguardo delle tecniche architettoniche e progettuali utilizzate e per una maggiore comprensione delle stesse si rimanda di fatto agli elaborati tecnici e grafici a firma del progettista incaricato.

10 ESPOSIZIONE DATI GEOLOGICI - GEOTECNICI E GEOSTRATIGRAFICI AFFERENTI FASI DI INDAGINE PREGRESSA O LIMITROFA

10.1 Descrizione del programma delle indagini e delle prove e acquisizione dati geotecnici

L'intervento risulta ubicato in una zona conosciuta dal punto di vista geologico-geotecnico e la caratterizzazione e la modellazione stratigrafica e geotecnica locale è stata basata sull'esperienza e sulle conoscenze disponibili da parte dello scrivente (NTC par. 6.2.2). In particolare sono stati utilizzati i dati contenuti nelle:

- *relazione geologica posta a corredo delle precedenti fasi progettuali dello Strumento Urbanistico redatta nell'anno 2013 dal dott. Geol. Otello Bragantini*
- *relazione geologica redatta dallo scrivente nell'anno 2023° corredo del progetto "STUDIO DI FATTIBILITÀ PER LA SOSTITUZIONE DEL FABBRICATO PRECARIO A SERVIZI "DEMONT" IN AREA NORD INFINEUM."*

10.1.1 Dati e prove in situ attinenti perizia geologica SUA fasi approvative pregresse

Nella relazione geologica del dott. Geol. Otello Bragantini sono state eseguite una serie di indagini in situ per effettuare una caratterizzazione di massima della stratigrafia locale. Nel dettaglio sono state eseguite in situ:

- N° 5 penetrometrie dinamiche leggere DL030 con penetrometro standard
- N° 3 prospezioni sismiche a rifrazione, siglate rispettivamente S1, S2 ed S3, realizzate in corrispondenza della piattaforma in progetto

L'elaborazione condotta ha consentito di discriminare, dall'alto verso il basso, diversi livelli sismostratigrafici principali, riportati di seguito:

Livello "A": detritici/coltre medio-fini, caratterizzate da velocità delle onde longitudinali inferiori a 600 m/s;

Livello "B": detritici/coltre medio-grossolane caratterizzate da velocità comprese tra 600 e 1200 m/s;

Livello "C": detritici/coltre grossolane, contraddistinte da velocità comprese tra 1500 e 1700;

Livello "D": contraddistinto da velocità > 2000 m/s (a partire da quota -16 m, i segnali

risultano di difficile interpretazione)

Tutti e tre gli stendimenti, di lunghezza pari a 30 ml. ciascuno, non hanno individuato un livello profondo, al di sotto dei 20 m da p.c., dalle caratteristiche elastiche assimilabili ad un substrato litoide.

I risultati completi delle indagini e la loro ubicazione topografica sono riportati negli elaborati posti a fine testo.

10.1.2 Dati e prove in situ attinenti perizia geologica "sostituzione del fabbricato precario a servizi "Demont" in area Nord Infineum"

Il programma delle indagini geognostiche eseguite ha previsto l'esecuzione di 2 sondaggi geognostici, in accoppiamento a indagini sismiche indirette superficiali. Il direttore dei lavori geognostici è stato il sottoscritto Dott. Geol. Dario Costantini e i risultati delle prove e degli accertamenti sono riportati in allegato.

10.1.3 Sondaggi geognostici

La campagna geognostica programmata è stata realizzata dalla ditta Georicerche S.r.l., (per conto della ditta ECOGRID s.r.l.), azienda specializzata in tale attività e dotata di personale tecnico qualificato.

Essa è consistita in 2 sondaggi geognostici a rotazione (carotaggio) denominati con le sigle da S1 a S2. In relazione alla tipologia di intervento la quota fino alla quale si è deciso di indagare il sottosuolo è stata pari a -15 mt dal piano campagna attuale. Il sondaggio è stato ubicato in funzione delle necessità progettuali ovvero presso il sedime di progetto, compatibilmente con la reale disponibilità e la geometria del sedime. I sondaggi geognostici sono stati eseguiti mediante macchina operatrice cingolata con tipologia di indagine a carotaggio continuo (diametro esterno pari a 127 mm e interno di 101 mm) e recupero del materiale carotato ad ogni singola manovra. La modalità operativa ha visto l'uso di "rivestimento" atto ad evitare il franamento e la chiusura del foro di sondaggio. Il carotaggio è stato effettuato con l'ausilio di fluido di perforazione (acqua), onde favorire la penetrazione dell'utensile nei materiali a maggiore consistenza. Il materiale carotato è stato posto in ordine stratigrafico entro le cassette catalogatrici che hanno permesso di elaborare le relative colonne stratigrafiche. Durante l'esecuzione dei sondaggi geognostici sono state eseguite una serie di prove penetrometriche S.P.T. (compatibilmente con la compattezza del materiale indagato).

La prova consiste nel far cadere il maglio di 63,5 kg da un'altezza di 760 mm su una piastra di battuta fissata alla sommità della batteria di aste alla cui estremità è avvitata una punta cava. Il numero di colpi N necessario per una penetrazione di 300 mm a seguito di una penetrazione di 150 mm per il posizionamento viene assunto come indice di resistenza alla penetrazione. Viene determinata la resistenza che il terreno offre alla penetrazione dinamica di un carotiere di forma opportuna a partire dal fondo foro di sondaggio.

Le caratteristiche dello strumento penetrometrico sono le seguenti:

- M (peso del maglio) = 63,5 kg
- h (altezza di caduta) = 76,4 cm
- E (energia teorica) = 48,5 kgf m
- Metodo d'infissione = gravità
- Dispositivo d'infissione = Pilcon automatico

Le quote di fondo foro presso cui sono state eseguire le prove sono state in prima battuta definite a tavolino, in relazione alla necessità di codificare le proprietà geotecniche degli strati di maggiore interesse. Successivamente tali quote sono state verificate e adattate alla "realtà stratigrafica del sito", onde fornire una serie di dati concretamente utili e che rispecchiassero le effettive proprietà geotecniche del terreno.

I valori di Nspt ottenuti sono stati inseriti in apposito software di calcolo al fine di ricavarne, mediante le opportune correlazioni, una approssimazione dei dati geotecnici propri della tipologia di terreno.

REPORT PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

Committente: soc. Infineum Italia

Cantiere: area Nord

Località: Vado Ligure

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: PROVE SPT IN FORO

Rif. Norme DIN 4094

Peso Massa battente 63,5 Kg

Altezza di caduta libera	0,76 m
Peso sistema di battuta	4,2 Kg
Diametro punta conica	50,46 mm
Area di base punta	20 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	7 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80 m
Avanzamento punta	0,30 m
Numero colpi per punta	N(30)
Coeff. Correlazione	0,997
Rivestimento/fanghi	Si
Angolo di apertura punta	60 °

SONDAGGIO S1

PROVE SPT IN FORO

30/05/2023

Strumento utilizzato...

Prova eseguita in data

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi
3,15	4
3,30	5
3,45	7
6,15	6
6,30	11
6,45	15
9,15	6
9,30	11
9,45	17
12,15	5
12,30	5
12,45	5
15,15	14
15,30	24
15,45	30

SONDAGGIO S2

Strumento utilizzato...PROVE SPT IN FORO

Prova eseguita in data 30/05/2023

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi
3,15	10
3,30	14
3,45	10

6,15		4
6,30		5
6,45		6
9,15		5
9,30		7
9,45		14
12,15		4
12,30		5
12,45		7
15,15		17
15,30		27
15,45		48

10.1.4 Prove di laboratorio geotecnico

Le profondità di prelevamento dei campioni sono state decise a tavolino in funzione della geometria dell'intervento e adattate in corso d'opera alle relai possibilità di prelievo e recupero, in particolare per i campioni indisturbati.

I campioni disturbati nel numero di 4, sono stati prelevati dalle cassette catalogatrici successivamente alle fasi sondaggio.

I campioni indisturbati nel numero di 2, sono stati prelevati in foro durante l'esecuzione del sondaggio S2 mediante fustelle a infissione tipo Shelby.

10.1.5 Classificazione campioni prelevati

Campioni disturbati

Campione disturbato 1

Denominazione: S1-CR1

Profondità di prelevamento: - 8.50 mt da p.c.

Dimensioni provino: lungh. 20 cm

Campione disturbato 2

Denominazione: S2-CR1

Profondità di prelevamento: - 13.50 mt da p.c.

Dimensioni provino: lungh. 20 cm

Campione disturbato 3

Denominazione: S2-CR1

Profondità di prelevamento: - 5.00 mt da p.c.

Dimensioni provino: lungh. 15 cm

Campione disturbato 3

Denominazione: S2-CR1

Profondità di prelevamento: - 5.00 mt da p.c.

Dimensioni provino: lungh. 15 cm
<u>Campione disturbato 4</u>
Denominazione: S2-CR1
Profondità di prelevamento: - 10.00 mt da p.c.
Dimensioni provino: lungh. 15 cm
Campioni indisturbati
<u>Campione indisturbato 1</u>

Denominazione: S2-Ci1 shelby
Profondità di prelevamento: - 7.50 mt da p.c.
Dimensioni provino: lungh. 60 cm
<u>Campione indisturbato 2</u>
Denominazione: S2-Ci2 shelby
Profondità di prelevamento: - 10.40 mt da p.c.
Dimensioni provino: lungh. 60 cm

10.1.6 Prove di laboratorio eseguite

Le analisi sono state eseguite dal laboratorio “*S.G.L. servizi geotecnici liguri - laboratorio terre e rocce*”, con sede in Vado Ligure, centro autorizzato e certificato. Di seguito si riporta l’elenco delle prove eseguite.

Su tutti i campioni:

Granulometria

L’analisi granulometrica è stata eseguita per via umida mediante stacciatura e successiva sedimentazione del passante allo staccio n° 200 ASTM (d = 0,074 mm) secondo le norme ASTM D421-07/D422-07.

Limiti di Atterberg

La determinazione dei limiti di Atterberg è stata eseguita sul passante allo staccio n° 40 ASTM (d=0,420 mm) secondo le norme ASTM D4318-10.

Peso specifico dei grani

Il peso specifico del grani è stato determinato secondo le norme ASTM: D854-10.

Peso dell’unità di volume naturale

Il peso dell’unità di volume è stato determinato secondo le norme BS 1377 part 2

Contenuto di acqua

Il contenuto di acqua è stato determinato secondo le norme ASTM D 2216-10.

Sui campioni indisturbati campione S2-Ci1/ campione S2-Ci2

Prova Consolidata drenata (CID)

rif. norm: Racc. AGI 1994

I risultati completi delle indagini di laboratorio getotecnico sono riportati a fine testo

10.1.7 Indagini tomografiche superficiali

Al fine di indagare un'area maggiormente vasta rispetto ai fori di sondaggio, si è optato per l'esecuzione di una campagna di indagine geofisica a mezzo di prospezione sismica superficiale in onde P in accoppiamento con prova MASW, eseguita su una linea di indagine disposte parallelamente allo sviluppo della recinzione doganale di confine.

Cenni teorici indagine tomografica in onde P

Il metodo sismico tomografico costituisce una tecnica geofisica particolarmente utile per la ricostruzione della distribuzione dei valori di velocità di propagazione delle onde elastiche nei terreni e negli ammassi rocciosi. L'elevato potere risolutivo del metodo ne consente l'applicazione in svariati campi, quali:

- ricostruzione di strutture geologiche complesse in cui sia necessario individuare geometrie ed assetti con elevata precisione
- individuazione di anomalie di velocità (cavità, fratture, porzioni ammalorate all'interno di ammassi rocciosi)
- indagini archeologiche
- valutazione delle condizioni strutturali di manufatti

L'apporto significativo di informazioni ottenibili attraverso la metodologia di prospezione sismica tomografica non trova riscontro nelle tecniche di elaborazione tradizionali dell'indagine sismica, il cui utilizzo resta comunque di importanza cruciale per una corretta definizione dei parametri di input, e costituisce un elemento integrativo di grande importanza per la ricostruzione di dettaglio di strutture complesse.

Il metodo consiste in una particolare e complessa modalità di acquisizione, trattamento e rappresentazione grafica di dati di carattere sismico, il cui risultato finale fornisce una mappatura dettagliata della variazione dei valori di velocità sismica in una sezione piana contenente sia le sorgenti energizzanti che i sensori (geofoni).

Poiché le caratteristiche meccaniche di un materiale influenzano in modo determinante la velocità con cui un'onda elastica si propaga al suo interno, ne consegue che tanto più è dettagliata e precisa la conoscenza della distribuzione dei valori di velocità, tanto più definita è la caratterizzazione fisico-meccanica del materiale indagato. Le velocità di propagazione delle onde elastiche vengono valutate attraverso la misura dei tempi di percorrenza necessari alle onde stesse per propagarsi dalle sorgenti (posizionate in superficie e/o in foro) ai sensori (geofoni da foro e/o da superficie). Il piano verticale che interseca la superficie topografica lungo lo stendimento sismico viene suddiviso dal software di elaborazione, fino alla massima profondità di investigazione e limitatamente al campo coperto dai "ray – paths" (si rimanda, nello specifico, alle tavole allegate relative alla distribuzione di raggi sismici), in celle elementari le cui dimensioni sono condizionate dalla spaziatura tra i sensori e dalla quantità di sorgenti di energizzazione disponibili.

Il processo prevede normalmente l'assunzione di un "modello sintetico" di partenza (pseudosezione) che viene confrontato in termini di velocità delle singole celle con i dati acquisiti.

Il software utilizzato è **Rayfract**, ovvero il software di tomografia sismica che impiega le soluzioni "Eikonal" per il calcolo dei tempi di percorso e per la modellazione della diffrazione, la rifrazione e la trasmissione delle onde sismiche.

Cenni teorici indagine MASW

Considerando un semispazio elastico, omogeneo ed isotropo, si dimostra che la velocità di propagazione delle onde di Rayleigh è indipendente dalla frequenza e che il moto indotto dalla propagazione si smorza rapidamente con la profondità, sino ad estinguersi ad una profondità circa

pari ad una lunghezza d'onda. Ciò significa che la profondità raggiunta dipende dalla lunghezza d'onda e che a diverse lunghezze d'onda corrisponde la stessa velocità di fase (VR). In un mezzo verticalmente eterogeneo, costituito cioè da strati aventi proprietà meccaniche differenti, il comportamento delle onde superficiali è differente. In particolare, la propagazione presenta un comportamento dispersivo (a frequenze diverse corrispondono diverse velocità di fase). Ciò significa che lunghezze d'onda diverse interessano strati diversi ai quali sono associate proprietà meccaniche diverse: ogni lunghezza d'onda si propaga ad una velocità di fase che dipende dalle caratteristiche dello strato interessato dalla propagazione.

Quindi, nel caso di mezzo eterogeneo, le onde superficiali non hanno una singola velocità, ma una velocità di fase che è funzione della frequenza: tale fenomeno, dipendente dalla distribuzione spaziale delle proprietà sismiche del sottosuolo, è noto come "dispersione geometrica" e la relazione che lega la frequenza alla velocità di fase prende il nome di "curva di dispersione". Alle alte frequenze, la velocità di fase coincide con la velocità delle onde di Rayleigh dello strato più superficiale, mentre alle basse frequenze, l'effetto degli strati più profondi diventa importante, e la velocità di fase tende asintoticamente alla velocità dello strato più profondo come se questo fosse esteso infinitamente in profondità.

La curva di dispersione gioca un ruolo centrale nell'utilizzo delle onde di Rayleigh ai fini della caratterizzazione dei terreni: essa, infatti, è funzione delle caratteristiche di rigidezza del mezzo, e posto di riuscire a misurarla sperimentalmente può essere utilizzata (come si vedrà più avanti) per un processo di inversione avente come obiettivo la stima delle caratteristiche di rigidezza del mezzo (terreni).

La propagazione delle onde di Rayleigh in un mezzo verticalmente eterogeneo è un fenomeno multi-modale: data una determinata stratigrafia, in corrispondenza di una certa frequenza, possono esistere diverse lunghezze d'onda. Di conseguenza, ad una determinata frequenza possono corrispondere diverse velocità di fase, ad ognuna delle quali corrisponde un modo di propagazione, e differenti modi di vibrazione possono esibirsi simultaneamente.

La curva di dispersione ottenuta elaborando i dati derivanti dalle indagini sismiche col metodo MASW è una curva apparente, derivante dalla sovrapposizione delle curve relative ai vari modi di vibrazione, e che per i limiti indotti dal campionamento non necessariamente coincide con singoli modi nei diversi intervalli di frequenza campionati.

Per l'esposizione completa dei risultati si rimanda alla relazione sulle indagini riportata a fine testo.

10.2 Stratigrafia e caratterizzazione geotecnica dei terreni e delle rocce

In base alle risultanze delle informazioni ricavate dai singoli sondaggi, correlate con le informazioni desunte dal "modello geologico" ricostruibile tramite le indagini geofisiche tomografiche e MASW eseguite durante le fasi di progettazione di livello esecutivo, è stato possibile ricostruire con sufficiente grado di precisione la stratigrafia schematica del sottosuolo per singolo sito di intervento, che viene di seguito riportata raggruppando i terreni per classi omogenee.

Descrizione della stratigrafia schematica

- da p.c a -0.8 / -1.2 mt > terreni pedogenici superficiali di colore marrone scuro a granulometria limo-sabbiosa
- da -0.8 / -1.2 mt a -3.0/-4.0 mt > coltri detritiche eluviali costituite da ciottoli e ghiaie

limose; clasti monogenici, a spigoli arrotondati; colore giallastro; (classificazione USCS GM-SM) – comportamento scarsamente coesivo;

- da -3.0/-4.0 m a -8.0/-11.0 m -> terreni sedimentari costituiti da sedimenti limoso-argillosi compatti con contenuto di sabbia da scarso a basso; colore marroncino-ocra ; (classificazione USCS CL) – comportamento debolmente coesivo;

- oltre -8.0/-11.0 m -> terreni sedimentari costituiti da sedimenti limoso-argillosi compatti con contenuto di sabbia scarso; colore grigio; (classificazione USCS CL) – comportamento debolmente coesivo;

10.3 Caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni

10.3.1 Coltri detritiche eluviali

caratteristiche geotecniche:

- *Peso di Volume $\gamma = 16 - 17 \text{ Kn/m}^3$ (valore di riferimento attendibile 16 Kn/m^3)*
- *Peso di Volume $\gamma_{sat} = 18 - 20 \text{ Kn/m}^3$ (valore di riferimento attendibile 18 Kn/m^3)*
- *Coesione $c' = 0 - 5 \text{ Kpa}$ (valore di riferimento attendibile 0 Kpa)*
- *Angolo di Attr. Int. $\phi = 26^\circ - 28^\circ$ (valore di riferimento attendibile 27°)*
- *Modulo di Young $E = 300 - 400 \text{ Mpa}$ (valore maggiormente attendibile 350 Mpa)*

10.3.2 Terreni limoso-argillosi di colore marroncino

caratteristiche geotecniche:

- *Peso di Volume $\gamma = 17 - 18 \text{ Kn/m}^3$ (valore di riferimento attendibile 18 Kn/m^3)*
- *Peso di Volume $\gamma_{sat} = 18 - 19 \text{ Kn/m}^3$ (valore di riferimento attendibile 19 Kn/m^3)*
- *Coesione $c' = 10 - 20 \text{ Kpa}$ (valore di riferimento attendibile 14 Kpa)*
- *Angolo di Attr. Int. $\phi = 25^\circ - 27^\circ$ (valore di riferimento attendibile 26°)*
- *Modulo di Young $E = 600 - 1000 \text{ Mpa}$ (valore maggiormente attendibile 750 Mpa)*
- *Coefficiente di Poisson $\nu = 0.38$*

10.3.3 Terreni limoso-argillosi di colore grigio

caratteristiche geotecniche:

- *Peso di Volume $\gamma = 18 - 19 \text{ Kn/m}^3$ (valore di riferimento attendibile 18 Kn/m^3)*
- *Peso di Volume $\gamma_{sat} = 19 - 20 \text{ Kn/m}^3$ (valore di riferimento attendibile 19 Kn/m^3)*
- *Coesione $c' = 10 - 20 \text{ Kpa}$ (valore di riferimento attendibile 15 Kpa)*
- *Angolo di Attr. Int. $\phi = 24^\circ - 26^\circ$ (valore di riferimento attendibile 25°)*

- *Modulo di Young $E = 600 - 1000 \text{ Mpa}$ (valore maggiormente attendibile 750 Mpa)*
- *Coefficiente di Poisson $\nu = 0.38$*

Non si riportano in quanto geotecnicamente ininfluenti i dati del cappellaccio pedogenico superficiale.

10.3.4 Definizione dei valori caratteristici dei parametri geotecnici

Per valore caratteristico (V_k) di un parametro geotecnico si intende una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro nello stato limite considerato; nello specifico quel valore quale è associata una prefissata probabilità di non superamento (non più del 5% dei valori desumibili da una serie teoricamente illimitata di prove). Secondo le Istruzioni del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (CSLP) sulle NTC (comma C.6.2.2) si possono utilizzare le seguenti combinazioni:

A) Valori caratteristici circa uguali ai valori medi;

B) Valori caratteristici circa uguali ai valori minimi.

Secondo l'Eurocodice 7 e le NTC, i valori caratteristici " V_k " consistono in una stima cautelativa del valore che influenza l'insorgere dello stato limite. Il comma C 6.2.2.4 delle NTC illustra chiaramente come tali valori debbano essere scelti.

In particolare:

"Nelle valutazioni che il progettista deve svolgere per pervenire ad una scelta corretta dei valori caratteristici, appare giustificato il riferimento a valori prossimi ai valori medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno, con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidezza sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti. Al contrario, valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei parametri geotecnici appaiono più giustificati nel caso in cui siano coinvolti modesti volumi di terreno, con concentrazione delle deformazioni fino alla formazione di superfici di rottura nelle porzioni di terreno meno resistenti del volume significativo, o nel caso in cui la struttura a contatto con il terreno non sia in grado di trasferire forze dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti a causa della sua insufficiente rigidezza. La scelta di valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei terreni; basti pensare, ad esempio, all'effetto delle discontinuità sul valore operativo della resistenza non drenata. Una migliore approssimazione nella valutazione dei valori caratteristici può essere ottenuta operando le opportune medie dei valori dei parametri geotecnici nell'ambito di piccoli volumi di terreno, quando questi assumano importanza per lo stato limite considerato"

Nel caso in esame tenuto conto che la analisi sono riferite alla stabilità del versante e quindi coinvolgono grandi volumi di terreno si può fare riferimento ai "valori medi".

In sintesi i valori geotecnici caratteristici dei terreni sono di seguito riportati:

coltre detritica eluviale



Peso di Volume

$\gamma_k \approx 16.0 \text{ kN/mc}$

➤	<i>Peso volume saturo</i>	$\gamma_k \approx 18.0 \text{ kN/mc}$
➤	<i>Angolo di Attr. Int.</i>	$\phi_k \approx 27^\circ$
➤	<i>Coesione</i>	$C_k \approx 0 \text{ kPa}$
➤	<i>Modulo di Young</i>	$E = 350 \text{ Mpa}$

Terreni limoso argillosi di colore marroncino

➤	<i>Peso di Volume</i>	$\gamma_k \approx 18.0 \text{ kN/mc}$
➤	<i>Peso volume saturo</i>	$\gamma_k \approx 19.0 \text{ kN/mc}$
➤	<i>Angolo di Attr. Int.</i>	$\phi_k \approx 26^\circ$
➤	<i>Coesione</i>	$C_k \approx 14 \text{ kPa}$
➤	<i>Modulo di Young</i>	$E = 750 \text{ Mpa}$

Terreni limoso argillosi di colore grigio

➤	<i>Peso di Volume</i>	$\gamma_k \approx 18.0 \text{ kN/mc}$
➤	<i>Peso volume saturo</i>	$\gamma_k \approx 19.0 \text{ kN/mc}$
➤	<i>Angolo di Attr. Int.</i>	$\phi_k \approx 25^\circ$
➤	<i>Coesione</i>	$C_k \approx 15 \text{ kPa}$
➤	<i>Modulo di Young</i>	$E = 750 \text{ Mpa}$

11 PRESCRIZIONI E NORMATIVA GEOLOGICA - GEOTECNICA

Lo scrivente nell'elaborazione delle problematiche inerenti la suscettibilità d'uso in prospettiva geologica del territorio si è basato sui contenuti dei tematismi relativi alla geologia generale e locale, alla geomorfologia e all'assetto idrogeologico locale, agli studi di microzonazione sismica di I livello, oltre ad una attenta analisi dei caratteri geologici e litologici, ovvero una stima dei parametri litotecnici dei terreni (*i calori caratteristici saranno definiti nella fasi di progettazione esecutiva*).

Le presenti prescrizioni, adattate alla specificità dei luoghi, degli interventi e delle indagini in situ già eseguite, fanno riferimento alla normativa tecnica delle vigenti norme legislative.

Dalle analisi e dai rilevamenti effettuati in situ sono emersi i seguenti fattori salienti dello stato dei luoghi:

- *Presenza di un contesto geomorfologicamente a bassa energia di rilievo con pendenze da nulle a medie e sostanzialmente stabile;*
- *Presenza indagini geognostiche eseguite in ambiti limitrofi e similari che hanno evidenziato una stratigrafia semplice e un substrato di elevato spessore e continuità laterale;*
- *Presenza di interventi che comportano un impatto di elevata entità sul territorio, in relazione alla previsione di realizzazione di importanti sbancamenti e correlate sistemazioni di versante, nonché un aumento del carico al suolo, legato ai numerosi insediamenti correlati all'attività industriale e alle connesse opere di urbanizzazione.*

Allo stato attuale delle indagini il bilancio generale tra fattori favorevoli (o neutri) e negativi concorre a fornire un parere comunque positivo sulla fattibilità teorica complessiva del progetto.

Si specifica che in ogni caso, in sede di realizzazione delle edificazioni in progetto e comunque prima del ritiro dei singoli titoli edilizi abilitativi, analizzata in questa fase la specificità geologica del sito e appurata la compatibilità di massima del sito con l'insediamento previsto a progetto, si dovrà provvedere all'esecuzione (in riferimento al singolo intervento) di una serie di ulteriori indagini geognostiche da eseguirsi in situ, funzionali alla stesura delle correlate perizie geotecniche.

Al fine soddisfare i criteri normativi vigenti (rif. NTC art. 6.11), la normativa geologica dello strumento urbanistico comunale e fornire nel contempo dell'adeguato corredo di dati geomeccanici e strutturali i tecnici calcolatori delle opere in cemento armato, la fase di progettazione esecutiva non potrà prescindere dall'esecuzione di una campagna di indagine geognostica di dettaglio, volta a elidere il fattore di incertezza legato alla attuale assenza di dati inerenti le reali caratteristiche geotecniche del bed-rock, la natura e le caratteristiche dei terreni posti al di sotto delle opere in variante e l'eventuale presenza di acque sotterranee. Tali indagini saranno oggetto di una specifica relazione geotecnica che dovrà contenere le risultanze delle indagini in situ, l'elaborazione dei dati ottenuti dalle prove di laboratorio e la disamina delle iterazioni degli interventi con il sistema sottosuolo, secondo le NTC 2018.

Il programma delle indagini da eseguirsi sarà stilato da parte del geologo progettista della perizia geotecnica, in base alle caratteristiche del progetto e alla tipologia geologica del sito deducibile dalla presente perizia.

L'ampiezza delle indagini rapportate all'intero volume significativo deve avere estensione proporzionata alle dimensioni, al tipo ed alle caratteristiche dell'opera, nonché alla complessità del sottosuolo. A tal riguardo si può fare riferimento alla parte I dell'Eurocodice [EC7] che fornisce indicazioni di un certo dettaglio a riguardo. Ad esempio, essa fornisce i valori minimi dell'estensione delle indagini attraverso una Regola di Applicazione.

In particolare, l'Eurocodice indica che:

- *per fondazioni su plinti e travi rovesce la profondità delle indagini al di sotto del piano di posa previsto deve essere pari ad 1-3 volte la dimensione trasversale dei singoli elementi di fondazione;*
- *per fondazioni a platea questa profondità dovrebbe essere non minore della dimensione minima in pianta, della platea, a meno che non si incontri un substrato roccioso a minore profondità;*
- *per fondazioni su pali le indagini devono essere approfondite rispetto alla profondità della punta dei pali di almeno 5 volte il diametro, e comunque devono raggiungere una profondità non minore della dimensione minima in pianta della palificata.*

I risultati delle indagini saranno debitamente documentati (mediante opportuni elaborati tabellari e grafici) in un apposito paragrafo della perizia geotecnica.

11.1 Indicazioni di massima per la programmazione e descrizione della campagna geognostica.

La campagna di indagini in situ dovrà necessariamente prevedere:

- Indagini dirette in sito
- eventuali prove di laboratorio geotecnico

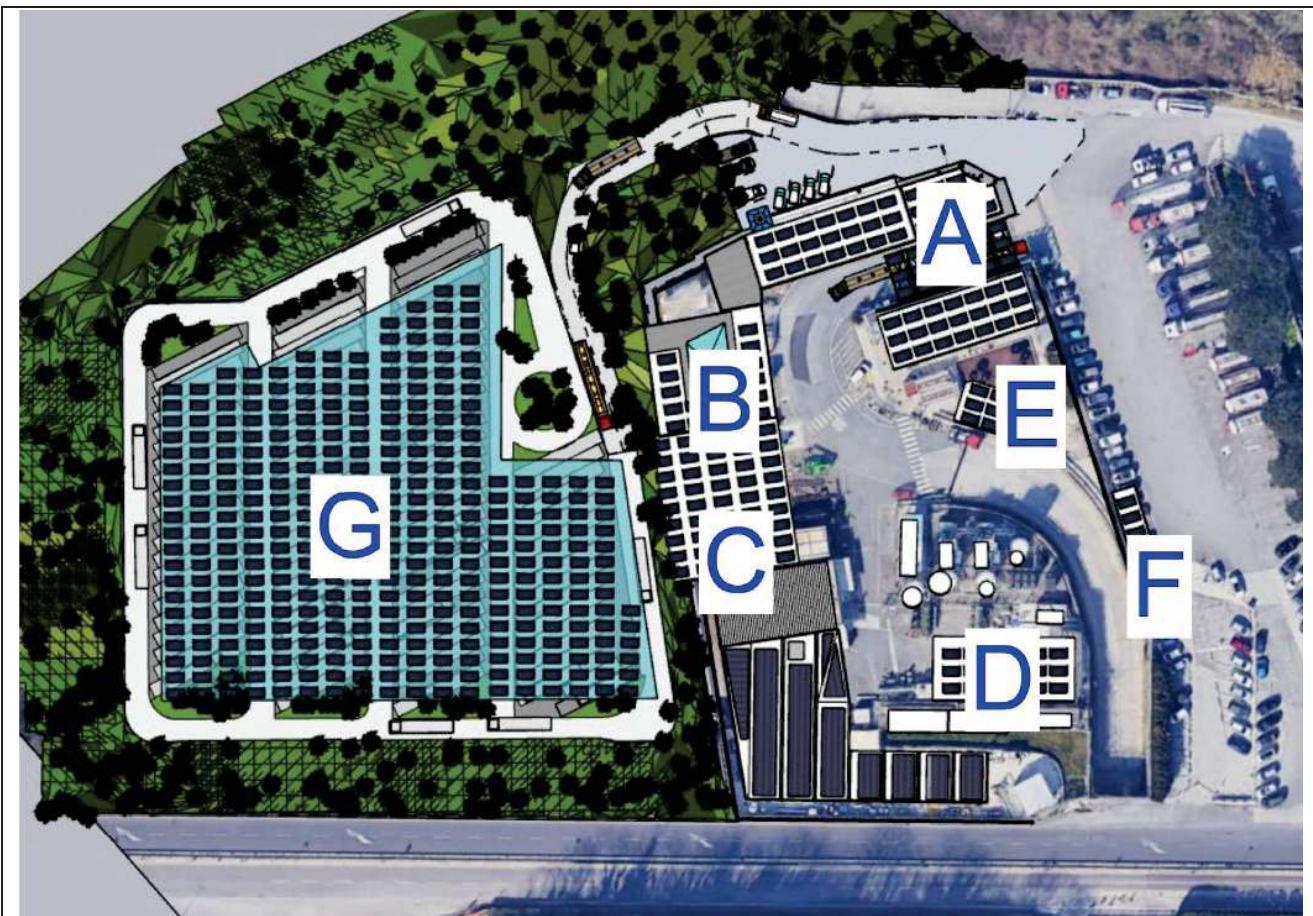
Indagini dirette in sito

Al fine di valutare con precisione la stratigrafia presso tutto il tratto di intervento, l'omogeneità geologica e stratigrafica e la presenza di eventuali venute d'acqua, sono da prevedersi almeno 2-3 punti di indagine geognostica che consisteranno in sondaggi geognostici a rotazione con recupero del materiale carotato e relative prove in foro (SPT – CPT), portati ad una profondità da valutarsi in corso d'opera ma che allo stato attuale può essere indicata come compresa tra 15 e 20 mt dal p.c..

Si dovrà monitorare l'andamento puntuale dei sondaggi per verificare le modalità di avanzamento dell'utensile scavatore entro il terreno e ricavare così i dati e le informazioni necessarie a definire in seguito le tecniche di sbancamento. L'indagine dovrà anche verificare la profondità e la consistenza della falda freatica (se presente); in tal senso si dovranno posare altrettanti piezometri entro i fori di sondaggio; essi dovranno essere lasciati in opera per un intervallo di tempo congruo alla misurazione dei livelli di falda successivamente alla loro equilibratura con l'ambiente esterno.

Sulla base dei risultati delle indagini sarà compito del direttore dei lavori delle indagini geognostiche valutare la necessità di procedere anche a prove di laboratorio sui materiali disturbati e/o al prelevamento di ulteriori campioni indisturbati. Nel caso di effettiva necessità di eseguire prove di laboratorio sui campioni di terreno (granulare o coesivo), le prove da predisporsi comprenderanno l'analisi granulometrica, nonché le prove atte a calcolare il peso di volume γ , i limiti di Atterberg. Sugli eventuali campioni indisturbati saranno da determinarsi la coesione **c** (**C'** e **Cu**), l'angolo di attrito interno ϕ (mediante prove triassiali e di taglio) e il modulo edometrico (E_d) e di Young (E_y).

11.2 Indicazioni geotecniche di massima per singolo intervento (note allegate alla carta di sintesi)



Collocazione su ortofoto dei singoli interventi in previsione

- INTERVENTO A - Realizzazione del volume ad uffici, officine e magazzini specifici inglobanti la destinazione dell'attuale guardania (di Area Nord);
- INTERVENTO B - Realizzazione nuove officine Sikel con annessi uffici tecnici e servizi
- INTERVENTO C - Realizzazione del volume integrativo a magazzino officine/uffici e servizi
- INTERVENTO D - magazzino area "gas tecnici"
- INTERVENTO E - uffici corsi personale interno-esterno, servizi igienici centralizzati
- INTERVENTO F - Realizzazione del volume a servizio equipaggi mezzi pesanti in sosta
- INTERVENTO G – piazzale parcheggio autoveicoli pesanti

Interventi A-B-C-D-E-F:

Gli interventi in esame sono interamente realizzati in ambito di pianura, al di sopra dei sedimenti detritici costituiti da ciottoli e ghiaie limose; clasti monogenici, a spigoli arrotondati; colore giallastro; (classificazione USCS GM-SM) – comportamento scarsamente coesivo.

Gli interventi constano nella edificazione di strutture morfologicamente semplici, poste su più livelli fuoriterra e assenza di livelli interrati. In determinati casi i nuovi manufatto prevedono la demolizione delle strutture ad oggi esistenti.

Fattori geologici favorevoli:

- Assetto geomorfologico pianeggiante stabile con energia di rilevo nulla;
- Assetto idrologico superficiale già delineato e funzionale all'attuale attività industriale;
- Ridotte altezze di scavo che pur spartiti su ampie superfici, comportano volumi di movimenti terra di entità contenuta;

Fattori geologici sfavorevoli:

- terreno di fondazione noto per offrire una debole resistenza alla compressione per carichi verticali, specie in caso di interventi che non hanno in previsione livelli interrati, i quali sono utili a trasferire i carichi a maggiore profondità.
- possibilità di sedimenti differenziali in ragione al basso grado di addensamento dei livelli superficiali del terreno

Il bilancio tra i fattori favorevoli e sfavorevoli rende possibili i singoli interventi sono a condizione di una approfondita analisi degli eventuali sedimenti differenziali ipotizzabili presso le impronte delle singole strutture di fondazione. Tale analisi dovrà essere condotta mediante puntuali indagini geognostiche, le quali che dovranno comprendere anche una stima del modulo di deformazione dei livelli geologici di maggiore interesse (ovvero dei sedimenti verticali). I risultati di tali indagini saranno discriminanti nella scelta del sistema di fondazione superficiale (travi/platea) o profonda (micropali/pali di medio diametro).

Intervento G:

Gli interventi in esame sono interamente realizzati in ambito collinare, al di sopra dei sedimenti costituiti da materiali limoso-argillosi compatti con contenuto di sabbia da scarso a basso; colore marroncino-ocra ; (classificazione USCS CL) – comportamento debolmente coesivo.

Gli interventi constano nella edificazione di strutture morfologicamente semplici, costituite da un ampio piazzale ad uso parcheggio veicoli pesanti e assenza di livelli interrati.

Fattori geologici favorevoli:

- Assetto geomorfologico mediamente pendente ma stabile con energia di rilevo bassa (collocazione in ambito di crinale);
- Ridotte altezze di scavo che pur spartiti su ampie superfici, comportano volumi di movimenti terra di entità contenuta;

Fattori geologici sfavorevoli:

- Assetto idrologico superficiale non delineato e da progettare ex-novo in modo da essere funzionale all'ampia superficie impermeabile;
- terreno di fondazione noto per offrire una debole resistenza alla compressione per carichi verticali, specie in caso di interventi che non hanno in previsione livelli interrati, i quali sono utili a trasferire i carichi a maggiore profondità.
- possibilità di sedimenti differenziali in ragione al basso grado di addensamento dei livelli superficiali del terreno

Il bilancio tra i fattori favorevoli e sfavorevoli rende possibili i singoli interventi sono a condizione di:

- una approfondita analisi degli eventuali sedimenti differenziali ipotizzabili presso le impronte delle singole strutture di fondazione. Tale analisi dovrà essere condotta mediante puntuali indagini geognostiche, le quali dovranno comprendere anche una stima del modulo di deformazione dei livelli geologici di maggiore interesse (ovvero dei sedimenti verticali). I risultati di tali indagini saranno discriminanti nella scelta del sistema di consolidamento del fondo stradale;
- un'accurata progettazione e dimensionamento del sistema di raccolta e regimazione delle acque meteoriche superficiali, il quale sarà da realizzarsi ex-novo. L'ampia metratura delle nuove zone impermeabili renderà necessaria una segmentazione del sistema di captazione delle acque bianche e la creazione di ampie vasche di raccolta delle acque meteoriche al fine di evitare il deflusso delle stesse in un'unica soluzione verso l'unica via di smaltimento presente in situ e rappresentata dal rio Tana.

Interventi accessori– vie di comunicazione tra le due U.O.I.

Trattasi degli interventi di maggiore complessità geotecnica in quanto sono posto in ambiti di passaggio tra la pianura e il crinale. Si sviluppano quindi per larga parte in ambito di versante, al di sopra dei sedimenti costituiti da materiali limoso-argillosi compatti che delle coltri eluviali che li ricoprono.

Constano di tagli a mezza costa che necessitano inevitabilmente di opere di sostegno a valle e a monte degli stessi, al fine di garantire la stabilità delle carreggiate al passaggio dei rilevanti carichi stradali.

Fattori geologici sfavorevoli:

- Assetto geomorfologico mediamente pendente con energia di rilevo media;
- Elevati volumi di scavo e altezze di sbancamento che comportano importanti movimenti terra;
- Assetto idrologico superficiale non delineato e da progettare ex-novo in modo da essere funzionale alle nuove viabilità;
- terreno di fondazione noto per offrire una debole resistenza alla compressione per carichi verticali;
- possibilità di sedimenti differenziali in ragione al basso grado di addensamento dei livelli superficiali del terreno;

I fattori sono essenzialmente sfavorevoli e ciò rende possibili i singoli interventi sono a condizione che vengano analizzate a fondo le implicazioni di carattere geotecnico e strutturale che gli stessi interventi impongono. Le tematiche di studio a livello esecutivo riguarderanno:

- attenta valutazione della stabilità dei fronti di scavo in previsione e studio delle opere utili a renderli stabili, quali muri in C.A., sagomatura del versante, opere di ingegneria naturalistica;
- verifica della necessità di esecuzione di strutture speciali di sostegno a carattere provvisorio (berlinesi tirantate e non), utili all'esecuzione in sicurezza delle fasi di scavo;
- approfondita analisi degli eventuali sedimenti differenziali ipotizzabili presso il fondo stradale. Tale analisi dovrà essere condotta mediante puntuali indagini geognostiche, le quali che dovranno comprendere anche una stima del modulo di

deformazione dei livelli geologici di maggiore interesse (ovvero dei sedimenti verticali). I risultati di tali indagini saranno discriminanti nella scelta del sistema di consolidamento del fondo stradale;

- accurata progettazione e dimensionamento del sistema di raccolta e regimazione delle acque meteoriche superficiali, il quale sarà da realizzarsi ex-novo. Il sistema di captazione delle acque bianche andrà a recapitare verso l'unica via di smaltimento presente in situ e rappresentata dal rio Tana.

Ovviamente per quanto attiene ai contenuti e alle metodologie di indagine relative alle singole indagini geologiche e geotecniche dei singoli interventi attuativi, tenuto conto della forma prescritta delle presenti norme, rimane fatta salva l'autonomia del professionista incaricato (direttore geologico di cantiere) nell'individuare le procedure più idonee alla specificità del caso e proporre di conseguenza le soluzioni progettuali e tecnico operative ritenute opportune sotto la singola responsabilità professionale.

12 TERRE E ROCCE DA SCAVO

Alla luce della natura del suolo derivante dal rilevamento geologico si può affermare che lo scavo NON ricade all'interno di siti di produzione interessati da attività potenzialmente contaminanti o affioramenti delle Pietre Verdi, così come definiti dai criteri regionali allegati alla ex-DGR 859/08.

Nel caso il materiale sia riutilizzato a fini di costruzione allo stato naturale e nello stesso sito in cui è stato scavato o nel caso di riutilizzo in altro sito in qualità di "terra e roccia da scavo" si dovrà fare riferimento ai contenuti del D.P.R. n.120 del 13 giugno 2017 *"Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164"*.

N.B. Si specifica che ai sensi del succitato D.P.R. le analisi di caratterizzazione chimico-fisiche tese alla verifica di eventuali superi delle CSC delle colonne A/B di cui all'allegato 5 al titolo V della parte quarta del D.Lgs 152/06, sono sempre dovute, anche in caso di riutilizzo nello stesso sito.

13 CONCLUSIONI

La presente *relazione geologica, di analisi della pericolosità sismica e le correlate indicazioni geotecniche* è stata eseguita per lo "SECONDA VARIANTE AL PIANO PARTICOLAREGGIATO DI INIZIATIVA PUBBLICA CONCERNENTE INTERVENTI NELLA "AREA NORD" DI VADO LIGURE DELLO STABILIMENTO INFINEUM ITALIA Srl. E REALIZZAZIONE DELLE RELATIVE OPERE DI URBANIZZAZIONE

L'area di sedime ricade all'interno della superficie comunale di Vado Ligure, in località Bossarino entro e al di fuori dello stabilimento Infineum - area Nord.

La relazione ha permesso la caratterizzazione e la modellazione geologica del sito con sufficiente approssimazione e la definizione di massima del modello geotecnico necessario al congruente sviluppo del progetto nelle sue diverse e successive articolazioni progettuali, secondo le "Norme tecniche per le Costruzioni" di cui D.M. 17.01.2018.

Alla luce delle indicazioni progettuali ad oggi in possesso e delle indagini tecniche eseguite, le previsioni di S.U.A. risultano fattibili e compatibile con le peculiarità geologiche e idro-geomorfologiche del sito.

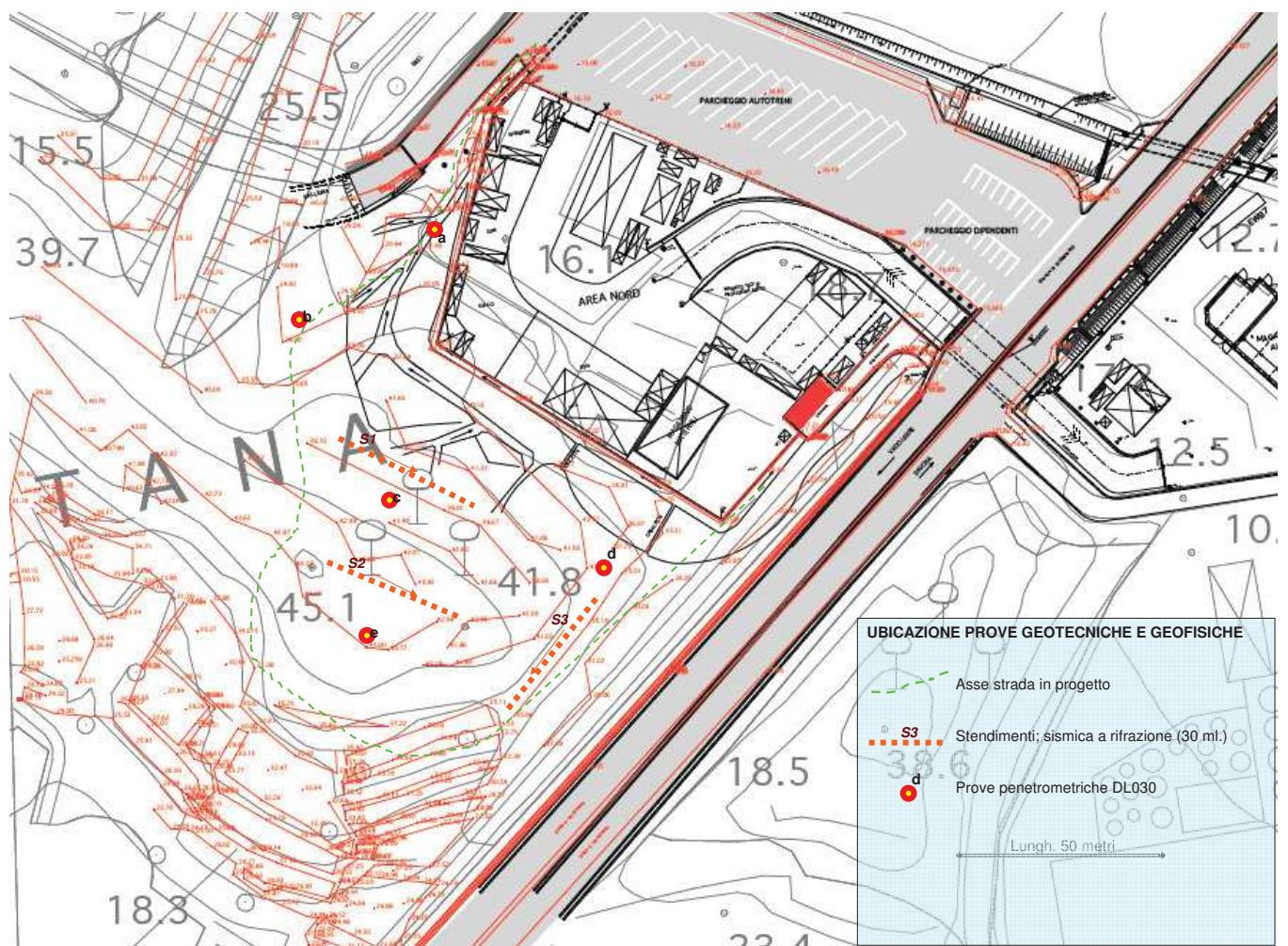
Tale assunto non può tuttavia prescindere dal fatto che, nelle successive fasi progettuali di carattere definitivo ed esecutivo, dovranno essere necessariamente eseguite indagini suppletive e valutazioni suppletive di carattere geologico e geotecnico. Tali ulteriori sviluppi saranno oggetto di approfondimento nelle relazioni geologiche e geotecniche indicate alle successive fasi progettuali.

Quiliano settembre 2025



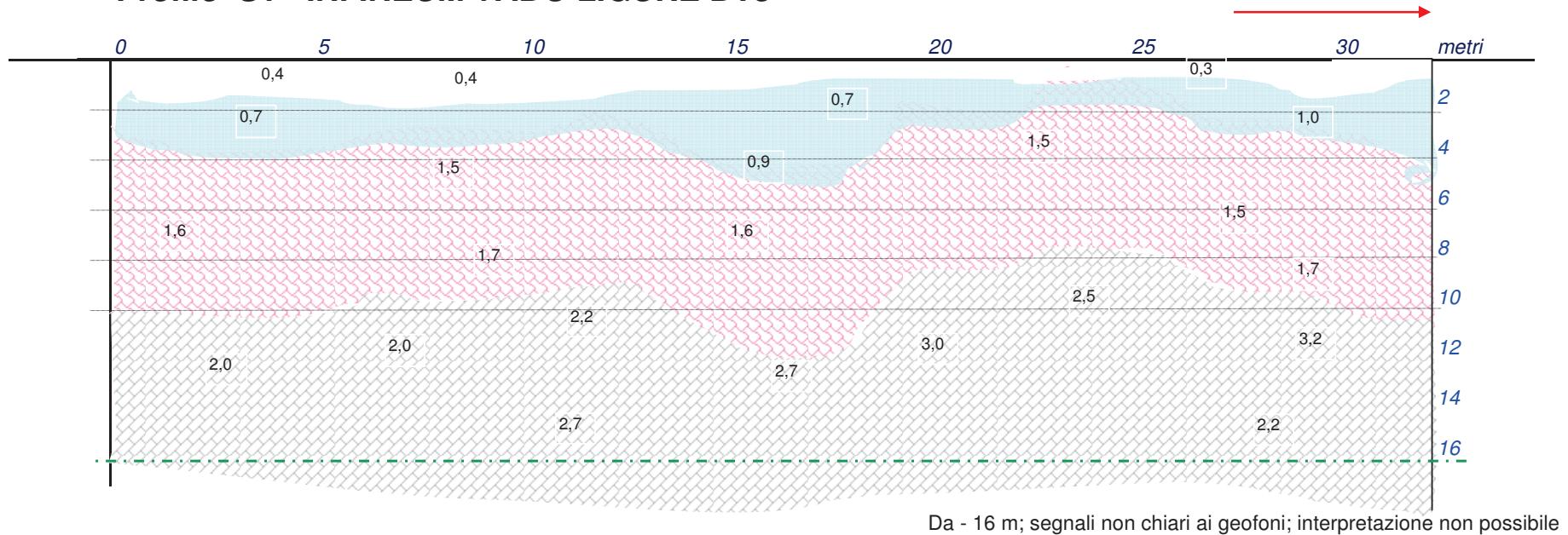
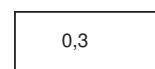
il tecnico

Dott. Geol. Dario Costantini

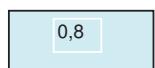


Stendimento Superficiale Sismica a rifrazione

Lunghezza 30 m - n° geofoni 13 - equidistanza 2,5 m

Profilo S1 - INFINEUM VADO LIGURE DT8**Stratigrafia interpretativa**

Livello A - terreno poco consistente; velocità di propagazione delle onde sismiche < 600 m/s



Livello B - limo e sabbia, velocità di propagazione delle onde sismiche > 600 m/s, < 1.200 m/s



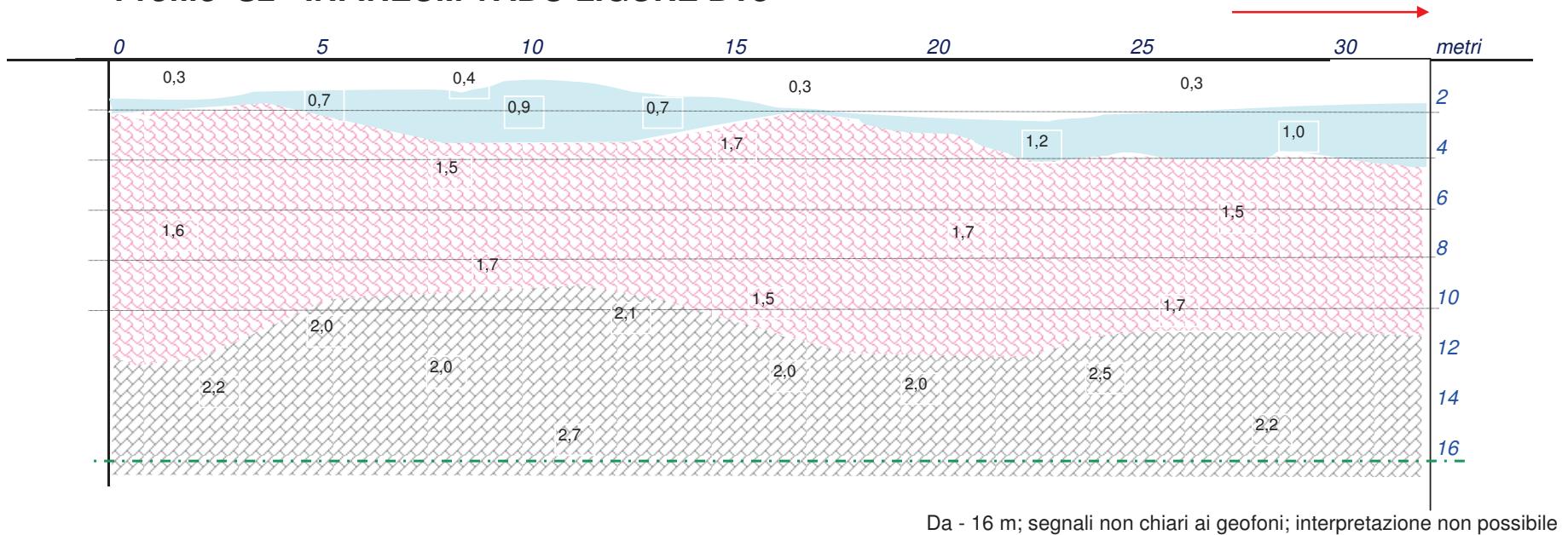
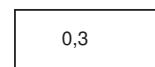
Livello C - sabbia fine velocità di propagazione delle onde sismiche > 1.500 m/s, < 1.700 m/s



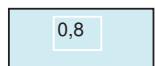
Livello D - terreno (granulare) compatto; velocità di propagazione delle onde sismiche > 2.000 m/s

Stendimento Superficiale Sismica a rifrazione

Lunghezza 30 m - n° geofoni 13 - equidistanza 2,5 m

Profilo S2 - INFINEUM VADO LIGURE DT8**Stratigrafia interpretativa**

Livello A - terreno poco consistente; velocità di propagazione delle onde sismiche < 600 m/s



Livello B - limo e sabbia, velocità di propagazione delle onde sismiche > 600 m/s, < 1.200 m/s



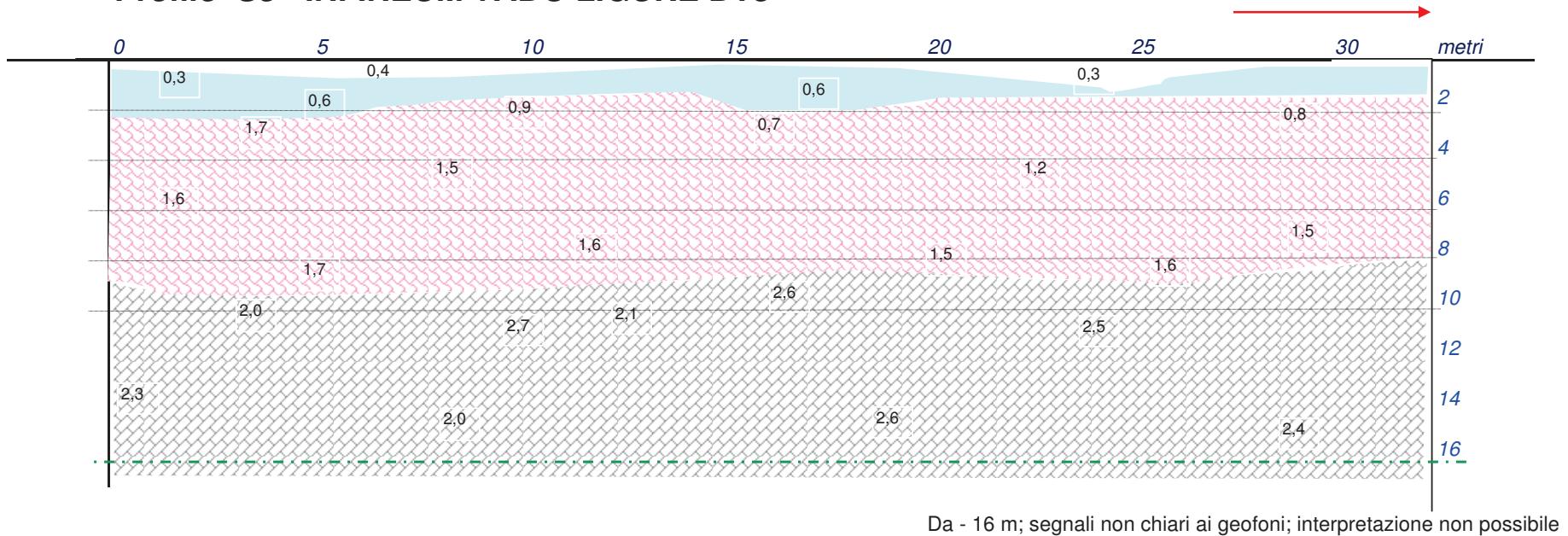
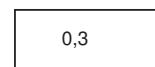
Livello C - sabbia fine velocità di propagazione delle onde sismiche > 1.500 m/s, < 1.700 m/s



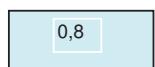
Livello D - terreno (granulare) compatto; velocità di propagazione delle onde sismiche > 2.000 m/s

Stendimento Superficiale Sismica a rifrazione

Lunghezza 30 m - n° geofoni 13 - equidistanza 2,5 m

Profilo S3 - INFINEUM VADO LIGURE DT8**Stratigrafia interpretativa**

Livello A - terreno poco consistente; velocità di propagazione delle onde sismiche < 600 m/s



Livello B - limo e sabbia, velocità di propagazione delle onde sismiche > 600 m/s, < 1.200 m/s

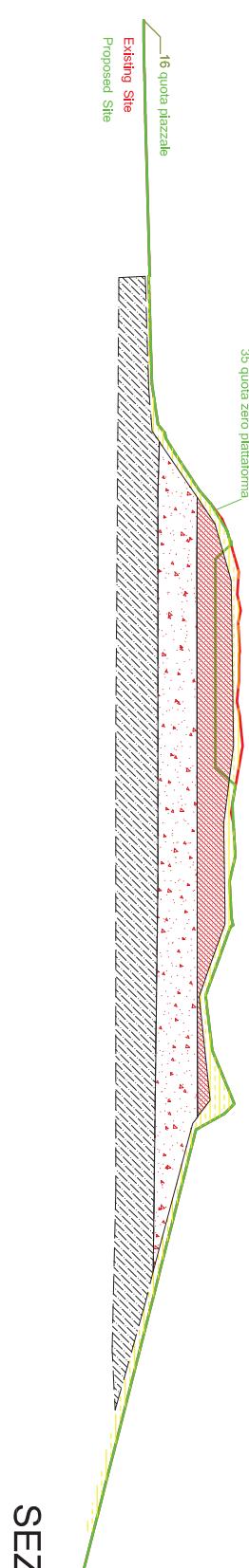


Livello C - sabbia fine velocità di propagazione delle onde sismiche > 1.500 m/s, < 1.700 m/s

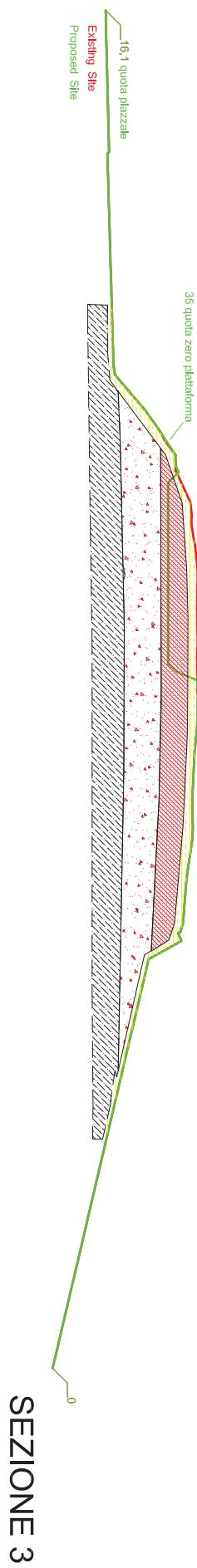


Livello D - terreno (granulare) compatto; velocità di propagazione delle onde sismiche > 2.000 m/s

SEZIONE GEOLOGICA INTERPRETATIVA



SEZIONE 2



SEZIONE 3

ORIZZONTE A - fino a circa 2,0 m da p.c. limo argilloso giallinio, mediamente plastico, coesivo

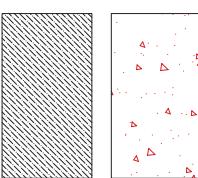
ORIZZONTE B - da 2,0 m a oltre 10,0 m da p.c. limo sabbioso rossastro, mediamente coesivo N10=10

ORIZZONTE C - da 10,0 m a oltre 20,0 m da p.c. limo sabbioso rossastro, scarsamente coesivo N10=15

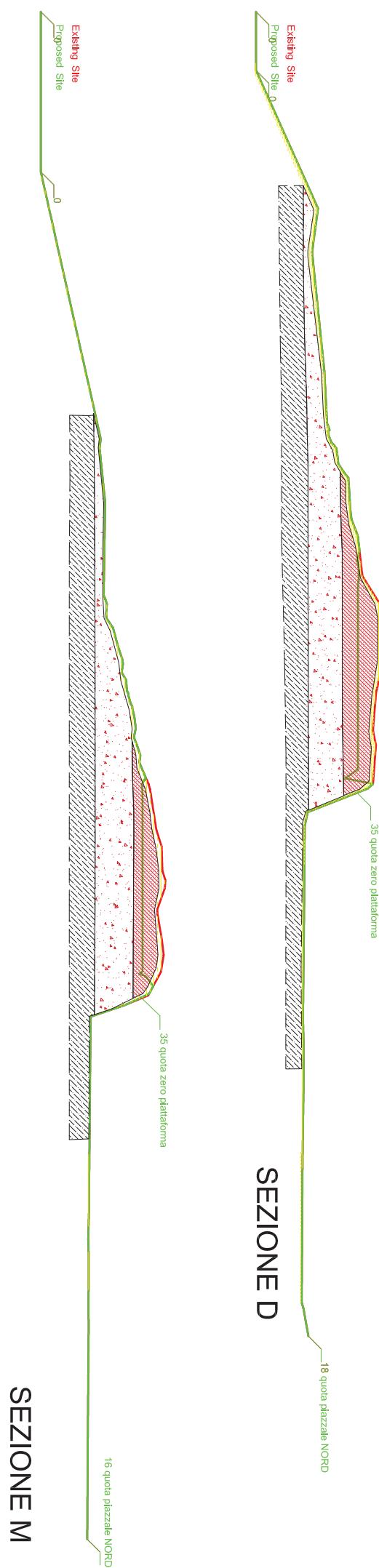
ORIZZONTE D - a partire da 20,0 m da p.c. argille di Ortovero, conglomerati/sabbie/limi sabbiosi compatti N10=18-20

STATO ATTUALE

STATO DI PROGETTO



SEZIONE GEOLOGICA INTERPRETATIVA



ORIZZONTE A - fino a circa 2,0 m da p.c. limo argilloso giallinino, mediamente plastico, coesivo

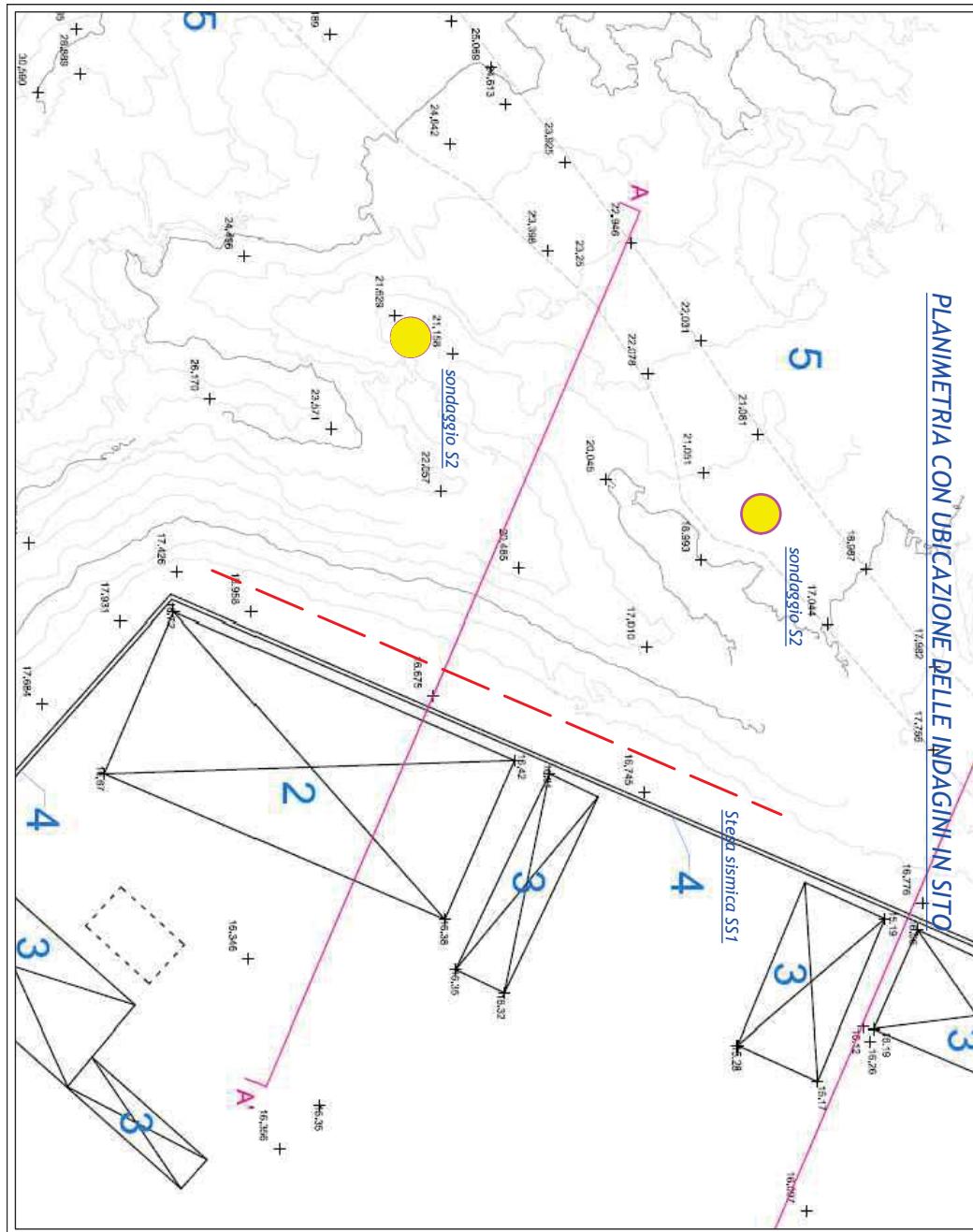
ORIZZONTE B - da 2,0 m a oltre 10,0 m da p.c. limo sabbioso rossastro, mediamente coesivo N10=10

ORIZZONTE C - da 10,0 m a oltre 20,0 m da p.c. limo sabbioso rossastro, scarsamente coesivo N10=15

ORIZZONTE D - a partire da 20,0 m da p.c. argille di Ortovero, conglomerati/sabbie/limi sabbiosi compatti N10=18-20

STATO ATTUALE ————— STATO DI PROGETTO —————

PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI IN SITO



PROVINCIA DI SAVONA COMUNE DI VADO LIGURE



REPORT DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITA IN COMUNE DI VADO LIGURE (SV) - AREA NORD DI INFINEUM -

COMMITTENTE:

ECOGRID S.R.L.

Rev. 0	n° documento	Data	certificato
	141/2022/S-V	11/05/2023	n. 141/2022/S-R del 11/05/2023

Georicerche Srl

Sede Amministrativa

Via Veneto 40,
35020 Due Carrare (PD)
Tel. 049-9125045
Fax 049-9125122

Sede Legale
Via Z.I. Ora Nord, 5
39040 Ora (BZ)
Tel. 0471-279846

www.georicerche.com
mail@georicerche.com
C.F./P.Iva 02352180216
Cap. Soc. € 100.000,00 I.V.



INDICE

1	PREMESSA	2
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
3	DESCRIZIONE DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI	
	GEOGNOSTICHE ESEGUITA	4
3.1	Sondaggi a carotaggio continuo	4
3.2	Prelievo campioni	6
4	PROVE IN FORO	7
4.1	Prove S.P.T.	7

1 PREMESSA

Su incarico e per conto dell'impresa ECOGRID S.R.L. nel periodo compreso tra il 24 e il 27 del mese di aprile 2023 è stata eseguita una campagna di indagini geognostiche in sito nel comune di Vado Ligure, in provincia di Savona (SV) – Area Nord di Infineum.

Le attività sono state eseguite secondo le specifiche fornite dalla D.LL./Progettista ed hanno riguardato:

- l'esecuzione di n.2 sondaggi a carotaggio continuo;
- l'esecuzione di prove in foro (S.P.T);
- il prelievo di campioni indisturbati di sottosuolo da sottoporre a successive analisi di laboratorio.

La presente relazione descrive le attività svolte e le modalità operative e costituisce il “Resoconto dell'attività svolta sul sito” così come previsto dal comma 8 della Circolare Ministeriale 08 settembre 2010, n. 7619/STC.

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il carotaggio, l'installazione delle attrezzature e l'esecuzione delle prove in situ, sono state eseguite in ottemperanza alle normative di riferimento elencate di seguito:

- AGI: "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche. Giugno 1977;
- Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione" D.M. 11.03.1988;
- Norme standard previste per l'esecuzione delle prove in situ (ASTM, AASHO, AASHTO);
- UNI EN 1997-2:2007: "Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo".

3 DESCRIZIONE DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITA

Come accennato nella premessa, l'indagine geognostica ha riguardato:

- l'esecuzione di n.2 sondaggi a carotaggio continuo spinti fino alla profondità massima di 15.00 m da p.c.;
- l'esecuzione di n.10 prove in foro tipo S.P.T.;
- il prelievo di n.2 campioni indisturbati di sottosuolo da sottoporre a successive analisi di laboratorio.

3.1 Sondaggi a carotaggio continuo

Le perforazioni geognostiche sono state eseguite a carotaggio continuo utilizzando un carotiere di tipo semplice del diametro di 101 mm e rivestimento provvisorio del diametro di 127 mm per il sostentamento delle pareti del foro.

Per ciascun sondaggio è stata redatta, a cura del geologo responsabile del cantiere, la stratigrafia dove sono riportate le seguenti informazioni:

- data di inizio e fine della perforazione;
- caratteristiche dell'attrezzatura di perforazione;
- descrizione litostratigrafica;
- prove in foro: valori S.P.T.;
- quota livello di falda;
- altre informazioni quali: quota del rivestimento del foro e diametro, schema della tubazione installata ecc.

Le carote prelevate nel corso dei sondaggi sono state custodite in apposite cassette catalogatrici munite di coperchio e successivamente fotografate assieme ad opportuni riferimenti cromatici.

Per poter portare a termine la campagna di indagini geognostiche i sondaggi sono stati realizzati mediante l'impiego di una perforatrice idraulica PUNTEL modello PX 600 (Figura 3.1), montata su carro cingolato, avente le seguenti caratteristiche tecniche (Tabella 3.1).

Casa Costruttrice	Modello	Anno di costruzione	Coppia (daNm)	Pompa fanghi (l/min)	Tiro (kN)	Spinta (kN)
PUNTEL	PX 600	1991	650	200	55	20

Tabella 3.1. Caratteristiche perforatrice PUNTEL PX 600.



Figura 3.1. Perforatrice idraulica PUNTEL PX 600 utilizzata.

3.2 Prelievo campioni

Durante l'indagine geognostica, nel corso del sondaggio denominato S2, sono stati prelevati n.2 campioni indisturbati di sottosuolo.

La sigla, il tipo e le quote di prelievo dei campioni vengono riportate nella successiva Tabella 3.2.

Sondaggio	Sigla campione	Profondità (m da p.c.)		Tipo campione
		da	a	
S2	Cl.1	7,50	8,20	Indisturbato
	Cl.2	10,40	11,10	Indisturbato

Tabella 3.2. Elenco campioni prelevati.

4 PROVE IN FORO

4.1 Prove S.P.T.

Durante l'avanzamento della perforazione all'interno del foro di sondaggio sono state eseguite prove S.P.T. (ASTM D1586/68: "Standard Penetration Test and Split-Barrel Sampling of Soil") dove la natura dei terreni ha reso possibile l'esecuzione della prova.

La prova Standard Penetration Test consiste nella infissione a percussione, secondo una procedura standardizzata, di una punta di acciaio chiusa nel fondo di un foro di sondaggio e nella registrazione dei colpi necessari per una penetrazione di 30 cm (Nspt). Quando l'avanzamento con 50 colpi è inferiore a 15 cm oppure quando, una volta superati i primi 15 cm di infissione, si raggiunge il numero di 100 colpi totali senza aver completato l'infissione, il rapporto di prova riporta il simbolo "Rif." (rifiuto) e i cm penetrati.

Di seguito si riportano le caratteristiche del sistema di infissione:

- Peso del maglio: 63.5 kg
- Corsa caduta del maglio: 760 mm
- Diametro esterno campionatore: 51 mm
- Lunghezza campionatore: 457 mm

In Tabella 4.1 si riporta la distribuzione di tutti gli S.P.T. eseguiti e i valori di battuta ottenuti.

Sondaggio	Inizio prova (m da p.c.)	Tipo di punta	N. Colpi			Nspt
			15 cm	30 cm	45 cm	
S1	3.00	P.C.	4	5	7	12
	6.00	P.C.	6	11	15	25
	9.00	P.C.	6	11	17	28
	12.00	P.C.	4	5	5	10
	15.00	P.C.	14	24	30	54

S2	3.00	P.C.	10	14	10	24
	6.00	P.C.	4	5	6	11
	9.00	P.C.	5	7	14	21
	12.00	P.C.	4	5	7	12
	15.00	P.C.	17	27	48	75

Tabella 4.1. Valori prova S.P.T. per i sondaggi S1 ed S2.

Due Carrare, 11 maggio 2023

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA SONDAGGI



FOTO 1

CASSETTA 1 SONDAGGIO S1



FOTO 2

CASSETTA 2 SONDAGGIO S1



FOTO 3

CASSETTA 3 SONDAGGIO S1



FOTO 4

CASSETTA 1 SONDAGGIO S2

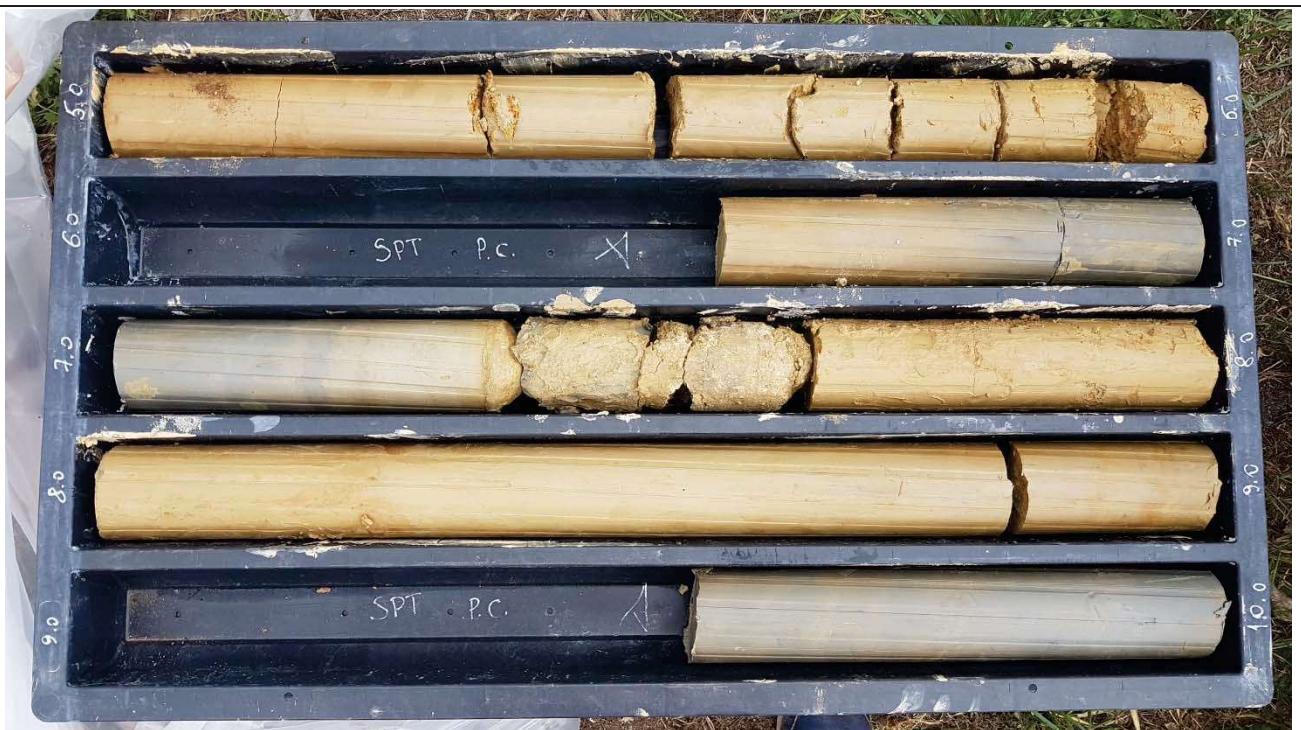


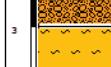
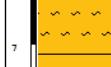
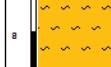
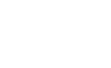
FOTO 5

CASSETTA 2 SONDAGGIO S2



FOTO 6

CASSETTA 3 SONDAGGIO S2

Committente Infineum Italia		Profondità raggiunta -15 mt		Quota Ass. P.C.		Certificato n°		Pagina
Operatore Rotari Oleg		Indagine area Nord extramoenia Demont		Note		Inizio/Fine Esecuzione 26-27/05/2023		
Responsabile geol. Dario Costantini		Sondaggio Sondaggio S1		Tipo Coraggio a rotazione		Tipo Sonda		Coordinate X Y
Scava (mt)	Ulitogia	Descrizione	Quota	%Ceraggio R.Q.D.	S.P.T. (n° Colpi)	Portate Test kg/cm ²	Vane Test kg/cm ²	Campioni
								Modalità Perforazione
								Metodo Stabilizzaz.
								Cass. Coring
								Falla
								Altre prove Altre prove
								Piezometro (P) o Inclinometro (I)
1		terreno pedogenico superficiale alterato di colore marroncino	1.20	%C=65				
2		coltri eluviali detritiche sabbiosi-limose di colore marroncino incoerenti		%C=60				
3		terreni sedimentari limoso-argillosi con debole percentuale di sabbie - colore marroncino - comportamento debolmente coesivo	3.00		4-5-7 3.00 PC			
4								
5								
6								
7								
8								
9		terreni sedimentari limoso-argillosi con scarsa percentuale di sabbie - colore grigio - comportamento debolmente coesivo	9.00		6-11-17 9.00 PC		8.50 8.65	
10								
11								
12								
13								
14								
15			15.00		14-24-30 15.00 PC		(CS) 15.00 15.00	(RM)
16								

Committente Infinium Italia		Profondità raggiunta -15 mt			Quota Ass. P.C.		Certificato n°		Pagine	
Operatore Rotari Oleg		Indagine area Nord extramoenia Demont			Note1				Inizio/Fine Esecuzione 26-27/05/2023	
Responsabile geol. Dario Costantini		Sondaggio Sondaggio S2			Tipo Carotaggio a rotazione		Tipo Sonda		Coordinate X, Y	
Sola (mt)	Utoligia	Descrizione		Quota	%Carotaggio R.Q.D.	S.P.T. (n° Colpi)	Pocket Test Vane Test Kolheng	Campioni	Metodo Perforazione	Metodo Stabilizzaz.
										Casi, Catalog.
										Falla
										Alte prove
										Alte prove
1		terreno pedogenico superficiale alterato di colore marroncino		1.00	%C=65					
2		coltri eluviali detritiche sabbiosa-limoso di colore marroncino incoerenti			%C=60					
3						10-14-10 3.00 PC				
4				4.50						
5		terreni sedimentari limoso-argillosi con debole percentuale di sabbie - colore marroncino - comportamento debolmente coesivo				4-5-6 6.00 PC				
6										
7										
8										
9										
10										
11				11.60						
12		terreni sedimentari limoso-argillosi con scarsa percentuale di sabbie - colore grigio - comportamento debolmente coesivo				4-5-7 12.00 PC				
13										
14										
15				15.00		17-27-48 15.00 PC				
16										

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

Committente: soc. Infineum Italia
Cantiere: area Nord
Località: Vado Ligure

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: PROVE SPT IN FORO

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,76 m
Peso sistema di battuta	4,2 Kg
Diametro punta conica	50,46 mm
Area di base punta	20 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	7 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80 m
Avanzamento punta	0,30 m
Numero colpi per punta	N(30)
Coeff. Correlazione	0,997
Rivestimento/fanghi	Si
Angolo di apertura punta	60 °

SONDAGGIO S1

Strumento utilizzato...

PROVE SPT IN FORO

Prova eseguita in data

30/05/2023

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi
3,15	4
3,30	5
3,45	7
6,15	6
6,30	11
6,45	15
9,15	6
9,30	11
9,45	17
12,15	5
12,30	5
12,45	5
15,15	14
15,30	24
15,45	30

SONDAGGIO S2

Strumento utilizzato...PROVE SPT IN FORO

Prova eseguita in data

30/05/2023

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi
3,15	10
3,30	14
3,45	10
6,15	4
6,30	5
6,45	6
9,15	5
9,30	7
9,45	14
12,15	4
12,30	5
12,45	7
15,15	17
15,30	27

COMUNE DI VADO LIGURE (SV)

PROSPEZIONI GEOFISICHE (TOMOGRAFIE SISMICHE E MASW)

***PROGETTO DI REVISIONE E AMPLIAMENTO DELL'AREA SPOGLIATOI LUNGO IN
AREA NORD – OFFICINA DEMONT- PRESSO STABILIMENTO INFINEUM,
LOCALIZZATO SUL TERRITORIO DEL COMUNE DI VADO LIGURE.***



1. PROSPEZIONI SISMICHE MEDIANTE STENDIMENTI TOMOGRAFICI: CENNI TEORICI

1.1. METODOLOGIA D'INDAGINE SISMICA DA SUPERFICIE

Nel metodo in questione viene considerata la rifrazione, in corrispondenza di interfacce sepolte che separano mezzi in differenti condizioni di densità, di onde elastiche generate artificialmente in superficie. Sempre presso la superficie vengono disposti - a distanza reciproca nota e normalmente costante - particolari sensori (geofoni) in grado di avvertire la perturbazione propagatasi nel volume solido sottostante a seguito della generazione di un'onda elastica ad un istante noto; i geofoni traducono la sollecitazione in un segnale elettrico ed attraverso un cavo multipolare trasferiscono quest'ultimo ad uno strumento di registrazione (sismografo multicanale). Il sismografo digitalizza i segnali ricevuti dai geofoni e registra i "sismogrammi" sotto forma di files.

I sismogrammi sono visualizzabili in un grafico binario nel quale vengono rappresentati per ogni canale (ognuno corrispondente ad un geofono) il dominio dei tempi sull'asse orizzontale (nell'ambito della "finestra di campionamento" scelta) e l'ampiezza del segnale elettrico (\pm mV) sull'asse verticale.

La prima perturbazione elastica ricevuta da ogni geofono a seguito della generazione dell'impulso può avere seguito un percorso "diretto" (ossia il tragitto più breve tra sorgente e ricevitore) oppure avere subito una o più "total-rifrazioni" presso superfici di discontinuità tra materiali caratterizzati da differenti stati di addensamento (nel presente metodo le riflessioni, sebbene spesso ben riconoscibili, non vengono considerate). Oltre una certa distanza definita "critica" i raggi rifratti raggiungeranno i geofoni in superficie prima dei raggi diretti, nonostante il tragitto percorso sia più lungo, in virtù del tratto percorso a velocità più elevata presso l'interfaccia. La trattazione teorica che sta alla base del metodo si basa sui principi e sulle leggi dell'ottica.

La configurazione ottimale dei parametri di acquisizione (distanza intergeofonica, numero di energizzazioni, geometria dello stendimento, lunghezza temporale della registrazione, ecc.) è necessariamente definita in situ in funzione delle condizioni logistiche, della presenza o meno di fonti di disturbo nei pressi e delle finalità dell'indagine. Le velocità sismiche sono proporzionali al grado di addensamento dei materiali entro i quali la perturbazione elastica si propaga e, nel caso di ammassi rocciosi, possono essere indicative delle condizioni geomeccaniche degli stessi.

1.2. CENNI SULLA TECNICA DI MODELLIZZAZIONE TOMOGRAFICA DEI DATI SISMICI

Il metodo sismico tomografico costituisce una tecnica geofisica particolarmente utile per la ricostruzione della distribuzione dei valori di velocità di propagazione delle onde elastiche nei terreni e negli ammassi rocciosi. L'elevato potere risolutivo del metodo ne consente l'applicazione in svariati campi, quali:

- ricostruzione di strutture geologiche complesse in cui sia necessario individuare geometrie ed assetti con elevata precisione
- individuazione di anomalie di velocità (cavità, fratture, porzioni ammalorate all'interno di ammassi rocciosi)
- indagini archeologiche
- valutazione delle condizioni strutturali di manufatti

L'apporto significativo di informazioni ottenibili attraverso la metodologia di prospezione sismica tomografica non trova riscontro nelle tecniche di elaborazione tradizionali dell'indagine sismica, il cui utilizzo resta comunque di importanza cruciale per una corretta definizione dei parametri di input, e costituisce un elemento integrativo di grande importanza per la ricostruzione di dettaglio di strutture complesse.

Il metodo consiste in una particolare e complessa modalità di acquisizione, trattamento e rappresentazione grafica di dati di carattere sismico, il cui risultato finale fornisce una mappatura dettagliata della variazione dei valori di velocità sismica in una sezione piana contenente sia le sorgenti energizzanti che i sensori (geofoni). Poiché le caratteristiche meccaniche di un materiale influenzano in modo determinante la velocità con cui un'onda elastica si propaga al suo interno, ne consegue che tanto più è dettagliata e precisa la conoscenza della distribuzione dei valori di velocità, tanto più definita è la caratterizzazione fisico - meccanica del materiale indagato. Le velocità di propagazione delle onde elastiche vengono valutate attraverso la misura dei tempi di percorrenza necessari alle onde stesse per propagarsi dalle sorgenti (posizionate in superficie e/o in foro) ai sensori (geofoni da foro e/o da superficie).

Il piano verticale che interseca la superficie topografica lungo lo stendimento sismico viene suddiviso dal software di elaborazione, fino alla massima profondità di investigazione e limitatamente al campo coperto dai "ray - paths" (si rimanda, nello specifico, alle tavole allegate relative alla distribuzione di raggi sismici), in celle elementari le cui dimensioni sono condizionate dalla spaziatura tra i sensori e dalla quantità di sorgenti di energizzazione disponibili. Il processo prevede normalmente l'assunzione di un "modello sintetico" di partenza (*pseudosezione*) che viene confrontato in termini di velocità delle singole celle con i dati acquisiti.

Rayfract, ovvero il software di tomografia sismica utilizzato nello specifico, impiega le soluzioni "Eikonal" per il calcolo dei tempi di percorso e per la modellazione della diffrazione, la rifrazione e la trasmissione delle onde sismiche. Il modello sintetico iniziale o "modello di primo tentativo" ("1D gradient initial model": gradiente monodimensionale di velocità) è generato su richiesta dal software partendo dalle dromocronie: queste, nota la geometria di acquisizione, vengono ricostruite punto per punto manualmente (evitando le funzioni di "picking automatico") individuando il primo arrivo del fronte d'onda di pressione ad ogni geofono generato attraverso ogni energizzazione. Il modello di primo tentativo viene utilizzato come modello sintetico di partenza sul quale si procede con le inversioni tomografiche attraverso l'algoritmo di calcolo "Wavepath Eikonal Traveltime tomography", (Schuster 1993; Watanabe 1999).

Le inversioni numeriche, attraverso vincoli impostati dall'utente, procedono fino a raggiungere la miglior convergenza possibile tra i primi arrivi di campagna e quelli sintetici.

Il grado di convergenza (sovrapponibilità tra il modello sintetico raffinato ed il dato misurato) è quantitativamente apprezzabile attraverso il valore "RMS Error %" associato ad ogni modello tomografico, consultabile negli allegati sotto forma di stringa di testo individuabile a fondo pagina insieme al numero di iterazioni di calcolo eseguite ("# WET iterations") ed alla tipologia di modello di partenza utilizzato ("1D-Gradient smooth initial model"): sul piano teorico, minore è il valore "RMS Error %" maggiore è la "bontà" del modello finale fornito e di conseguenza il grado di affidabilità dello stesso.

La tecnica tomografica "Wavepath Eikonal Traveltime tomography" modella i percorsi multipli della propagazione del segnale che contribuiscono ad un primo arrivo. Il procedimento "Eikonal", utilizzato per il calcolo dei tempi di percorso, è in grado di modellare sia la diffrazione che la rifrazione e la trasmissione diretta delle onde sismiche. Di conseguenza la capacità di *Rayfract* di fornire l'immagine di un'anomalia di

velocità è normalmente superiore rispetto a quella degli altri codici di calcolo tomografici presenti sul mercato, che trattano il percorso di un raggio sismico in modalità convenzionale.

1.3. MODALITÀ OPERATIVE PER LA REGISTRAZIONE DELLO STENDIMENTO SISMICO

Lo stendimento sismico a 17 geofoni, è stato registrato utilizzando geofoni verticali SunFul con frequenza centrale di 40 Hz. Lo sviluppo e l'ubicazione dello stendimento sismico tomografico a rifrazione SS1 (così come dello stendimento MASW, di cui si scriverà nel seguito) è riscontrabile nello stralcio di immagine satellitare seguente. Esso è stato rappresentato in giallo.



Per la generazione delle onde di pressione (onde "p") è stata utilizzata una mazza battente (mazza con testa da 8.0 kg) accelerata a mano. Lo strumento di contrasto è costituito da una piastra circolare in ghisa poggiata al suolo. Il tempo zero è comunicato via cortocircuito tra testa della mazza e piastra al suolo.

Presso ogni stazione di energizzazione sono state effettuate operazioni di *stacking* (sommatoria incrementale del segnale proveniente da più energizzazioni) al fine di ottimizzare il rapporto tra il segnale utile ed il disturbo.

Le caratteristiche specifiche dello stendimento sono riportate nella tabella seguente.

Stendimento	Copertura geofoni (m)	Offset (m)	Lunghezza totale (m)	n° shot points	g spacing (m)	n° geofoni
SS1	48.0	3.0 - 3.0	54.0	10	3.0	17

La registrazione dei dati è stata effettuata mediante un'unità Seismic Source "DaqLink III" dotata di convertitore A/D a 24 bit e corredata di pc portatile, cavo multipolare a 24 take-out e geofoni verticali SunFul 40 Hz.



Sistema di acquisizione Seismic Source Daq Link III

La copertura del semipiano investigato attraverso la propagazione dei raggi sismici presso gli stendimenti tomografici è visibile in allegato (“Ray coverage”, Tav. 1). Nello stesso allegato è stato riportato il diagramma dromocronico.

Il rapporto segnale - disturbo ambientale è risultato soddisfacente.

Il valore "RMS ERROR", pari a 0.9%, indica una convergenza estremamente accurata tra il modello sintetico ideale ed i dati reali acquisiti in loco.

1.4. RISULTATI OTTENUTI

I risultati dell'elaborazione tomografica sono visibili nel dettaglio nelle sezioni allegate.

1.5 RISULTATI DELLE INDAGINI MASW

Con l'entrata in vigore del D.M. 17.01.18, che sostituisce il D.M. 14.01.08 la stima della pericolosità sismica viene sempre definita mediante un approccio **“sito dipendente”**: l'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite “ultimi” e “di esercizio” presi in considerazione (SLO: Stato Limite di Operatività; SLD: Stato Limite di Danno; SLV: Stato Limite di salvaguardia della Vita; SLC: Stato Limite di prevenzione del Collaudo) viene definita partendo dalla **PERICOLOSITA' DI BASE** del sito di costruzione, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica.

Rispetto al precedente D.M. è stata però ridefinita la tabella delle CATEGORIE DI SOTTOSUOLO valida in caso sia possibile l'approccio "semplificato". Da essa sono state escluse le categorie S1 e S2:

Inoltre il parametro "V_{seq}" coincide con il "vecchio" parametro "V_{s30}" solo in caso di presenza di depositi di potenza superiore a 30 m. In tutti gli altri casi il parametro "V_{s,eq}" è definito dall'espressione seguente:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

con

h_i = spessore dello stato i-esimo

V_{s,i} = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato

N = numero di strati

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da Vs non inferiore a 800 m/sec

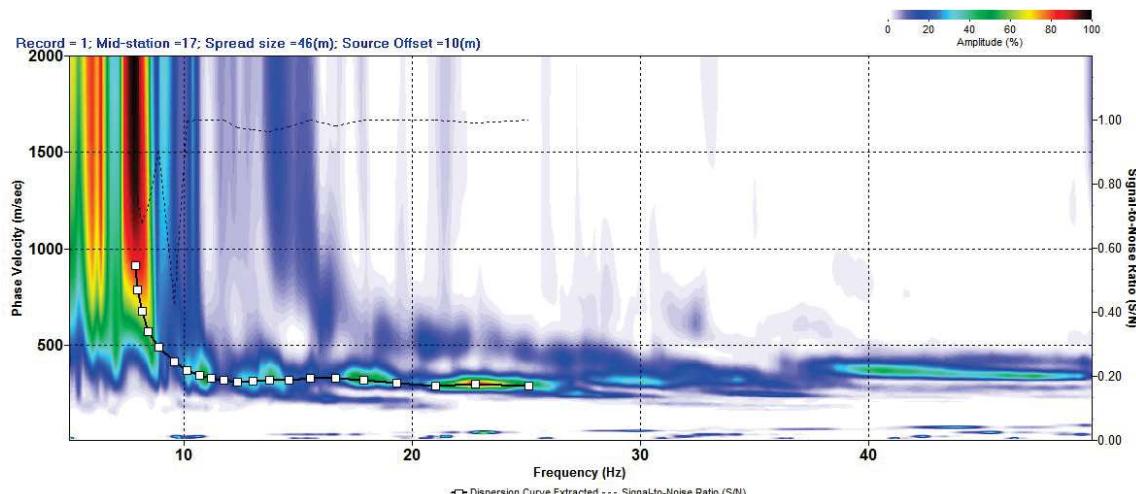
Quindi la "velocità equivalente" riguarda esclusivamente gli orizzonti di terreno soprastanti il bedrock rigido con Vs>800 m/s.

La "V_{s,eq}" e la conseguente CATEGORIA DI SOTTOSUOLO sono state definite, nel rispetto dei contenuti della Normativa vigente (che non consente più di ricavare la categoria di sottosuolo mediante N_{SPT,30} o C_{u,30}, attraverso l'acquisizione di uno stendimento sismico MASW.

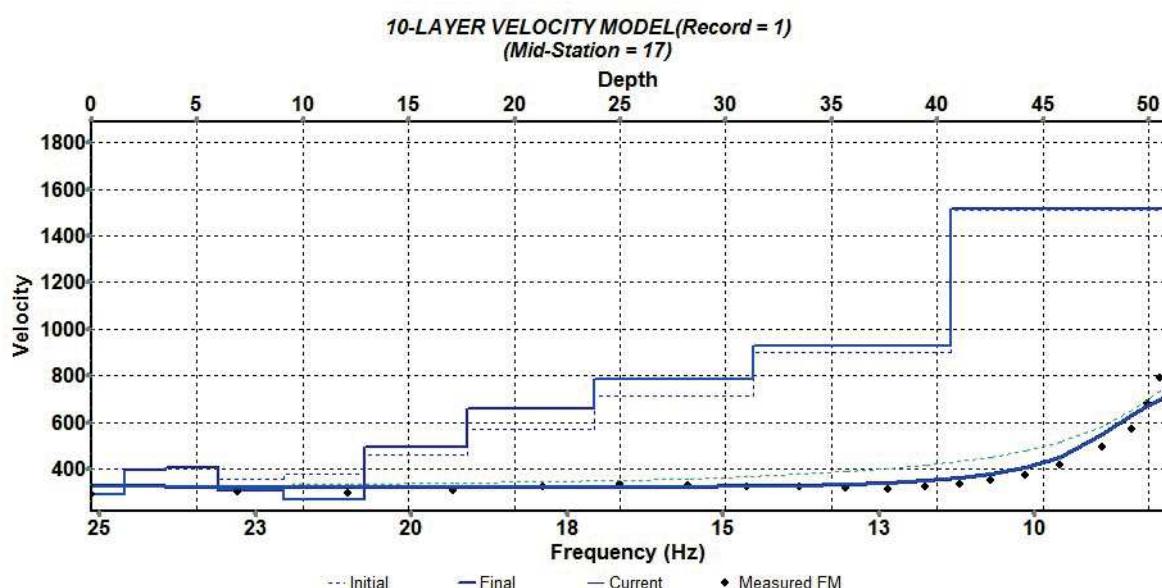
1.5 CLASSIFICAZIONE SISMICA – RISULTATI DELL'INDAGINE MASW

La curva di dispersione è risultata ben definita.

Il *picking* definitivo scelto dopo vari tentativi lungo i punti di massima ampiezza della curva di dispersione è illustrato nell'immagine seguente.



Nell'immagine seguente si illustra il profilo verticale delle onde di taglio ottenuto a seguito delle inversioni, impostando un modello di riferimento a sette strati. L'asse orizzontale indica le profondità dal piano campagna, l'asse verticale le velocità equivalenti delle onde di taglio.



La verticale di rigidità di riferimento è ubicata indicativamente a centro array.

A seguire la tabella numerica delle velocità delle onde di taglio Vs (m/s) riferite alle profondità di interfaccia (m).

prof. interfaccia	V _s
-1.577	291.581
-3.548	393.102
-6.012	403.302
-9.091	308.426
-12.940	268.624
-17.752	491.659
-23.767	660.531
-31.285	783.017
-40.683	929.526
-50.854	1515.108

Fino alla profondità di circa 6 m dal piano campagna si osserva una successione di orizzonti caratterizzati da Vs < 450 m/s riconducibili a materiali detritici molto scadenti.

Nell'intervallo di profondità compreso tra i 6.0 m e i 13.0 m circa si individua un'inversione di velocità che, con modalità differenti, è intuibile anche dalla sezione tomografica a rifrazione in termini di diminuzione dei gradienti verticali di velocità delle onde "p".

La fase litoide (ammasso argillitico in condizioni geomeccaniche scadenti) inizia ad essere presente a profondità prossime ai 18.0 m dal piano campagna. Condizioni geomeccaniche medie "discrete" (secondo la classificazione di Bieniawski) compaiono, secondo la MASW, a partire dalla profondità di circa 24.0 m dal piano campagna. Il bedrock "rigido" ex NTC 2018 (Vs > 800 m/s) compare a partire dalla profondità di circa 31.0 m dal piano campagna.

La velocità equivalente calcolata dal piano campagna al tetto del bedrock rigido risulta pari a:

$$V_{s,eq} = 451 \text{ m/s}$$

In sostanza, quindi, tra le fondazioni (previste per le strutture in progetto a piano campagna) e il tetto del bedrock rigido è presente uno spessore H = 31.3 m di terreni con Vs < 800 m/s pari a 12.5 m. Perciò H > 3.0 m, 360 < V_{s,eq} < 800, categoria di sottosuolo di riferimento secondo le NTC 2018 (approccio semplificato) **B**.

Stendimento SS1



Stendimento sismico tomografico SS1, estremo finale
(piastrelle in offset lato geofono G17)



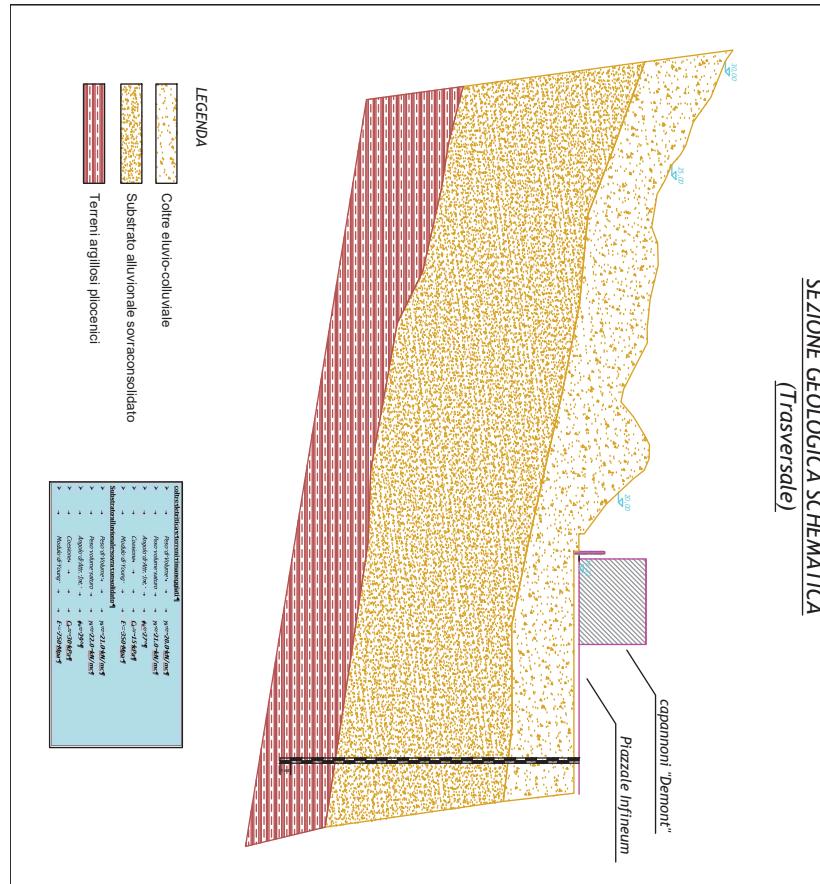
Stendimento sismico tomografico SS1, estremo iniziale
(piastrelle in offset lato geofono G1)

Stendimento MASW



Indagine MASW: prima energizzazione in offset ($D = 10$ m da geofono G1)

SEZIONE GEOLOGICA SCHEMATICA (Traversale)





d
r

Coperture detritiche / riporti potenti



Depositì di spiaggia



Depositì alluvionali (attuali, recenti, terrazzati)



Alluvioni antiche in facies generalmente conglomeratica a matrice sabbioso-argillosa, di colore giallastro



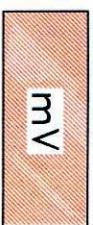
Argille marnose (argille di Ortovero, pliocene medio inferiore) grigio-azzurre, argille giallastre talora con intercalazioni sabbiose



Dolomie grigie (Dolomie di S. Pietro dei Monti)



Quarziti biancastre e scistose, quarziti verdastre e violacee (Quarziti di Ponte di Nava, Verrucano Brianzinese)



metavulcaniti, metagandesiti (Porfiroidi del Melogno, Formazione di Eze)

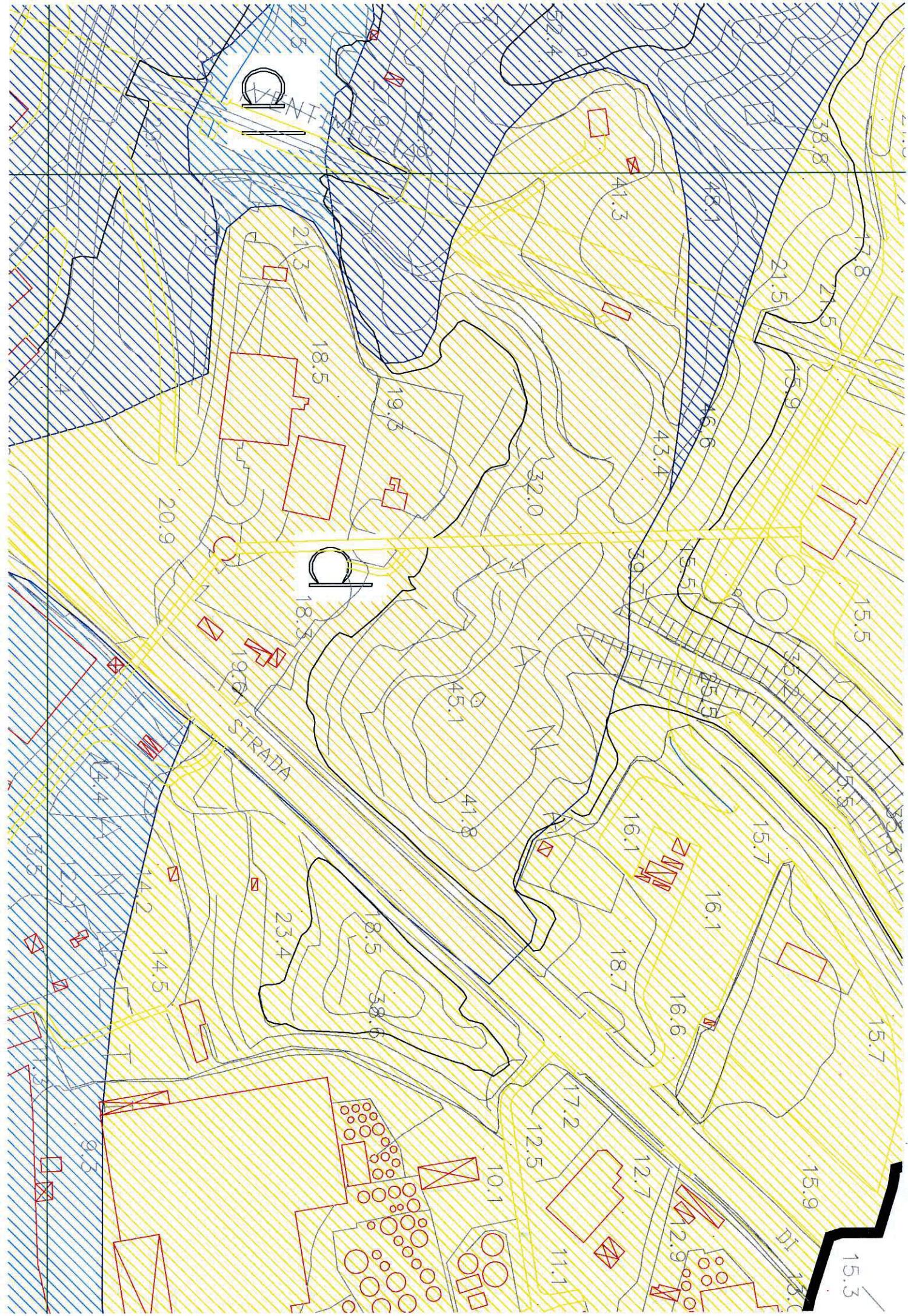


metasedimenti: micascisti filladici, scisti quarzoso-sericitici-actinolitici (scisti di Gorra, scisti di Viola, formazione di Murialdo, formazione di Olano con locali intercalazioni di metaandesiti della formazione di Eze)

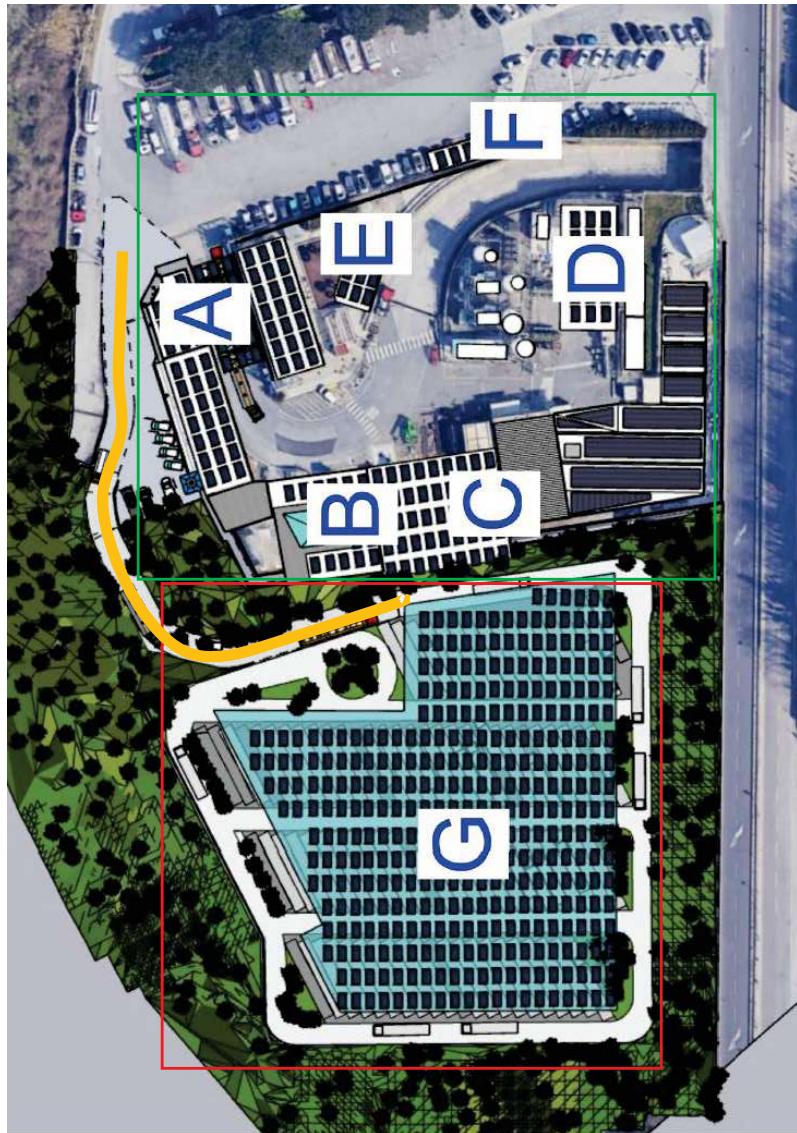


m

metasedimenti: micascisti filladici, scisti quarzoso-sericitici-actinolitici (scisti di Gorra, scisti di Viola, formazione di Murialdo, formazione di Olano con locali intercalazioni di metaandesiti della formazione di Eze)



CARTA DI SINTESI CON DESCRIZIONE



Collocazione su ortofoto dei singoli interventi in previsione

- INTERVENTO A - Realizzazione del volume ad uffici, officine e magazzini specifici inglobanti la destinazione dell'attuale guardiana (di Area Nord);
- INTERVENTO B - Realizzazione nuove officine Sikel con annessi uffici tecnici e servizi
- INTERVENTO C - Realizzazione del volume integrativo a magazzino officine/uffici e servizi
- INTERVENTO D - magazzino area "gas tecnici"
- INTERVENTO E - uffici corsi personale interno-esterno, servizi igienici centralizzati
- INTERVENTO F - Realizzazione del volume a servizio equipaggi mezzi pesanti in sosta
- INTERVENTO G - piazzale parcheggio autoveicoli pesanti
- INTERVENTI ACCESSORI - VIABILITÀ DI COMUNICAZIONE

CARTA DI SINTESI - ZONIZZAZIONE

Si individuano 3 zone principali in riferimento ad analoghe condizioni geologiche, rilevate in funzione delle pecularità realizzative e tipologia delle opere previste.

Interventi A-B-C-D-E-F:

Gli interventi in esame sono interamente realizzati in ambito di pianura, al di sopra dei sedimenti detritici costituiti da ciottoli e ghiaie limose; clasti monogenici, a spigoli arrotondati; colore giallastro; (classificazione USCS GM-SM) – comportamento scarsamente coesivo.

Gli interventi constano nella edificazione di strutture morfologicamente semplici, poste su più livelli fuoriterra e assenza di livelli interrati. In determinati casi i nuovi manufatto prevedono la demolizione delle strutture ad oggi esistenti.

Fattori geologici favorevoli:

- Assetto geomorfologico pianeggiante stabile con energia di rilevo nulla;
- Assetto idrologico superficiale già delineato e funzionale all'attuale attività industriale;
- Ridotte altezze di scavo che pur spartiti su ampie superfici, comportano volumi di movimenti terra di entità contenuta;

Fattori geologici sfavorevoli:

- terreno di fondazione noto per offrire una debole resistenza alla compressione per carichi verticali, specie in caso di interventi che non hanno in previsione livelli interrati, i quali sono utili a trasferire i carichi a maggiore profondità.
- possibilità di sedimenti differenziali in ragione al basso grado di addensamento dei livelli superficiali del terreno

Il bilancio tra i fattori favorevoli e sfavorevoli rende possibili i singoli interventi sono a condizione di una approfondita analisi degli eventuali sedimenti differenziali ipotizzabili presso le impronte delle singole strutture di fondazione. Tale analisi dovrà essere condotta mediante puntuali indagini geognostiche, le quali che dovranno comprendere anche una stima del modulo di deformazione dei livelli geologici di maggiore interesse (ovvero dei sedimenti verticali). I risultati di tali indagini saranno discriminanti nella scelta del sistema di fondazione superficiale (travi/platea) o profonda (micropali/pali di medio diametro).

Intervento G:

Gli interventi in esame sono interamente realizzati in ambito collinare, al di sopra dei sedimenti costituiti da materiali limoso-argillosi compatti con contenuto di sabbia da scarso a basso; colore marroncino-ocra ; (classificazione USCS CL) – comportamento debolmente coesivo.

Gli interventi constano nella edificazione di strutture morfologicamente semplici, costituite da un ampio piazzale ad uso parcheggio veicoli pesanti e assenza di livelli interrati.

Fattori geologici favorevoli:

- Assetto geomorfologico mediamente pendente ma stabile con energia di rilevo bassa (collocazione in ambito di crinale);
- Ridotte altezze di scavo che pur spartiti su ampie superfici, comportano volumi di movimenti terra di entità contenuta;

Fattori geologici sfavorevoli:

- Assetto idrologico superficiale non delineato e da progettare ex-novo in modo da essere funzionale all'ampia superficie impermeabile;
- terreno di fondazione noto per offrire una debole resistenza alla compressione per carichi verticali, specie in caso di interventi che non hanno in previsione livelli interrati, i quali sono utili a trasferire i carichi a maggiore profondità.
- possibilità di cedimenti differenziali in ragione al basso grado di addensamento dei livelli superficiali del terreno

Il bilancio tra i fattori favorevoli e sfavorevoli rende possibili i singoli interventi sono a condizione di:

- una approfondita analisi degli eventuali cedimenti differenziali ipotizzabili presso le impronte delle singole strutture di fondazione. Tale analisi dovrà essere condotta mediante puntuali indagini geognostiche, le quali che dovranno comprendere anche una stima del modulo di deformazione dei livelli geologici di maggiore interesse (ovvero dei cedimenti verticali). I risultati di tali indagini saranno discriminanti nella scelta del sistema di consolidamento del fondo stradale;
- un'accurata progettazione e dimensionamento del sistema di raccolta e regimazione delle acque meteoriche superficiali, il quale sarà da realizzarsi ex-novo. L'ampia metratura delle nuove zone impermeabili renderà necessaria una segmentazione del sistema di captazione delle acque bianche e la creazione di ampie vasche di raccolta delle acque meteoriche al fine di evitare il deflusso delle stesse in un'unica soluzione verso l'unica via di smaltimento presente in situ e rappresentata dal rio Tana.

Interventi accessori– vie di comunicazione tra le due U.O.I.

Trattasi degli interventi di maggiore complessità geotecnica in quanto sono posto in ambiti di passaggio tra la pianura e il crinale. Si sviluppano quindi per larga parte in ambito di versante, al di sopra dei sedimenti costituiti da materiali limoso-argillosi compatti che delle coltri eluviali che li ricoprono.

Constanteranno di tagli a mezza costa che necessitano inevitabilmente di opere di sostegno a valle e a monte degli stessi, al fine di garantire la stabilità delle carreggiate al passaggio dei rilevanti carichi stradali.

Fattori geologici sfavorevoli:

- Assetto geomorfologico mediamente pendente con energia di rilevo media;
- Elevati volumi di scavo e altezze di sbancamento che comportano importanti movimenti terra;
- Assetto idrologico superficiale non delineato e da progettare ex-novo in modo da essere funzionale alle nuove viabilità;
- terreno di fondazione noto per offrire una debole resistenza alla compressione per carichi verticali;
- possibilità di sedimenti differenziali in ragione al basso grado di addensamento dei livelli superficiali del terreno;

I fattori sono essenzialmente sfavorevoli e ciò rende possibili i singoli interventi sono a condizione che vengano analizzate a fondo le implicazioni di carattere geotecnico e strutturale che gli stessi interventi impongono. Le tematiche di studio a livello esecutivo riguarderanno:

- attenta valutazione della stabilità dei fronti di scavo in previsione e studio delle opere utili a renderli stabili, quali muri in C.A., sagomatura del versante, opere di ingegneria naturalistica;
- verifica della necessità di esecuzione di strutture speciali di sostegno a carattere provvisorio (berlinesi tirantate e non), utili all'esecuzione in sicurezza delle fasi di scavo;
- approfondita analisi degli eventuali sedimenti differenziali ipotizzabili presso il fondo stradale. Tale analisi dovrà essere condotta mediante puntuali indagini geognostiche, le quali che dovranno comprendere anche una stima del modulo di deformazione dei livelli geologici di maggiore interesse (ovvero dei sedimenti verticali). I risultati di tali indagini saranno discriminanti nella scelta del sistema di consolidamento del fondo stradale;
- accurata progettazione e dimensionamento del sistema di raccolta e regimazione delle acque meteoriche superficiali, il quale sarà da realizzarsi ex-novo. Il sistema di captazione

delle acque bianche andrà a recapitare verso l'unica via di smaltimento presente in sito e rappresentata dal rio Tana.