

REGIONE PIEMONTE (*Provincia di Cuneo*)



Committente:
ALPI ACQUE s.p.a.
via S. Carello, 5 - 12038 Savigliano (CN)

Realizzazione tratti fognatura e revamping depuratore Fossano
località Cussanio – lotto 2: Realizzazione fognatura nera in via
Circonvallazione (*tratto di monte*), via Chiarini e via Pietragalletto

PNRR- AVVISO M2C4 I 4.4 ID DOMANDA DEP440000204

PROGETTO DEFINITIVO



Relazione geologico-geotecnica-sismica

Il Geologo incaricato **dott. Vittorio Barella**

CODICE DOCUMENTO

S 6 0 2 - 0 1 - 0 0 3 0 0 . D O C

00	LUG. 21	V.BARELLA	A.DENINA	M.CODO
REV.	DATA	REDAZIONE	VERIFICA	AUTORIZZAZIONE



INDICE

1. PREMESSA	1
2. INQUADRAMENTO GENERALE	1
3. ASSETTO MORFOLOGICO	2
4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO	2
4.1 Stratigrafia	3
5. ASSETTO IDROGEOLOGICO	4
6. STABILITA' DELL'AREA	5
6.1 Gli elaborati di P.R.G.C. di Fossano	6
6.2 La Banca Dati Geologica Regionale (Geoportale Regione Piemonte e ARPA)	7
7. CARATTERIZZAZIONE SISMICA	7
7.1 Categoria del sottosuolo	8
7.2 Categoria topografica	9
7.3 Vita nominale e classe d'uso	9
7.4 Definizione degli spettri orizzontali e verticali	9
7.5 Calcolo dei coefficienti sismici kh e kv	10
7.6 Esclusione della verifica a liquefazione	11
8. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	11
8.1 Definizione dei parametri geotecnici fondamentali	11
9. VALUTAZIONE DELLA CAPACITÀ PORTANTE	12
10. ACCORGIMENTI TECNICI ATTI A MITIGARE LE CONDIZIONI DI PERICOLOSITA' GEOLOGICA	13

1. PREMESSA

La presente indagine geologica è svolta a supporto della progettazione e direzione lavori di alcuni interventi sulla rete fognaria nel Comune di Fossano (CN), nell'ambito della realizzazione di nuovi tratti di fognatura nera lungo la via Circonvallazione (tratto di monte), via Chiarini e via Pietragalleggio (LOTTO 2), in Comune di Fossano. Recentemente, è stato predisposto il progetto di realizzazione della rete acque nere in via Circonvallazione (tratto di valle) e via Ceresolia (LOTTO 1), in corso di approvazione, propedeutico al presente intervento. In seguito ai sopralluoghi e alle indagini effettuate è stata redatta la presente relazione tecnica, condotta secondo quanto prescritto dal D.M. 14.03.1988 e dal D.M. 17.01.2018.

Nei capitoli che seguono viene illustrato il contesto morfologico, geologico e stratigrafico interessato dagli interventi ed è descritto l'assetto idrogeologico dell'area. Inoltre, viene analizzata la stabilità dei luoghi sulla base delle analisi effettuate e dei dati geologici riportati negli elaborati tecnici dei P.R.G.C. di Fossano e vengono definiti in prima approssimazione i parametri geotecnici dei terreni in cui si inseriscono le opere. Infine, è svolta la caratterizzazione sismica del sito e, con riferimento agli elaborati di progetto, vengono fornite alcune prescrizioni esecutive atte a mitigare le condizioni di pericolosità geologica locale.

2. INQUADRAMENTO GENERALE

Il tracciato delle condotte si sviluppa lungo strade asfaltate comunali. In particolare interessano via Circonvallazione e le due traverse via Chiarini e via Pietragalleggio. Al termine dei lavori si prevede il rifacimento della pavimentazione stradale esistente. Nella Fig. 1 sono indicati i tracciati delle condotte.



Figura 1: Inquadramento dell'area di intervento con lo sviluppo delle condotte (linee gialle).

La nuova rete di fognatura sarà costituita da una serie di condotte in gres ceramico, di diametro pari a DN = 300 mm per la condotta principale e DN = 250 mm per quelle secondarie; il diametro minimo è stato definito al fine di avere sufficienti garanzie sia nei confronti del trasporto idraulico sia nei confronti di possibili intasamenti dovuti alle sostanze flottanti.

3. ASSETTO MORFOLOGICO

In generale, l'area oggetto di intervento si colloca a Ovest del concentrico principale di Fossano, inquadrandosi in un ambito urbanizzato in cui prevalgono gli insediamenti industriali rispetto a quelli residenziali o agricoli, presenti diffusamente più all'esterno.

Dal punto di vista morfologico l'area si colloca ad una quota altimetrica compresa tra 356 m e 357 m s.l.m., estendendosi in un contesto riconducibile ai depositi alluvionali edificati dai corsi d'acqua in età da antica a recente nonché da depositi terrazzati di natura fluvioglaciale.

Gli elementi morfologici caratterizzanti il contesto locale sono legati essenzialmente all'attività erosionale e deposizionale dei corsi d'acqua: la successione nel tempo di episodi caratterizzati da prevalente tendenza al deposito dei sedimenti trasportati dai corsi d'acqua ad altri in cui è prevalsa l'attività erosiva si è tradotta nel modellamento di una serie di ripiani (superfici di terrazzo) situati a quote differenti, tra loro delimitati da scarpate di erosione con altezza e pendenza variabili. Le diverse superfici di terrazzo sono tra loro distinguibili sulla base dell'età, della posizione morfologica, dell'altezza e della composizione litologica. Sul terreno le scarpate non sono sempre chiaramente evidenti, in quanto spesso obliterate dall'attività antropica succedutasi nel tempo e che ha parzialmente cancellato o modificato le forme naturali originarie.

In particolare, l'intervento si localizza sulla superficie di terrazzo inferiore, riconducibile ai depositi alluvionali medio recenti, di poco sospesi sull'alveo attuale del T. Stura di Demonte e incisi nell'ambito dei più esterni depositi fluvioglaciali.

Per la naturale conformazione delle superfici terrazzate, queste sono prive di particolari evidenze morfologiche, essendo unicamente caratterizzate da una superficie sub-pianeggiante molto uniforme, con debole inclinazione verso NE.

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'assetto geologico e stratigrafico è stato ricostruito facendo riferimento ai rilievi di terreno condotti e a studi geologici eseguiti in passato dallo scrivente in aree prossime a quella in esame e nello stesso contesto litostratigrafico. I dati scaturiti sono stati confrontati con gli elementi forniti dalla cartografia geologica ufficiale, in particolare dal "Foglio 80 Cuneo" della Carta Geologica d'Italia alla scala di 1:100.000 e con la cartografia geologica allegata agli elaborati tecnici del PRGC di Fossano, di cui si riporta uno stralcio nella sottostante "Fig. 2 - Stralcio della Carta Geolitologica".

Dal punto di vista geologico l'area si inquadra in un contesto caratterizzato da depositi di tipo continentale di età olocenica, riconducibili all'attività dei corsi d'acqua, in particolare del T. Stura di Demonte. Tali depositi, di natura alluvionale, sono cronologicamente riferibili alle "Alluvioni medio recenti" della Carta Geologica d'Italia, corrispondenti alle "Ghiaie di Consovero" della Fig. 2. Litologicamente presentano una composizione essenzialmente ghiaioso-sabbiosa, con frazione fine sabbiosa e sabbioso-limoso che a tratti diviene prevalente e determina intercalazioni lentiformi omogenee: si origina così una stratificazione di tipo lenticolare, con sviluppo di eteropie e digitazioni. I primi decimetri dei livelli sommitali sono caratterizzati da un spinto grado di alterazione, che tende a scomparire con la profondità. Al tetto della sequenza ghiaioso-sabbiosa si estende uno strato di potenza mediamente decimetrica, a granulometria fine, di colore bruno aranciato, geneticamente riconducibile

sia a processi di inondazione e di deposito da parte di correnti fluviali caratterizzate da bassa energia, sia ad apporti di limi eolici (loess), localmente molto diffusi, tipici di un ambiente con caratteristiche steppeiche.



	Ghiaie di Consovero - Ghiaie sabbiose a pezzatura da centimetrica a decimetrica, con paleosuolo giallo rossiccio, localmente con copertura loessica di potenza variabile
	Ghiaie ferrettizzate del sistema dei terrazzi di Fossano - Ghiaie a pezzatura centimetrica molto alterate, coperte da una spessa coltre di limi argillosi, con livelli a concrezioni di ossidi

Fig. 2 - Stralcio della Carta Geolitologica, e relativa Legenda. In rosso l'area di intervento. Non in scala.

Lungo l'intera tratta della fognatura, i livelli superficiali sopra descritti sono localmente assenti in quanto asportati e sostituiti da terreno di riporto di origine antropica, la cui natura e potenza è estremamente variabile. Ad Est del sito di intervento, affiorano i più antichi "Depositi fluvioglaciali mindeliani" della Carta Geologica d'Italia, corrispondenti alle "Ghiaie ferrettizzate" della Fig. 2.

4.1 Stratigrafia

Per la ricostruzione stratigrafica del sito è stata condotta un'analisi di alcune stratigrafie reperite tra gli elaborati tecnici del P.R.G.C. di Fossano, provenienti da sondaggi e perforazioni di pozzi eseguite in passato nell'ambito del territorio comunale e da alcune stratigrafie di sondaggi reperite dallo scrivente. Dall'esame delle stratigrafie e sulla base del quadro litologico sopra descritto è stato possibile ricostruire l'assetto stratigrafico locale. Procedendo dai termini più recenti ai più antichi (ossia, dai più superficiali ai più profondi), si rileva la seguente successione.

- Alla quota del piano campagna e per una profondità di ordine metrico sono presenti terreni di riporto di natura ghiaioso ciottolosa con abbondante frazione fine essenzialmente sabbioso limosa. Localmente quest'ultima può divenire prevalente rispetto alla componente ghiaiosa.
- Inferiormente si estende un complesso essenzialmente ghiaioso-sabbioso, con livelli limoso-argillosi, la cui potenza è dell'ordine della decina di metri; localmente sono presenti livelli francamente argillosi che possono raggiungere uno spessore metrico (Alluvioni medio recenti).

5. ASSETTO IDROGEOLOGICO

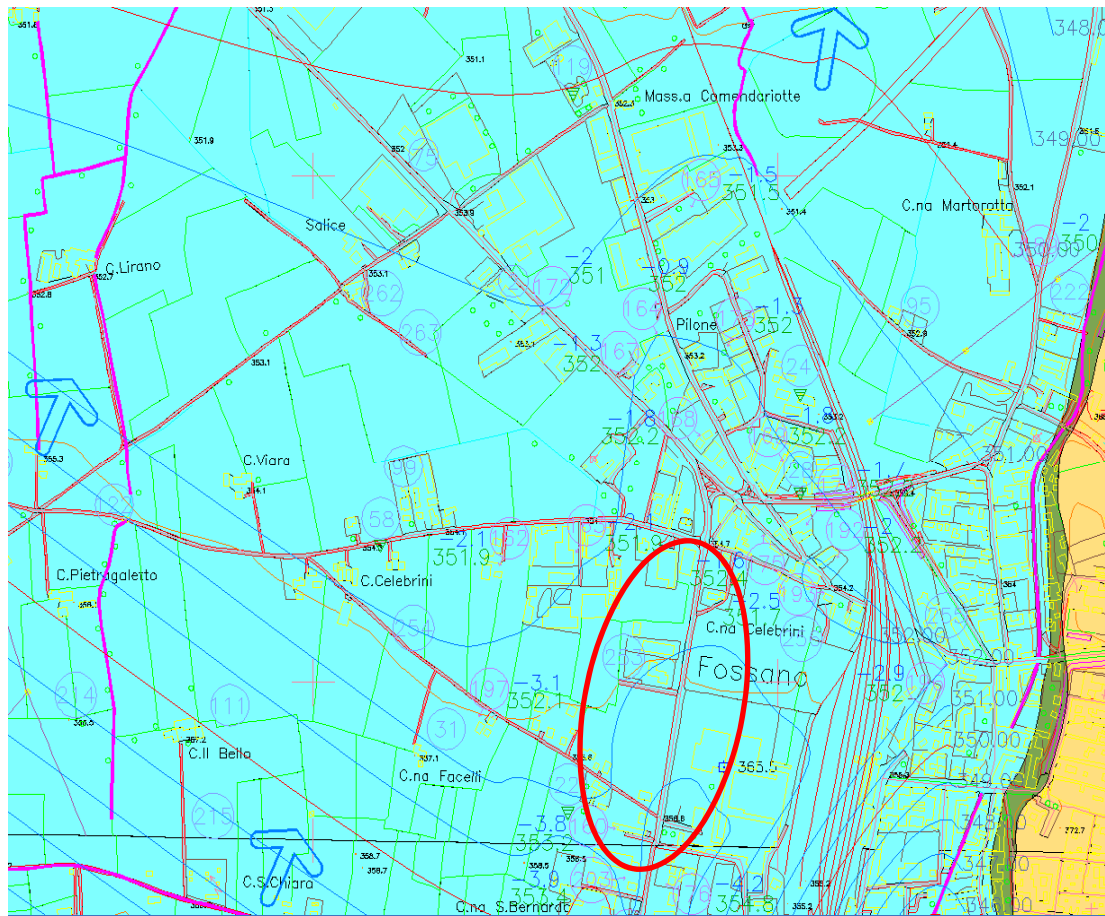
I depositi fluvioglaciali sono caratterizzati da una permeabilità per porosità di grado da medio a medio-elevato, corrispondente ad un valore del coefficiente di permeabilità K dell'ordine di 10^{-3} m/s. Tali depositi costituiscono nel complesso un unico, continuo e potente sistema acquifero contenente una falda freatica, ossia non limitata superiormente, molto produttiva, specie in corrispondenza dei livelli caratterizzati da granulometria più grossolana. L'alimentazione della falda è riconducibile principalmente all'infiltrazione diretta delle acque di precipitazione meteorica e, in seconda misura, dalle perdite di subalveo della rete idrografica di superficie.

L'infiltrazione delle acque meteoriche è in generale favorita dalla permeabilità dei depositi alluvionali; dove invece sono presenti suoli impermeabili o ambiti cementati antropici posti a copertura di tali depositi, l'infiltrazione superficiale risulta essere drasticamente ridotta.

Sulla base dei dati idrogeologici disponibili, si individua una direzione principale di deflusso delle acque sotterranee orientata in senso S-N, anche se localmente è possibile riscontrare variazioni di direzione legate a fattori litologici. Tale direzione di flusso è in accordo sia con l'andamento morfologico dominante, sia con gli abbondanti dati bibliografici reperibili in letteratura.

Per la valutazione della profondità della superficie piezometrica in corrispondenza del sito di intervento sono stati consultati gli elaborati geologici allegati al vigente PRGC di Fossano, in particolare la "*Carta geoidrologica*" di cui si riporta uno stralcio nella Fig. 3.

I dati bibliografici indicano un valore di soggiacenza nel settore di intervento compresa tra 1.8 m e 2.1 m dal piano campagna. Tale valore è suscettibile di variazioni a seconda del ciclo stagionale di ricarica o svuotamento del sistema acquifero. Infatti, il periodo invernale è caratterizzato da una scarsa ricarica dell'acquifero e quindi dal suo progressivo svuotamento, a cui corrispondono valori di soggiacenza più elevati. Nel periodo tardo primaverile, invece, si registra una naturale risalita del livello piezometrico, coincidente con il ciclo di ricarica del sistema, regolato dagli apporti delle precipitazioni meteoriche che caratterizzano tale stagione e allo scioglimento delle nevi in montagna. Sebbene non siano disponibili dati piezometrici volti in modo specifico alla determinazione di tale escursione, sulla base dell'esperienza maturata in contesti analoghi si ritiene di attribuirle un valore dell'ordine di 1.0 metri. Nei periodi di maggiore ricarica dell'acquifero ci si deve quindi aspettare una soggiacenza prossima a 1.0 m dal piano campagna.



- ⑤ POZZI PROFONDI ▼ RELATIVA STRATIGRAFIA
- ⑤ POZZI AD USO DOMESTICO (ELENCO DELLA REGIONE PIEMONTE)
- 5.4 SOGGIACENZA FALDA SUPERFICIALE (METRI DA P. C.)
- PZ. CORONATA NUOVO
- ⊕ POZZI AD USO IDROPOTABILE
- SORGENTI
- 490.00 ——— CURVE ISOFREATICHE (E RELATIVE QUOTE DI PROF. IN METRI S.L.M.)
- ⇒ DIREZIONE DI FLUSSO DELLA FALDA SUPERFICIALE

Complexi da molto permeabili e permeabili

Fig. 3 - Stralcio della Carta Geoidrologica, e relativa Legenda. In rosso l'area di intervento. Non in scala.

6. STABILITA' DELL'AREA

Per la sua naturale conformazione l'area non è coinvolgibile in fenomeni dissestivi legati alla dinamica di versante. Inoltre, la posizione morfologica rilevata rispetto alla rete idrografica superficiale non la rende coinvolgibile in processi dissestivi legati alla dinamica fluviale. Peraltro, la presenza della falda freatica che si livella ad una profondità di poco inferiore al piano campagna (1.8÷2.1 m) comporta l'insorgere di significative interferenze con le opere che prevedono scavi superiori al metro di profondità rispetto al piano strada.

A conferma di quanto sopra, sono stati consultati i documenti relativi alla dissestabilità presenti negli allegati tecnici dei P.R.G.C. di Fossano e quelli reperibili presso la Banca Dati Geologica della Regione Piemonte.

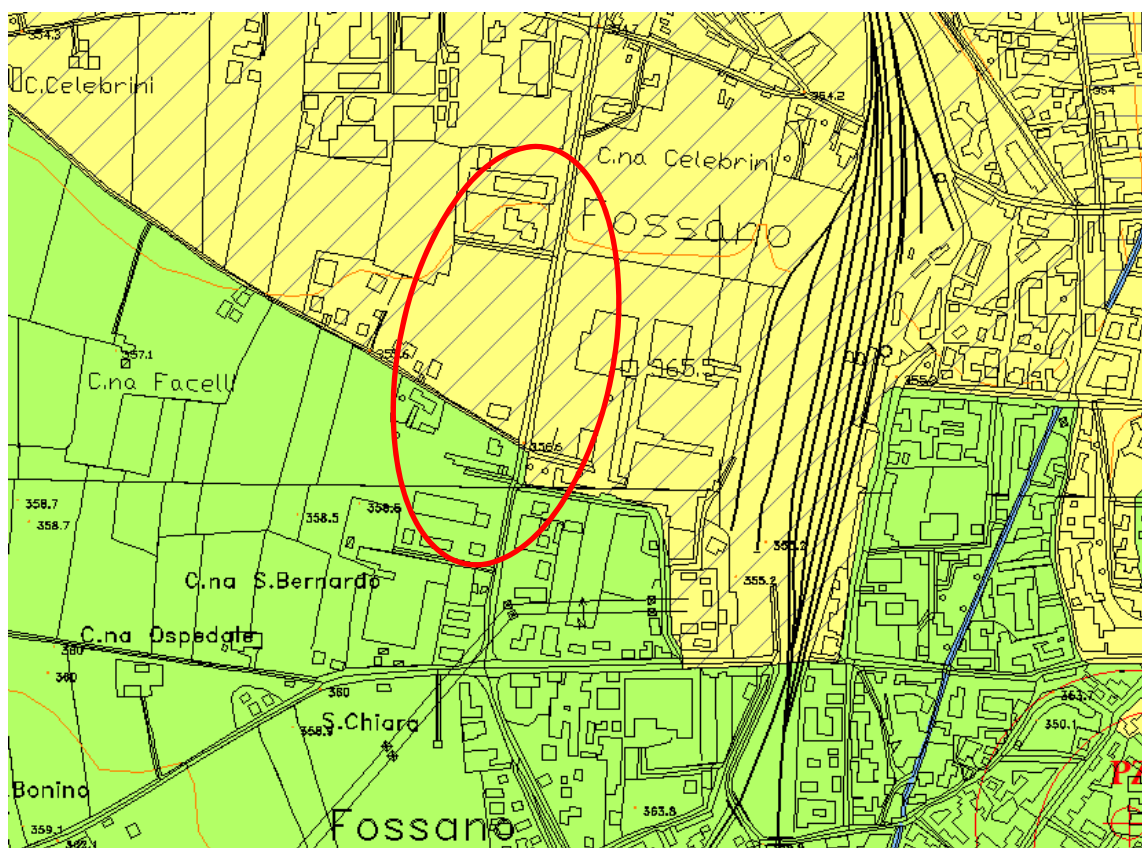
6.1 Gli elaborati di P.R.G.C. di Fossano

Gli elaborati geologici a corredo del P.R.G.C. di Fossano, in particolare la *"Carta geomorfologica, dei dissesti e della dinamica fluviale"*, non riporta alcun tematismo dissestivo nell'intero settore di intervento.

Inoltre, la *"Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica"*, che suddivide l'intero territorio comunale in classi di pericolosità geomorfologica crescente, comprende l'area nelle due seguenti diverse classi di pericolosità:

- il tratto più a Sud (via Pietragalleggio) nella *"Classe I"*
- il tratto più a Nord (via Chiarini) nella *"Classe II"*

In Fig. 4 si riporta uno stralcio della Carta di sintesi.





-  CLASSE I – Porzioni di territorio dove le condizioni di pericolosità geomorfologica sono tali da non porre limitazioni alle scelte urbanistiche: gli interventi sia pubblici che privati sono di norma consentiti nel rispetto delle prescrizioni del D.M. 11/03/88.
-  CLASSE II c – Aree caratterizzate da problematiche legate alla falda superficiale che possono essere superate con norme apposite relativamente alle opere interrato; presenza di falda freatica saliente a profondità uguale o inferiore a 3 metri da p.c.

Fig. 4 - Stralcio della *"Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica"*, e relativa legenda. In rosso l'area di intervento. Non in scala.

La *"Classe I"* corrisponde alle *"Porzioni di territorio nelle quali le condizioni di pericolosità geomorfologica sono tali da non porre limitazioni alle scelte urbanistiche"*.

La "Classe IIc", corrispondente alle "Porzioni di territorio nelle quali le condizioni di moderata pericolosità geomorfologica possono essere agevolmente superate attraverso l'adozione ed il rispetto di modesti accorgimenti tecnici...omissis... realizzabili a livello di progetto esecutivo esclusivamente nell'ambito del singolo lotto edificatorio o dell'intorno significativo circostante".

In particolare, si tratta di "Aree caratterizzate da problematiche legate alla falda superficiale che possono essere superate con norme apposite relativamente alle opere interrato; presenza di falda freatica saliente a profondità uguale o inferiore a 3 metri da p.c.".

6.2 La Banca Dati Geologica Regionale (Geoportale Regione Piemonte e ARPA)

È stata consultata la Banca Dati Regionale presente sul Geoportale della Regione Piemonte e il Geoportale dell'ARPA Piemonte, relativamente ai fenomeni dissestivi identificati e cartografati dai diversi competenti Enti regionali e nazionali.

Gli elaborati consultati indicano l'assenza di fenomeni dissestivi sia a carico dei terreni delle zone di intervento.

7. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite che si prendono in considerazione, viene definita dal D.M. 17.01.2018 partendo dalla "pericolosità di base" del sito di interesse, che è appunto l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica.

Le pericolosità sismica di base di un sito è descritta dalla probabilità che in un fissato lasso di tempo ("periodo di riferimento" V_R espresso in anni) nel 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" P_{VR} .

La pericolosità sismica è definita:

- in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su un sito di riferimento rigido (categoria A), con superficie topografica orizzontale (categoria T1);
- ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R .

Ai fini del D.M. 17.01.2018 le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , a partire dai valori dei seguenti parametri spettrali, validi per un sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g : accelerazione orizzontale massima al sito (g è l'accelerazione di gravità)

F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale

T^*C : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

Partendo dalle seguenti coordinate del comune di Fossano:

Long. (°)	Latit. (°)
7.723	44.550

e in relazione alle informazioni disponibili nel reticolo di riferimento riportato nella Tab. 1 dell'Allegato B del D.M. 14.01.2008, così come previsto dal Cap. 3.2 del D.M. 17.01.2018, sono stati determinati i seguenti parametri spettrali per i 9 periodi di ritorno T_R di riferimento:

Media dei valori dei parametri dei 4 punti per la località in esame	T_R	a_g	F_0	T^*c
	[anni]	[g/10]	[adm]	[s]
	30	0.276	2.51	0.19
	50	0.345	2.56	0.21
	72	0.395	2.58	0.22
	101	0.451	2.57	0.24
	140	0.507	2.59	0.25
	201	0.569	2.62	0.26
	475	0.734	2.68	0.29
	975	0.892	2.74	0.30
2475	1.130	2.81	0.31	

Come già detto, i valori dei parametri a_g , F_0 e T^*C determinati sono relativi a situazioni geologiche corrispondenti ad un sito con assenza di effetti locali dei terreni, ossia con presenza di substrato sismico affiorante o subaffiorante ed in condizioni morfologiche pianeggianti. In mancanza di determinazioni specifiche finalizzate alla valutazione della risposta sismica locale, è necessario modificare la forma spettrale calcolata attraverso i seguenti coefficienti di amplificazione: S_S (coeff. stratigrafico), S_T (coeff. topografico) e C_C che modifica il valore del periodo T_C . Tali coefficienti dipendono a loro volta dalla categoria del sottosuolo e da quella topografica del sito (vedi § 7.1 e § 7.2).

Per la definizione degli spettri di risposta è inoltre necessario definire anche la "vita nominale" (V_N) e la "classe d'uso" dell'opera strutturale. La vita nominale V_N dipende dal "tipo di costruzione" ed è intesa come il numero di anni nel quale la struttura deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata; la classe d'uso è relativa alla tipologia di utilizzo e alle conseguenze di un eventuale interruzione dello stesso.

7.1 Categoria del sottosuolo

In assenza di misure dirette della risposta sismica locale, la categoria di sottosuolo può essere ricavata mediante un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio V_{Seq} . Tale parametro si ottiene calcolando la media pesata delle velocità delle onde S negli strati nei primi metri di profondità dal piano di posa della fondazione. Nel caso di profondità del substrato (definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s) superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio V_{Seq} è definita dal parametro V_{S30} .

I valori di V_{Seq} possono essere ottenuti mediante specifiche prove oppure, limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite adeguate relazioni empiriche con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche.

Nel caso in esame, sulla base delle indagini effettuate e dell'esperienza maturata dal sottoscritto nell'ambito della pianura fossanese, gli elementi distintivi dell'unità litologica costituente il piano di fondazione delle opere (complesso ghiaioso-sabbioso) sono così riassumibili:

- terreni a grana grossa mediamente addensati
- valore di V_{Seq} riferita al piano di fondazione dell'ordine di 300÷400 m/s
- profondità del substrato sismico inferiore a 30 m

In base a quanto riportato nella Tab. 3.2.II del D.M. 17.01.2018, i terreni in esame appartengono alla **CATEGORIA E** ("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. ").

7.2 Categoria topografica

In caso di condizioni topografiche lineari la categoria del sito si determina in base alle indicazioni riportate nella Tab. 3.2.IV del D.M. 17.01.2018. Nel caso in esame, il sito appartiene alla **CATEGORIA T1**, corrispondente a "superfici pianeggianti, pendii e rilievi isolati con inclinazione media <15°".

7.3 Vita nominale e classe d'uso

Le opere in progetto possono essere classificate tra le costruzioni di **TIPO 2** a cui appartengono le "Costruzioni Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale" (Tab. 2.4.I del D.M. 14.01.2008). A tale tipologia di opera corrisponde una $V_N \geq 50$ anni. La classe d'uso si ritiene essere la **CLASSE I**, che individua le "costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli".

7.4 Definizione degli spettri orizzontali e verticali

Per la definizione degli spettri di risposta elastici si è utilizzato il foglio di calcolo "Spettri-NTC ver. 1.0.3", che ha permesso di calcolare il valore dei parametri di cui sopra, riportati nelle tabelle che seguono.

§ 2.4 - D.M. 17.01.2018		
V_N	50	[anni]
Classe	I	
C_U	0.7	[adm]
V_R	35	[anni]

Stratigrafia - Topografia	
Cat. sottosuolo	E
Cond. topografia	T1
S_T	1,0 [adm]

Dissipaz. convenz.	
ξ	η
[adm]	[adm]
5,0%	1,00

Valori costanti per spettro verticale			
$S_{S,V}$	$T_{B,V}$	$T_{C,V}$	$T_{D,V}$
[adm]	[s]	[s]	[s]
1,0	0,05	0,15	1,00

Valori per spettro in spostamento	
T_E	T_F
[s]	[s]
6,0	10,0

§ 3.2.1 - D.M. 17.01.2018			
		P_{VR}	T_R
		[adm]	[anni]
SLE	SLO	81%	30
	SLD	63%	50
SLU	SLV	10%	475
	SLC	5%	975

Valori interpolati		
a_g	F_0	T_C^*
[g/10]	[adm]	[s]
0.276	2.51	0.19
0.296	2.53	0.20
0.660	2.65	0.28
0.809	2.71	0.29

Valori ricavati da a_g , F_0 , e T_C^*						
S_s	C_c	S	T_B	T_c	T_D	F_v
[adm]	[adm]	[adm]	[s]	[s]	[s]	[adm]
1.60	2.22	1.60	0.14	0.43	1.71	0.56
1.60	2.20	1.60	0.14	0.43	1.72	0.59
1.60	1.92	1.60	0.18	0.53	1.86	0.92
1.60	1.88	1.60	0.18	0.55	1.92	1.04

Dove tutti simboli sono già stati definiti ad eccezione di:

V_R : periodo di riferimento (≥ 35)

C_U : coefficiente d'uso, legato a V_R e V_N dalla relazione $V_R = V_N \cdot C_U$

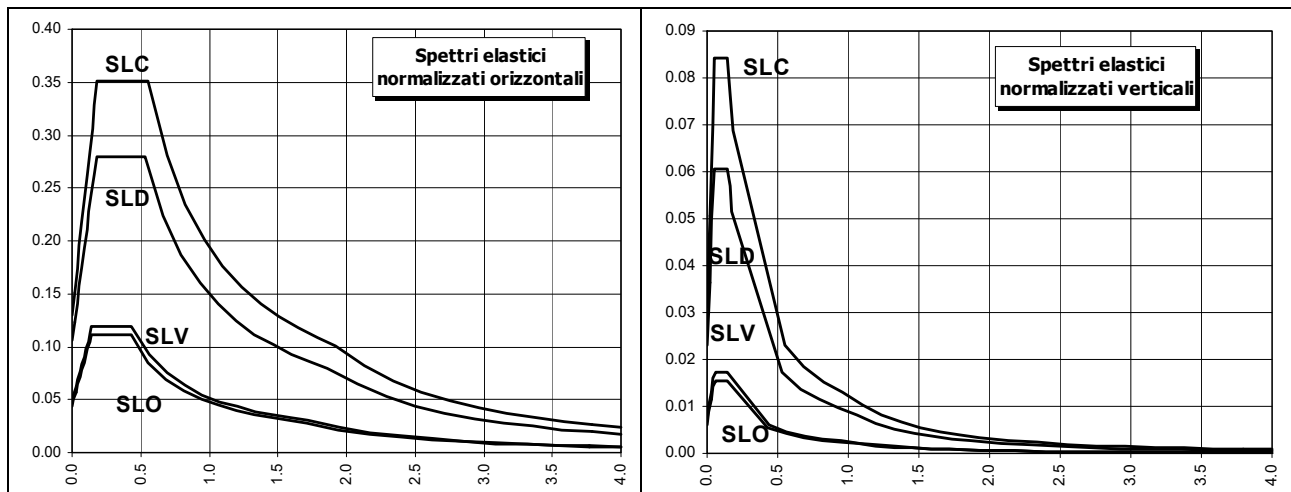
S_T : è il coefficiente di amplificazione topografica

ξ e η : fattori dipendenti dal terreno di fondazione

T_B, T_C, T_D, T_E, T_F : periodi corrispondenti ai diversi tratti dello spettro

S : coefficiente relativo alla categoria del sottosuolo e della topografia ($S = S_s \cdot S_T$)

F_V : fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima



7.5 Calcolo dei coefficienti sismici k_h e k_v

I coefficienti sismici orizzontale (K_h) e verticale (K_v) sono determinati con le seguenti relazioni:

$$K_h = \beta_s \cdot (a_{max}/g) \quad K_v = \pm 0.5 \cdot K_h$$

Essendo:

$$a_{max} = ag(m/s^2) \cdot S \quad \text{dove: } ag(m/s^2) = ag(g): 9.81$$

$\beta_s =$ coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito, ricavabile dalla

Tabella 7.11.I (D.M. 17.01.2018), di seguito riportata:

Valori di β_s - Tab. 7.11.I

	Categoria sottosuolo	
	A	B, C, D, E
$0.2 < ag(g) \leq 0.4$	0.30	0.28
$0.1 < ag(g) \leq 0.2$	0.27	0.24
$ag(g) \leq 0.1$	0.20	0.20

La tabella seguente riporta i dati utilizzati e la soluzione dei calcoli:

		ag	ag	S*	ag	a max	β_s	K_h	K_v
		[g/10]	[g]	[adm]	[m/s ²]	[m/s ²]	[adm]	[adm]	[adm]
SLE	SLO	0.276	0.0276	1.60	0.271	0.433	0.20	0.009	0.004
	SLD	0.296	0.0296	1.60	0.290	0.465	0.20	0.009	0.005
SLU	SLV	0.660	0.0660	1.60	0.647	1.036	0.20	0.021	0.011
	SLC	0.809	0.0809	1.60	0.794	1.270	0.20	0.026	0.013

7.6 Esclusione della verifica a liquefazione

Per tale verifica si è fatto riferimento al § 7.11.3.4.2 del D.M. 17.01.2018, che individua i motivi di esclusione dalla verifica a liquefazione dei terreni, che può essere omessa se interviene almeno una delle circostanze indicate. Nel caso in esame interviene la seguente circostanza:

- accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0.1 g

Appurato ciò, **la verifica alla liquefazione non è necessaria.**

8. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

La caratterizzazione geotecnica dei terreni presenti è stata svolta rifacendosi ad un modello geotecnico monostrato; nell'analisi non si è considerato infatti il suolo superficiale che verrà asportato in seguito alle operazioni di scavo per la posa in opera delle condotte fognarie, che saranno impostate nell'ambito del complesso ghiaioso-sabbioso. Ci si è quindi riferiti unicamente al complesso ghiaioso sottostante la coltre superficiale. Per la definizione dei parametri geotecnici fondamentali (peso di volume γ , angolo di attrito φ , coesione c , densità relativa D_r , modulo elastico E si è fatto ricorso ai risultati di alcune indagini geotecniche condotte in passato dal sottoscritto in un'area prossima al sito in esame e nello stesso contesto litostratigrafico, nonché basandosi sui dati presenti negli elaborati tecnici del PRG di Fossano e sugli abbondanti dati riguardanti i litotipi presenti reperibili in letteratura (LAMBE & WHITMAN, 1969; NAVFAC, 1971; LANCELOTTA, 1987). Considerata l'ordinarietà delle opere in progetto, non sono state condotte indagini geotecniche di dettaglio. A tale proposito si sottolinea che i valori indicati dei parametri geotecnici sono da intendersi esclusivamente come indicativi.

8.1 Definizione dei parametri geotecnici fondamentali

La tendenza di un materiale granulare (un "terreno" in senso geotecnico) ad opporsi alla deformazione è nota come "resistenza al taglio"; il criterio descrittivo più in uso del comportamento di un terreno sottoposto a sforzo è quello esplicitato dall'equazione di COULOMB (1773):

$$\tau = c + (\sigma - u) * \tan \varphi$$

che lega la resistenza al taglio τ disponibile lungo una superficie di scorrimento al valore della tensione normale σ agente sul piano medesimo (al netto dell'eventuale spinta idrostatica u) e al valore assunto da due parametri caratteristici del terreno stesso: la coesione " c " e l'angolo di resistenza al taglio " φ ".

I materiali presenti sono da considerare granulari, per cui le analisi sono state svolte in termini di tensioni efficaci in ambito di coesione nulla ($c=0$).

Il valore dell'angolo di resistenza al taglio (φ') è derivabile dalla densità relativa (D_r) del materiale, a sua volta correlabile al valore N_{SPT} .

Inoltre, per quanto riguarda l'angolo di resistenza al taglio, in problemi che comportino il raggiungimento di deformazioni significative (spinta passiva delle terre, capacità portante dei terreni di fondazione), con innesco di fenomeni di rottura progressiva, la resistenza disponibile mobilitabile non è già quella che compete all'angolo di resistenza al taglio di "picco" (φ'), più elevato, ma a quello a "volume costante" (φ_{cv}), la cui determinazione avviene attraverso opportune formule di conversione (tra le quali quella di VESIC). In ambito fondazionale, a favore di sicurezza, è quindi consigliabile usare il valore di φ_{cv} .

Per la determinazione dei parametri geotecnici fondamentali sono state prese in considerazione le seguenti relazioni:

Parametro	Metodo
Peso di volume (γ)	- Navfac (1970) - Bowles (1974)
Densità relativa (Dr)	- Gibbs e Holts (1957) - Bazaara (1967)
Angolo di resistenza al taglio (ϕ)	- Shioi e Fukuni J.N.R. (1982) - [JNR] - Peck, Hanson & Thorburn (1974) - Schmertmann (1978) - [S78]

La soluzione dei calcoli secondo le diverse metodologie proposte dagli autori sopra citati, ha permesso di determinare i valori dei parametri geotecnici, i quali sono stati mediati, ottenendo i risultati riportati nella seguente tabella.

Parametri geotecnici	Depositi alluvionali
Peso di volume (γ)	19 kN/m ³
Coesione (c)	0 kPa
Angolo di res. al taglio di picco (ϕ')	29° ÷ 31°
Ang. res. al taglio a vol. cost. (ϕ_{cv})	25° ÷ 27°
Densità relativa (Dr)	≈ 40 %

9. VALUTAZIONE DELLA CAPACITÀ PORTANTE

Il calcolo della capacità portante del terreno di fondazione è stato condotto unicamente al fine di fornire una valutazione preliminare ed indicativa di tale parametro, in relazione alle opere in progetto. Inoltre, l'assenza di carichi significativi sui terreni di posa delle tubazioni fognarie, rende superflua la determinazione degli Stati Limite Ultimi (SLU) e di esercizio (SLE).

Per la valutazione preliminare della capacità portante dei piani di posa delle tubazioni si è fatto riferimento al caso di una fondazione diretta assimilabile ed equivalente ad una tubazione avente \varnothing 300 mm, impostata nell'ambito del terreno ghiaioso-sabbioso sottostante la coltre superficiale.

Nell'analisi sono inoltre state assunte le seguenti condizioni:

- il contesto tensionale è riferito a condizioni drenate
- è presente una falda idrica livellata a 1 m dal p.c.
- la base della fondazione è orizzontale
- l'eccentricità dei carichi è nulla
- i parametri geotecnici sono quelli riportati nel Cap. 8.1

Per la determinazione della capacità portante limite (Q_{lim}) si è fatto riferimento alla seguente espressione, proposta da BRINCH HANSEN (1961,1970), che costituisce un'estensione dell'equazione di MEYERHOF (1951):

$$Q_{lim} = 0.5 * \gamma' * B * N_{\gamma} * S_{\gamma} + c' * N_c * S_c * D_c + \sigma_v * N_q * S_q * D_q$$

dove:

γ	=	peso di volume del terreno
B	=	larghezza della fondazione
$N_\gamma N_c N_q$	=	fattori di capacità portante, funzione di φ
$S_\gamma S_c S_q$	=	fattori di forma della fondazione
$D_c D_q$	=	fattori di profondità del piano di posa
σ_v	=	pressione efficace sul piano di fondazione

Nel caso specifico, a favore di sicurezza, non si è considerato il contributo stabilizzante dovuto all'incremento di resistenza al taglio per effetto dell'incastro della fondazione (ossia, si è assunto D_c e $D_q = 1$).

Svolgendo il calcolo e applicando i coefficienti di sicurezza previsti dal D.M. 17.01.2018 per l'Approccio 2 (STR) si ottengono i valori di capacità portante riportati nelle seguenti tabelle, che elencano il valore dell'angolo di resistenza al taglio, del peso di volume alleggerito, della coesione efficace, del sovraccarico alleggerito e dei fattori e coefficienti introdotti nel calcolo della capacità portante.

Le seguenti tabelle elencano il valore dell'angolo di resistenza al taglio, del peso di volume alleggerito, della coesione efficace, del sovraccarico alleggerito, e dei fattori e coefficienti introdotti nel calcolo della capacità portante.

Caso	γ_ϕ	γ_γ	φ [°]	γ' [daN/cm ³]	N_γ	s_γ	d_γ	$i_{b\gamma}$	$i_{l\gamma}$	b_γ	g_γ	$q'_{lim,\gamma}$ [daN/cm ²]
STR	1.00	1.00	27	0.00102	14.47	1.07	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.97

Caso	γ_c	c' [daN/cm ²]	N_c	s_c	d_c	i_{bc}	i_{lc}	b_c	g_c	$q'_{lim,c}$ [daN/cm ²]
STR	1.00	0	23.94	1.13	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0

Caso	q' [daN/cm ²]	N_q	s_q	d_q	i_{bq}	i_{lq}	b_q	g_q	$q'_{lim,q}$ [daN/cm ²]
STR	0	13.20	1.07	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0

Caso	$\gamma_{R,v}$	q'_{lim} [daN/cm ²]
STR	2.30	0.85

In altri termini, il carico massimo trasmissibile al terreno di appoggio (**0.85 daN/cm²**) non deve superare i valori riportati affinché non si verifichino fenomeni genericamente detti "di rottura".

10. ACCORGIMENTI TECNICI ATTI A MITIGARE LE CONDIZIONI DI PERICOLOSITA' GEOLOGICA

Nel seguito sono indicate alcune prescrizioni di carattere generale a cui ci si dovrà attenere sia in fase esecutiva che dopo la realizzazione degli interventi, finalizzate a tutelare le condizioni di stabilità locale.

- Essendo la profondità di scavo per la posa delle condotte interrato superiore a 1.5 m, i fronti di scavo dovranno essere sostenuti da casseri metallici a scatola chiusa o da analoghi sistemi provvisori, in grado di garantire in ogni caso la stabilità delle pareti dello scavo e permettere al personale di cantiere di lavorare in piena sicurezza all'interno.
- Eventuali riporti di terreno, anche temporanei, non potranno avere fronte con angolo di scarpa superiore a 35°, qualora non opportunamente sostenuto.
- Il risarcimento degli scavi dovrà essere condotto con materiale di qualità adeguata in relazione alla destinazione d'uso del sito, secondo le sezioni tipo di progetto.

- Il ripristino stradale dovrà essere condotto secondo le regole dell'arte, rullando e costipando adeguatamente il materiale di riempimento in modo da rendere trascurabile il cedimento del medesimo.
- La presenza di acqua sotterranea fino a profondità inferiore a 2 m dal piano campagna, quindi a quote anche inferiori a quelle di fondo scavo, deve consigliare l'adozione dei necessari accorgimenti atti ad evitare l'interferenza tra le operazioni di scavo e di posa delle condutture e la falda idrica. In ogni caso è da prevedere l'aggottamento dell'acqua di falda in fase esecutiva degli scavi mediante adeguati ed efficienti strumenti di pompaggio e smaltimento delle acque.
- La presenza della falda freatica nell'ambito degli scavi impone l'assoluto divieto di sversamenti, anche accidentali, di liquidi, olii o altre sostanze inquinanti.
- Si consiglia di utilizzare un geotessuto posto all'esterno del materiale ghiaioso di sottofondo, al fine di evitarne l'intasamento da parte di materiale fine, specie in presenza di acqua di falda.
- Vista la presenza della falda idrica, si raccomanda l'utilizzo di tubazioni in gres, le quali forniscono migliori garanzie di tenuta idraulica e di contrasto al galleggiamento in considerazione del maggior peso specifico di tale materiale rispetto ai materiali plastici.
- Il terreno di risulta non riutilizzato dovrà essere smaltito in discarica o riutilizzato in conformità ai disposti di legge (D.P.R. n. 120/2017).