



## UFFICIO DEL COMMISSARIO STRAORDINARIO DELEGATO

"per la realizzazione degli interventi per la mitigazione del rischio idrogeologico  
nella Regione Sicilia previsti nell'Accordo di Programma siglato il 30.03.2010"  
Ex DPCM 10 dicembre 2010 ed ex OPCM 09 luglio 2010, n.3886 art.1



### "Drenaggi e consolidamento versanti" c.da Faranò - Comune di Sinagra (ME) Cod. Interventi ME - 119 A



RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO Ing. Francesco Cappotto  SUPPORTO AL RUP Dott. Francesco Barranco Geom. Giuseppe Ferrante Geom. Piero Nicolicchia	I PROGETTISTI	Ing. Gianluca Coroneo
		Ing. Adriano Grassi
 ATTIVITÀ PRODUTTIVE Initalia Ambiente Progettive S.p.A. VIA PIETRA ROSA CANELLI 30 - 00138 - ROMA  DIRETTORE TECNICO: Dott. Ing. MASSIMO MATTEOLI		Ing. Domenico Imbroglia
		Ing. Marco Calogero
		Ing. Alberto Peligra
		Ing. Rossella Zumbè
		Arch. Fabio Pulizzi
		Ing. Giuseppe Morganti
		Ing. Fabio Ferla
	IL GEOLOGO	

### - PROGETTO ESECUTIVO -

ELABORATO  <b>Relazione generale</b>			DATA	NOME	FIRMA
			REDATTO	GCIAM	
			VERIFICATO		
			APPROVATO		
			DATA 06/2013	<b>R 01</b>	
REVISIONE	DATA	AGGIORNAMENTI	SCALA		
			CODICE FILE		

## I N D I C E

<b>1</b>	<b>DIRITTI DI AUTORE E CLAUSOLE DI RISERVATEZZA .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>OGGETTO DELL'INCARICO .....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>STRUTTURA DEL PROGETTO .....</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>5</b>
<b>5</b>	<b>NORME DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>6</b>
<b>6</b>	<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>8</b>
<b>7</b>	<b>ELABORATI DI PROGETTO .....</b>	<b>11</b>
<b>8</b>	<b>INQUADRAMENTO DEL SITO .....</b>	<b>13</b>
<b>CATASTALMENTE LE AREE DI INTERVENTO SONO RICOMPRESSE NEL FOGLIO DI MAPPA N. 12 DEL COMUNE DI SINAGRA.....</b>		<b>15</b>
<b>9</b>	<b>INDAGINI PRELIMINARI EFFETTUATE .....</b>	<b>16</b>
9.1	Sondaggi geognostici .....	16
9.2	Sondaggi geognostici .....	17
9.3	Caratterizzazione Sismica con metodologia HVSR o Nakamura .....	19
9.4	Lectture piezometriche .....	20
9.5	Sezioni stratigrafiche .....	20
<b>10</b>	<b>CONSIDERAZIONI GEOLOGICHE .....</b>	<b>22</b>
10.1	Caratteri geologici e geomorfologici .....	22
10.2	Caratteri idrologici .....	23
10.3	Caratterizzazione fisico meccanica e parametrizzazione geotecnica dei terreni ..	23
<b>11</b>	<b>STATO DI FATTO - INDIVIDUAZIONE DELLE CRITICITÀ .....</b>	<b>25</b>
<b>12</b>	<b>DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI DI PROGETTO .....</b>	<b>28</b>
12.1	Area A di intervento.....	31
12.1.1	Opere strutturali .....	31
12.1.2	Opere idrauliche.....	31
12.2	Area B di intervento.....	33
12.2.1	Opere strutturali .....	34
12.2.2	Opere di consolidamento versante.....	40
12.2.3	Sovrastruttura stradale .....	43
<b>13</b>	<b>METODOLOGIA E TIPO DI ANALISI STRUTTURALE .....</b>	<b>45</b>
13.1	Tipo di analisi svolta .....	45
13.2	Origine e caratteristiche dei codici di calcolo .....	45
<b>14</b>	<b>SUCCESSIONE DELLE DIVERSE FASI DELLE OPERE .....</b>	<b>46</b>
<b>15</b>	<b>CARATTERISTICHE DESCRITTIVE E PRESTAZIONALI DEI MATERIALI ADOPERATI .....</b>	<b>47</b>
<b>16</b>	<b>SICUREZZA .....</b>	<b>48</b>
<b>17</b>	<b>EROGAZIONI TEMPORANEE DI FORNITURE PER IL CANTIERE .....</b>	<b>49</b>
<b>18</b>	<b>CRONOPROGRAMMA .....</b>	<b>50</b>
<b>19</b>	<b>CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE .....</b>	<b>51</b>

## **1 DIRITTI DI AUTORE E CLAUSOLE DI RISERVATEZZA**

Il presente documento è di proprietà esclusiva della società Invitalia Attività Produttive S.p.A.; tutte le informazioni in esso contenute sono riservate.

Il presente documento non può essere copiato o riprodotto, nemmeno parzialmente, senza esplicita autorizzazione scritta da parte della società Invitalia Attività Produttive S.p.A..

### **Storia della modifiche**

Non applicabile.

## **2 OGGETTO DELL'INCARICO**

La progettazione esecutiva riguarda le opere di "Drenaggi e consolidamento versanti - Contrada Faranò" del Comune di Sinagra (ME), Cod. int.: ME119 A, intervento ricompreso nell'ambito dell'APQ stipulato tra il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e l'Assessorato del Territorio e dell'Ambiente della Regione Siciliana, di cui il Commissario Straordinario Delegato è soggetto attuatore.

Con nota prot. 295/UC del 11 marzo 2011 il Commissario Straordinario Delegato "per l'attuazione degli interventi per la mitigazione del rischio idrogeologico della Regione Sicilia" ha affidato l'incarico della progettazione esecutiva delle opere di cui in oggetto ad INVITALIA e quest' ultima con nota prot. RIDS/ALC/763/2011 del 06 maggio 2011 ha comunicato all' ufficio del Commissario straordinario i nominativi del gruppo di lavoro.

### **3 STRUTTURA DEL PROGETTO**

La struttura del progetto è stata concepita in modo da adempiere a quanto previsto:

- dalle Linee guida emanate dal Commissario Straordinario Delegato per la mitigazione del rischio idrogeologico in Sicilia,
- dalle indicazioni del R.U.P.,
- dalle normative di settore e di riferimento in tema di Lavori Pubblici (di seguito elencate al par. 5),

ed in armonia:

- con quanto evidenziato dagli studi geologici sulle aree,
- con la disponibilità economica per l'intervento codificato in Accordo di Programma Quadro, con la sigla ME119 A.

## 4 PREMESSA

Il presente documento costituisce la relazione tecnica descrittiva del progetto esecutivo redatto ai sensi del d.P.R. 5/10/2010 n.207 di esecuzione ed attuazione del D.Lvo 12/04/2006 n.163 e L. n.106/2011 afferente le opere di "Drenaggi e consolidamento versanti – Contrada Faranò" nel Comune di Sinagra (ME), Cod. int.: ME 119 A.

Il progetto esecutivo è stato sviluppato secondo l'attesa del raggiungimento della mitigazione del rischio idrogeologico sulle aree individuate nell'oggetto dell'incarico conferito, con l'obiettivo dunque di intervenire sulle cause che ne hanno prodotto gli effetti del dissesto o ne possono potenzialmente produrre degli altri.

Tale approccio metodologico, conduce alla necessità di dover acquisire la opportuna conoscenza dei luoghi e delle sue criticità, sia intrinseci agli aspetti naturali (ovvero alla geomorfologia ed alla genesi delle fenomenologie), sia agli aspetti antropici (ovvero tutte quelle modifiche apportate al territorio) che, in misura più o meno consistente, possono aver contribuito alla genesi o solo all'ampliamento dei fenomeni.

Constatato che sulle aree non sono state effettuate in passato rilievi ed indagini si è ritenuto indispensabile proporre un approfondito studio in termini di caratterizzazione geologica, finalizzata al dimensionamento degli interventi ritenuti necessari.

Secondo tale principio, il Commissario Straordinario Delegato per l'attuazione degli interventi per la mitigazione del rischio idrogeologico nella Regione Sicilia nell'ambito della convenzione in essere con la Società di indagini e rilievi CGIAM ha acquisito con note prot n. 753 del 07/03/2013 e n. 2781 del 18/07/2013 i rilievi delle aree in oggetto e, in ragione delle necessità innanzi citate, commissionato la redazione di un piano di indagine preliminare finalizzato alla progettazione esecutiva concertato con i progettisti incaricati IAP.

Definito il piano di indagini, con nota prot. n. 199/DCI/RM del 24/09/2012 è stata disposta l'aggiudicazione definitiva della procedura negoziata a favore dell'Impresa GEO PLANTS S.r.l.

Affidati i lavori di indagine di cui innanzi, al termine della campagna geologica è stata prodotta dal Geologo incaricato, dott. Alessio D'Urso, la relazione geologica allegata al presente progetto esecutivo *de quo*.

## 5 NORME DI RIFERIMENTO

In questo capitolo si riportano i principali (ma non esaustivi) riferimenti normativi da prendere in considerazione nella realizzazione degli interventi di caratterizzazione oggetto del presente documento.

- **Decreto Legislativo 3 Aprile 2006, n. 152:** "Norme in materia ambientale"; in particolare la Parte quarta: "Norme in materia di gestione dei rifiuti e di bonifica dei siti contaminati" e la Parte terza: "Norme in materia di difesa del suolo e lotta alla desertificazione, di tutela delle acque dall'inquinamento e di gestione delle risorse idriche";
- **Decreto Legislativo 16 gennaio 2008, n. 4:** "Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale.
- **Decreto Legislativo 13 gennaio 2003, n. 36:** "Attuazione della direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti";
- **Decreto Legislativo 12 aprile 2006, n. 163:** "Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE";
- **Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008:** "Norme tecniche per le costruzioni" e ss.mm.ii.;
- **Decreto Legislativo DPR 380 6 giugno 2001:** "Norme tecniche per le prove geotecniche in situ e di laboratorio";
- **Decreto Legislativo 15 Agosto 1991, n. 277:** "Attuazione delle direttive CEE nn. 80/1107/CEE, 82/605/CEE, 83/477/CEE, 86/188/CEE e 88/642/CEE, in materia di protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti da esposizioni ad agenti chimici, fisici e biologici durante il lavoro, a norma dell'art. 7 della legge 30 luglio 1990, n.212;
- **Decreto Legislativo 9 aprile 2008, n. 81** come mod. ed integrato dal **Decreto Legislativo 9 agosto 2009 n. 106:** "Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro".
- **Decreto del Presidente della Repubblica del 05 ottobre 2010 n. 207.**



Regolamento di esecuzione ed attuazione del D.Lvo 12 aprile 2006 n°. 163, recante "codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17CE e 2004/18Ce".

- **Legge nr. 1086 del 05/11/1971.**

Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.

- **Legge nr. 64 del 02/02/1974.**

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

- **Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (D.M. 14 Gennaio 2008)**

- **Circolare C.S.L.P. 02/02/2009 n.617** - Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008

Il D.P.R. n. 207 all'articolo 33 (Documenti componenti il progetto esecutivo) prevede che:

*Il progetto esecutivo costituisce la ingegnerizzazione di tutte le lavorazioni e, pertanto, definisce compiutamente ed in ogni particolare architettonico, strutturale ed impiantistico l'intervento da realizzare. Restano esclusi soltanto i piani operativi di cantiere, i piani di approvvigionamenti, nonché i calcoli e i grafici relativi alle opere provvisorie. Il progetto è redatto nel pieno rispetto del progetto definitivo nonché delle prescrizioni dettate nei titoli abilitativi o in sede di accertamento di conformità urbanistica, o di conferenza di servizi o di pronuncia di compatibilità ambientale, ove previste.*



## 6 INTRODUZIONE

Come in premessa, il presente documento costituisce relazione tecnica descrittiva del progetto esecutivo afferente le opere di "Drenaggi e consolidamento versanti – Contrada Faranò" nel Comune di Sinagra (ME), Cod. int.: ME 119 A.

Il progetto è stato sviluppato sulla base delle informazioni acquisite dalla scheda preliminare nonché dal progetto preliminare redatto dal U.T.C. del Comune di Sinagra e le indagini geognostiche condotte dal dott. D'Urso per conto della CGIAM, necessarie per porre in essere le corrette interpretazioni progettuali e, secondo quanto previsto dalle NTC 2008 effettuare le dovute caratterizzazioni dei suoli sui quali sono previsti gli interventi.

Lo studio geologico è stato articolato come segue:

- a) **Studio geologico dell'area interessata** comprendente la descrizione delle formazioni geologiche presenti, delle loro caratteristiche litologiche, dei reciproci rapporti di giacitura, dei loro spessori, nonché l'indicazione di tutti i lineamenti tettonici.
- b) **Studio geomorfologico dell'area interessata** comprendente la descrizione dei principali lineamenti morfologici, degli eventuali fenomeni di erosione e dissesto, dei principali processi indotti da antropizzazione.
- c) **Studio idrogeologico dell'area interessata** comprendente la descrizione dei lineamenti essenziali sulla circolazione idrica superficiale e sotterranea in relazione alla loro interferenza con le problematiche geotecniche, allo smaltimento delle acque dilavanti, alla protezione delle falde idriche ed all'individuazione delle aree soggette ad esondazione.
- d) **Studio delle pericolosità geologiche dell'area interessata** comprendente tutto quanto necessario ad evidenziare le aree interessate da "pericolosità geologiche" quali frane, colate, crolli, erosioni, esondazioni, liquefazione dei terreni, vulnerabilità degli acquiferi rappresentando, cioè, un'attenta analisi ed interpretazione degli studi precedenti.
- e) **Studio della pericolosità sismica locale** comprendente l'esecuzione di specifiche indagini sismiche atte ad evidenziare le aree con particolari problematiche sismiche e tali da poter provocare fenomeni di amplificazione, liquefazione, cedimenti ed instabilità.

In considerazione delle criticità già visivamente rilevate nei numerosi sopralluoghi sul versante di C.da Faranò, tale campagna geologica, come evincibile dall'esito della stessa, ha restituito lo studio di una zona più vasta rispetto a quella direttamente interessata dal progetto, al fine di inquadrare, in una più ampia visione geologica, la locale situazione geostrutturale.

In considerazione delle evidenze e dunque delle cause che ne hanno originato le criticità tradotte in dissesti, è stata approfondita la ricostruzione dell'habitus geomorfologico e l'assetto idrogeologico, concentrando l'attenzione sulle condizioni di stabilità dei versanti, sullo stato degli agenti morfogenetici attivi e sulla presenza e profondità di eventuali falde freatiche.

Sono state eseguite le opportune investigazioni per la caratterizzazione:

- della serie stratigrafica locale, per l'individuazione delle profondità del livello piezometrico,
- fisico-meccanica dei terreni sono stati utilizzati i risultati forniti dal Laboratorio M.T.R. incaricato dalla società GEO PLANTS s.r.l..

Dall'esito delle indagini e delle interpretazioni geologiche tradotte nella relazione geologica summenzionata sono stati effettuati gli approfondimenti tecnici necessari affinché, evidenziate la natura delle cause e gli effetti del dissesto in atto, potessero essere tradotte in progetto esecutivo le scelte per l'intervento progettuale tali da rispondere adeguatamente al mandato conferito.

Il progetto esecutivo di cui alla presente, è stato dunque elaborato:

- secondo i principi ingegneristici e della regola tecnica,
- in ottemperanza alle prescrizioni normative vigenti in termini di opere geotecniche e di protezione idraulica del territorio,
- in generale secondo un approccio metodologico che potesse consentire, individuata la fonte del rischio che causa le problematiche evidenziate nelle aree di competenza, le adeguate misure di mitigazione del rischio idrogeologico delle aree in oggetto,
- in armonia con le risorse economiche disponibili per l'intervento ME 119 A.

È doveroso sottolineare altresì che obiettivo non secondario del presente progetto è quello della minimizzazione rispetto agli aspetti ambientali.

Il fine è dunque quello di apportare, compatibilmente con la natura del dissesto, solo quelle modifiche che comunque, in termini di impatto, si collocano in armonia con gli aspetti naturali, affiancando alle opere strutturali opere di tipo idraulico, i cui sistemi prevedono una rapida "cucitura" con l'esistente.

L'intento è stato inoltre quello di ridurre il coinvolgimento di aree coltivate e dunque ben mantenute, con l'inserimento di interventi di captazione e drenaggio che invece ne favoriscono la protezione, oltre a favorire un miglioramento dell'assetto idrologico del bacino di monte.

Tuttavia, come meglio evincibile nei paragrafi successivi e rimandando agli elaborati del progetto esecutivo, è occorsa l'esigenza progettuale, in ragione delle evidenti criticità riconducibili al disordine idrologico delle aree oggetto dell'intervento, di dover provvedere alla adeguata riprofilatura dei terreni, ricreando:

- in un caso, dei terrazzamenti mediante la sistemazione a gradoni del terreno;
- in altro caso, dopo un'opportuna regolarizzazione del versante terrazzamenti e scarpate, un rinforzo degli stessi mediante collocazione di elementi tipo Erdox a moduli di 310 x 360 cm.

La rimodellazione e riprofilatura, rendendo inevitabile la necessità di operare rimozione di terreni delle coltri detritiche superficiali, comporta l'obbligo di valutare, in via propedeutica alla determinazione degli oneri di conferimento in impianti di recupero, la possibilità che tali terre e rocce da scavo, nella disciplina corrente, possano essere riutilizzate nell'ambito di un intervento in ambito comunale, codificato nel DM 161/2012 (Regolamento recante la disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo (G.U. n. 221 del 21 settembre 2012) all'art. 4, previo accertamento dell'Amministrazione beneficiaria ovvero del Comune di Sinagra. Emergendo l'indisponibilità di aree di proprietà Comunale idonee agli scopi di che trattasi si rende inevitabile il conferimento dei terreni residui delle attività di riprofilatura in impianti autorizzati.

## **7 ELABORATI DI PROGETTO**

Il presente progetto esecutivo è stato redatto completo di tutti gli elaborati necessari per la cantierabilità.

Si riporta l'elenco degli elaborati costituenti il progetto esecutivo secondo le indicazioni di cui agli artt. 33 – 43 del D.P.R. 207/2010 "*Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163*", recentemente recepito in Sicilia con la L.R. n. 12 del 12-07-2011:

### ALLEGATI PROGETTUALI

- R01 – Relazione generale;
- R02 – Relazione geologica e Indagini geognostiche;
- R03 - Relazione idraulica;
- R04 – Relazione geotecnica e di calcolo
- R05 – Tabulati di calcolo;
- R06 – Stima di indennità di esproprio;
- R07 – Piano particellare di esproprio;
- R08 – Computo metrico estimativo;
- R09 – Elenco prezzi;
- R10 – Analisi prezzi;
- R11 – Quadro Economico;
- R12 – Cronoprogramma;
- R13 – Stima di incidenza della manodopera;
- R14 – Stima di incidenza della Sicurezza ;
- R15 – Piano di Sicurezza e coordinamento;
- R16 – Piano di manutenzione;
- R17 – Schema di contratto;
- R18 - Capitolato speciale di appalto;
- R19 – Piano di monitoraggio;

### TAVOLE GRAFICHE DI PROGETTO

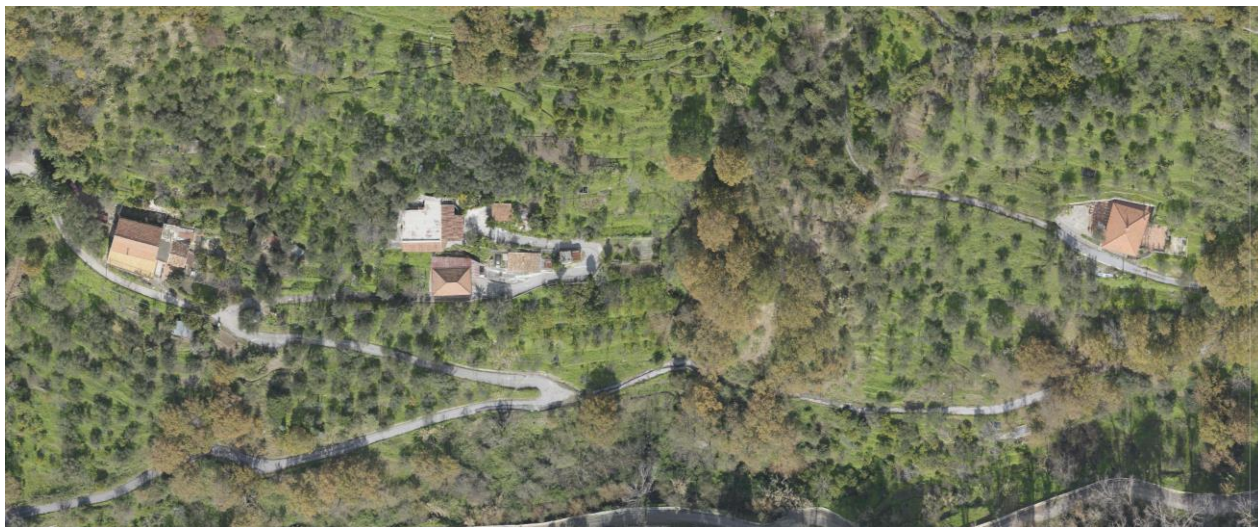
- EG01 – Inquadramento territoriale;
- EG02 – Rilievo fotografico;
- EG03 – Rilievo planoaltimetrico stato di fatto;
- EG04 – Sezioni stato di fatto;

- EG05 – Planimetria generale interventi;
- EG06 – Planimetria di progetto area A;
- EG07 – Planimetria di progetto area B;
- EG08 – Sezioni di progetto;
- EG09a – Particolari costruttivi strutturali PARATIA TIPO A;
- EG09b – Particolari costruttivi strutturali PARATIA TIPO B;
- EG09c – Particolari costruttivi strutturali PARATIA TIPO C;
- EG09d – Particolari costruttivi strutturali MURI TIPO 1-2-3;
- EG09e – Particolari costruttivi strutturali :  
Elementi di stabilizzazione, Elementi di sicurezza stradale
- EG10 – Particolari costruttivi opere idrauliche;

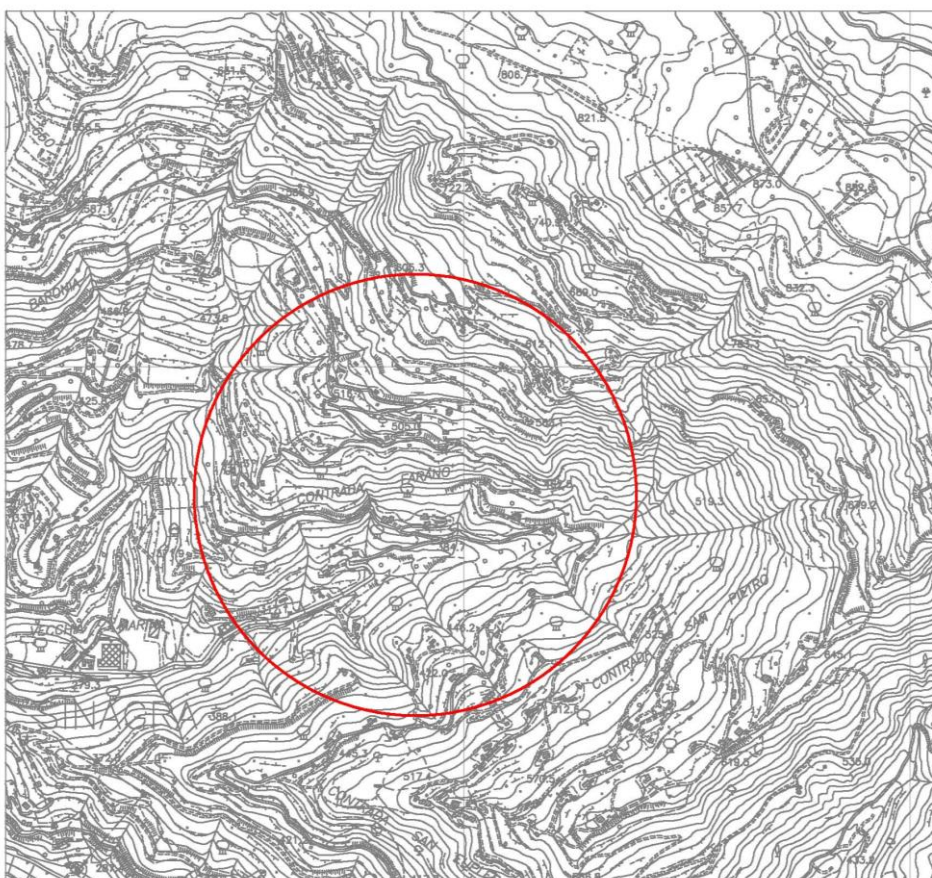


## 8 INQUADRAMENTO DEL SITO

L'area in esame ricade all'interno del Comune di Sinagra e precisamente in contrada Faranò posto a nord-est dal centro abitato.

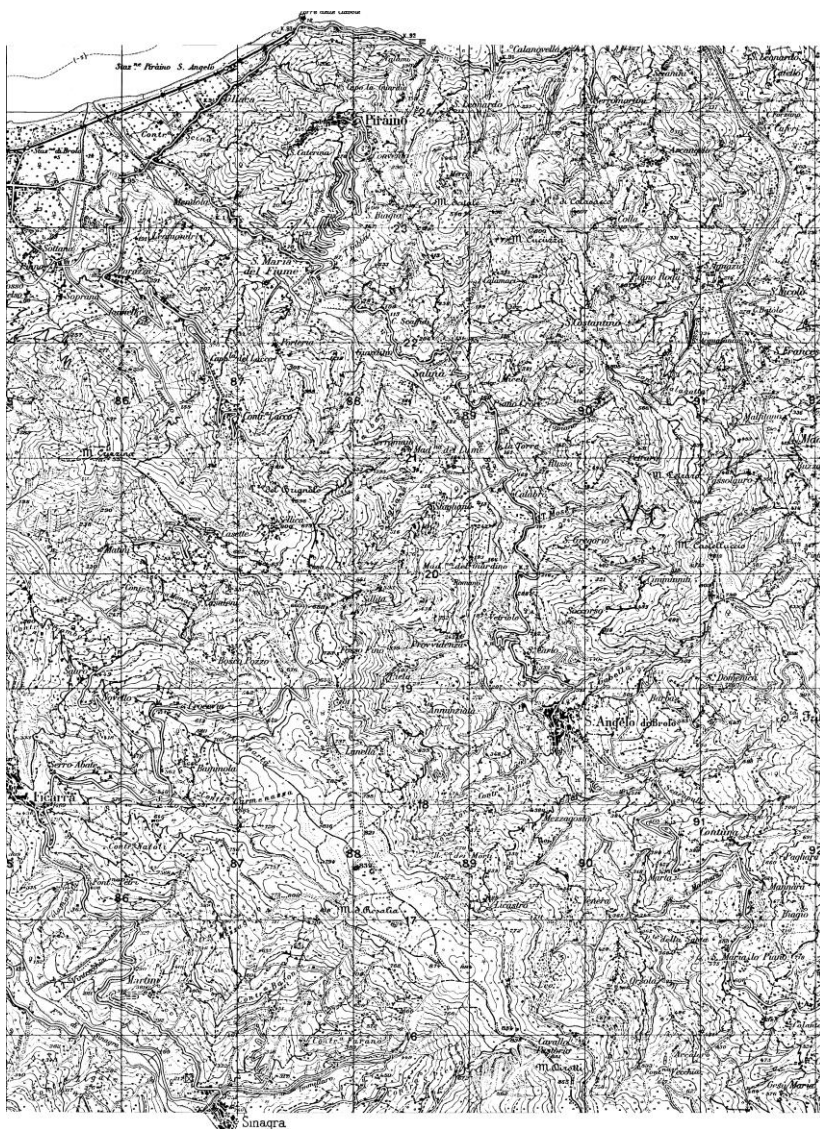


**Figura 1 - Stralcio ortofoto dell'area di progetto**



**Figura 2 - Stralcio Carta Tecnica Regionale sezione 599110**





Il comprensorio oggetto di studio ricade nella tavoletta "S. Angelo di Brolo" (F. 252 II NE) edita dall' I.G.M. in scala 1:25.000 e rientra nel sezione "599110" della Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000; esso è posto ad una quota compresa tra 460 e 380 m.s.m.

L'area di stretta pertinenza insiste sul territorio comunale di Sinagra, in Contrada Faranò, a Nord-Est del centro abitato.

L'area in esame ricade all'interno del Bacino Idrografico della Fiumara di Naso (014), come indicato dal Piano Stralcio per l'

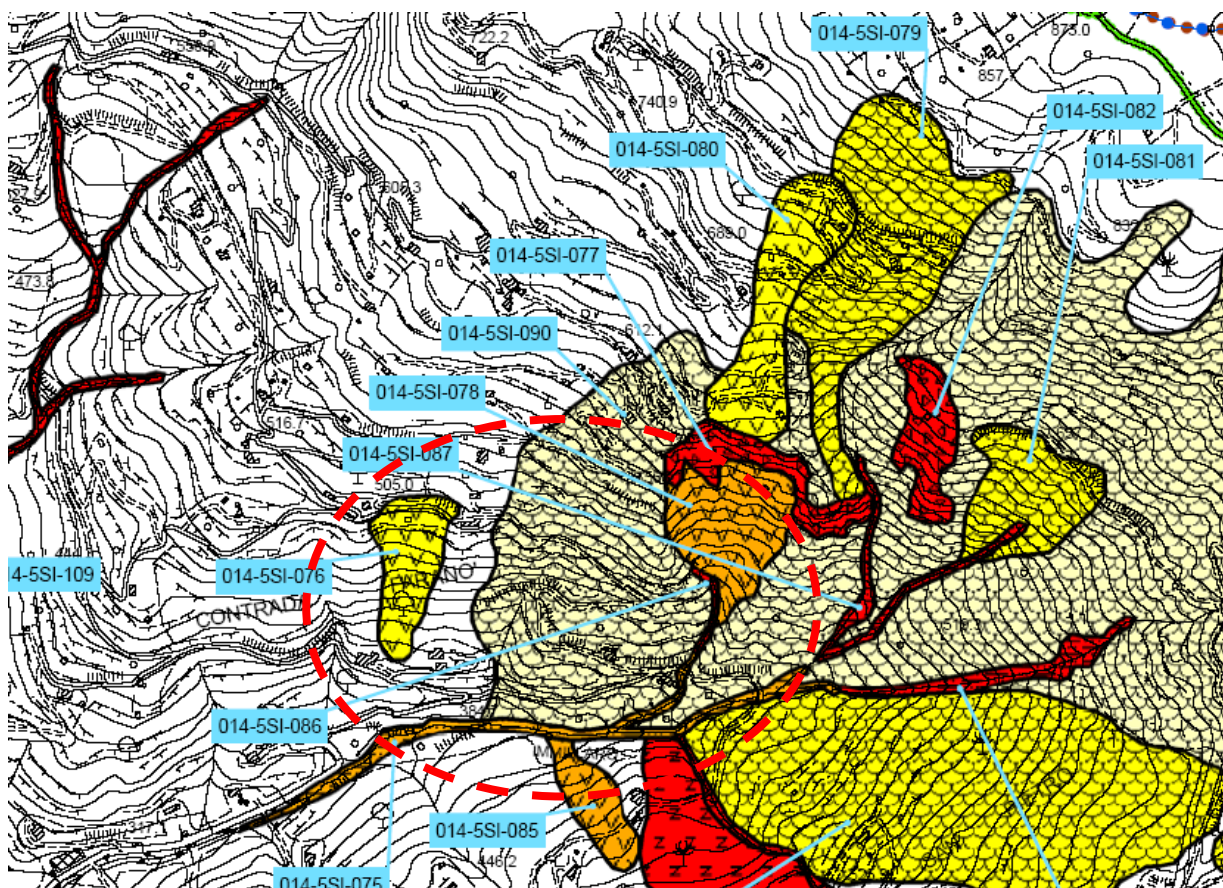
Assetto Idrogeologico di cui al D.P. n. 288 del 05 luglio 2007, pubblicato sulla G.U.R.S. n. 47 del 05.10.2007.

Il Piano di Assetto Idrogeologico individua nell'area a nord-est del centro abitato del Comune di Sinagra, e specificatamente nella Carta dei Dissesti N. 12, diverse aree in frana.

Dall'analisi della Carta della Pericolosità e del Rischio Geomorfologico si evince che l'area è stata censita con codici 014-5SI-076/78/86/90.

Il suddetto P.A.I. individua nel versante una condizione di dissesto in atto di tipo geomorfologico con fattore di rischio R1 ed R3 e pericolosità da P0 a P4.





**Figura 3 - Carta dei Dissesti. Stralcio Carta N°12**

Catastralmente le aree di intervento sono ricomprese nel Foglio di mappa n. 12 del Comune di Sinagra.

Trattasi di particelle non solo su suolo comunale; l'attuazione delle previsioni progettuali comporterà la necessità di acquisire aree private. I dettagli sono riportati nell'elaborato specifico R07 – *"Piano particellare di esproprio"*.

## 9 INDAGINI PRELIMINARI EFFETTUATE

La caratterizzazione geologica del sito è stata sviluppata dal geologo incaricato, Dott. Geol. Alessio D'Urso, sulla base dei rilievi geologici e dei risultati delle indagini in situ.

Nella Relazione Geologica, con i relativi allegati, a cui si rimanda integralmente, sono riportati i risultati dello studio eseguito che ha consentito di ricostruire il "modello geologico" di cui nel seguito si riportano gli aspetti maggiormente significativi.

Per procedere alla caratterizzazione geomeccanica dei terreni affioranti nell'area e stabilire le modalità di intervento per la messa in sicurezza del versante è stata eseguita una campagna di indagini geognostiche, geofisiche e prove geotecniche di laboratorio.

### 9.1 Sondaggi geognostici

Sono stati previsti n. 6 sondaggi geognostici a carotaggio continuo alcuni di questi attrezzati a piezometro e distribuiti all'interno dell'area in dissesto ed oggetto del presente studio.

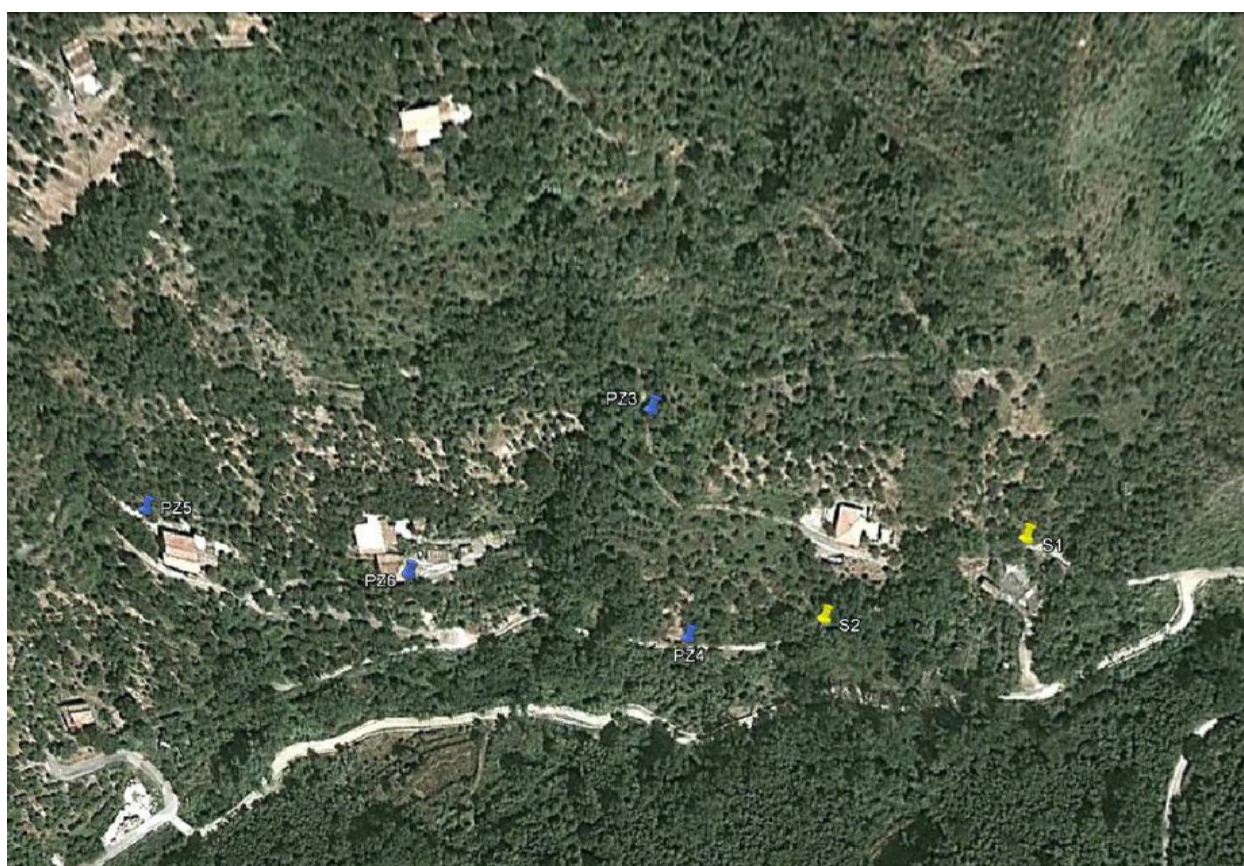
I sondaggi geognostici sono stati eseguiti con perforazione ad andamento verticale a rotazione ed a carotaggio continuo utilizzando un carotiere con diametro minimo di 101 mm e quant'altro necessario per l'esecuzione a perfetta regola d'arte del sondaggio e della sua documentazione tecnica.

Le perforazioni sono state spinte fino ad una profondità massima di 30 metri dal piano campagna e si è proceduto al carotaggio continuo con la conservazione del nucleo per tutta la tratta indagata ed utilizzando tutte le cautele compatibili con la natura dei litotipi attraversati.

Di seguito si riporta una sintesi delle indagini dirette effettuate affiancate dall'elenco delle prove eseguite in *situ*:



Sondaggio n	Prof. m	Diam. mm	Metodo	Campioni Prelevati		Prove in foro	Strumentazione Installata	Note
				dist	ind.			
S1	20,00	101	carotaggio	1	/	1SPT	/	/
S2	20,00	101	carotaggio	1	/	2SPT	/	/
PZ3	30,00	101	carotaggio	1	1	1SPT	Piezometro 2"	1 Prova Permeabilità A carico variabile
PZ4	20,00	101	carotaggio	3	/	1SPT	Piezometro 2"	/
PZ5	20,00	101	carotaggio	2	/	/	Piezometro 2"	/
PZ6	20,00	101	carotaggio	1	/	2SPT	Piezometro 2"	1 Prova Permeabilità A carico variabile

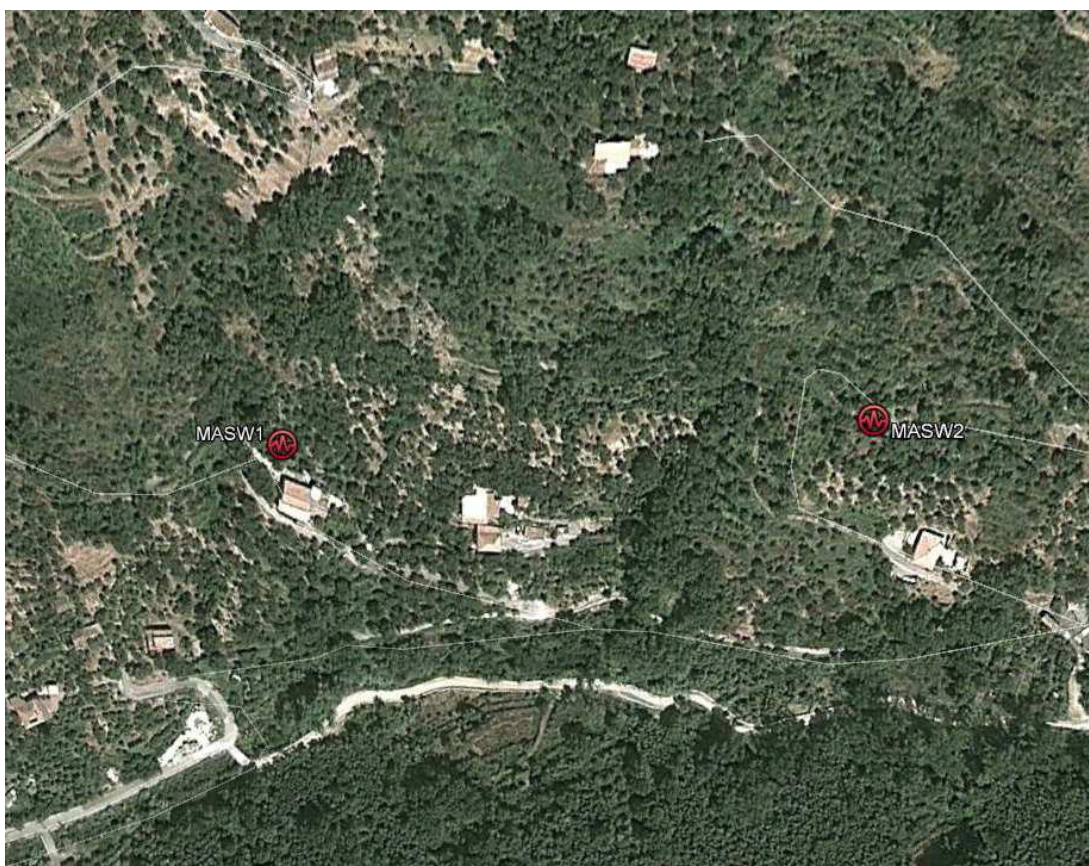


**Figura 4 - Ubicazione indagini dirette**

## 9.2 Sondaggi geognostici

Al fine di caratterizzare la risposta sismica del sito in esame, è stata prevista una campagna d'indagine con l'esecuzione di n°2 acquisizioni sismiche tipo masw (multi-channel analysis of surface waves, analisi della dispersione delle onde di rayleigh da misure di sismica attiva), denominate rispettivamente: masw n°1 e masw n°2.

Di seguito si riporta l'ubicazione planimetrica delle indagini MASW eseguite:



**Figura 5 - Ubicazione MASW**

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh a partire da dati di sismica attiva (MASW) ha consentito di determinare il profilo verticale della VS (del modulo di taglio) e di conseguenza, del parametro Vs30.

Dalle analisi eseguite e dalla loro elaborazione sono stati ottenuti i seguenti risultati:

**MASW n.1**

per il piano di posa coincidente col piano di campagna, la Vs30 risulta pari a 409m/s;

**MASW n.2**

per il piano di posa coincidente col piano di campagna, la Vs30 risulta pari a 295 m/s.

In accordo con le norme tecniche per le costruzioni (DM 14 gennaio 2008, ex DM 14/09/2005) il sito in esame rientra:

a) masw n°1

categoria B, - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del



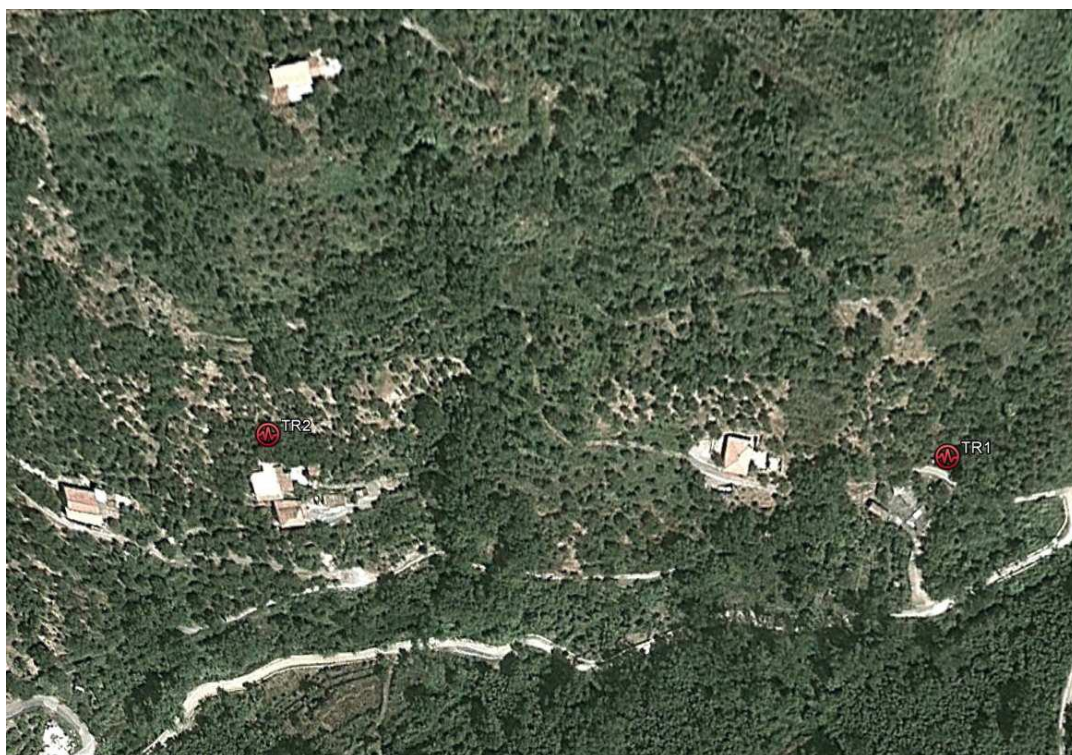
VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e  $cu_{30} > 250$  kPa nei terreni a grana fina);

b) masw n°2

categoria C, Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < NSPT30 < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < cu_{30} < 250$  kPa nei terreni a grana fina).

### 9.3 Caratterizzazione Sismica con metodologia HVSR o Nakamura

Sono stati eseguiti due indagini di sismica passiva Tr1 -Tr2, per la determinazione delle "caratteristiche elastiche" del terreno di fondazione ottenute dall'analisi spettrale delle componenti vibrazionali del terreno ossia attraverso l'analisi del "rumore sismico", e la definizione della "categoria di suolo", delle "frequenze di risonanza" e, quindi, la loro reazione in caso di eventi sismici, così come previsto nel D.M. 14/01/2008 e successiva Circolare. Di seguito si riporta la loro ubicazione nell'ambito dell'area di intervento.



**Figura 6 - Ubicazione tomografie**

A seguito dell'elaborazione dei dati acquisiti si è pervenuto, ad un modello elettrostratigrafico, facendo una distinzione sulla base della caratteristica fisica

"resistività elettrica" dell'area investigata. Nella campagna d'indagine, la profondità massima di investigazione ottenuta è stata circa 12.00m dal p.c. per la prima e la seconda acquisizione. Attraverso tali indagini sono stati individuati le potenze litostratigrafiche a diversa resistività che hanno permesso di delineare l'andamento nel sottosuolo in tutta l'area investigata.

#### 9.4 Letture piezometriche

Le formazioni geologiche presenti nella zona presentano litotipi a permeabilità variabile in relazione sia alle caratteristiche primarie che secondarie. Nel caso in esame sono state eseguite delle prove di permeabilità all'interno dei fori di sondaggio.

Nel corso delle perforazioni sono state effettuate diverse prove di permeabilità i cui valori di K sono compresi tra  $2.2684 \cdot 10^{-7}$  m/sec e  $6.3310 \cdot 10^{-7}$  m/sec. La circolazione idrica sotterranea, molto verosimilmente, avverrà in modo colto complesso ed articolato.

Il livello della falda dai rilievi fatti nei sondaggi risulta il seguente:

	Lettture Ott 2012	Lettture Feb 2013	Lettture Mag 2013	Lettture Giu 2013
Sondaggio	Pz3 metri 7.80	Pz3 metri 18.00	Pz3 metri 15.40	Pz3 metri 16.00
Sondaggio	Pz4 metri 13.00	Pz4 metri 13.50	Pz4 metri 13.60	Pz4 metri 14.00
Sondaggio	Pz5 metri 12.70	Pz5 metri 10.50	Pz5 metri 8.00	Pz5 metri 9.30
Sondaggio	Pz6 metri 17.10	Pz6 metri 16.50	Pz6 metri 15.70	Pz6 metri 16.20

#### 9.5 Sezioni stratigrafiche

Sulla base delle indagini svolte e dei riscontri rilevati, sono state elaborate le sezioni stratigrafiche individuate all'interno dell'area d'intervento ed in relazione alle maggiori problematiche riscontrate ed interventi proposti.

In figura 7 si riporta a titolo di esempio una tipica sezione litologica della porzione di terreno investigata; per maggiori dettagli si rimanda alla relazione geologica allegata al progetto esecutivo (*ns. rif. elaborato R02*).



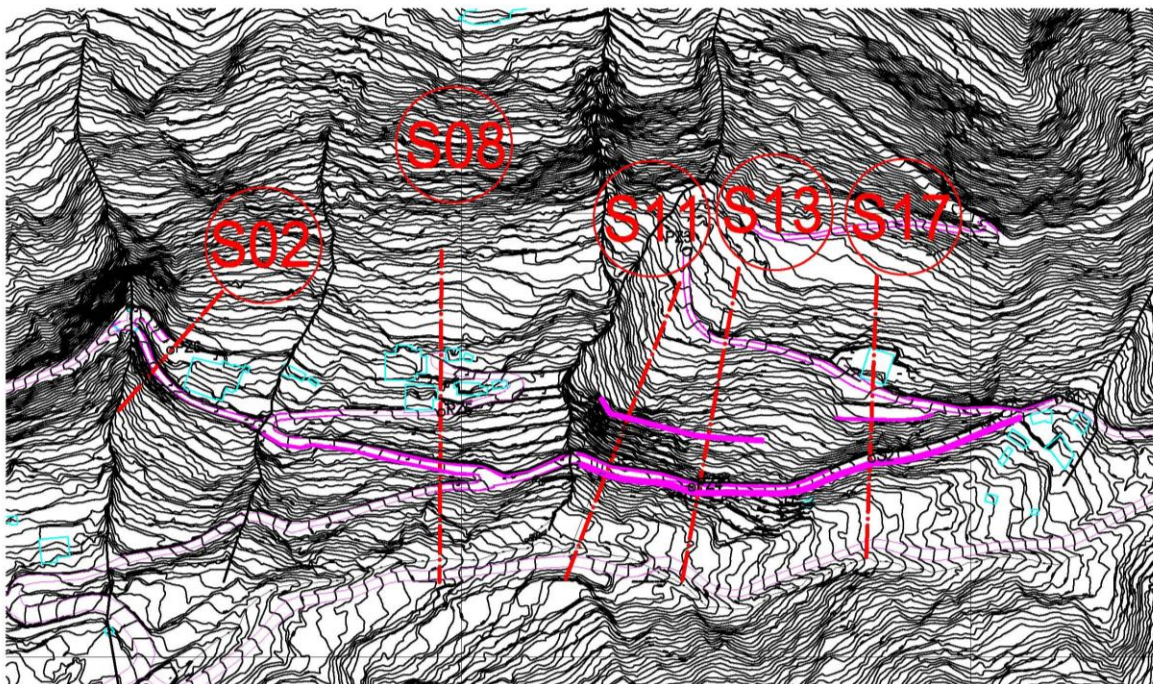
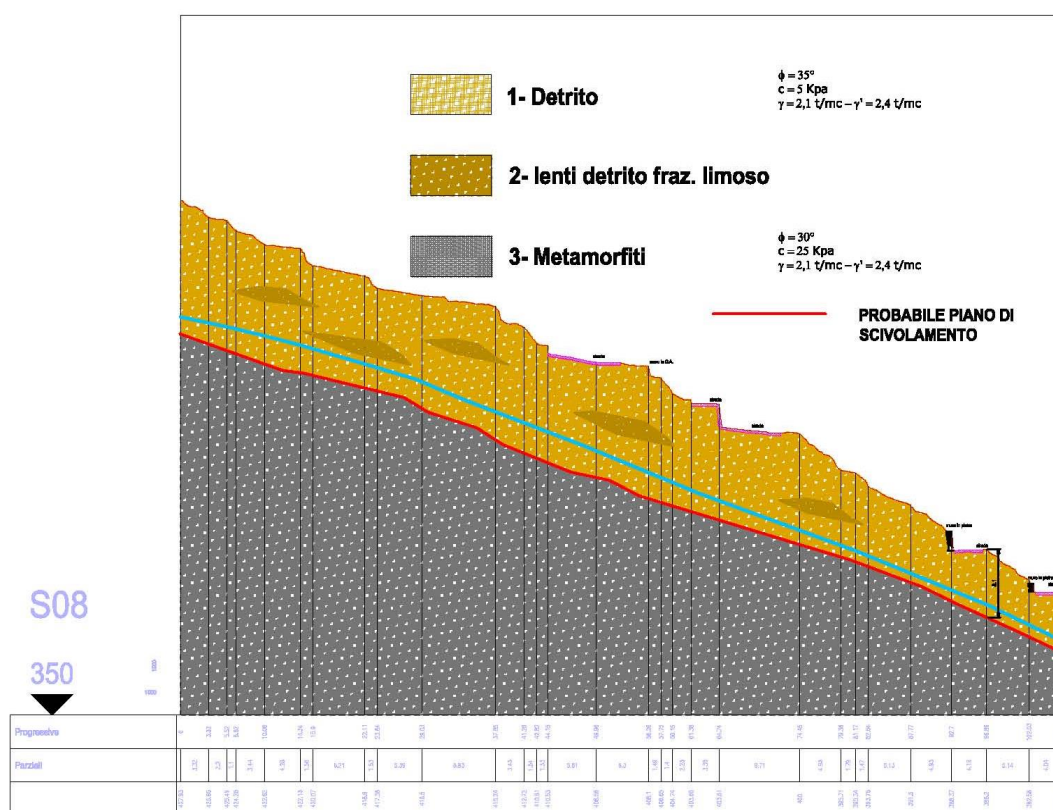


Figura 7 - Planimetria con ubicazione delle sezioni stratigrafiche





## **10 CONSIDERAZIONI GEOLOGICHE**

Nel seguito si riportano integralmente alcuni stralci della relazione geologica per le parti utili a definire il modello geologico del territorio di che trattasi; per approfondimenti si rimanda all'elaborato specialistico R02 " Relazione geologica e indagini geognostiche".

### **10.1 Caratteri geologici e geomorfologici**

L'area in esame ricade nella parte nord-orientale della Sicilia, tale zona è nota come "*Catena Kabilo-Peloritana*" (Monti Nebrodi e Peloritani) costituente la prosecuzione occidentale dell'Arco Calabro.

Questo settore della catena è costituito da un basamento cristallino metamorfico con una copertura sedimentaria meso-cenozoica di modesta entità.

La geologia dell'area di Sinagra si presenta piuttosto varia in relazione alle diverse litologie affioranti.

È possibile, infatti, riscontrare alla base della successione stratigrafica, terreni in facies metamorfica di età paleozoica, affioranti in particolare nelle vicinanze delle fiumare dove le coperture sedimentarie sono state erose per via dell'incisione fluviale.

Al tetto della colonna stratigrafica si riscontrano invece terreni in facies sedimentaria di età geologiche evidentemente più recenti.

L'evoluzione morfologica dell'area di Sinagra dipende dalla natura litologica dei terreni affioranti e dalle condizioni climatiche locali. Particolare influenza hanno sul paesaggio anche le strutture tettoniche. La Fiumara di Sinagra, che da Floresta dopo un percorso di circa 25 km sfocia nel Mar Tirreno, presenta all'interno del suo bacino sia aree alto-collinari che montuose incise da profonde valli e con zone a topografia spesso accidentata da pareti ripide e da versanti ad elevata acclività.

I terreni del Flysch di Capo d'Orlando hanno una maggiore resistenza all'azione erosiva svolta dagli agenti atmosferici infatti, in corrispondenza di litotipi più competenti, sono frequenti scarpate e gradini, conseguenza dell'erosione selettiva che asporta i terreni di copertura. Gli elementi morfologici che caratterizzano maggiormente l'area sono quelli legati sia alla dinamica delle acque di scorrimento superficiale che alle elevate pendenze dei versanti, soprattutto nelle zone di testata, dove l'acclività ha una maggiore influenza. Gli impluvi presentano diffuse zone di ruscellamento concentrato che rapidamente evolvono verso alvei incassati ed in

erosione. La presenza di vegetazione arborea ed arbustiva svolge un'azione di contenimento nei confronti del ruscellamento diffuso che come già detto è maggiormente frequente nelle zone più acclivi. I versanti che insistono su questi tratti in erosione coincidono con aree di potenziale instabilità per effetto dello scalzamento al piede delle masse rocciose fratturate.

## **10.2 Caratteri idrologici**

La zona in esame insiste nel bacino idrografico della fiumara di Naso.

Il reticolo idrografico giovane, da vita a corsi d'acqua a regime torrentizio con un andamento quasi rettilineo ed ortogonale alla costa. principali tratti morfologici della zona presentano le caratteristiche tipiche dell'area Nebroidea, dove sono riscontrabili aree alto collinari incise da profonde valli e versanti con pendenze elevate. Gli elementi morfologici presenti nell'area sono spesso collegati sia allo scorrimento superficiale delle acque che alle pendenze elevate. Da un punto di vista climatologico l'area in studio risulta essere tra le zone più piovose dell'intera regione con precipitazioni annue medie di circa 1000 mm, con punte di 1523 mm (Tortorici nel 1973), 1344 mm (Raccuja nel 1973) e 1336 mm.

Per maggiori dettagli si rimanda all'allegata Relazione geologica (ns. rif. Elaborato R02).

## **10.3 Caratterizzazione fisico meccanica e parametrizzazione geotecnica dei terreni**

Nel complesso i terreni, distinti per caratteristiche litologiche e strutturali principali, possono essere ricondotti alle seguenti tipologie (dall'alto verso il basso): coltre detritica di copertura di spessore variabile da pochi metri fino a 15 metri con intercalare di lenti a frazione limosa; alla base delle suddette coperture si trova il substrato metamorfico.

Si procede alla caratterizzazione geotecnica del modello differenziando i seguenti strati:

- Copertura detritica;
- Metamorfiti;

La caratterizzazione dei terreni viene validata, oltre che con l'esecuzione delle indagini dirette, anche con l'esecuzione di una back analysis.

Pertanto, fissati i parametri geotecnici desunti dalle indagini di laboratorio per quel che concerne lo strato metamorfico, e fissati i parametri relativi al peso specifico

( $\gamma=2,1\text{t}$ ), all'angolo di attrito ( $\phi'=35^\circ$  come desunto dalle prove SPT *in situ*) per lo strato detritico, è stato ricercato il valore relativo alla coesione cui corrispondesse una modellazione geotecnica tale da garantire, in condizioni statiche, il raggiungimento di un fattore di sicurezza  $F_s$  pari o prossimo all'unità.

Sulla base degli studi effettuati e delle verifiche condotte anche in considerazione delle diverse condizioni geomorfologiche che contraddistinguono le diverse sezioni stratigrafiche, sono stati desunti i seguenti parametri geotecnici (v. elaborato R03 "Relazione geotecnica e di calcolo"):

### **Detrito**

Parametro	Valore caratteristico
Peso unità di volume $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	21,00
Peso unità di volume saturo $\gamma_{\text{sat}}$ (kN/m <sup>3</sup> )	24,00
Angolo di resistenza al taglio $\phi'$ (°)	35
Coesione drenata $c'$ (kN/m <sup>2</sup> )	5

### **Metamorfiti**

Parametro	Valore caratteristico
Peso unità di volume $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	21,00
Peso unità di volume saturo $\gamma_{\text{sat}}$ (kN/m <sup>3</sup> )	24,00
Angolo di resistenza al taglio $\phi'$ (°)	30
Coesione drenata $c'$ (kN/m <sup>2</sup> )	25

## **11 STATO DI FATTO - INDIVIDUAZIONE DELLE CRITICITÀ**

Gli interventi proposti nel presente progetto hanno quale obiettivo quello della mitigazione del rischio idrogeologico di un'area interessata da dissesti geomorfologico al di fuori del centro abitato del Comune di Sinagra (ME) e precisamente nel tratto che interessa un tratto di vallata definita Contrada Faranò posta a Nord-Est del centro abitato di Sinagra.

Tale area è interessata da fenomeni franosi complessi con caratteristiche di scorrimento evolventi a colamento, che hanno coinvolto nel tempo vaste aree di territorio in seguito interessate da dissesti di varia tipologia.

L'area si presenta attualmente in condizioni critiche di stabilità; le cause di un'ulteriore propagazione del dissesto sono attualmente da imputare alla presenza di un reticolo idrografico disordinato e da un'erosione pluviale dovuta all'azione meccanica dell'acqua sul terreno, ed erosione laminare dovuta invece all'azione delle acque meteoriche che dilavano in superficie in modo disordinato e diffuso provocando, specie nelle aree prive di vegetazione, un'erosione areale dei detriti che vengono trasportati verso valle;

Attualmente le acque si infiltrano, inoltre, nelle coltri detritiche già mobilizzate, le portano in condizioni di saturazione e conseguentemente ne innescano lo scorrimento verso le quote minori;

Oltre alle acque meteoriche, è stata riscontrata la presenza di zone di impregnazione idrica e di piccole sorgenti delocalizzate per l'intera area rilevata, che complicano ulteriormente il quadro morfoevolutivo caratterizzante il sito.

La presenza di una serie di tubazioni di fognatura delle acque bianche, danneggiate dagli smottamenti aumenta l'instabilità dei luoghi.

Le cause individuate del fenomeno di dissesto, che determinano le criticità sulle quali intervenire, acquisiti i rilievi e gli esiti delle indagini geologiche, risultano insite pertanto nella natura e dunque nelle caratteristiche degli strati, amplificate dalle condizioni di antropizzazione e di innesco dovute ai fenomeni di gravosi eventi meteorici.

Attraverso l'individuazione e la disamina delle manifestazioni del dissesto sull'ambito, si evince un generale interessamento delle opere d'arte (strade, muri, edifici...), la mancanza di adeguata rete di captazione e convogliamento delle acque verso i canali e le incisioni esistenti.

Si evincono di seguito alcuni effetti sulle aree di intervento:





**EVIDENZE DEI FENOMENI FRANOSI SULLE OPERE STRADALI**



**EVIDENZE DEI FENOMENI FRANOSI SUI FABBRICATI**

## 12 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI DI PROGETTO

Si premette che la natura e l'entità degli interventi di progetto, correlati e subordinati alle somme disponibili nell'ambito del finanziamento concesso, sono volti alla mitigazione delle criticità idrogeologiche che rivestono carattere prioritario. Alla luce delle caratterizzazioni geologiche e delle determinazioni emerse precedentemente illustrate nei paragrafi 9 e 10, rimandando comunque per gli approfondimenti:

- all'apposito "Studio geologico" (ns. rif. Elaborato R2) per la caratterizzazione geologica;
- alle apposite relazioni specialistiche (ns. rf. Elaborato R3, R4);
- ai relativi elaborati descrittivi e grafici;

si riportano, in forma non esaustiva, le scelte e gli interventi progettuali.

Si sottolinea inoltre che la società CGIAM è stata incaricata dal Commissario Straordinario Delegato per l'esecuzione dei rilievi planoaltimetrici dello stato di fatto.

Le scelte progettuali ed i relativi calcoli idraulici hanno fatto riferimento ai tracciati dei fossi canali esistenti individuati e restituiti in forma digitale dalla suddetta società.

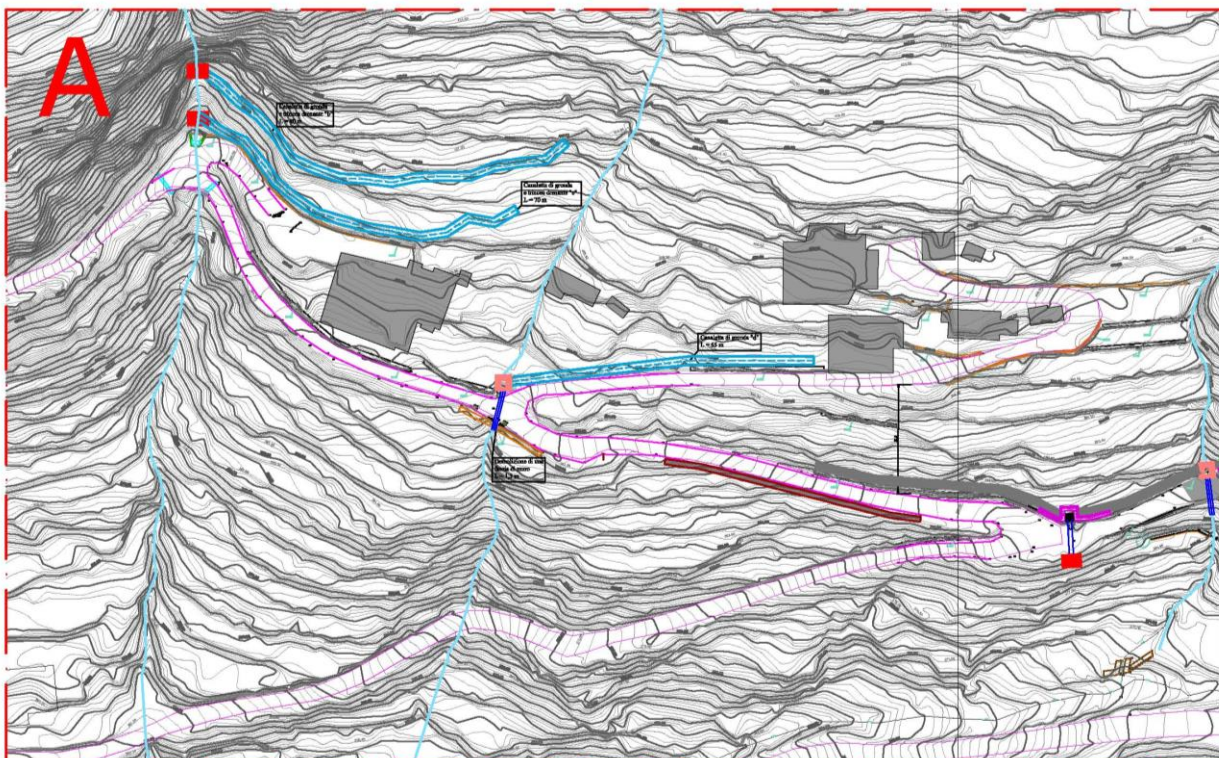
In particolar modo, sono stati presi come riferimento:

- la planimetria a curve di livello con indicatele opere presenti nel territorio;
- i profili longitudinali dei fossi canali;
- le sezioni trasversali dei fossi canali.

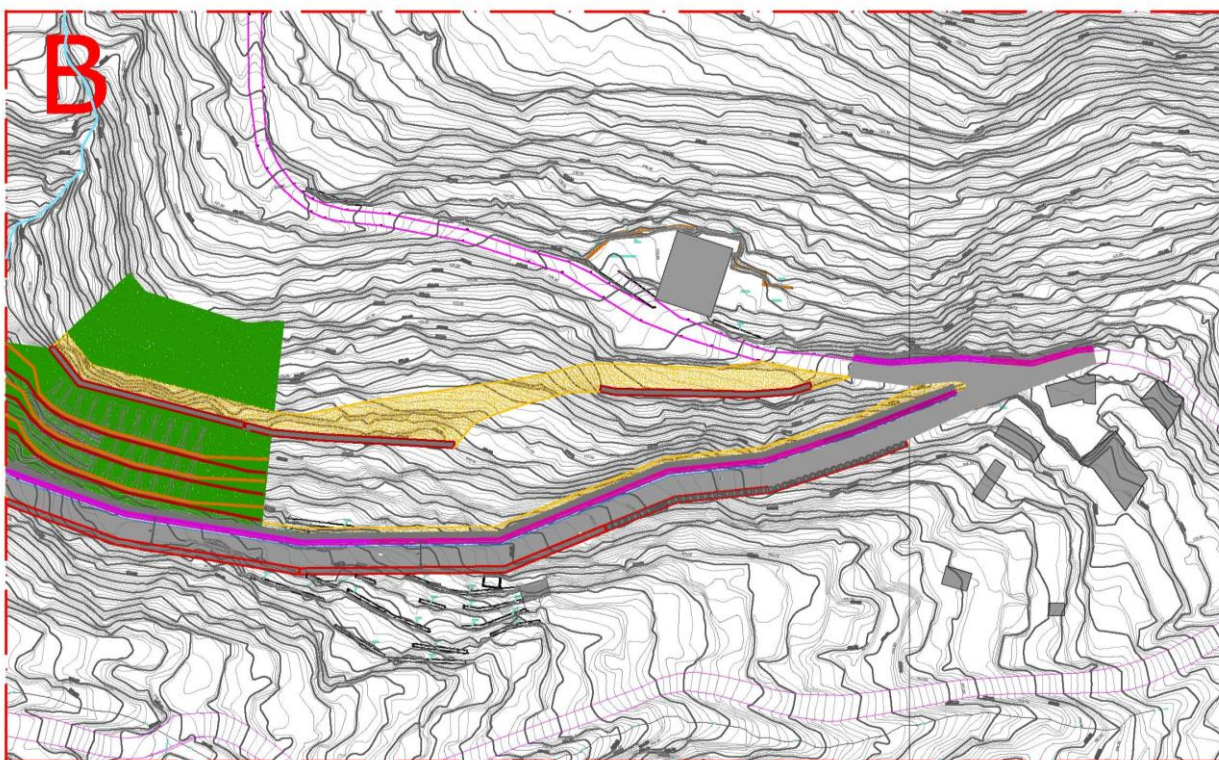
Corre obbligo precisare che, le scelte progettuali sono il frutto del processo metodologico, già innanzi rappresentato, che è indirizzato alla messa in opera di quegli interventi che risultano armonizzabili con le situazioni contestuali e che, nel complesso e nella loro reciproca interazione, producono gli effetti di mitigazione del rischio idrogeologico nei riguardi dei dissesti e delle criticità caratterizzati.

Per opportunità, gli interventi previsti sono stati codificati nelle rappresentazioni grafiche, in modo da poter meglio renderli intelligibili con i vari documenti correlati, secondo gli ambiti in cui insistono, con il fine inoltre di consentire una più chiara lettura delle scelte e dell'organizzazione dell'esecuzione.





**Figura 9 – Interventi area A**

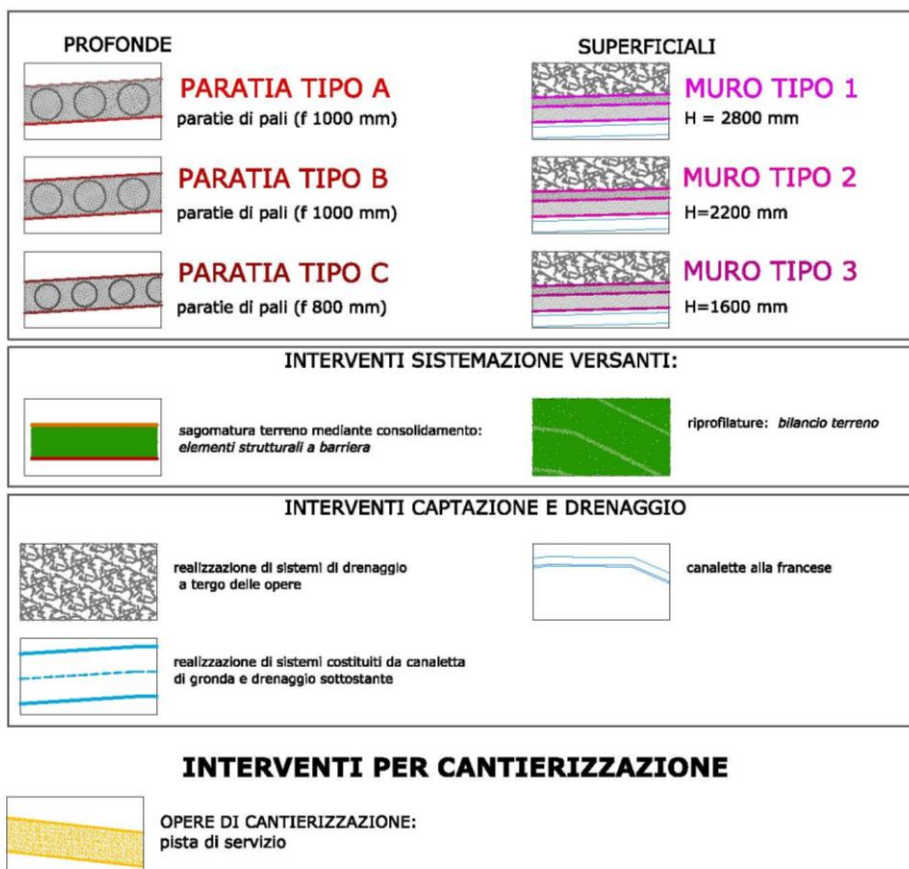


**Figura 10 – Interventi area B**



## LEGENDA

### INTERVENTI GEOTECNICI ed IDRAULICI OPERE IDRAULICHE E DI STABILIZZAZIONE VERSANTI OPERE DI STABILIZZAZIONE VERSANTI



### LEGENDA INTERVENTI

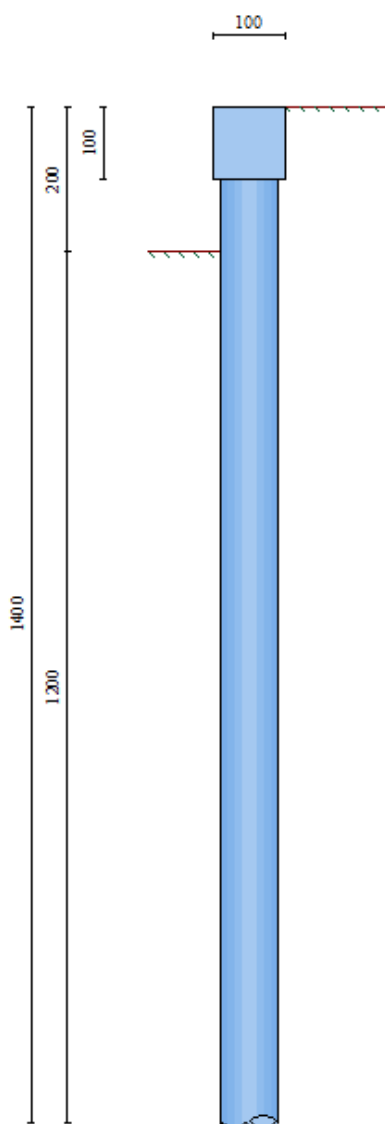
Si rappresentano dunque, in armonia con quanto determinato dal geologo dott. D'Urso, con le criticità idrogeologiche emerse e gli effetti sul territorio, le opere che risultano compatibili con gli obiettivi prefissati distinguendole tra interventi strutturali in elevazione e in fondazione, idraulici e di stabilizzazione dei versanti:

- la captazione e regimazione delle acque di corrivazione mediante un sistema di canalette e trincee drenanti;
- la rimodellazione e risagomatura di una porzione del versante mediante terrazzamenti e opere di rinforzo tipo Erdox;
- Opere strutturali profonde mediante realizzazione di tre paratie (tipo A, tipo B, tipo C) con pali di diametro  $\varnothing$  1000 (A e B) e  $\varnothing$  800 (C);
- Muri in c.a. (tipo 1, tipo 2, tipo 3) di altezza pari a 2.80 m, 2.20 m, 1.60 m rispettivamente;
- Sistemi di drenaggio a tergo delle opere strutturali.

Lo studio delle opere di progetto è stato eseguito per le diverse sezioni stratigrafiche ed in funzione delle criticità emerse dagli studi geologico ed idraulico; in particolar modo si sono andate a verificare lo stato di fatto e poi le opere progettuali in condizioni sismiche nelle sezioni rappresentative 8, 11, 13, 17 e 19 (vedi elaborato EG04 "Profili stato di fatto").

## 12.1 Area A di intervento

### 12.1.1 Opere strutturali



Considerando i risultati delle indagini eseguite dello stato di fatto che hanno comportato un coefficiente di sicurezza  $F_s$  inferiore a quanto prescritto dalla Norma ( $F_s=0,927$  in condizioni sismiche), è stata inserita un'opera di sostegno che potesse intercettare i cerchi di scivolamento critici garantendo la stabilità del versante. In funzione della geomorfologia degli strati che in questa porzione di aree non raggiungono pendenze superiori a  $30^\circ$ , è stato possibile intervenire con una paratia del diametro di 80 cm infissa nel terreno per una profondità di 12 metri (14 m totali) oltre 1 metro di cordolo di collegamento tra i pali e lunghezza 50,0 m.

Onde ridurre al minimo le spinte idrauliche sull'opera garantendo un corretto deflusso delle acque sotterranee, è stato previsto che i pali fossero interposti con una distanza pari a 1,20 m tra i loro centri.

### 12.1.2 Opere idrauliche

Nello specifico le opere di tipo idraulico riguardano fondamentalmente il ripristino degli attraversamenti stradali (d, e, f cfr Planimetria di progetto e particolari costruttivi) e la verifica dei punti di innesto del sistema trincea drenante canale di gronda (cfr Planimetria di progetto e particolari costruttivi - innesti (a,b,c,g,h,i)).

- **Attraversamento d:**

L'attraversamento d, è posto in corrispondenza della sezione di chiusura del fosso canale B.

Tale attraversamento sarà realizzato con una tubazione in HDPE del diametro interno 800 mm posto al di sotto dell'asse viario.

A monte di tale attraversamento stradale verrà realizzato un pozzetto in gabbioni metallici di dimensioni (3,00 x 3,00 m x 2,50 m).

In tale pozzetto, verranno recapitate le acque collettate dal canale di gronda.

- **Attraversamento e:**

L'attraversamento e, è posto in corrispondenza della sezione di chiusura del fosso canale A.

Tale attraversamento sarà realizzato con una tubazione in HDPE del diametro interno 800 mm posto al di sotto dell'asse viario.

A monte di tale attraversamento stradale verrà realizzato un pozzetto in gabbioni metallici di dimensioni (3,00 x 3,00 m x 2,50 m).

In tale pozzetto, verranno recapitate le acque intercettate dai dreni posti a tergo dei muri.

Inoltre verranno inserite in corrispondenza dei punti di innesto dei sistemi canali di gronda – trincee drenanti, dei materassi Metallici di spessore 30 cm al fine di scongiurare eventuali fenomeni di erosione.

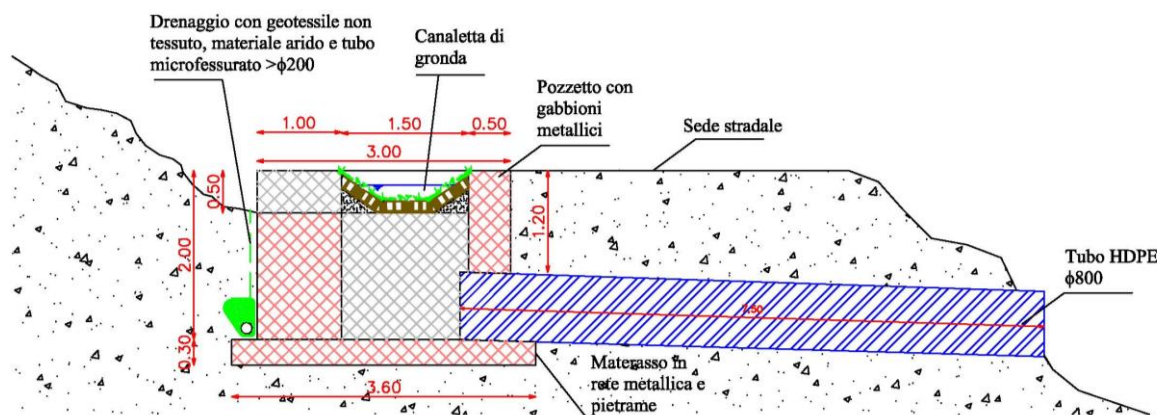
- **Attraversamento f:**

L'attraversamento f, è stato realizzato al fine di convogliare e veicolare le acque provenienti dai dreni posti a tergo dei muri.

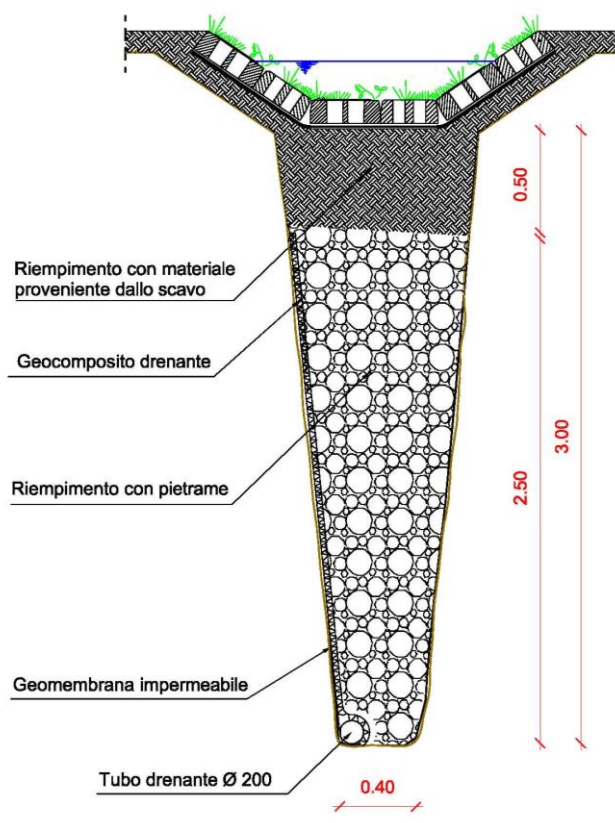
Tale attraversamento sarà realizzato con una tubazione in HDPE del diametro interno 800 mm posto al di sotto dell'asse viario.

A monte di tale attraversamento stradale verrà realizzato un pozzetto prefabbricato di dimensioni (2,20 x 1,2 m x 1,2 m) che in testa verrà raccordato con un muro di tipo 1 previsto in progetto di cui alla descrizione al § 12.1.

Inoltre verranno inserite in corrispondenza dei punti di innesto dei sistemi canali di gronda-trincee drenanti, dei materassi metallici di spessore 30 cm al fine di scongiurare eventuali fenomeni di erosione.



**Figura 11 – Schema tipo di attraversamento stradale**



**Figura 12 – Particolare costruttivo canale di gronda e trincea drenante**

## 12.2 Area B di intervento

Come rappresentato in planimetria generale degli interventi (*ns. rif.* elaborato EG06) a valle della strada comunale, in prossimità della zona di intervento B insiste un'area oggetto di frana. Lo stato dei luoghi è caratterizzato da uno scivolamento detritico repentino che ha movimentato una notevole quantità di materiale verso valle travolgendo e ricoprendo la strada comunale esistente. Raggiunta una pseudo condizione statica, il versante rimane a forte pendenza (circa 40°) pertanto rimane

alto il rischio di frana soprattutto in condizioni sismiche. Inoltre la coltre detritica raggiunge, in corrispondenza del ciglio di frana, profondità considerevoli. Il supporto stabile metarenitico non aiuta la condizione di stabilità sia a causa delle forti pendenze anche all'interfaccia tra i due strati sia per la presenza di una falda freatica che agevola eventuali scorrimenti relativi tra i due strati.

Stante le considerazioni esposte e sulla base delle analisi geologiche riportate in allegato (rif. Tav. R02) si è ritenuto di dover rimodulare l'andamento orografico del pendio riportando le pendenze ai valori precedenti la frana attraverso una risagomatura mediante terrazzamenti protetti del pendio, inserendo a monte ed a valle dello stesso due file di paratie di pali opportunamente distanziati.

Iterando il procedimento summenzionato per le sezioni 11, 13, 17 e 19, le opere che si realizzeranno in quest'area sono riconducibili alle seguenti tipologie di intervento di tipo strutturale e di rinforzo dei versanti disposte planimetricamente come rappresentato in planimetria generali:

1. Paratia di tipo A;
2. Paratia di tipo B;
3. Muro di sostegno tipo 1;
4. Muro di sostegno tipo 2;
5. Muro di sostegno tipo 3;
6. Rafforzamento del versante con elementi tipo Erdox.

Completano le opere il rifacimento di un tratto della sede stradale

Le modalità e la relazione di calcolo di calcolo sono riscontrabili nell'elaborato R03.

### **12.2.1 Opere strutturali**

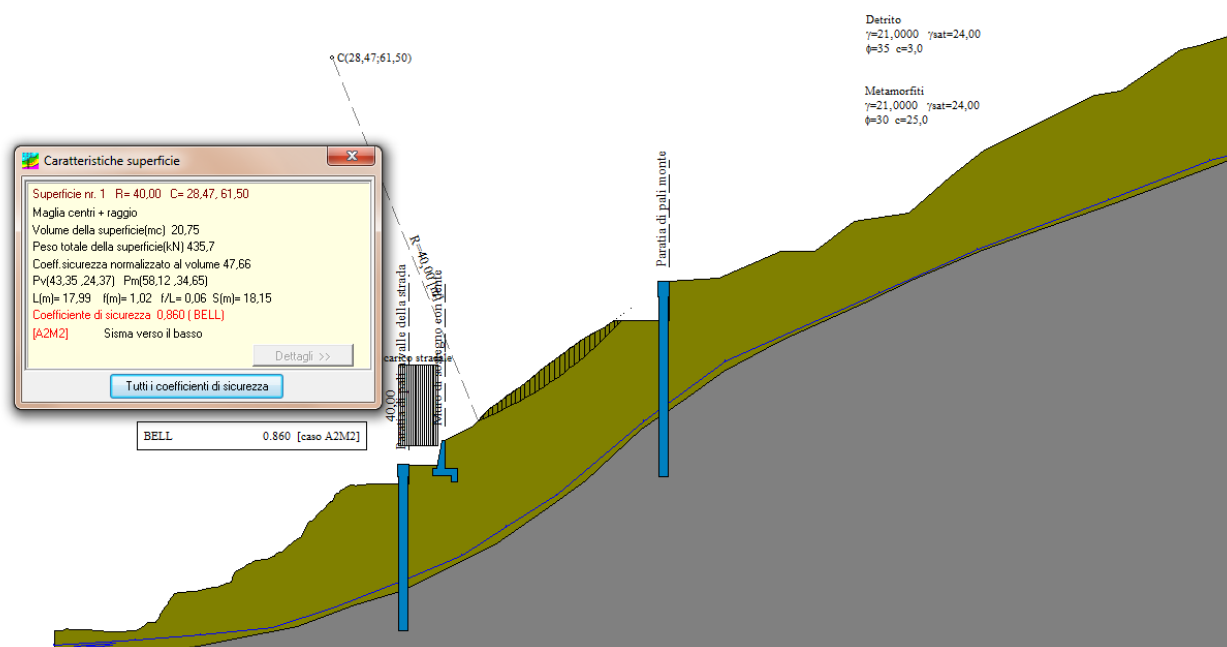
La paratia di valle (tipo A) è costituita da pali da 100 cm disposti su unica fila e con distanza interasse tra i pali di 140 cm. I pali saranno infissi nel terreno per una profondità di 15 metri e per 2 metri saranno fuori terra pertanto avranno una altezza complessiva di 17 metri. Questo consente di agganciare i pali al substrato stabile costituito dalle Metamorfiti per una lunghezza pari a 4 metri.

A questa si aggiunge una ulteriore paratia (tipo B), a monte della strada ed in una posizione intermedia rispetto all'ampiezza della frana, costituita da pali da 100 cm disposti su unica fila e con distanza interasse tra i pali di 140 cm. I pali saranno infissi nel terreno per una profondità di 16 metri e per 4 metri saranno fuori terra pertanto avranno una altezza complessiva di 20 metri. Questo consente di agganciare i pali al substrato stabile costituito dalle Metamorfiti per una lunghezza

pari a 6 metri. L'inserimento della paratia ha comportato anche la rimodellazione del pendio a monte rimuovendo una buona parte del materiale detritico risalendo fino alla parte sommitale della frana.

Inoltre viene inserito un muro di sostegno per la protezione a monte della strada comunale. Il muro avrà il paramento con un'altezza di 2,80 m e la suola alta 80 cm (tipo 1). Al fine di contrastare le spinte locali, è stato necessario inclinare la fondazione e dotarla di un dente sul lato di monte per migliorare la verifica a scivolamento.

Pur migliorando il coefficiente di sicurezza, non si è riusciti ad ottenere la verifica a causa di scivolamenti superficiali nella porzione di pendio compresa tra le opere previste (v. fig. 12).



**Figura 13 – Coefficiente di sicurezza con paratie in condizioni sismiche  $F_s=0,860$**

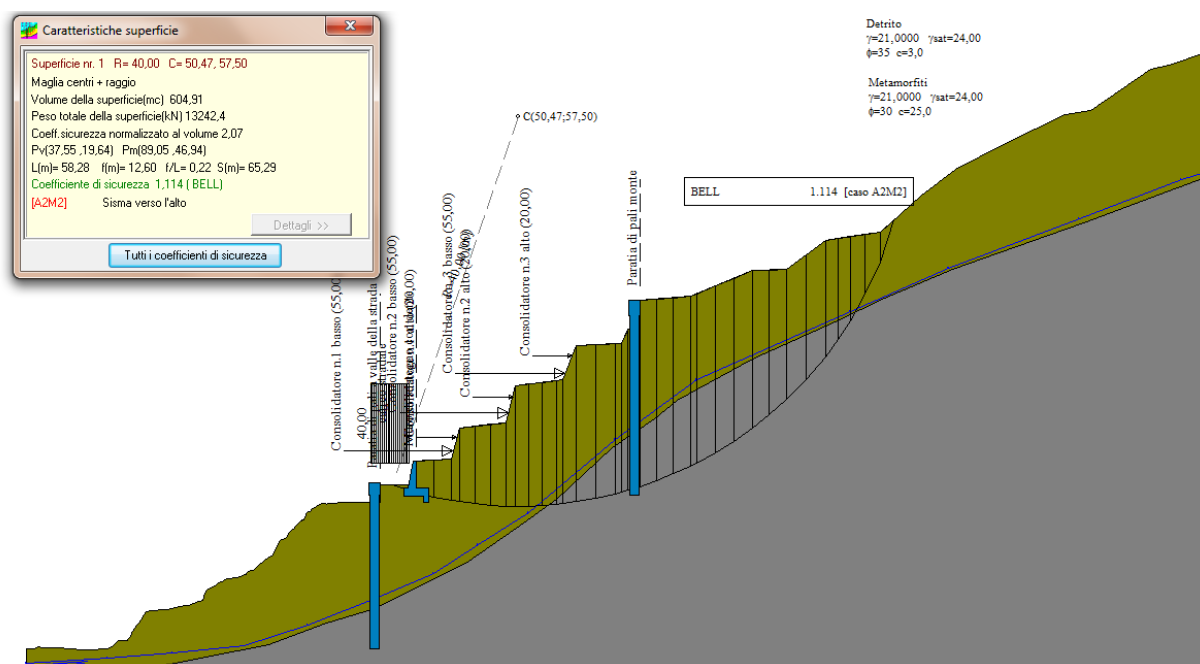
Si è reso necessario rimuovere ulteriore terreno detritico terrazzando il profilo compreso tra il muro di sostegno a monte della strada e la paratia profonda 20 metri. Tuttavia la ridotta disponibilità di spazio non ha consentito di utilizzare pendenze tali da garantire la sicurezza del versante senza ulteriori interventi come accaduto per monte.

Per questo motivo è stato necessario inserire dei sistemi di consolidamento e rinforzo delle scarpate che riuscissero a garantire, anche in condizioni sismiche, il mantenimento di tre livelli di terrazzamento.

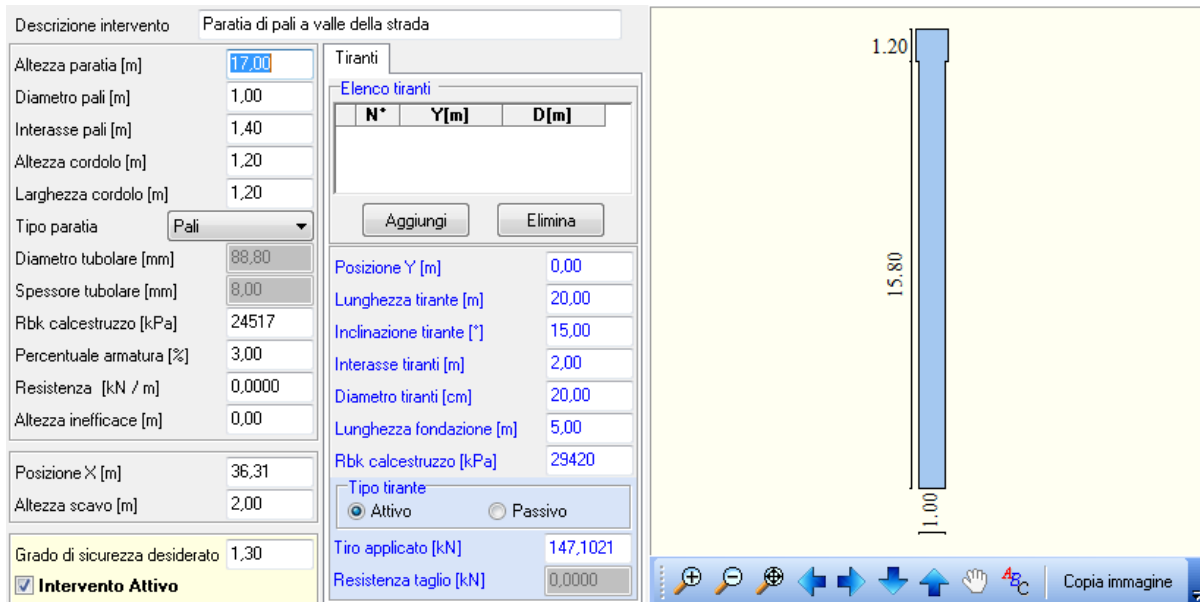
Di seguito di riporta il cerchio di scivolamento minimo relativo alla somma di tutti gli interventi previsti lungo il profilo 11.



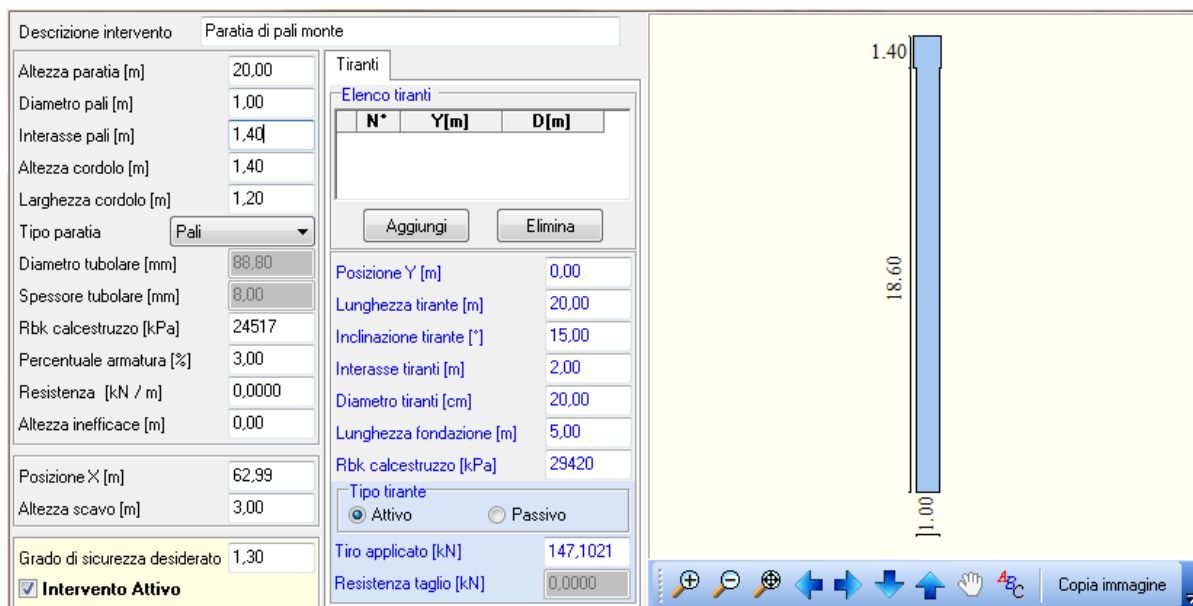
Per maggiori dettagli si rimanda alla Relazione geotecnica (R03); i particolari costruttivi e gli esecutivi di cantiere sono rappresentati negli elaborati grafici di progetto



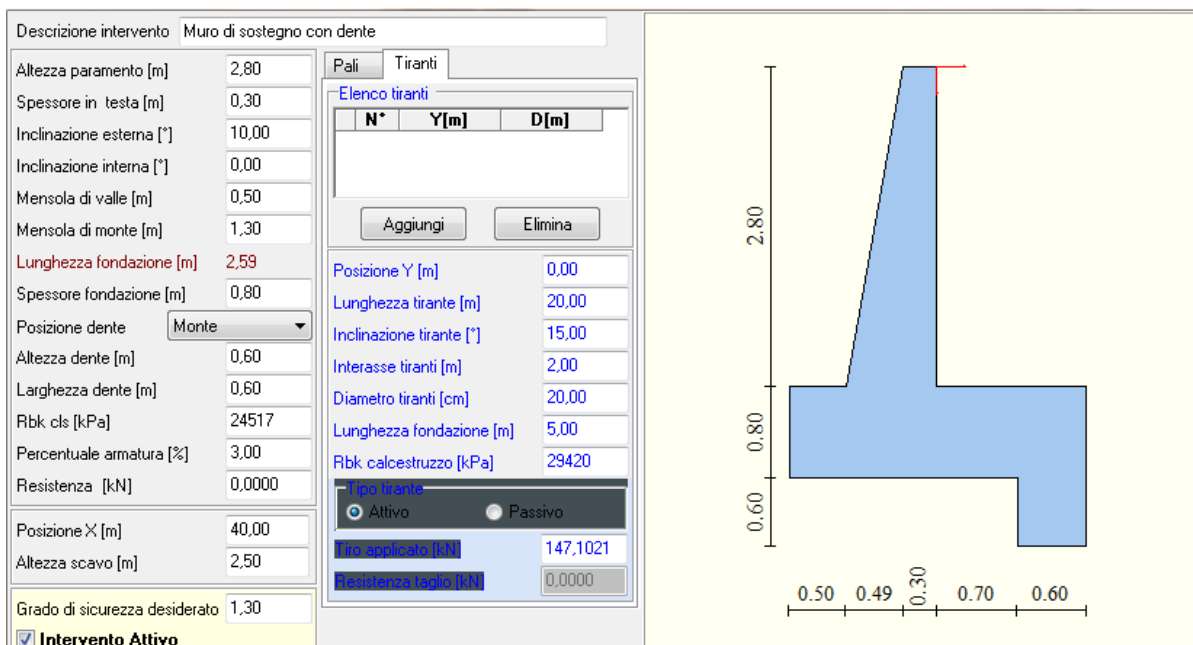
**Figura 14 – Coefficiente di sicurezza con paratie e consolidatori in condizioni sismiche  $F_s=1,114$**



**Figura 15 - Paratia a valle della strada comunale (tipo A)**



**Figura 16 - Paratia a monte (tipo B)**



**Figura 17 - Muro in c.a. a monte della strada comunale (Tipo 1)**

In prossimità della sezione 17 i calcoli effettuati hanno reso necessario l'inserimento di una prima paratia, quella a valle, costituita da pali del diametro di 1,00 m con una distanza interpalo di 1,40 m per una profondità di infissione di 15,0 m e 2,0 m fuori terra per una lunghezza complessiva pari a 17,00 m, riuscendo ad attestarci nello strato stabile metamorfittico per una lunghezza di 4,0 m (tipo A). La paratia di monte è invece costituita da pali del diametro di 1,00 m disposti con interasse pari a 1,60 m ed infissi nel terreno per una lunghezza di 14,0 m oltre 2,0 m di fuori terra (tipo B).

Descrizione intervento: Paratia di pali a valle su strada

Altezza paratia [m]: 17.00  
 Diametro pali [m]: 1.00  
 Interasse pali [m]: 1.40  
 Altezza cordolo [m]: 1.20  
 Larghezza cordolo [m]: 1.20  
 Tipo paratia: Pali

Diametro tubolare [mm]: 88.80  
 Spessore tubolare [mm]: 8.00  
 Rbk calcestruzzo [kPa]: 24517  
 Percentuale armatura [%]: 3.00  
 Resistenza [kN / m]: 0.0000  
 Altezza inefficace [m]: 0.00

Posizione X [m]: 22.82  
 Altezza scavo [m]: 2.00

Grado di sicurezza desiderato: 1.30  
☒ Intervento Attivo

Tiranti

Elenco tiranti

N°	Y[m]	D[m]
----	------	------

Aggiungi Elimina

Posizione Y [m]: 0.00  
 Lunghezza tirante [m]: 20.00  
 Inclinazione tirante [°]: 15.00  
 Interasse tiranti [m]: 2.00  
 Diametro tiranti [cm]: 20.00  
 Lunghezza fondazione [m]: 5.00  
 Rbk calcestruzzo [kPa]: 29420

Tipo tirante  
☒ Attivo ☐ Passivo

Tiro applicato [kN]: 147,1021  
 Resistenza taglio [kN]: 0.0000

**Figura 18 - Paratia a valle della strada comunale**

Descrizione intervento: Paratia di pali monte

Altezza paratia [m]: 16.00  
 Diametro pali [m]: 1.00  
 Interasse pali [m]: 1.60  
 Altezza cordolo [m]: 1.20  
 Larghezza cordolo [m]: 1.20  
 Tipo paratia: Pali

Diametro tubolare [mm]: 88.80  
 Spessore tubolare [mm]: 8.00  
 Rbk calcestruzzo [kPa]: 24517  
 Percentuale armatura [%]: 3.00  
 Resistenza [kN / m]: 0.0000  
 Altezza inefficace [m]: 0.00

Posizione X [m]: 43.28  
 Altezza scavo [m]: 2.00

Grado di sicurezza desiderato: 1.30  
☒ Intervento Attivo

Tiranti

Elenco tiranti

N°	Y[m]	D[m]
----	------	------

Aggiungi Elimina

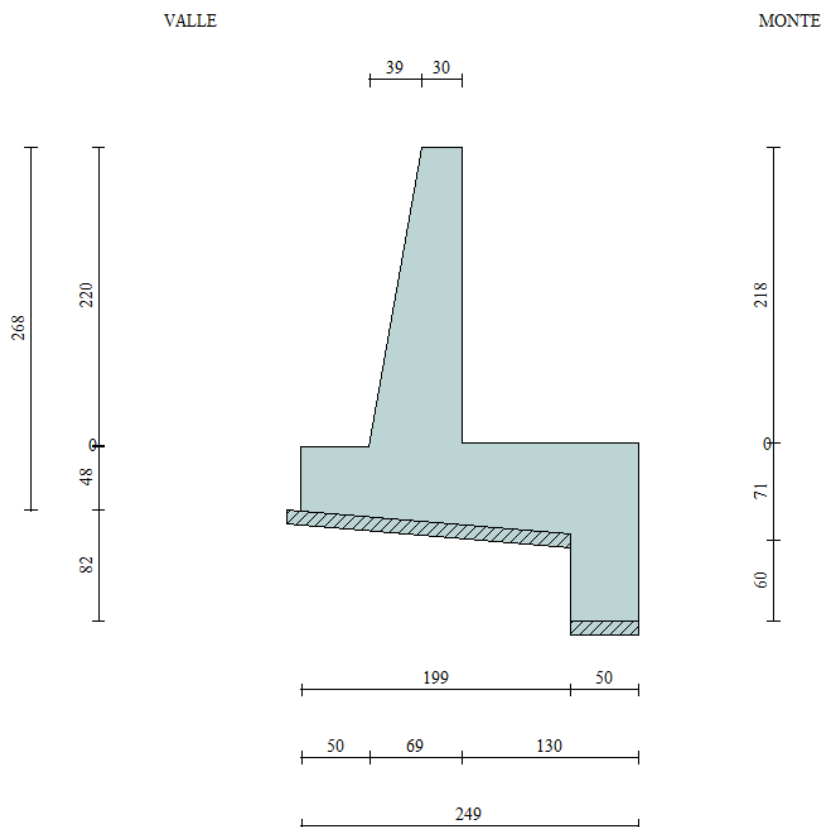
Posizione Y [m]: 0.00  
 Lunghezza tirante [m]: 20.00  
 Inclinazione tirante [°]: 15.00  
 Interasse tiranti [m]: 2.00  
 Diametro tiranti [cm]: 20.00  
 Lunghezza fondazione [m]: 5.00  
 Rbk calcestruzzo [kPa]: 29420

Tipo tirante  
☒ Attivo ☐ Passivo

Tiro applicato [kN]: 147,1021  
 Resistenza taglio [kN]: 0.0000

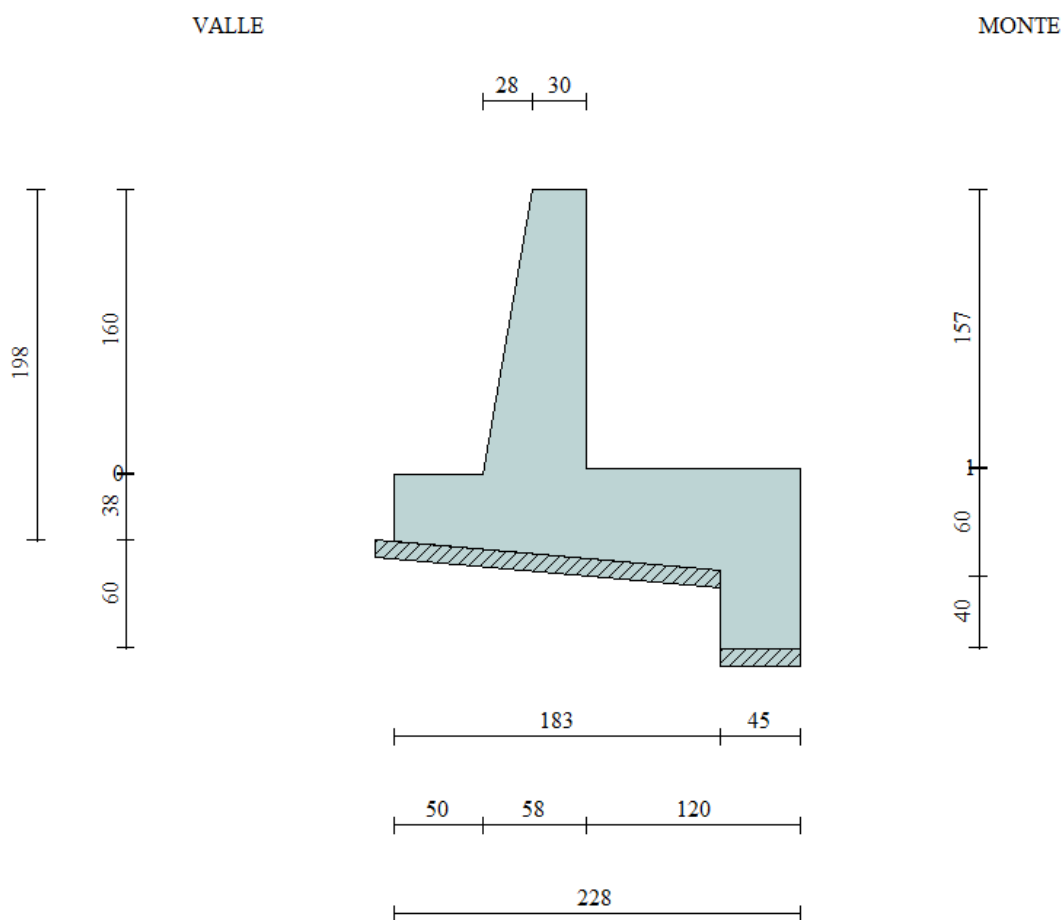
**Figura 19 - Paratia a monte della strada comunale**

A monte della strada, tra le due paratie viene realizzato un muro di sostegno in c.a (tipo 2) dello sviluppo lineare di 90,0 m, con altezza di paramento pari a 2,20 m e suola inclinata a sezione variabile da 48 cm a 71 cm per come meglio rappresentato di seguito:



**Figura 20 – Schema geometrico muro tipo 2**

Infine, in prossimità delle sezioni 19 e 20 a monte di un bivio stradale (v. Planimetria generale degli interventi), verranno realizzati due muri di sostegno in c.a. di tipo 1 e tipo 2 in continuità tra loro e per uno sviluppo lineare complessivo di 46,0 m, mentre a valle della strada comunale verrà collocato un muro di sostegno in c.a. (tipo 3) con altezza di paramento pari a 1,60 m e suola inclinata a sezione variabile da 38cm a 60 cm per come meglio rappresentato di seguito:



**Figura 21 - Schema geometrico muro tipo 3**

Per maggiori dettagli si rimanda alla Relazione geotecnica (R03); i particolari costruttivi e gli esecutivi di cantiere sono rappresentati negli elaborati grafici di progetto.

### **12.2.2 Opere di consolidamento versante**

Dalle verifiche di stabilità, nelle condizioni sismiche ed in assenza di queste, risulta che il pendio è interessato da fenomenologie di dissesto sull'ammasso detritico per il quale si è deciso di intervenire con opere che non incidano nell'appesantimento del versante stesso.

L'intervento dunque si prefigge di effettuare:

- Sfalcio e taglio di elementi arbustivi/arborei entro la fascia sul versante entro cui effettuare le opere di protezione;
- Posa, attraverso scavi a sezioni obbligata, degli elementi tirantati a barriera metallica, per successiva riprofilatura;
- Ricoprimento e riprofilatura del terreno.



In particolare si illustrano l'elemento barriera con tipologia assimilabile a gabbioni metallici, con la differenza che non occorre materiale lapideo per rendere efficace il sistema ma il terreno in posto, con conseguente economicità di scala.



Tali barriere devono arrivare in cantiere opportunamente preassemblate, accompagnate dalle previste marcature e certificazioni CE, in modo da occupare il minor spazio possibile, rendendo economico il trasporto ed il successivo montaggio e posa in opera.

Effettuati gli idonei scavi a sezione ristretta sul versante ove è prevista la posa, al fine di consentire la posa delle piastre di ancoraggio in c.c.a. o l'esecuzione di tiranti di ancoraggio, si procede con il riempimento con il terreno rimosso, opportunamente costipato.

La scelta di utilizzare tale sistema, a cucire il versante a valle del muro, è dettata dalle seguenti motivazioni:

- Economicità:
- Sono strutture che hanno un costo ridotto per una serie di ragioni:
- Ridotti costi per la manutenzione,
- Non occorre prevedere costosi interventi per il drenaggio,
- Facile reperimento del materiale di riempimento, reperito in loco,
- Elevata facilità realizzativa (non occorre manodopera specializzata);
- Non occorre prevedere fondazioni particolari.
- Permeabilità:

Data la caratteristica, le strutture si presentano altamente permeabili all'acqua inibendo la formazione di pericolose spinte idrostatiche in grado di minacciare la stabilità della struttura stessa.

- Flessibilità ed Elasticità

Le strutture sono estremamente elastiche e flessibili, nel senso che sono in grado di sopportare deformazioni e cedimenti differenziali senza che ne venga compromessa la stabilità e la funzionalità.

Si tratta di sistemi che funzionano come strutture che sinergicamente interagiscono con i terreni come le terre armate e che creano un sistema assimilabile a gabbionate.

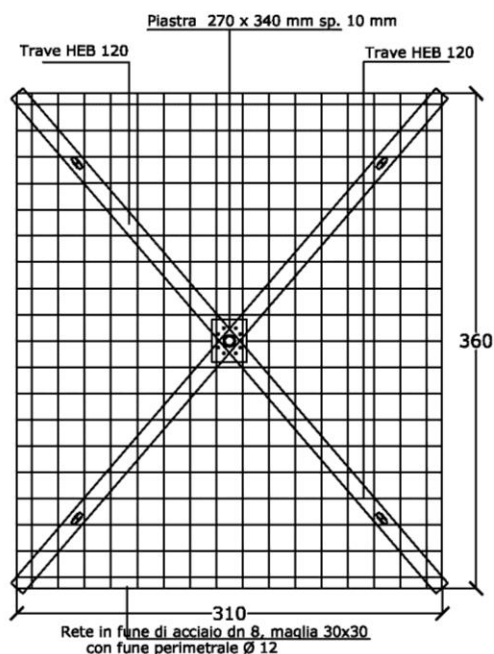
Le strutture consolidatrici consentono la riprofilatura del versanti instabile con elementi di dimensioni cm 360 x 310 circa.

Si tratta dunque di barriere per la stabilizzazione di versanti in frana costituite da elementi composti dai seguenti elementi, per i cui dettagli tecnologici e prestazionali si rimanda agli elaborati specifici:

- n. 2 travi in profilato di acciaio ammorsate tramite piastre per incrocio a formare una croce di S. Andrea;
- piastre anteriore e piastra posteriore con fori per alloggiamento bulloni e giunto sferico;
- pannelli di rete in fune realizzati con doppia fune di tessitura ad anima metallica del diametro Ø 8 mm;
- tirante centrale di ancoraggio, realizzato con tubolare in acciaio, secondo le indicazioni di progetto, completo in testa di chiocciola di alloggiamento del giunto sferico;
- nodo di ancoraggio a terra, realizzato in acciaio, completo di spinotto di collegamento;
- n. 4 funi di controvento, realizzate in acciaio zincato e con anima in acciaio;
- rete metallica a doppia torsione con maglia esagonale tipo;
- piastra di ancoraggio in C.A. necessaria per consentire il coinvolgimento per la stabilizzazione dell'opera di una piramide tronco piramidale rovescia.

Nelle succitate sezioni si procederà con limitati movimenti terra alla regolarizzazione del versante, eliminando i tratti con potenziale pericolo di dissesto. Il materiale detritico da rimuovere per l'inserimento del sistema di protezione sarà riutilizzato in ambito del cantiere per il successivo costipamento dei terreni a tergo delle barriere.

PROSPETTO FRONTALE POSTERIORE  
Scala 1:20



PROSPETTO FRONTALE ANTERIORE  
Scala 1:20

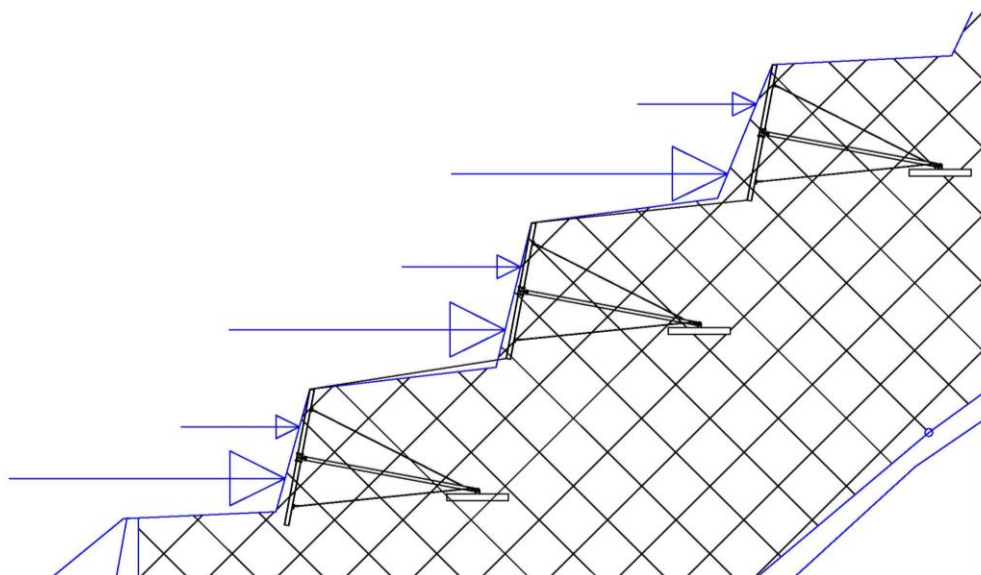
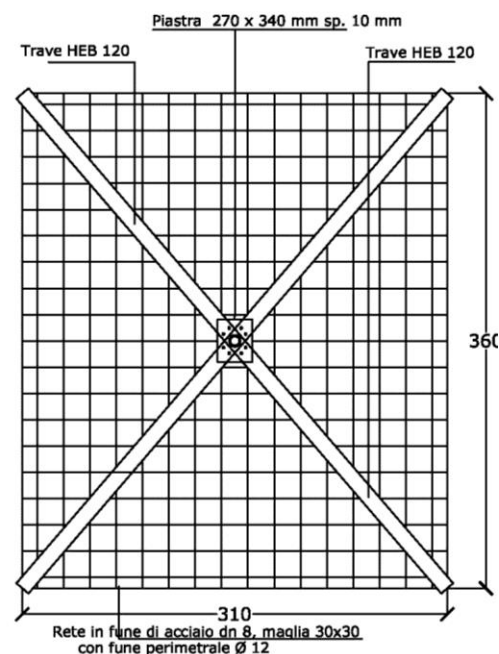
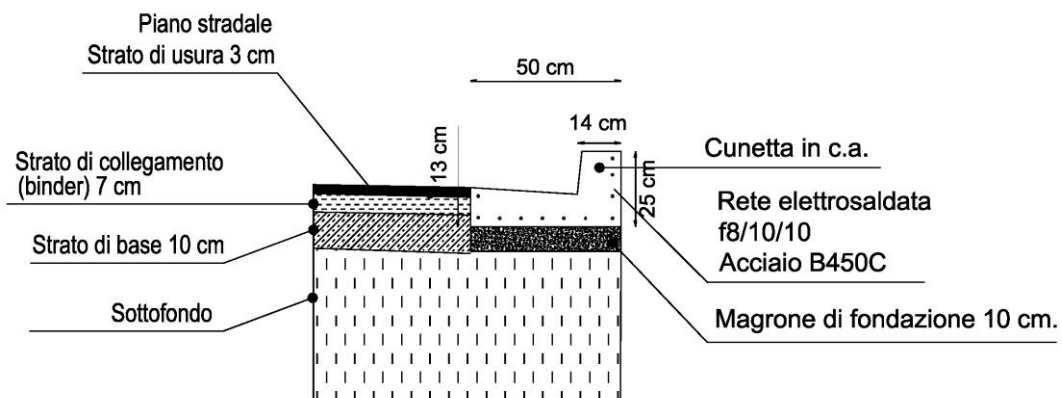


Fig. 22 – Prospetti e sistema di consolidamento degli elementi di rinforzo

### 12.2.3 Sovrastruttura stradale

Per ciò che attiene alla sovrastruttura stradale, sarà realizzato un pacchetto composto dal basso verso l'alto da:

- ❖ Sottofondo stradale compattato;
- ❖ Strato di base in misto bitumato (sp. 10 cm);
- ❖ Strato di collegamento o *binder* (sp. 7 cm);
- ❖ Strato di usura (sp. 3 cm)



**Fig. 23 – Particolare realizzativo sede stradale**



## 13 METODOLOGIA E TIPO DI ANALISI STRUTTURALE

### 13.1 Tipo di analisi svolta

L'analisi strutturale delle opere e tutte le verifiche strutturali e di stabilità dei versanti, sono condotte con l'ausilio di codici di calcolo automatico.

Ai fini del dimensionamento e verifica delle opere, si rappresenta che le condizioni e la modellazione di calcolo sono aderenti alle N.T.C 2008 ed agli Eurocodici.

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

### 13.2 Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo	MAX - Analisi e Calcolo Muri di Sostegno	Versione	10.10
Produttore	Aztec Informatica srl, Casole Bruzio (CS)		
Utente	SVILUPPO ITALIA AREE PRODUTTIVE S.P.A.		
Licenza	AIU3356GW.		

## 14 SUCCESSIONE DELLE DIVERSE FASI DELLE OPERE

Con riferimento all'ordine cronologico, non esaustivo, per l'esecuzione dei lavori di cui precedentemente illustrato, si prevede la successione seguente, rimandando al dettaglio nel cronoprogramma GANTT del PSC allegato al presente progetto:

- Cantierizzazione: allestimento di cantiere con le dotazioni di uffici e spogliatoi previsti, anche secondo le indicazioni del piano di sicurezza e coordinamento, costituente parte integrante della documentazione di progetto; si procederà con le opere necessarie per la perimetrazione dell'area, l'affissione delle necessarie indicazioni di sicurezza e la realizzazione della viabilità interna di della recinzione a perimetrazione delle aree di intervento, realizzazione nuovi accessi carrabili e pulizia dalle essenze arbustive ed arboree. Affissione dei necessari cartelli indicatori; realizzazione viabilità interna di cantiere e area lavorazioni;
- Realizzazione delle opere strutturali speciali in fondazione e in elevazione previa demolizione delle opere d'arte esistenti;
- Realizzazione degli interventi di regimazione e drenaggi delle acque;
- Ad opere completate e collaudate si provvederà allo smantellamento delle opere provvisorie, al rimodellamento della superficie del piano di campagna, e allo smobilizzo delle dotazioni di cantiere.

Le caratteristiche tecniche, la consistenza e la modalità di realizzazione delle opere ed attività sopraelencate sono oggetto di trattazione in altri paragrafi di questa relazione, oltre a trovare riscontro e rappresentazione negli elaborati grafici di progetto e nel dettaglio operativo trattato nel PSC.

## **15 CARATTERISTICHE DESCRITTIVE E PRESTAZIONALI DEI MATERIALI ADOPERATI**

Si rimanda alle relazioni specialistiche.

## 16 SICUREZZA

Tutte le fasi di lavoro dovranno essere svolte in condizioni di sicurezza per i lavoratori ai sensi della Normativa vigente.

Per quanto concerne tutte le disposizioni in merito alla protezione dei lavoratori durante le lavorazioni, si rimanda dunque ai principi sanciti dal D.Lvo 81/08 come modificato ed integrato dal D.Lvo 106/09 ed ss.mm.ii.

Nel caso in cui le attività saranno eseguite da "due o più imprese presenti anche non contemporaneamente in cantiere", è previsto all'allegato R15 il *Piano di sicurezza e coordinamento*.

Sarà a cura e carico dell'Affidataria garantire che tutto il personale operante nel sito, ivi compresi eventuali visitatori o tecnici di PP.AA. e/o Enti competenti, siano edotti sulle procedure di sicurezza del cantiere, e dovrà esserci testimonianza dell'istruzione svolta (firma p.p.v.). Tutto il personale dell'Affidataria operante nel sito dovrà essere dotato di idonei Dispositivi di Protezione Individuale, inclusi quelli relativi alla protezione delle vie respiratorie e di un sufficiente numero di indumenti protettivi completi ed a norma.



---

## **17 EROGAZIONI TEMPORANEE DI FORNITURE PER IL CANTIERE**

A causa della temporaneità delle attività e per la particolarità degli interventi non si ritiene di dover provvedere alla richiesta all'allaccio temporaneo per la disponibilità di forniture idriche ed elettriche, potendo ricorrere a risorse alternative quali serbatoi e/o cisternette per le riserve idriche necessarie alle operazioni, ed eventuali gruppi elettrogeni per l'erogazione di energia elettrica, strettamente indispensabili per il regolare svolgimento delle attività di cantiere.

Tali oneri restano comunque a carico totale dell'affidataria.

## 18 CRONOPROGRAMMA

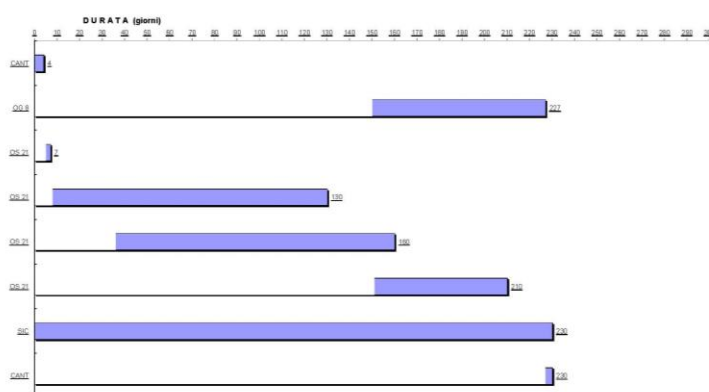
Il tempo stimato per l'esecuzione complessiva delle attività oggetto della presente relazione viene riportato nel cronoprogramma operativo di progetto (*ns. rif. Elaborato R12*).

Considerando la parziale sovrapposizione delle attività, si prevede un impegno complessivo di circa **230 giorni** naturali e consecutivi per l'espletamento delle attività descritte nel presente piano di indagini.

Progetto esecutivo di "Drenaggi e consolidamento versanti C.da Faranò"  
(Comune di Sinagra ME)  
Cronoprogramma

N. ord.	Cod.	DESCR. CATEGORIA	Attività	Importo	Durata gg.
1	CANT	ALLESTIMENTO CANTIERE	Attività preliminari - realizzazione pista e sigillatura di cantiere		4
2	OS 8	OPERE DI SISTEMAZIONE IDRAULICA	Interventi di sistemazione e opere generali di protezione a drenaggi	€ 217.170,43	77
3	OS 21	OPERE STRUTTURALI SPECIALI	Consolidazioni opere strutturali		2
4	OS 21		Opere in fondazione - pareti per realizzazione e posa del fondazione a muro	€ 2.036.422,97	122
5	OS 21		Opere in fondazione - realizzazione del cordoli di fondazione a muro		128
6	OS 21		Opere di consolidamento e riprofilatura versanti - riprofilatura e posa in opera sistemi di consolidamento		59
7	SEC	SICUREZZA	Ore di agguerrimento per attuazione piani di sicurezza	€ 9.347,90	230
8	CANT	DISALLEGAMENTO CANTIERE	Attività di dismissione cantiere e ripristino aree		4
Totale				Totale € 2.261.941,30	

TC **230** giorni naturali e consecutivi



## **19 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE**

La presente Relazione generale, facente parte integrante del progetto di opere di "Drenaggi e consolidamento versanti – Contrada Faranò" Comune di Sinagra (Cod. int.: ME 119 A), riassume ed esplicita sinteticamente le elaborazioni svolte nella redazione dei singoli elaborati progettuali, evidenziando i criteri metodologici e le scelte tecniche adottate in relazione allo studio dello stato di fatto dei luoghi e in funzione degli obiettivi prioritari che sono stati individuati nello stesso studio.

Per quanto non direttamente esplicitato nella presente Relazione Generale, si rimanda comunque agli altri elaborati di progetto (Indagini, Relazioni e Studi Specialistici, Elaborati Grafici, Elaborati Economici).

I progettisti  
( Gruppo di Lavoro IAP )