

REGIONE PIEMONTE

PROVINCIA DI ALESSANDRIA

COMUNE DI **CASSINE**

***Ordinanza commissariale n. 6/A18.000/615-622 in data 26/05/2020***



**LS\_021\_006\_208602601**

**MESSA IN SICUREZZA ABITATO INTERESSATO DA FRANE**

**CUP: C73H19000990002**

**PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO**

**Allegato 04 – Relazione di calcolo**

***I progettisti - STUDIO ASSOCIATO INGEOPROJECT***

*Torino, 13 luglio 2020*

## SOMMARIO

---

1	Riferimenti normativi .....	3
1.1	Disciplina delle opere in conglomerato cementizio .....	3
1.2	Disciplina delle opere di fondazione e di sostegno delle terre .....	3
2	Premessa .....	4
3	Inquadramento Geologico.....	5
4	Inquadramento Geotecnico .....	7
5	Descrizione dell'intervento.....	8
6	Resistenza all'impatto .....	8
7	Resistenza al carico orizzontale.....	8

## 1 RIFERIMENTI NORMATIVI

---

### 1.1 DISCIPLINA DELLE OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO

- Legge n. 1086 del 05/11/1971. Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- Legge n. 64 del 02/02/1974. Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- D.M. LL.PP. del 11/03/1988. 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.
- Testo Unico delle Norme Tecniche per le Costruzioni, approvato con DM Infrastrutture 14 gennaio 2008
- Circolare Ministeriale n. 617 del 2 febbraio 2009

### 1.2 DISCIPLINA DELLE OPERE DI FONDAZIONE E DI SOSTEGNO DELLE TERRE

- D.M. LL.PP. del 14/02/1992. Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. 9 Gennaio 1996 Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. 16 Gennaio 1996 Norme Tecniche relative ai "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".
- D.M. 16 Gennaio 1996 Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche. - Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C. Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996.
- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG. Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996.
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e successive modificazioni
- Testo Unico delle Norme Tecniche per le Costruzioni, approvato con DM Infrastrutture 14 gennaio 2008
- Circolare Ministeriale n. 617 del 2 febbraio 2009

## 2 PREMESSA

Il versante sottostante l'abitato di Cassine in prossimità della strada provinciale è stato interessato nel tempo da diverse situazioni di instabilità ed è già stato oggetto di interventi di consolidamento negli anni passati.

A seguito degli ultimi eventi alluvionali del 21-25 novembre 2019, il comune è stato finanziato tramite la **Ordinanza commissariale n. 6/A18.000/615-622 in data 26/05/2020 per un importo di 96.800,00€**

A seguito dell'incarico ricevuto tramite determinazione 06 del R.S.T. Lavori Pubblici del comune di Cassine e successiva lettera commerciale in data 10/07/2020 prot. 3090 i progettisti si sono subito attivati al fine di procedere alla redazione del seguente progetto definitivo-esecutivo in merito ai lavori di

**LS\_021\_006\_208602601**

**MESSA IN SICUREZZA ABITATO INTERESSATO DA FRANE**

**CUP: C73H19000990002**

È stato eseguito un dettagliato rilievo con droni al fine di individuare con esattezza il tratto di intervento di consolidamento da realizzare al piede del versante a salvaguardia delle abitazioni sottostanti.



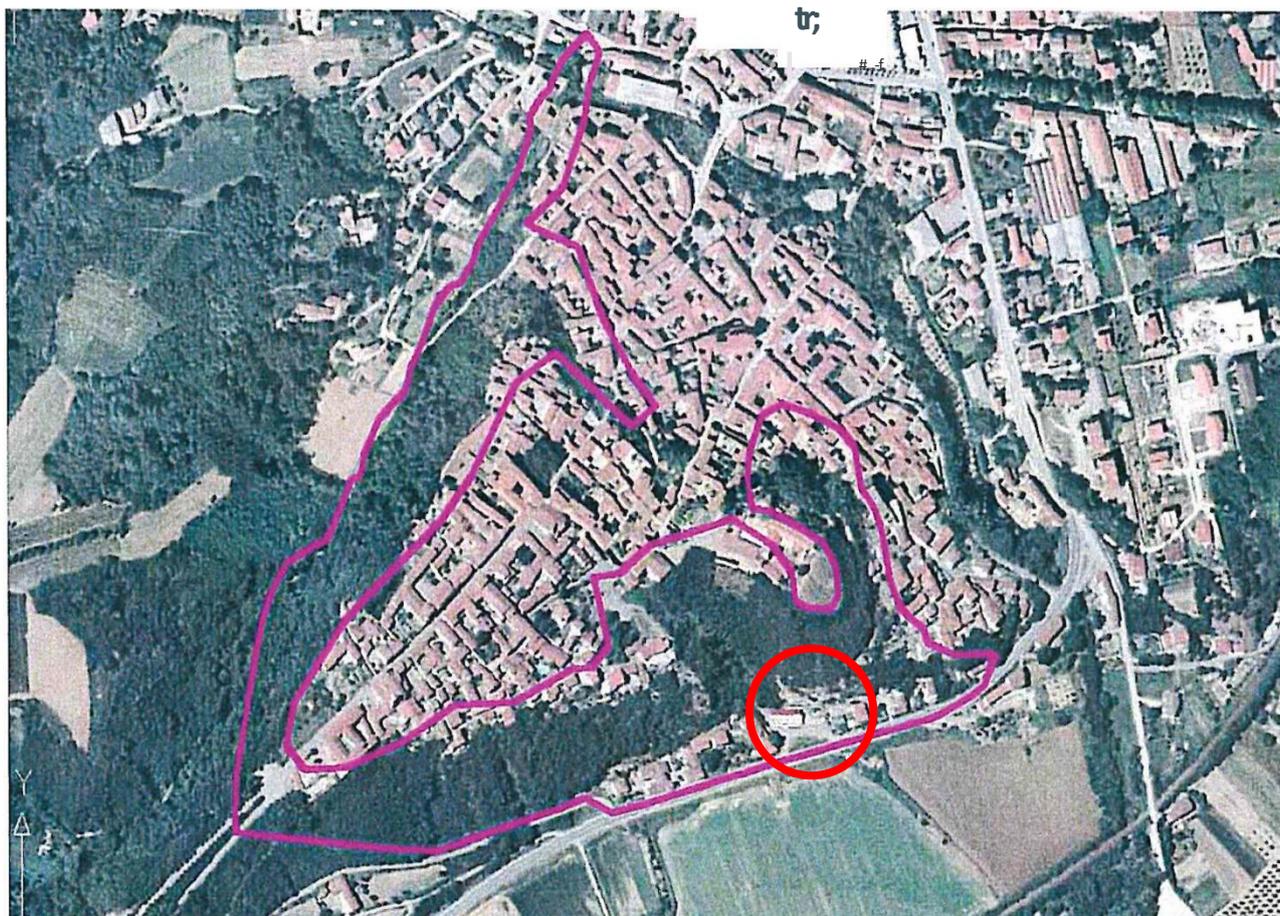
### 3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area RME del concentrico di Cassine è morfologicamente identificabile con la scarpata morfologica che delimita l'antico terrazzo fluviale del F. Bormida, su cui sorge gran parte dell'abitato di Cassine, a quote comprese tra 120 e 185 m s.l.m.

Geologicamente la zona è interessata da coperture continentali e di riporto con presenza di più livelli comprendenti argille limoso-sabbiose nella parte superiore, e localmente ghiaie, sabbie e ciottoli che sormontano depositi litorali pliocenici costituiti da sabbie medio-fini limose, talvolta argillose, localmente nella parte alta, sabbie grossolane e ghiaietti.

La zona è caratterizzata da un rilievo tabulare a forma grossomodo triangolare, delimitato da versanti fortemente acclivi a tratti subverticali, con presenza di vallette secondarie variamente incise che penetrano nel rilievo specialmente nel versante meridionale e nord-orientale.

Si veda il sottostante fotogramma del concentrico con perimetrazione RME e localizzazione dell'area dell'intervento previsto nel progetto.



Il territorio del Comune di Cassine appartiene alla terminazione settentrionale del settore collinare dell'Alto Monferrato ed è geologicamente rappresentato dalle formazioni tardo terziarie (miocene sup-pleiocene inf.) del Bacino Terziario Piemontese, dalle formazioni plioceniche del Bacino Padano e dai depositi quaternari (pleistocene - olocene) dei vari cicli fluviali.

Le sequenze sedimentarie terziarie di ambiente marino caratterizzano il settore collinare centro meridionale del territorio comunale e presentano nell'insieme una struttura monoclinale con immersione **NNE** e inclinazione di 15-20°. I depositi alluvionali coprono gran parte dei rilievi collinari a **N** del concentrico e occupano completamente il settore di pianura.

Il substrato del concentrico è costituito da depositi litoranei del Pliocene Medio - Superiore costituiti in prevalenza da sabbie gialle fini generalmente ben addensate, a volte con stratificazione incrociata, locale presenza di ghiaietti, lenti arenacee di calciruditi e calcareniti e specialmente nella parte inferiore livelli argillosi.

Tale formazione, conosciuta in letteratura come "Sabbie d'Asti", occupa il settore centrale del territorio comunale lungo una fascia diretta all'incirca E - W, che si spinge verso N fino al Rio Valdanzano.

Nella parte sommitale della formazione si intercalano livelli di argille verdastre e ghiaie, appartenenti alla parte bassa del Villafranchiano.

Le sabbie d'Asti verso S passano gradualmente e in parziale eteropia alle argille di Lugagnano, mentre a **N** si immergono al di sotto dei depositi continentali quaternari.

La sedimentazione dei depositi olo-pleistocenici inizia con facies Villafranchiane di transizione tra l'ambiente marino e quello continentale e continua con depositi tipicamente alluvionali (Fluviale Antico).

Le coperture continentali proseguono con i depositi del fluviale Medio, e Recente e successivamente con le alluvioni post-glaciali per finire con le alluvioni attuali dell'alveo attivo del F. Bormida.

## **CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE**

Sotto il profilo idrogeologico, la zona di intervento è riconducibile ai seguenti complessi:

coltri detritiche ed eluvio colluviali.

La distribuzione di questi depositi è piuttosto discontinua, ed il valore di conducibilità idraulica è compreso nell'intervallo  $10^{-1} - 10^{-4}$  m/s.

Alluvioni antiche prevalentemente ghiaioso sabbioso argillose fortemente alterate, connesse a cicli di deposizione pleistocenica  $k = 10^{-8} - 10^{-5}$  m/s.

Sabbie medio fini plioceniche più o meno addensate con presenza di livelli ghiaiosi, da mediamente a poco permeabili  $K=10^{-7} - 10^{-5}$  m/s.

Non risulta la presenza di falda idrica in prossimità del margine del terrazzo, solo localmente.

## STRATIGRAFIA E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI

Il quadro litotecnico di riferimento, partendo da monte del versante, è schematizzabile in quattro strati:

**Primo strato geotecnico:** da p.c. fino a profondità variabili da 1 - 2 m circa ad oltre 6.5 m. terreno di riporto con presenza di ghiaie, pietrisco, ciottoli, detriti di mattoni e terreno vegetale.

**Secondo strato geotecnico:** dalla base dello strato precedente con potenze variabili da pochi decimetri a plurimetrica fino a profondità massime di circa 10 m. (S2) argille limoso- sabbiose (CL-ML-CH) sabbie limoso argillose da fini a medie, localmente alla base livelli di sabbie medio-grossolane alterate con prodotti di alterazione colore ocra.

A tale unità litostratigrafica possono essere attribuiti i seguenti parametri geotecnici:

### condizioni non drenate

$c_u = 30-80 \text{ KPa}$ ,  $\varphi_u = 0^\circ$ ,  $\gamma = 18-19 \text{ KN/m}^3$ ,  $E_{ed} = 6-8 \text{ MPa}$ ,  $OCR = 5-10$

### condizioni drenate

$c' = 0$ ,  $\varphi' = 26-32^\circ$ ,  $\varphi_r = 10-20^\circ$

**Terzo strato geotecnico:** con sviluppo locale presso S. Francesco e potenza plurimetrica fino a profondità comprese tra 10 m e 13 m circa p.c.: alternanze di sabbie medio-grossolane, ghiaietti, ghiaie e ciottoli (diam. max 10-15 cm) in matrice sabbioso- limoso-argillosa, e livelli di sabbie argilloso-limose.

A tale unità litostratigrafica possono essere attribuiti i seguenti parametri geotecnici:  $c' = 0^\circ$ ,  $\varphi' = 32-38^\circ$ ,  $\gamma = 19-20 \text{ KN/m}^3$ ,  $Dr = 50-70$ ,  $Mo = 12-25 \text{ MPa}$ .

**Quarto strato geotecnico** (substrato terziario): sabbie fini limose colore giallo rossastro, locale presenza di ghiaietti nella parte superiore, livelli di limi argillosi alla base (SP-SM-ML) localmente banchi lentiformi di calcareniti.

A tale unità litostratigrafica possono essere attribuiti i seguenti parametri geotecnici:  $c' = 0^\circ$ ,  $\varphi' = 30-32^\circ$ ,  $\gamma = 18-19 \text{ KN/m}^3$ ,  $Dr = 60-70$ ,  $Mo = 10-20 \text{ MPa}$ .

## 4 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

	Caratteristiche	(kN/m <sup>3</sup> )	$\varphi'$	Cu (KPa)	C' (KPa)
Unità litotecnica 1	sabbie limoso argillose da fini a medie, localmente alla base livelli di sabbie medio-grossolane alterate con prodotti di alterazione colore ocra	17	30°	0	0
Unità litotecnica 2	sabbie fini limose colore giallo rossastro, locale presenza di ghiaietti nella parte superiore, livelli di limi argillosi alla base localmente banchi lentiformi di calcareniti	18	30°	40	20

## 5 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

---

Si tratta di una scarpata antropica in sabbie plioceniche di altezza 30 m all'incirca subverticale con evidenti tratti instabili per fenomenologie da crollo; l'elevata pericolosità deriva, oltre che dalla sub-verticalità della parete, anche dalle scadenti caratteristiche litotecniche. Nei settori adiacenti che, viceversa, risultano caratterizzati da valori di acclività meno accentuati, risulta possibile intervenire, a differenza di quanto avviene per l'adiacente settore centrale, con interventi selettivi a carico delle coperture vegetali, di risagomatura generale del terreno con pannelli di rete metallica di rivestimento che concorrono a minimizzazione il rischio.

L'intervento previsto è analogo a quello eseguito precedentemente ed è localizzato a tergo dell'abitazione sottostante, per uno sviluppo di circa 23 m con le seguenti caratteristiche: **Muro in c.a.** analogo a quello esistente ma di dimensioni ridotte, con elevazione (0,50 x 1,00) m e fondazione (0,70 X 0,80) m sottofondato su micropali diametro 200 mm, armatura tubolare da 20,9 kg/m, della lunghezza di 8,00 m ed interasse di 1m. Su tale muro verrà posata una **barriera paramassi a trefoli d'acciaio a montanti fissi**, con trefoli di irrobustimento e classe di assorbimento energetico 500 kJ.

## 6 RESISTENZA ALL'IMPATTO

---

Le barriere devono essere certificate per garantire l'assorbimento di un'energia almeno pari a 500 kJ. L'altezza massima della scarpata è di 35 m, per cui, in caduta libera, un elemento lapideo può raggiungere una velocità di  $(2 g H)^{1/2}$  (pari a circa 27 m/s), cui corrisponde un'energia cinetica di  $E_c = \frac{1}{2} m v^2 = m g H$ .

Ne deriva che per l'energia assorbibile dalle reti si avrà  $500 \text{ kJ} = m g H$ , quindi  $m = 500 / (9,8 \times 35) = 1,4 \text{ t}$ . Tale valore corrisponde al limite superiore della massa dei blocchi di roccia, equivalente a circa mezzo metro cubo, dimensione compatibile con gli elementi lapidei rinvenuti in sito che non raggiungono tale dimensione.

A favore di sicurezza si osserva che i blocchi in caduta si muovono in direzione sub-parallela a quella delle reti, quindi la componente ortogonale dell'energia cinetica è in realtà assai bassa, a meno di un urto precedente all'impatto con la rete che comunque dissipa una notevole quota dell'energia cinetica, oltre a frammentare il blocco in elementi di dimensioni più ridotte.

## 7 RESISTENZA AL CARICO ORIZZONTALE

---

Qualora dovesse accumularsi materiale a tergo della rete, per un'altezza di 4 m come somma del muro in elevazione e della rete stessa, la tensione verticale alla base sarebbe di circa  $4 \times 18 = 72 \text{ kPa}$ , considerando un angolo di attrito cautelativo di  $30^\circ$ , da cui  $k_0 = 0,5$ , la tensione orizzontale sarebbe di 36 kPa, e la distribuzione triangolare per tutta l'altezza avrebbe una risultante di  $36 \times 4 / 2 = 72 \text{ kN}$ , ad un'altezza di  $4/3$  m dalla base del muro e di  $4/3 + 0,7$  pari a circa 2 m dalla base della fondazione, con un momento applicato in testa ai pali di fondazione di 144 kN m. L'armatura dei micropali, 114,3 mm spessore 8 mm, tensione di snervamento  $355 \text{ N/mm}^2 = 35,5 \text{ kN/cm}^2$  e modulo di resistenza  $W = (\pi (D^4 - d^4)) / (32 D) = 66,4 \text{ cm}^3$ , da cui risulta che  $MR_d = 35,5 \times 66,4 = 2357 \text{ kN cm} = 23,57 \text{ kN m}$ .

**Occorre quindi prevedere il regolare spurgo del materiale che dovesse accumularsi al piede della rete, come previsto peraltro dalla voce di capitolato utilizzata.**