



AMMINISTRAZIONE PROVINCIALE DI SIENA

Settore Servizi Tecnici - Servizio Viabilità

PROGETTO

SISTEMAZIONE MOVIMENTO FRANOSO S.P. 35C
"DI RADICONDOLI" IN LOC. LE CELLE

- FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA -

ELABORATO

RELAZIONE GENERALE
TECNICA ED ILLUSTRATIVA

ENTE ATTUATORE

AMMINISTRAZIONE PROVINCIALE DI SIENA

Settore Servizi Tecnici - Servizio Viabilità

Piazza Duomo, 9 - 53100 Siena (SI)

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

Dott. Arch. Maria Elena Di Trolio

UBICAZIONE

Comune di Radicondoli

S.P. 35C "di Radicondoli"

PROGETTO ED ELABORAZIONE GRAFICA



P R O G E T T I G L O B A L I

Via Alessandria, 55 - 53045 MONTEPULCIANO STAZIONE (SI)

Tel. +39 0578 737010 - Fax +39 0578 737721

E-Mail: info@axisengineering.eu - www.axisengineering.eu

GEOLOGIA

GE.MIN.A

GEOL. RITA NARDI

Geologia e Ingegneria Geotecnica

SPAZIO PER L'ENTE

COMMESSA	PARTE	FASE	SETTORE	VAR	ELABORATO	REV
----------	-------	------	---------	-----	-----------	-----

18017	01	P	INF	0	R01	1
-------	----	---	-----	---	-----	---

ARCHIVIO

DATA

RAPPORTO

18017_01_PINF_0R01_0

FEBBRAIO 2020

N. REV.	NOTA DI REVISIONE	DATA	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO
---------	-------------------	------	---------	-------------	-----------

.
1	EMISSIONE	09/04/2020	GT	GT	GT
0	EMISSIONE	24/02/2020	GT	GT	GT



P R O G E T T I G L O B A L I

Amministrazione provinciale di Siena
Settore Servizi Tecnici - Servizio Viabilità

Comune di Radicondoli
Provincia di Siena

SISTEMAZIONE MOVIMENTO FRANOSO S.P.35c
"DI RADICONDOLI" IN LOC. LE CELLE

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

RELAZIONE GENERALE, TECNICA ED ILLUSTRATIVA

INDICE

1. Premessa	2
2. Elenco elaborati di progetto	2
3. Normativa di riferimento	3
4. Fattibilità dell'intervento	3
5. Obiettivi e finalità dell'intervento	7
6. Descrizione stato attuale	8
6.1 Monitoraggio e stato attuale del dissesto	8
7. Descrizione sintetica degli interventi	9
7.1 Stabilizzazione del movimento franoso	9
7.2 Realizzazione di opere di drenaggio e regimazione superficiale delle acque.....	11
7.3 Ripristino della viabilità esistente	11
7.4 Messa in sicurezza muro esistente	12
7.5 Sostituzione dei dispositivi di sicurezza stradale.....	13
7.6 Integrazione della campagna indagini e monitoraggio.....	14
8. Piano preliminare di gestione delle materie	15
9. Espropriazioni, occupazioni e servitù	16
10. Cronoprogramma delle fasi attuative	17

1. Premessa

La presente relazione, allegata al Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica dei lavori di **"Sistemazione movimento franoso S.P. 35c "Di Radicondoli" in località Le Celle"**, riporta:

- la descrizione tecnica preliminare delle opere necessarie per la stabilizzazione del pendio interessato dal movimento franoso e per la messa in sicurezza del muro in pietra esistente adiacente all'area in frana,
- l'individuazione delle notizie di carattere generale che oltre ad illustrare preliminarmente il progetto forniscono gli elementi conoscitivi necessari per lo sviluppo del progetto nelle successive fasi.

Inoltre ad integrazione e supporto del progetto è stata predisposta la campagna indagine e lo studio geologico a firma della Dott. Geol. Rita Nardi - GE.MI.NA Geologia e Ingegneria Geotecnica- riassunti nell'elaborato *"Relazione Geologica di supporto al progetto dei lavori di sistemazione del movimento franoso sulla S.P. 35C "Di Radicondoli" in loc. Le Celle"*. Quest'ultimo elaborato costituisce un documento sostanziale ai fini del presente studio di fattibilità tecnica ed economica.

2. Elenco elaborati di progetto

Il progetto si compone dei seguenti elaborati:

ARCHIVIO	DESCRIZIONE
18017_01_PINF_0R00_1	Elenco e codifica elaborati
18017_01_PINF_0R01_1	Relazione generale, tecnica ed illustrativa
18017_01_PINF_0R02_0	Relazione tecnica specialistica: Relazione paesaggistica preliminare e prefattibilità ambientale
18017_01_PINF_0R03_0	Relazione tecnica specialistica: Predimensionamenti preliminari
18017_01_PINF_0R04_1	Prime indicazioni e disposizioni per la stesura dei piani della sicurezza
18017_01_PINF_0R05_1	Calcolo sommario della spesa e quadro economico preliminare
18017_01_PINF_0001_0	Inquadramento cartografico
18017_01_PINF_0002_0	Restituzione rilievo planoaltimetrico
18017_01_PINF_0003_0	Sezioni - Stato attuale
18017_01_PINF_0004_0	Sezioni e profili geotecnici del versante
18017_01_PINF_0005_0	Intervento progettuale stabilizzazione pendio - Ipotesi progetto n. 1
18017_01_PINF_0006_0	Intervento progettuale stabilizzazione pendio - Ipotesi progetto n. 2
18017_01_PINF_0007_0	Intervento progettuale stabilizzazione pendio - Ipotesi progetto n. 3
18017_01_PINF_0008_0	Intervento progettuale: Consolidamento muro esistente
18017_01_PINF_0009_0	Progetto Sistemazione viabilità: Planimetria - Profilo - Sezioni
18017_01_PINF_0010_0	Planimetria catastale
18017_01_PINF_0011_0	Integrazione campagna indagini e monitoraggio

a cui si aggiunge la Relazione Geologica e relativi allegati, predisposta dal Dott.ssa Geol. Rita Nardi.

3. Normativa di riferimento

Il progetto è stato redatto secondo la normativa nazionale, regionale e locale vigente ed in particolare secondo i seguenti riferimenti normativi:

- D.M. 05/11/2001 n° 6792 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" con successive modifiche ed integrazioni, per quanto applicabili
- D.L. 30/04/1992 n° 285 "Nuovo codice della strada" con successive modifiche ed integrazioni;
- D.P.R. 16/12/1992 n° 495 "Regolamento di esecuzione e attuazione del nuovo codice della strada" con successive modifiche ed integrazioni;
- D.M. 17/01/2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni";
- Circolare 21/01/2019 n° 77 "Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17/01/2018";
- D.Lgs 18/04/2016 n° 50 "Codice dei contratti pubblici";
- DPR 05/10/2010 n° 207 Regolamento al Codice dei contratti pubblici, per le parti ancora vigenti.

Poiché l'intervento in questione prevede opere di ripristino della sede stradale esistente, con riferimento alle norme sopra riportate, si sottolinea che lo studio della sistemazione della piattaforma stradale della S.P. 35/c è stato eseguito nel rispetto, laddove possibile, di quanto previsto dal D.M. 05/11/2001.

4. Fattibilità dell'intervento

Oltre quanto riportato nella relazione OR02 "Relazione paesaggistica preliminare e prefattibilità ambientale" la fattibilità delle opere è stata esaminata sotto i seguenti aspetti:

- fattibilità ambientale;
- fattibilità urbanistica e vincoli sovraordinati;
- fattibilità archeologica;
- fattibilità geologica;
- pareri e/o nulla osta occorrenti;

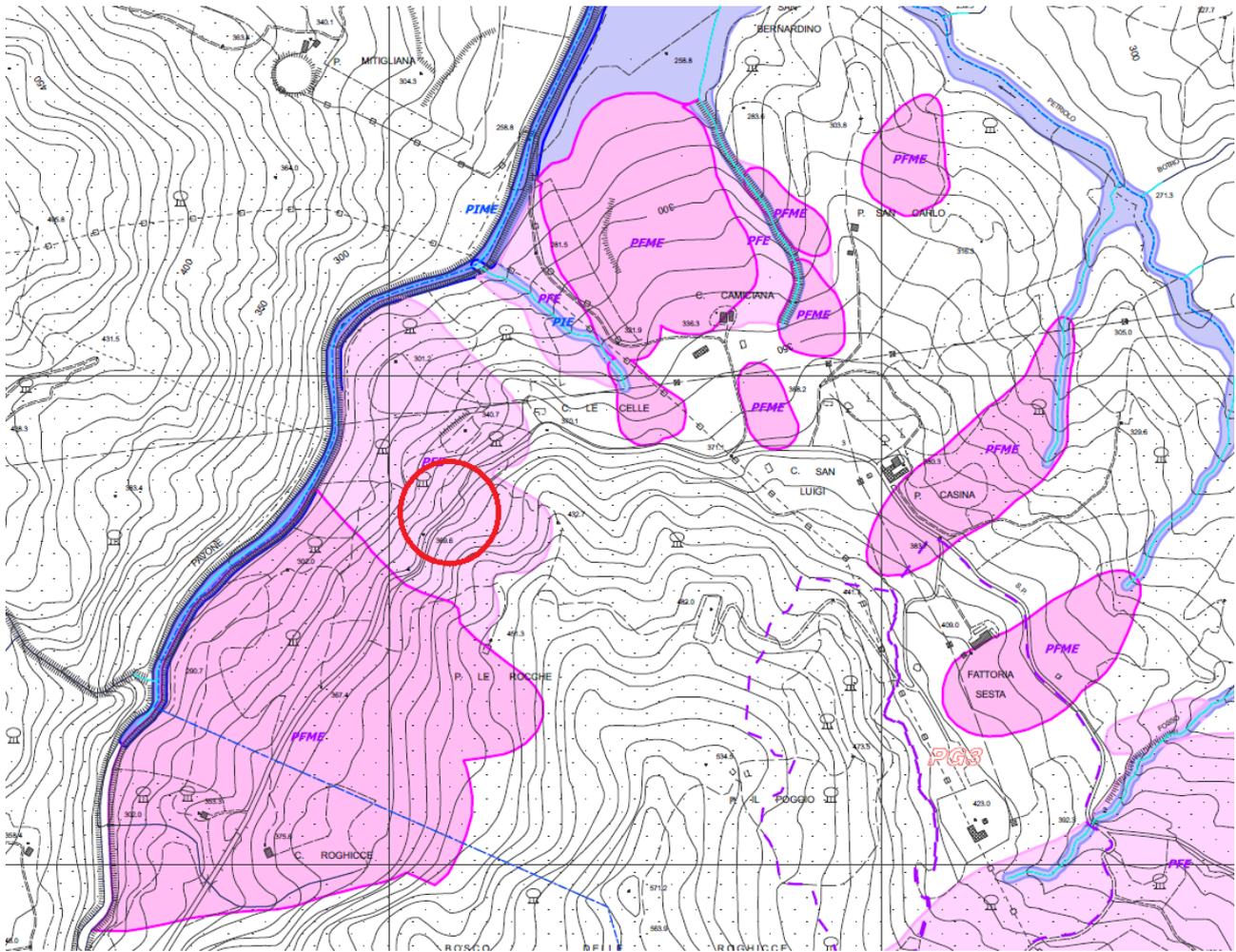
FATTIBILITA' AMBIENTALE

Il presente progetto preliminare, considerati i caratteri morfologico-funzionali e dimensionali, non risulta sottoposto a procedura di valutazione di impatto ambientale né alla procedura di assoggettabilità, ai sensi della L.R. 10/2010 "Norme in materia di valutazione ambientale strategica (VAS), di valutazione di impatto ambientale (VIA), di autorizzazione integrata ambientale (AIA) e di autorizzazione unica ambientale (AUA)" e s. m. ed i..

Il sito, sulla scorta degli studi condotti dal P.S. del Comune di Radicondoli, non evidenzia criticità dal punto di vista ambientale, tuttavia, come riportato nell'elaborato "Carta della pericolosità" l'area è classificata con "Pericolosità media per fattori geomorfologici Classe 3".

Secondo quanto riportato nella tavola G7.a "Adeguamento al D.P.G.R. 53R/2011 Carta di adeguamento ai Piani delle Autorità di Bacino Ombrone e Toscana Costa" del Regolamento Urbanistico del Comune di Radicondoli, l'area in esame ha "Pericolosità geomorfologica elevata

P.F.E." e non rientra tra le aree a pericolosità idraulica.



AMBITI DI SALVAGUARDIA AI SENSI DEI PAI OMBRONE E TOSCANA COSTA

Pericolosità geomorfologica elevata (PFE)

Pericolosità geomorfologica molto elevata (PFME)

Pericolosità idraulica elevata (PIE)

Pericolosità idraulica molto elevata (PIME)

Aree sottoposte a verifiche idrauliche

Aree di pertinenza fluviale

Reticolo idrografico di riferimento dei PAI Ombrone e Toscana Costa



Estratto Tavola G7.a Regolamento Urbanistico Radicondoli

Poiché l'area in oggetto rientra nell'ambito di competenza del P.A.I. Bacino Toscana Costa, secondo quanto riportato al comma 3 dell'articolo 65 del R.U. del Comune di Radicondoli

"Ambiti di Salvaguardia dell'Autorità di Bacino Toscana Costa", vale quanto segue:

"Nelle aree a Pericolosità Geomorfologica Molto Elevata (P.F.M.E.) ed Elevata (P.F.E.) valgono rispettivamente le prescrizioni di cui agli Artt. 13 e 14 delle Norme di PAI Toscana Costa".

Quindi di seguito si riporta in estratto il comma 1 dell'articolo 14 delle succitate Norme PAI, che disciplina l'intervento in oggetto:

"Nelle aree P.F.E. sono consentiti gli interventi di consolidamento, bonifica, sistemazione, protezione e prevenzione dei fenomeni franosi, nonché quelli atti a controllare, prevenire e mitigare gli altri processi geomorfologici che determinano le condizioni di pericolosità elevata, approvati dall'Ente competente, tenuto conto del presente Piano di Assetto Idrogeologico.

Gli interventi dovranno essere tali da non pregiudicare le condizioni di stabilità nelle aree adiacenti, da non limitare la possibilità di realizzare interventi definitivi di stabilizzazione dei fenomeni franosi e dei diversi processi geomorfologici, da consentire la manutenzione delle opere di messa in sicurezza.

I progetti preliminari degli interventi sono sottoposti al parere del competente Bacino che si esprime in merito alla coerenza degli stessi rispetto agli obiettivi del presente Piano e alle previsioni generali di messa in sicurezza dell'area".

Inoltre poiché l'intervento proposto è rappresentato da un'opera pubblica finalizzata al ripristino di un'area in dissesto, ovvero di messa in sicurezza della porzione di versante interessato dalla viabilità esistente, Strada Provinciale 35C "di Radicondoli", appare meno pertinente l'applicazione dell'articolo 66 del R.U. del Comune di Radicondoli che attribuisce la fattibilità per gli interventi edilizi previsti dal R.U. in territorio extraurbano. Tuttavia, in considerazione della pericolosità assegnata e poiché l'intervento riguarda un'area in frana, l'evoluzione del progetto dovrà avvenire secondo quanto previsto per le opere in Classe di Fabbilità F.3 "Fattibilità condizionata", declinato all'art. 61.3 del N.T. del Regolamento Urbanistico del Comune di Radicondoli.

Ad integrazione dei richiami sopra esposti si precisa che la fase di progettazione "definitiva" seguirà anche le disposizioni previste dagli articoli del Titolo VI "Disposizioni di tutela e salvaguardia dell'ambiente" riportati nelle già citate Norme Tecniche del Regolamento Urbanistico.

FATTIBILITA' URBANISTICA E VINCOLI SOVRAORDINATI

L'area di intervento risulta sottoposta ai seguenti vincoli:

- "Immobili ed aree di notevole interesse pubblico" ai sensi dell'art. 136 comma 1 lett. c) e d) del D. Lgs 42/2004;
- "Aree boscate" ai sensi dell'art. 142 lett. g) D.Lgs 42/2004;
- Vincolo idrogeologico di cui al R.D. 3267/1923.

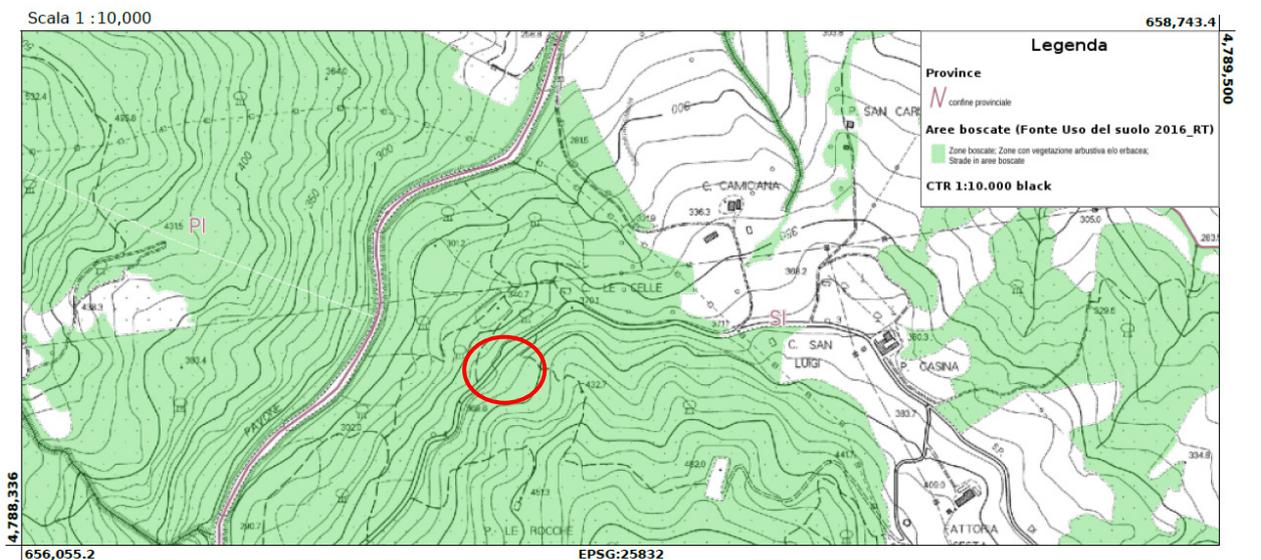
Con decreto n. 12 del 1° febbraio 2019 "l'intero territorio comunale di Radicondoli" è stato dichiarato di notevole interesse pubblico ai sensi dell'art. 136 comma 1 lett. c) e d) del D.Lgs 42/2004.

Ai fini della valutazione di coerenza dell'intervento con gli aspetti vincolistici sopra richiamati si rimanda agli elaborati specialistici, Relazione OR02, che costituisce parte integrante e sostanziale del presente progetto.

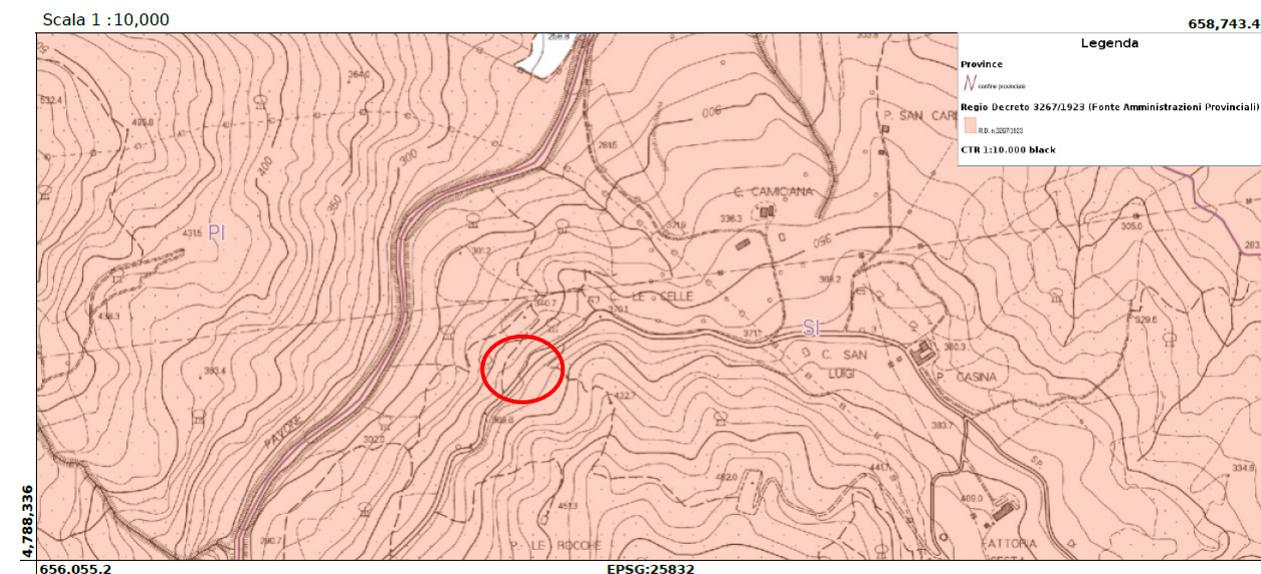
Di seguito si riportano gli estratti cartografici di interesse, riguardanti la perimetrazione

delle aree boscate e la perimetrazione delle aree sottoposte a vincolo idrogeologico:

Regione Toscana - SITA: Aree boscate



Regione Toscana - SITA: Vincolo idrogeologico



FATTIBILITA' ARCHEOLOGICA

Dal punto di vista archeologico l'area di intervento non risulta ricompresa tra le aree sottoposte a vincolo; tuttavia, in considerazione di quanto previsto dall'art. 25 del D.Lgs 50/2016, si prevede di sottoporre il progetto preliminare all'esame della competente Soprintendenza Archeologica della Toscana per le valutazioni del caso e per tale attività è stata prevista l'eventuale consulenza archeologica preliminare.

FATTIBILITA' GEOLOGICA

Per una trattazione specifica dei caratteri geologici si rimanda alla "Relazione Geologica di supporto al progetto dei lavori di sistemazione del movimento franoso sulla S.P. 35C "Di Radicondoli" in loc. Le Celle" a firma della Dott.ssa Geol. Rita Nardi, che costituisce parte

integrante e sostanziale del presente progetto, nella quale si conferma la fattibilità geologica dell'intervento.

PARERI E/O NULLA OSTA OCCORRENTI

Sarà onere dell'Amministrazione richiedere i pareri e/o nullaosta ai seguenti Enti e/o Amministrazioni in merito alla verifica della fattibilità del progetto:

- Amministrazione provinciale di Siena;
- Settore Urbanistica del Comune di Radicondoli;
- Ufficio Vincolo idrogeologico del Comune di Radicondoli e/o Unione dei Comuni della Val di Merse;
- Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale;
- Soprintendenza Archeologica, Belle arti e Paesaggio delle province di Siena, Grosseto e Arezzo;

salvo altri soggetti al momento non individuati. Oltre ai sopradetti Enti ed Amministrazioni dovranno essere coinvolti anche gli eventuali gestori dei sotto/sopraservizi che possono essere presenti. Al riguardo si fa presente che sulla scorta delle indagini fin qui condotte non si è riscontrata la presenza di sotto/sopraservizi interferenti con le opere in progetto, tuttavia ciò non esclude la necessità di eseguire ulteriori approfondimenti in merito alla presenza di eventuali elementi interferenti.

5. Obiettivi e finalità dell'intervento

Il presente progetto si prefigura la stabilizzazione del pendio interessato dal movimento franoso in località Le Celle, la messa in sicurezza del muro in pietra esistente adiacente all'area in frana e la contestuale sistemazione del tratto di strada S.P. 35C interessata dal movimento franoso.

Al fine di raggiungere gli obiettivi appena richiamati il progetto prevede l'attuazione delle seguenti opere che, sinteticamente, si possono così riassumere:

- Realizzazione di opere di drenaggio profondo per la stabilizzazione del pendio;
- Realizzazione di opere di drenaggio di superficie unitamente ad opere di ingegneria naturalistica;
- Ripristino della sede stradale con un profilo intermedio tra quello, ipotizzabile, ante dissesto e quello assunto a seguito del dissesto stesso;
- Realizzazione di paratia di micropali per la messa in sicurezza del muro in pietra esistente al margine esterno dell'area in frana;
- Consolidamento del paramento murario di pietra indicato al punto precedente;
- Sostituzione della barriera esistente con barriera H2 bordo laterale, da montarsi sulla strada a mezzacosta, e H2 bordo opera d'arte da montarsi sul cordolo di progetto in corrispondenza del muro in pietra esistente.

6. Descrizione stato attuale

La morfologia generale del pendio interessato dal movimento franoso è quella di pendio declinante verso NW, con pendenze elevate e presenza di scarpate sub-verticali in prossimità della bancate rocciose affioranti.

Il dissesto che interessa l'area si configura come una frana di scivolamento complessa, con componente sia traslativa, sia di abbassamento.

Il tratto di strada della SP 35C coinvolto dal movimento franoso ha una estensione di circa 70m ed in corrispondenza del corpo di frana si registra un abbassamento della sede stradale stimabile in circa 1,00m.

A monte della strada sono visibili due coronamenti: il primo è posizionato a circa 30m di distanza dalla sede stradale stessa ed è relativo al movimento franoso attuale; il secondo è ubicato a circa 40m dalla sede stradale ed è relativo ad un movimento pregresso, che attualmente appare quiescente. Un terzo coronamento, ancora più ampio, ma meno evidente degli altri è ipotizzabile a circa 60m dalla sede stradale, dove si osserva una rottura di pendio con presenza di una scarpata delimitata in alto da una superficie rocciosa con strati a franapoggio.

A valle della strada si registrano fratture importanti nel terreno, rilevabili sia lungo lo stradello che conduce al piazzale di perforazione ENEL, sia lungo il versante dove è presente un palo della linea elettrica che ha subito uno spostamento orizzontale del plinto di circa 2,00m e una rotazione verso monte della parte sommitale.

Attualmente nel tratto di viabilità coinvolto nel movimento franoso la circolazione avviene a senso unico alternato, regolato mediante impianto semaforico, con limitazione del carico. Il raccordo tra la piattaforma stradale fuori dall'area interessata dalla frana con la piattaforma stradale nel corpo di frana, che ha subito un abbassamento di circa 1,00m, avviene mediante due rampe, parzialmente bitumate, aventi pendenza di circa il 7,5%, per quella lato Radicondoli e pari a circa il 4%, per quella lato Castelnuovo di Val di Cecina.

Nel tratto in frana, compreso i raccordi, la corsia di marcia è larga circa 3,50m e interessa una lunghezza pari a circa 120m; inoltre la corsia è delimitata sul lato di valle da una barriera tipo New Jersey, in parte in cls ed in parte in pvc, mentre sul lato di monte è presente una scolina in terra che, a seguito delle preliminari sistemazioni, ha assunto altezze variabili fino ad un massimo di circa 1.20m. La barriera New Jersey presente è del tipo in pvc nel tratto centrale della delimitazione, viceversa è del tipo in calcestruzzo in corrispondenza delle due rampe di raccordo.

La documentazione fotografica è riportata nell'elaborato 0R02 "Relazione paesaggistica preliminare e prefattibilità ambientale".

6.1 Monitoraggio e stato attuale del dissesto

Nell'estate del 2011, in seguito al manifestarsi di crepe ed avvallamenti sul manto stradale, nell'ambito di un primo studio geologico dell'area in esame, furono eseguiti due carotaggi continui, allestiti uno a piezometro (S1v) e l'altro con inclinometro (S2v).

La prima fase del monitoraggio inclinometrico è iniziata a settembre 2011 ed è stata interrotta a marzo 2014 in seguito al danneggiamento dell'inclinometro causato dal movimento franoso. Detto inclinometro registrava in data 25/07/2012 un movimento di circa 4mm in

direzione NW, con superficie di rottura posta alla profondità di circa 10,50m dal p.c.; successivamente, in data 19/03/2014, lo stesso tubo inclinometrico non consentiva il passaggio della strumentazione già alla profondità di circa 5,00m dal p.c.

In data 13 maggio 2014 è iniziato il monitoraggio in continuo che è proseguito fino a gennaio 2018. In questo caso il monitoraggio è stato realizzato mediante l'installazione di due sensori a barra tipo on-off, collegati ad un impianto semaforico, di due estensimetri di superficie posizionati nel bosco a monte della strada e di due deformometri posizionati presso gli on-off.

Tra il 27 dicembre 2018 ed il 15 gennaio 2019 sono stati realizzati ulteriori 5 sondaggi nei quali sono stati posizionati tubi inclinometrici (sondaggi: S1-S2-S3-S4) ed un piezometro a tubo aperto nel sondaggio S5. La posizione dei sondaggi è riportata nella Tav. 002

Successivamente sono state riprese le letture piezometriche ed inclinometriche, mentre il sistema di monitoraggio mediante estensimetri, con dati restituiti in "continuo" e resi disponibili in remoto, è in corso di ripristino.

7. Descrizione sintetica degli interventi

Il progetto prevede i seguenti tipi di intervento:

1. Stabilizzazione del movimento franoso raggiungibile attraverso tre ipotesi di intervento con opere di drenaggio profondo. In questo caso la soluzione ritenuta più idonea sarà valutata dall'Amministrazione, tuttavia, sotto vari profili, tra cui quello ambientale e paesaggistico, la soluzione che si ritiene più idonea è certamente quella identificata con la definizione "Intervento Ipotesi 1";
2. Realizzazione di opere di drenaggio e regimazione superficiale delle acque;
3. Ripristino della viabilità esistente;
4. Messa in sicurezza del muro esistente mediante la realizzazione di una paratia di micropali e consolidamento del paramento murario di pietra;
5. Sostituzione dei dispositivi di sicurezza stradale;
6. Integrazione della campagna indagini e monitoraggio.

7.1 Stabilizzazione del movimento franoso

Date le dimensioni della massa instabile (schematizzabile in un cuneo unitario con dimensioni circa 48m e circa 10m di altezza) e alla luce delle conoscenze fino a ora acquisite, non appare perseguibile un intervento che preveda la realizzazione di opere di sostegno. Infatti la realizzazione di un'opera di sostegno o di contrasto alla massa instabile risulterebbe essere eccessivamente onerosa e con efficacia difficilmente valutabile; pertanto, in base anche ai risultati ricavati dall'analisi preliminare riportata al paragrafo 5 della relazione specialistica OR03 "Predimensionamenti preliminari", si è supposto che il pendio possa essere stabilizzato mediante riduzione delle pressioni interstiziali con un sistema di drenaggio profondo.

Il processo di drenaggio è un fenomeno complesso, influenzato dal regime delle piogge, dai livelli di infiltrazione, dalla presenza di superfici di discontinuità, dalla disomogeneità e anisotropia dei terreni nei riguardi della permeabilità, ecc., quindi anche il dimensionamento di un sistema drenante presenta molte difficoltà ed incertezze. Tuttavia, in linea generale,

quando i fenomeni di instabilità sono innescati da valori alti delle pressioni interstiziale, tale tipologia di intervento risulta essere quello più efficace. Ciò è confermato sia per i meccanismi di collasso superficiali, che risentono in modo significativo delle variazioni stagionali delle pressioni interstiziali in dipendenza dell'andamento delle precipitazioni atmosferiche, sia per i meccanismi profondi caratterizzati da un regime pressoché stazionario delle pressioni interstiziali e da un elevato grado di mobilitazione delle resistenze al taglio.

Per controllare l'efficacia di un sistema drenante è necessario procedere con la misura delle pressioni interstiziali installando un numero adeguato di celle piezometriche in prossimità della superficie di scorrimento (esistente o potenziale). Le misure piezometriche permettono di valutare l'abbassamento delle pressioni interstiziali prodotto dal sistema drenante e di controllarne l'efficacia nel tempo. E' fondamentale che l'installazione dei piezometri preceda la realizzazione del sistema drenante per permettere il confronto tra i valori misurati e quelli previsti della riduzione di pressione interstiziale.

In questa fase di predimensionamento sono stati ipotizzati tre scenari di intervento, sinteticamente descritti di seguito e nelle relative tavole di progetto (Tav. 005, 006 e 007):

INTERVENTO IPOTESI 1

L'intervento progettuale prevede di realizzare tre ordini di dreni sub-orizzontali lunghi circa 40.00m, disposti ad interasse orizzontale pari a 7.00m, per un totale di n. 29 dreni, come meglio raffigurato nella tavola grafica.

Ciascun dreno è realizzato con tubo finestrato in PVC del diametro di 125mm rivestito con filtro geotessile. Per impedire l'ingresso di radici in prossimità del piano campagna e l'occlusione del dreno, ciascun tubo in prossimità del piano campagna, per circa 6m, non deve essere del tipo "finestrato".

Per ciascuna fila deve essere realizzata una canaletta superficiale per la raccolta dell'acqua drenata che dovrà essere regimata e portata fuori dall'area di frana. Tali canalette, realizzate mediante idoneo scavo, dovranno essere rivestite con geocomposito antierosivo ed impermeabile.

INTERVENTO IPOTESI 2

In questo caso l'intervento di progetto prevede di realizzare un sistema di pozzi drenanti, profondi 15.00m, disposti su tre file a cavallo della strada esistente, distanti 18.00m.

La prima fila è costituita da n.3 pozzi drenanti + n.1 pozzo drenante ispezionabile posizionati ad interasse di 7.00m.

La seconda fila è costituita da n.7 pozzi drenanti + n.1 pozzo drenante ispezionabile posizionati ad interasse di 7.00m.

La terza fila è costituita da n.6 pozzi drenanti + n.1 pozzo drenante ispezionabile posizionati ad interasse di 7.00m.

I pozzi drenanti non ispezionabili sono previsti con diametro pari a 1.50m e sono riempiti con materiale arido. I pozzi drenanti ispezionabili sono previsti con diametro esterno pari a 1.50m e diametro interno pari a 1.20m, all'esterno è previsto il riempimento con materiale arido di cava, mentre il sostegno delle pareti è realizzato con una lamiera tubolare zincata opportunamente dimensionata. La condotta di fondo per il collegamento tra i pozzi e la condotta di scarico sono realizzati con un tubo in polietilene con rivestimento in acciaio.

La condotta di scarico dovrà convogliare l'acqua drenata in una canaletta che in analogia all'ipotesi 1 permetterà di regimare le acque al Torrente Pavone.

INTERVENTO IPOTESI 3

In questa terza ipotesi si prevede di realizzare un sistema misto di dreni sub-orizzontali lunghi circa 40.00m disposti su due ordini e pozzo drenante.

Il primo ordine è costituito da una fila lineare di n.6 dreni posti ad interasse di 7.00m, collocata a monte della strada.

Il secondo ordine è costituito da n.7 dreni disposti radialmente rispetto ad un pozzo drenante ispezionabile profondo 10.00m e collocato a valle della strada ad una distanza di circa 35.00m dalla fila del primo ordine. I dreni radiali sono posizionati ad una profondità di circa 7.00m dal piano campagna.

Ciascun dreno è realizzato con tubo finestrato in PVC del diametro di 125mm rivestito con filtro geotessile.

Analogamente all'intervento tipo 1, per la fila di monte deve essere realizzata una canaletta superficiale per la raccolta dell'acqua drenata che dovrà essere regimata e portata fuori dall'area di frana.

Allo stato attuale delle conoscenze non è possibile stabilire quale intervento di drenaggio sia più efficace tra quelli ipotizzati. Infatti, i dati attualmente disponibili sono appena sufficienti per ipotizzare i possibili profili della frana, i quali potranno essere confermati dalle ulteriori letture degli inclinometri, ma non per stabilire il profilo della falda esistente ed il relativo regime delle pressioni interstiziali. Inoltre, nel caso specifico, l'approccio progettuale richiede una specifica analisi di filtrazione per cui occorre prevedere una integrazione della campagna geognostica, introducendo almeno un ulteriore piezometro a tubo aperto, da collocare a monte della strada esistente e soprattutto l'installazione, nel corpo di frana, di almeno 4 piezometri di Casagrande, distribuiti a monte e valle della strada, ciascuno attrezzato per la misurazione delle pressioni interstiziali in almeno due livelli di profondità, possibilmente in continuo con restituzione dei dati in remoto.

E' inoltre necessaria sia la prosecuzione del monitoraggio inclinometrico e piezometrico, sia la riattivazione del monitoraggio in continuo, eseguito con i sensori estensimetrici e inclinometrici, come già installati nel 2014.

7.2 Realizzazione di opere di drenaggio e regimazione superficiale delle acque

Il progetto di regimazione profonda del pendio comporta la realizzazione di canalette di raccolta delle acque dai vari sistemi di drenaggio che saranno realizzate con rivestimento in geocomposito antierosivo ed impermeabile. Inoltre nelle fasi successive della progettazione dovranno essere previste opere di regimazione di superficie, unitamente a modeste opere di ingegneria naturalistica, idonee a regolare il deflusso delle acque verso valle e limitare, in questo caso specifico, la filtrazione negli strati di terreno instabili.

7.3 Ripristino della viabilità esistente

La S.P. 35C, nel tratto oggetto di intervento, risulta classificata dall'attuale Disposizione n° 843 del 25/06/2008 emanata dal Servizio Lavori Pubblici, Difesa del Suolo e Assetto del Territorio dell'Amministrazione Provinciale, come "Strada di Categoria F".

Con riferimento a quanto definito dal Nuovo Codice della Strada, la categoria F

corrisponde al tipo "F1 locale in ambito extraurbano".

L'intervento in progetto, come risulta evidente dagli elaborati grafici, ha lo scopo di intervenire sui danni provocati dal fenomeno franoso ed eseguire opere di ripristino della sovrastruttura stradale, al fine di garantire la sicurezza e l'efficienza nel tempo dell'infrastruttura viaria, senza apportare modifiche sostanziali allo stato attuale del tracciamento piano altimetrico dell'asse. Di seguito si riportano gli aspetti progettuali essenziali, individuati in questa fase, che saranno di riferimento nello sviluppo del progetto definitivo, graficamente descritti nella Tav. 009:

- All'interno della zona di intervento l'asse stradale subirà un modesto scostamento verso monte, sfruttando lo spazio reso disponibile dall'intervento, in modo tale da evitare o comunque ridurre i riporti di materiale sulla scarpata di valle;
- Ricostruzione del profilo altimetrico con realizzazione di modeste rampe di raccordo tra la porzione di viabilità interessata dal dissesto e quella immediatamente adiacente. Al riguardo, per limitare lo spessore del materiale di riporto, nella Tav. 009 è stato individuato un plausibile campo di variazione della livelletta di progetto;
- All'interno della zona di intervento la larghezza della carreggiata sarà adeguata a quella prevista per la categoria F1 locali in ambito extraurbano ovvero pari a 9.00m (due corsie da 3.50m ciascuna e banchine laterali da 1.00m ciascuna - Riferimento Fig. 3.6h del DM 05/11/2001 n° 6792). La sezione prevista all'interno della zona di intervento sarà raccordata a quella esistente con tratti di raccordo non inferiori a 25.00m di lunghezza;
- Pendenza trasversale della piattaforma stradale nelle sezioni di progetto coerente con quella della piattaforma esistente.

7.4 Messa in sicurezza muro esistente

Il muro in oggetto è ubicato nel tratto di strada immediatamente precedente alla frana venendo da Castelnuovo di Val di Cecina in direzione Siena e ricade in prossimità del contrafforte roccioso che delimita la frana verso sud-ovest.

Il muro, lungo circa 22 m, è in pietra a conci sbozzati con tessitura irregolare. L'altezza fuoriterza è variabile, con valore massimo di circa 4.00m in corrispondenza della sezione di impluvio del pendio. In testa al muro è presente un cordolo in c.a. avente base pari a, circa, 35cm ed altezza, circa, 30cm sul quale è ancorato il guardrail.

Allo stato attuale non sono noti né la profondità del muro entroterra, né la presenza/geometria di eventuali fondazioni e neppure lo spessore del paramento.

Il muro, oltre ad essere caratterizzato da una tessitura irregolare, sia per geometria dei conci, sia per la loro posizione, presenta anche delle crepe, o comunque delle sconessioni ed un rigonfiamento, mentre sul piano stradale è presente un avvallamento.

Il progetto di fattibilità, descritto nella Tav. 008, prevede di realizzare a tergo del muro una paratia di micropali del tipo a bassa pressione, alternativamente verticali ed inclinati, aventi diametro di perforazione \varnothing 240mm, armatura tubolare \varnothing 168mm, lunghezza 12.00m e interasse, sia tra i micropali verticali sia tra i micropali inclinati, pari a 0.80m, a cui assegnare la funzione statica di sostenere il terrapieno stradale.

In base a tale intervento il muro esistente si viene a configurare come un semplice rivestimento con funzione strutturale limitata per il quale, individuata la geometria, dovrà essere valutata la stabilità al ribaltamento e quindi gli eventuali interventi di consolidamento che si renderanno necessari per evitare crolli e/o ribaltamenti.

Sulla testa della paratia è prevista la realizzazione di un cordolo in c.a. di collegamento, avente dimensioni 1.30mx1.10m, dotato di un prolungamento (con sez. 80x55cm), a sbalzo, per l'idoneo ancoraggio della barriera di progetto del tipo "bordo opera d'arte" H2. La geometria del cordolo è stata così definita anche per costituire un elemento di ritegno per il ribaltamento del sottostante muro in pietra, inoltre il modesto aggetto eviterà il ruscellamento delle acque presenti in sede stradale che oggi si riversano sul paramento di pietra riducendone la stabilità per dilavamento ed erosione dei giunti di malta.

Oltre alle opere sopra descritte occorre procedere con il consolidamento del paramento murario di pietra mediante rimozione della vegetazione, scarificazione e pulizia dei giunti, ripristino delle commettiture con malte idonee, eventualmente integrate con armature in trefolo metallico in acciaio inox annegato nella malta di ristilatura, seguendo l'originario reticolo.

7.5 Sostituzione dei dispositivi di sicurezza stradale

Nel tratto in frana la corsia è stata provvisoriamente delimitata sul lato di valle da una barriera tipo New Jersey, in parte in cls ed in parte in pvc.

A partire dalla stradella che consente l'accesso nel bosco (sez. 09), per una lunghezza di circa 95m, è presente sul alto di valle una barriera metallica a doppia onda. In questo tratto, in corrispondenza del muro in pietra esistente, la barriera è fissata al cordolo in c.a. di coronamento, che allo stato attuale ha una larghezza pari a circa 35cm.

Il progetto prevede la posa in opera di adeguata barriera di ritenuta in corrispondenza del tratto in frana e la sostituzione della barriera esistente per il tratto fuori dall'area di frana. La dimensione del nuovo cordolo è stata determinata sia per garantire il corretto ancoraggio della barriera ma anche il corretto funzionamento della medesima barriera in caso di svio di un automezzo.

Per la scelta della barriera di progetto si è fatto riferimento a quanto riportato nella tabella estratta dal D.M. n.2367 del 2004 per le strade locali di tipo F:

- barriera bordo opera d'arte → classe di contenimento H2 (per ogni tipo di traffico),
- barriera bordo laterale → classe di contenimento N1 (ipotesi traffico tipo I).

Tipo di strada	Traffico	Destinazione barriere		
		Barriere spartitraffico a	Barriere bordo laterale b	Barriere bordo ponte c
Autostrade (A) e Strade extraurbane principali	I	H2	H1	H2
	II	H3	H2	H3
	III	H3-H4	H2-H3	H3-H4
Strade extraurbane secondarie (C) e Strade urbane di scorrimento (D)	I	H1	N2	H2
	II	H2	H1	H2
	III	H2	H2	H3
Strade urbane di quartiere (E) e Strade locali (F)	I	N2	N1	H2
	II	H1	N2	H2
	III	H1	H1	H2

Tipo di traffico	TGM	% Veicoli con massa >3,5 t
I	≤1000	Qualsiasi
I	>1000	≤ 5
II	>1000	5 < n ≤ 15
III	>1000	> 15

Tabelle estratte dal DM 21/06/2004 n° 2367

La nuova barriera sarà dotata di elementi di inizio e fine tratta costituiti da terminali di

tipo speciale in classe P2 o comunque da terminali speciali o semplici coerenti con il dispositivo di ritenuta installato.

Nel rispetto di quanto indicato all'articolo 6 del D.M. 21/06/2004 n° 2367 sulla lunghezza minima di installazione, il progetto prevede di sostituire tutto il tratto di barriera esistente con una barriera H2 bordo ponte e H2 bordo rilevato da montare in continuità.

Inoltre in questa fase, per uniformità di tipologia, si prevede di installare una barriera bordo rilevato del tipo H2 anche sul tratto di viabilità da ripristinare posta ad est della stradella esistente, la cui presenza determina una interruzione della continuità della barriera di ritenuta. Tuttavia nelle fasi successive della progettazione saranno condotti gli approfondimenti occorrenti, tra cui una verifica dei flussi di traffico, allo scopo di definire la classe minima di contenimento dei dispositivi da adottare, nonché individuare i necessari elementi terminali.

7.6 Integrazione della campagna indagini e monitoraggio

Per l'esecuzione della progettazione definitiva/esecutiva delle opere di stabilizzazione del pendio, tramite drenaggio profondo, sarà necessario integrare la campagna indagine al fine di valutare le caratteristiche di permeabilità del terreno, la quota della falda presente e il regime delle pressioni interstiziali.

Come raffigurato nella tavola "Tav. 011", vista l'eterogeneità del materiale, è previsto di eseguire due prove Lefranc a monte della strada e due prove Lefranc a valle per la misurazione del coefficiente di permeabilità del terreno. Per ciascuna prova sono previsti tre tratti di misurazione a differenti profondità dal piano campagna, che in questa fase sono stati così distinti: 1,5m-3,0m; 4,5m-6,0m; 7,5-9,0m. La procedura di preparazione del tratto di prova dovrà avvenire secondo la seguente modalità:

1. avanzamento del carotiere e rimozione del materiale dalla quota richiesta fino a un'ulteriore 1,5m di profondità;
2. avanzamento e arretramento a secco dei tubi di rivestimento in modo da creare una sorta di tappo impermeabile tra la corona e l'esterno dei tubi, per evitare la risalita dell'acqua nella intercapedine: rivestimento - foro;
3. avanzamento dei tubi di rivestimento fino alla quota di inizio prova.

La prova dovrà essere eseguita sia a carico costante, sia a carico variabile con le seguenti modalità:

1. Esecuzione della prova in modalità carico variabile:
 - formazione del gradiente idraulico tramite immissione di acqua nel foro;
 - registrazione dell'abbassamento del livello a tempi prestabiliti : 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 12, 15, 20, 30 minuti.
2. Esecuzione della prova in modalità carico costante:
 - immissione continua di acqua nel foro per mantenere costante il gradiente idraulico;
 - registrazione della quantità d'acqua immessa e del tempo occorso.

Attualmente sono presenti due piezometri a tubo aperto installati, rispettivamente, nei sondaggi S1v ed S5. Il sondaggio S5 si trova a tergo del muro esistente e quindi fuori dall'area di frana e risulta essere costantemente asciutto (vedi le letture eseguite nel periodo febbraio 2019 - febbraio 2020), mentre il piezometro S1v si trova a margine della strada esistente e nel

periodo febbraio '19 - febbraio '20 ha fornito letture che variano tra il valore di massima risalita, pari a -3.10m dal piano di campagna e il valore di minima risalita, pari a -5.40m dal piano di campagna.

Alla luce del problema oggetto di studio i piezometri attuali non risultano sufficienti per la determinazione del profilo dei terreni saturi, nei quali avviene il deflusso sotterraneo, la definizione di sezioni idrogeologiche e la definizione del regime idraulico del sottosuolo, pertanto si ritiene opportuno integrare il sistema di monitoraggio con almeno un ulteriore piezometro, a tubo aperto, da collocare lungo la scarpata a monte della strada, contraddistinto nella tavola "Tav. 011" come P1. Inoltre, anche per controllare l'efficacia del sistema drenante, è necessario procedere con la misura delle pressioni interstiziali installando un numero adeguato di celle piezometriche in prossimità della superficie di scorrimento (esistente o potenziale). Le misure piezometriche permetteranno preliminarmente lo studio del regime idraulico del sottosuolo e in seguito di valutare l'abbassamento delle pressioni interstiziali prodotto dal sistema drenante, nonché di controllarne l'efficacia nel tempo. E' fondamentale che l'installazione dei piezometri preceda la realizzazione del sistema drenante per permettere il confronto tra i valori misurati e quelli previsti a seguito della riduzione di pressione interstiziale.

In ragione di quanto appena esposto si prevede l'installazione di almeno 4 piezometri di Casagrande, due a monte della strada e due a valle, da attrezzare con doppio tubo per la misurazione delle pressioni interstiziali a due profondità distinte, che in questa fase sono così individuate: 2,0m-4,0m e 6,0m-8,0m. E' preferibile che le letture dei piezometri avvenga "in continuo" con restituzione del dato per via remota.

Per la valutazione della stabilità del muro esistente, considerato come un semplice rivestimento non strutturale, deve essere implementata la campagna di rilievo al fine di individuare la presenza e geometria della fondazione esistente e lo spessore del muro. Infatti, allo stato attuale non sono noti né la profondità del muro entroterra, né la presenza/geometria di eventuali fondazioni e neppure lo spessore del paramento.

Ad opere realizzate il monitoraggio potrà continuare con le letture degli inclinometri, posti a monte e valle della strada e le letture dei piezometri.

8. Piano preliminare di gestione delle materie

La realizzazione delle opere in progetto richiederà sia la movimentazione e allontanamento di materiale proveniente dalle demolizioni e dagli scavi (superficiali e profondi), sia l'approvvigionamento di materiali aridi per la realizzazione delle tipologie di lavoro di seguito elencate:

- pietrischi per anticapillari e drenaggi
- materiale tipo A1, A2-4, A2-5, A3 per bonifiche
- misto granulare stabilizzato per la fondazione stradale
- inerti per bitumi
- inerti per le opere in c.a.
- materiale per rinterri
- terreno vegetale per sistemazioni superficiali.

La gran parte del terreno vegetale e del materiale per rinterri sarà recuperato dagli

scavi che si dovranno realizzare, viceversa per le ulteriori tipologie di materiali si dovranno individuare ulteriori possibilità di approvvigionamento.

Trattandosi di un'opera pubblica di valenza non statale, né difatto inserita in accordi di programma Stato-Regione, i canali di reperimento del materiale, alla luce della normativa vigente, Legge Regionale n. 35 del 25/03/2015 "Disposizioni in materia di cave. Modifiche alla LR 104/1995, LR 65/1997, LR 78/1998, LR 10/2010 e LR 65/2014" e s.m. ed i., possono essere i seguenti:

- a. – ricorso al mercato ordinario,
- b. – ricorso a cave di prestito,
- c. – ricorso ad un sistema integrato ordinario-straordinario.

Con riferimento alle quantità di materiale necessarie, nonché alle differenti tipologie, non si ravvisa né la necessità, né l'opportunità, di prevedere il ricorso a cave di prestito. Pertanto per l'integrale approvvigionamento dei materiali aridi si prevede il ricorso al mercato ordinario.

I materiali provenienti dalle demolizioni, dagli scavi, dagli smontaggi, ecc. saranno, in parte, riutilizzati nei lavori, ovvero nella misura e quantità che si renderà possibile a seguito dello sviluppo del progetto nelle sue successive fasi. Il materiale in residuo sarà regolarmente conferito a discarica autorizzata o presso siti autorizzati alla raccolta e riciclaggio, nel rispetto della normativa vigente.

Nel corso dell'integrazione della campagna di indagine, di cui al paragrafo precedente, occorre prevedere il prelievo di un congruo numero di campioni di terreno da sottoporre ad analisi chimiche, necessarie alla caratterizzazione del materiale ai sensi della normativa vigente in materia ambientale, compresa l'attribuzione del codice CER e l'indicazione delle modalità di smaltimento/recupero.

9. Espropriazioni, occupazioni e servitù

Con riferimento agli allegati grafici di progetto ed in particolare alla planimetria su base catastale, Tav. 010, si evidenzia uno scostamento tra la piattaforma stradale esistente (contrassegnata con retino grigio e originata dal rilievo strumentale) e quella rappresentata nella planimetria catastale, evidenziata con retino quadrettato. Sempre nella stessa planimetria sono state indicate con retino quadrettato giallo le particelle di proprietà dell'Amministrazione Provinciale di Siena. Nella tavola sopra indicata, oltre a riportare i tre scenari di intervento, è riportata in scala 1:2000 l'estratto della mappa catastale in cui sono individuate le eventuali aree soggette ad occupazione permanente (part.ile 82, 90 e 91), precisando che in virtù dello scostamento esistente tra il rilievo della piattaforma stradale e la mappa potrebbe essere opportuno estendere l'occupazione permanente anche ad altre particelle, tra cui la numero 81 e 89.

Negli ulteriori tre estratti di mappa, rappresentati in scala 1:1000, sono evidenziate, per i tre scenari progettuali ipotizzati, le porzioni di terreno soggette ad occupazione temporanea ed al termine dei lavori sottoposte a servitù per presenza di opere sotterranee, costituite dalle opere di drenaggio profondo (retino rigato viola), nonché le porzioni di terreno soggette ad occupazione temporanea ed al termine dei lavori sottoposte a servitù per sistemazioni idrauliche, costituite dalle opere di drenaggio superficiale (retino a tinta unita celeste) ed infine le porzioni di terreno soggette ad occupazione permanente (retino rigato rosso), costituite

dalle aree che contengono i pozzi drenanti.

Tutti i terreni oggetto di occupazione permanente e/o servitù sono descritti, dal punto di vista catastale, attraverso i dati consultabili nei registri dell'Agenzia delle Entrate, i quali sono stati sinteticamente riassunti nella tabella riportata nella tavola grafica. Nella stessa tabella sono state individuate anche le superfici sottoposte ad occupazione e servitù, distinguibili per i tre casi esaminati.

Sulla scorta dei dati raccolti è stato possibile effettuare una preliminare previsione totale di spesa che, tenuto conto di un margine di sicurezza nelle stime, tenuto conto degli imprevisti, delle spese tecniche, notarili, ecc., è stata quantificata in € 18.000,00, il cui valore è riportato nello specifico rigo del quadro economico.

10. Cronoprogramma delle fasi attuative

Al momento non è possibile rappresentare un cronoprogramma sufficientemente dettagliato e definito in quanto ancora non è nota la data di inizio delle varie attività specialistiche da effettuare (integrazione delle indagini complementari, ecc.). Tuttavia, esperite le indagini e affidati i livelli di progettazione successivi è possibile ipotizzare che le attività si possano sviluppare seguendo i tempi sotto indicati (arrotondati al trimestre):

- sviluppo del progetto definitivo – 2 mesi
- validazione ed approvazione del progetto definitivo – 1 mese
- sviluppo del progetto esecutivo – 2 mesi
- validazione ed approvazione del progetto esecutivo – 1 mese
- esecuzione delle procedure di gara – 6 mesi
- aggiudicazione e consegna lavori – 3 mesi
- esecuzione lavori – 18 mesi
- collaudo ed apertura al traffico – 3 mesi

dai quali ne risulta un tempo complessivo, considerate le sovrapposizioni del caso, di 3 anni.

AXIS Engineering Srl

Ing. Gianluca Terrosi - Arch. Roberta Meniconi