



COMUNE DI CALCI
Piazza Garibaldi, 1 - CAP 56011 Calci (PI)

OPERE DI CONSOLIDAMENTO E REGIMAZIONE DELLE ACQUE SUPERFICIALI IN AREA SOGGETTA A DISSESTO GRAVITATIVO IN LOCALITA' SAN MARTINO DI MONTEMAGNO IN COMUNE DI CALCI (PI) - INTERVENTO DODS2017PI0036 – LOTTO 1



PROGETTO ESECUTIVO

Elaborato 1 – Relazione generale

Gruppo di Lavoro

Dott. Ing. Simone Galardini

Dott. Geol. Andrea Bizzarri

Ing. Linda Maniezzi

Codice 08433	Emesso Galardini	D.R.E.A.M. Italia Via Garibaldi, 3 Pratovecchio Stia (Ar) - Tel. 0575 52.95.14 Via Enrico Bindi n.14, Pistoia – Tel 0573 36.59.67 http://www.dream-italia.it	AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ CERTIFICATO DA DNV = ISO 9001 =	
Rev. 00	Controllato Bizzarri			
Data Novembre 2017	Approvato D.T. Miozzo			

Sommario

Premessa	2
1. Inquadramento territoriale	2
2. Vincoli che caratterizzano l'area	4
3. Descrizione dello stato attuale	10
4. Interventi previsti	12
5. Dimensionamento idraulico delle opere di regimazione delle acque meteoriche	16

Relazione generale

Premessa

Il presente documento costituisce la relazione generale del progetto esecutivo *"Opere di consolidamento e regimazione delle acque superficiali in area soggetta a dissesto gravitativo in località San Martino di Montemagno in Comune di Calci"*; la progettazione degli interventi è stata finanziata al Comune di Calci (PI) dal Documento Operativo per la Difesa del Suolo 2017, Allegato A parte V – Progettazioni attuate da Comuni. Il Documento Operativo è stato approvato con delibera di Giunta Regionale n. 390 del 18.04.2017, ed al Comune di Calci (PI) è stato assegnato un contributo di € 35.000,00 per procedere alla progettazione esecutiva del movimento franoso in località San Martino di Montemagno, cui è stato assegnato il codice progetto DODS2017PI0036.

La necessità degli interventi previsti scaturisce dalle indagini e monitoraggi pregressi, che hanno evidenziato un dissesto gravitativo diffuso nell'area del cimitero di Montemagno denominata S. Martino.

Gli studi hanno messo in luce una relazione tra eventi atmosferici ed il movimento degli strati interni del terreno terrazzato dopo alcuni giorni dalle piogge; questo evidenzia che almeno in parte le acque superficiali, non più regimate per l'abbandono dei suoli agricoli, incidono sul dissesto, essendo sicuramente una concausa alle problematiche in atto, insieme alle scarse caratteristiche geotecniche intrinseche dei suoli.

La strategia di intervento è pertanto quello di andare a consolidare con opere strutturali i punti a maggior criticità, congiuntamente al ripristino di un corretto sistema di drenaggio e scolo delle acque superficiali; questa combinazione di interventi consente il presidio ed il mantenimento in essere della viabilità comunale con interventi incisivi nel breve termine ed un miglioramento complessivo nel lungo periodo grazie all'allontanamento delle acque non regimate dai versanti.

1. Inquadramento territoriale

L'area in dissesto è ubicata in Comune di Calci, in località San Martino di Montegnagno, con particolar riferimento alla zona in corrispondenza del cimitero della frazione.

Opere di consolidamento e regimazione delle acque superficiali in area soggetta a dissesto gravitativo in località San Martino di Montemagno in Comune di Calci (PI) – Intervento DODS2017PI0036 – LOTTO 1

L'area è identificata come "Frana di Montemagno" (Coordinate Gauss Boaga: 1624175 – 4841988), ed è impostata sul settore orientale della conoide di Calci, sul versante vallivo, piuttosto acclive, in sinistra idrografica del Torrente Zambra di Montemagno.

Tutto il versante in oggetto come del resto gran parte dei versanti limitrofi sono occupati da olivete terrazzate. Si tratta di un paesaggio totalmente artificiale in cui le acque sono allontanate con drenaggi artificiali, ad oggi scarsamente efficienti.

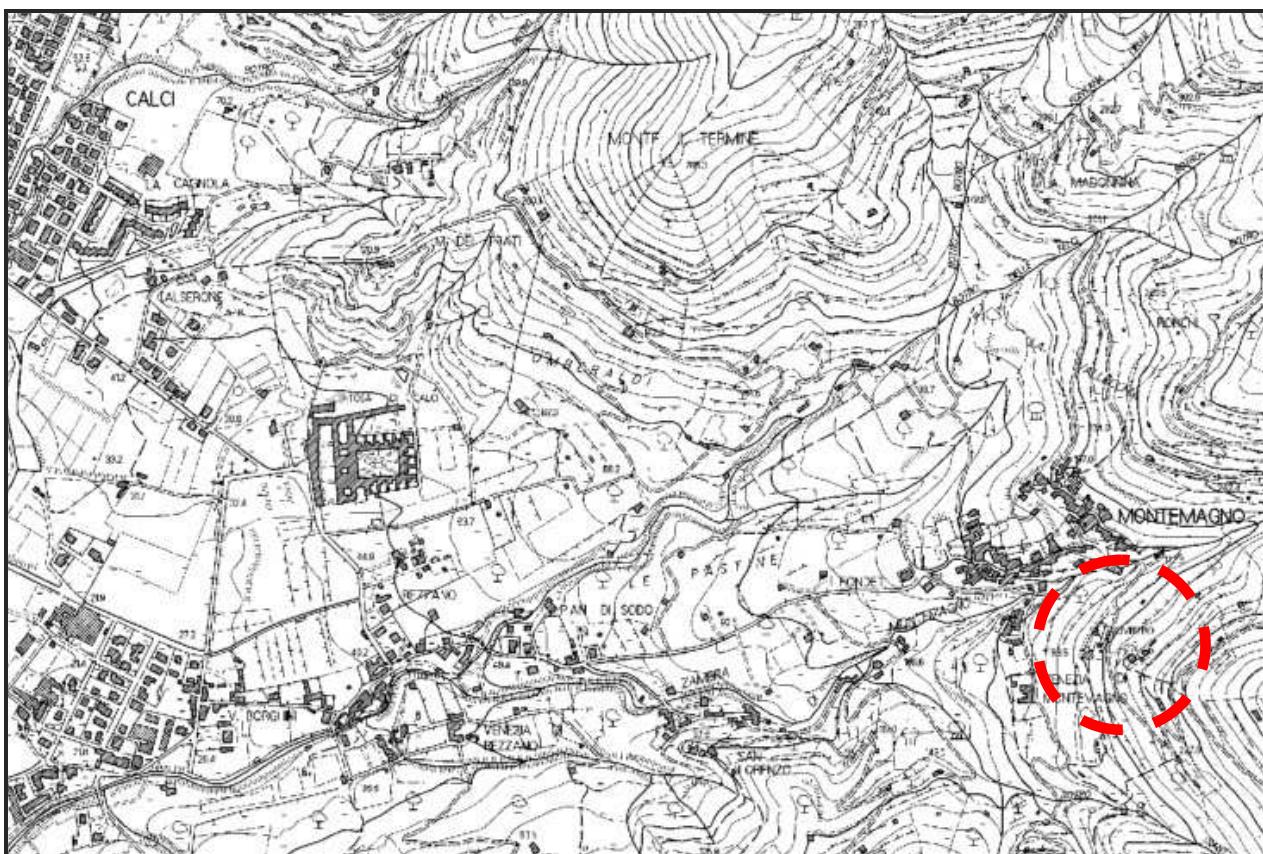


Figura 1 - Inquadramento dell'area in dissesto su C.T.R

Il contesto di riferimento è quello agricolo, con uso del suolo principalmente costituito da oliveti terrazzati, con pressione antropica non troppo accentuata e viabilità di tipo minore; il corpo idrico principale è rappresentato dal Torrente Zambra, che scorre alla base del versante con andamento Nord Est – Sud Ovest, e che riceve tutti gli scoli esistenti e provenienti dai campi soprastanti. Questi scoli, costituiti sia da veri e propri canali in terra a cielo aperto, da canali in muratura o dai cosiddetti vallini, ovvero strade che svolgono anche la funzione di collettamento delle acque meteoriche, risultano in scarso stato di manutenzione, con presenza di abbondante vegetazione arbustiva che occlude la sezione di deflusso, rallentando il convogliamento delle acque.



Figura 2 – Vista aerea dell'area in dissesto

2. Vincoli che caratterizzano l'area

Di seguito si riportano un inquadramento complessivo sulla vincolistica o sulle classificazioni che caratterizzano l'area.

La zona di intervento non è interessata da Aree naturali protette, parchi o riserve regionali, parchi provinciali, aree naturali protette di interesse locale (ANPIL), Siti Natura 2000, Zone speciali di Conservazione (ZSC – ex SIC), zone di protezione speciale (ZPS), siti di interesse regionale (SIR), ed altre zone di tutela, così come riportate e cartografate sul portale Geoscopio della Regione Toscana.

Il tratto di intervento non ricade in area boscata ma è caratterizzato da vincolo idrogeologico (RD 3267/1923), con competenza comunale.

Comune di Calci (PI)

Opere di consolidamento e regimazione delle acque superficiali in area soggetta a dissesto gravitativo in località San Martino di Montemagno in Comune di Calci (PI) – Intervento DODS2017PI0036 – LOTTO 1

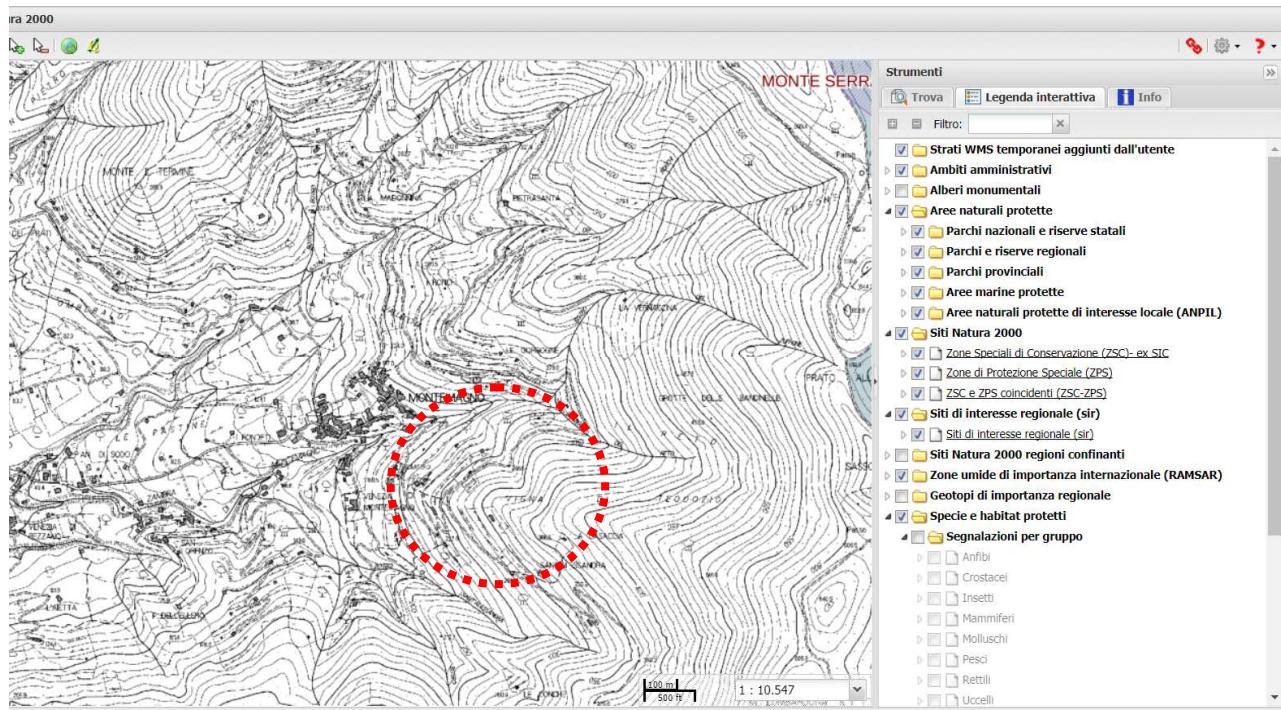


Figura 3 – Inquadramento dell'area di intervento rispetto ad aree protette

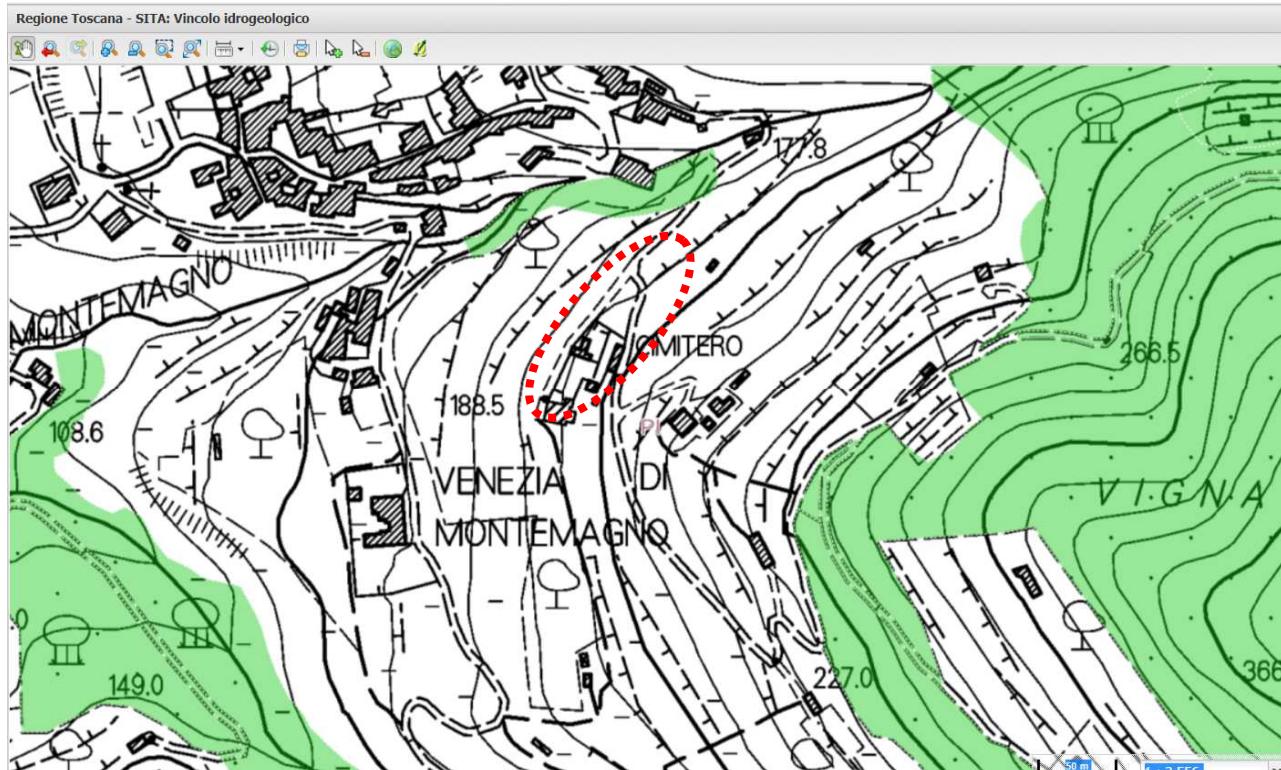


Figura 4 – Inquadramento dell'area di intervento rispetto alle aree boscate

Opere di consolidamento e regimazione delle acque superficiali in area soggetta a dissesto gravitativo in località San Martino di Montemagno in Comune di Calci (PI) – Intervento DODS2017PI0036 – LOTTO 1

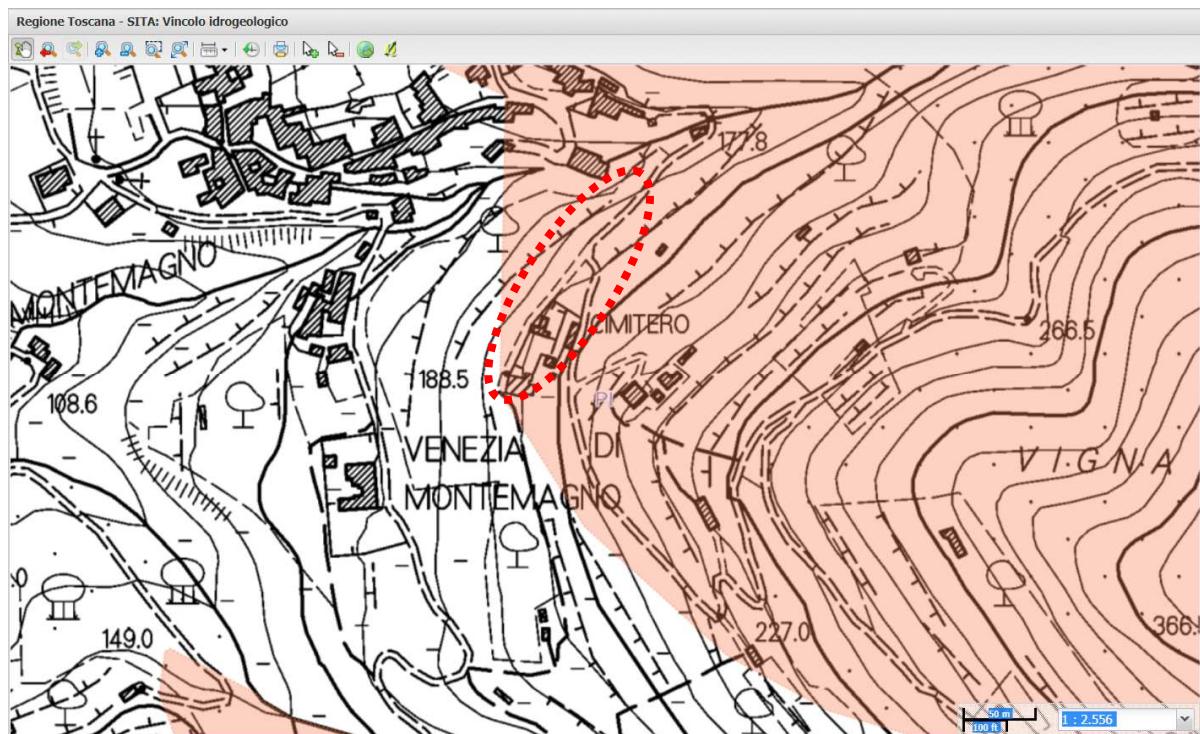


Figura 5 – Inquadramento dell'area di intervento rispetto al vincolo idrogeologico (RD 3267/1923)

Gli interventi non ricadono in aree tutelate per legge ai sensi del D.Lgs 42/2004 articolo 142.

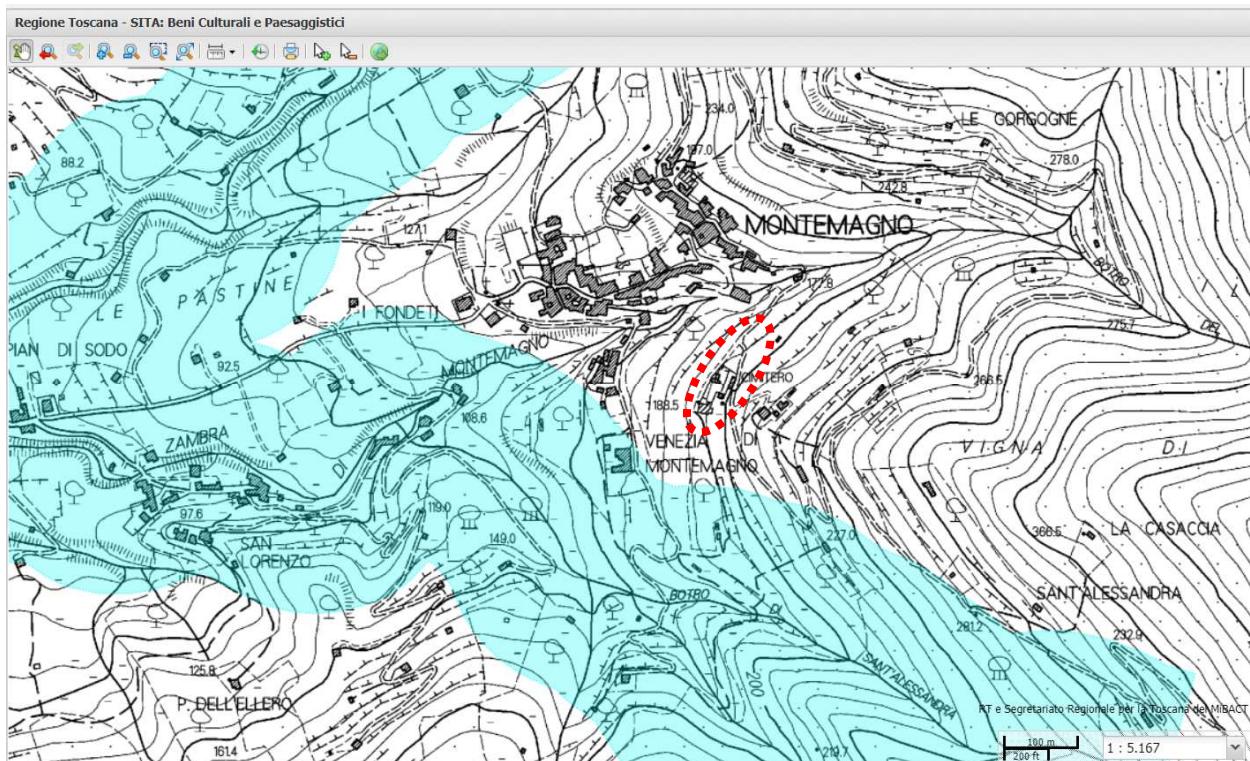


Figura 6 – Aree tutelate per legge (D.Lgs. 42/2004 articolo 142)

Opere di consolidamento e regimazione delle acque superficiali in area soggetta a dissesto gravitativo in località San Martino di Montemagno in Comune di Calci (PI) – Intervento DODS2017PI0036 – LOTTO 1

Così come tutta la zona limitrofa ai territori di Calci, Castelmaggiore e Montemagno, il tratto di intervento ricade in area di notevole interesse pubblico (articolo 136 D.Lgs. 42/2004); tuttavia gli interventi previsti, come meglio descritti nel relativo paragrafo, sono esclusi dalla richiesta di autorizzazione paesaggistica ai sensi del D.P.R. 31/2017, in quanto inseriti all'interno dell'allegato A – Interventi non soggetti ad autorizzazione paesaggistica.

Infatti, relativamente alla posa delle tubazioni fognate interrate (lotto 1), ed alle paratie di consolidamento su micropali interrati (lotto 1 e 2), queste tipologie di opere ricadono nella casistica A.15 *“la realizzazione e manutenzione di interventi nel sottosuolo che non comportino la modifica permanente della morfologia del terreno e che non incidano sugli assetti vegetazionali, quali: volumi completamente interrati senza opere in soprasuolo, condotte forzate e reti irrigue, pozzi ed opere di presa e prelievo da falda senza manufatti emergenti in soprasuolo; impianti geotermici al servizio di singoli edifici; serbatoi, cisterne e manufatti consimili nel sottosuolo; tratti di canalizzazioni, tubazioni o cavi interrati per le reti di distribuzione locale di servizi di pubblico interesse o di fognatura senza realizzazione di nuovi manufatti emergenti in soprasuolo o dal piano di campagna; l'allaccio alle infrastrutture a rete.”*

Relativamente al ripristino del piccolo tratto di muro spanciato ed alla sostituzione del tratto di muro di sostegno danneggiato sopra strada (lotto 2) questi sono invece inquadrabili al punto A.13 *“Interventi di manutenzione, sostituzione o adeguamento di cancelli, recinzioni, muri di cinta o di contenimento del terreno, inserimento di elementi antintrusione sui cancelli, le recinzioni e sui muri di cinta eseguiti nel rispetto delle caratteristiche morfotipologiche, dei materiali e delle finiture esistenti che non interessino i beni vincolati ai sensi del Codice, art. 136, comma 1, lettere a), b) e c)”*.

Infine, per il taglio della vegetazione arbustiva all'intero dei canali di scolo (lotto 1) esistenti, questo intervento ricade al punto A.25 *“Interventi di manutenzione degli alvei, delle sponde e degli argini dei corsi d'acqua, compresi gli interventi sulla vegetazione ripariale arborea e arbustiva, finalizzati a garantire il libero deflusso delle acque e che non comportino alterazioni permanenti della visione d'insieme della morfologia del corso d'acqua; interventi di manutenzione e ripristino funzionale dei sistemi di scolo e smaltimento delle acque e delle opere idrauliche in alveo”*.

Per le motivazioni sopra esposte, NON è richiesta l'Autorizzazione paesaggistica.

L'area non risulta classificata d'interesse archeologico.

Opere di consolidamento e regimazione delle acque superficiali in area soggetta a dissesto gravitativo in località San Martino di Montemagno in Comune di Calci (PI) – Intervento DODS2017PI0036 – LOTTO 1

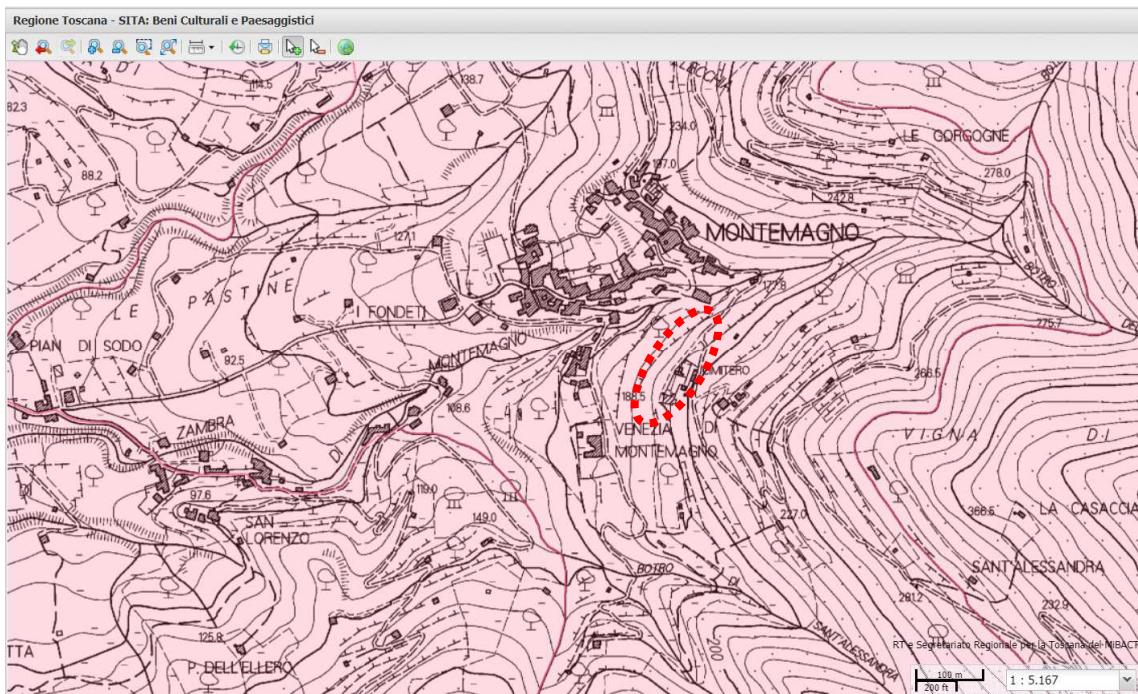


Figura 7 – Aree di notevole interesse pubblico (D.Lgs. 42/2004 articolo 136)

Il cimitero di Montemagno risulta classificato come Bene Architettonico tutelato ai sensi della parte II del D.Lgs. 42/2004 ma gli interventi non riguardano in alcun modo il cimitero, le strutture o connesse o le relative pertinenze.

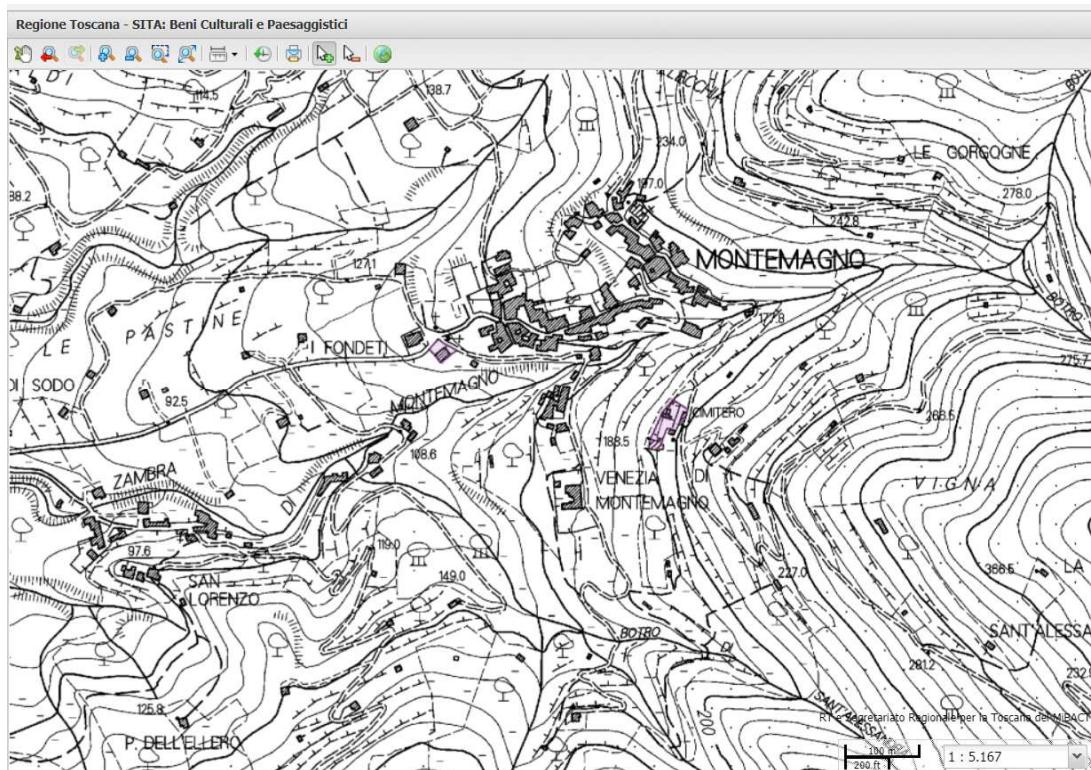


Figura 8 – Beni Architettonici tutelati ai sensi della parte II del D.Lgs. 42/2004

Opere di consolidamento e regimazione delle acque superficiali in area soggetta a dissesto gravitativo in località San Martino di Montemagno in Comune di Calci (PI) – Intervento DODS2017PI0036 – LOTTO 1

L'area in dissesto è identificata nella cartografia del PAI dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno con l'identificativo 50003 – V021 e presenta una pericolosità di frana molto elevata P.F. 4 come riportato nello stralcio 354 in scala 1:10.000. L'area è altresì classificata a pericolosità geomorfologica elevata nel Piano Strutturale del Comune di Calci (PI).

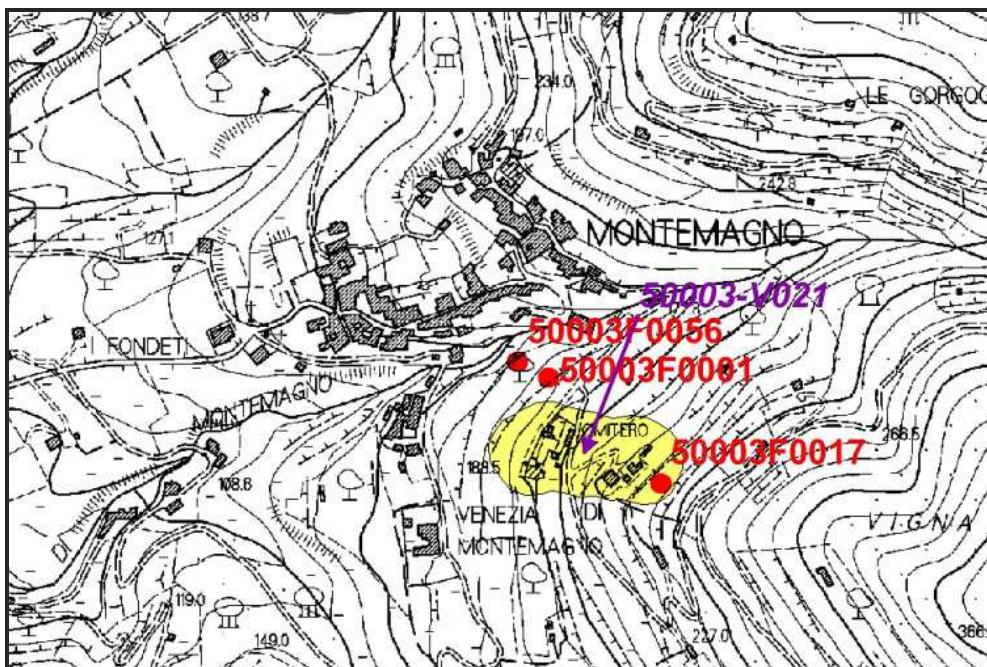


Figura 9 – Estratto stralcio n. 354 cartografia PAI pericolosità da frana

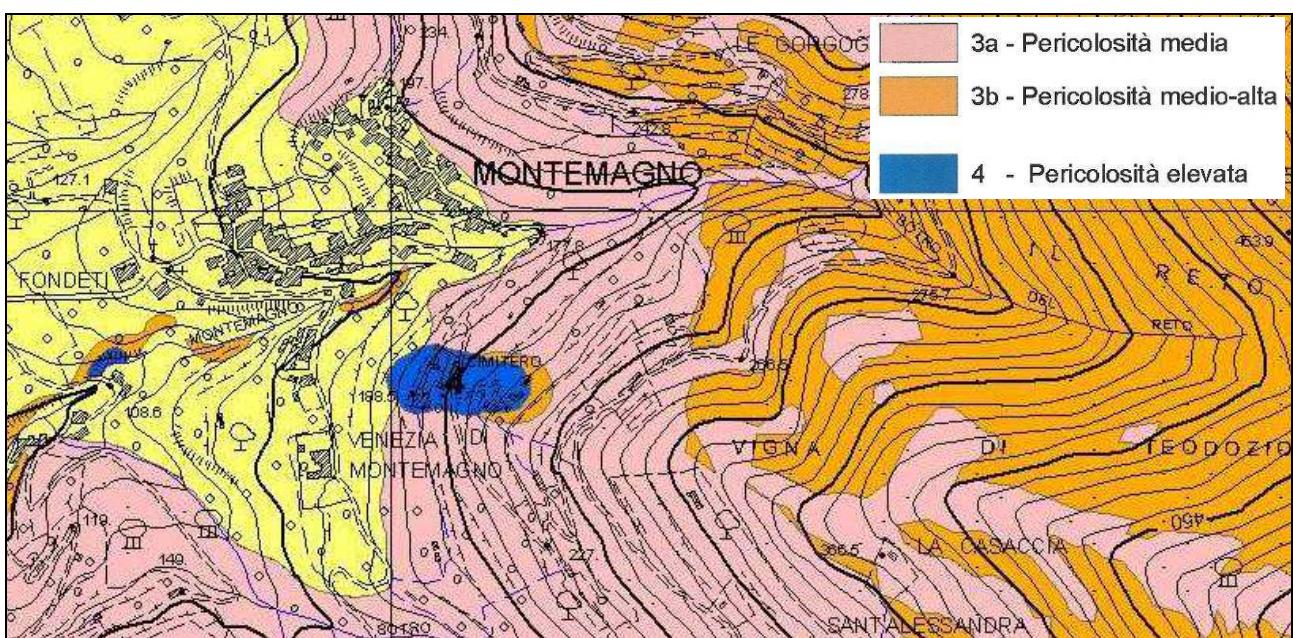


Figura 10 – Estratto carta pericolosità geomorfologica del Piano Strutturale del Comune di Calci

3. Descrizione dello stato attuale

La dinamica del dissesto è il risultato della combinazione di due tipologie di fenomeni concomitanti; il primo è legato alla natura ed alle caratteristiche dei terreni presenti; questi, in occasione di precipitazioni meteoriche intense, tendono a plasticizzarsi e liquefarsi, provocando lo spacciamento ed il crollo dei cigli e delle opere di contenimento presenti.

Il secondo fenomeno si sviluppa a zone sull'intero versante e si manifesta con deformazioni altimetriche cicliche, con una tendenza complessiva all'abbassamento; la dinamica risulta chiaramente connessa con l'infiltrazione dell'acqua meteorica, che a sua volta peggiora le caratteristiche meccaniche e geotecniche dei terreni ed aumenta le pressioni neutre e le spinte sui manufatti esistenti. A seguito della mobilizzazione del terreno a seguito degli smottamenti, che possono anche raggiungere svariati metri cubi, si manifesta una rapida azione di richiamo del terreno a tergo che tende ad instabilizzare ulteriormente il corpo frana. Nel complesso il dissesto non appare formato da un unico corpo di frana, ma da diversi corpi più piccoli coalescenti che si in stabilizzano reciprocamente con movimenti differenziali anche in direzioni non coincidenti.



Figura 11 – Versante a valle del cimitero oggetto dei movimenti gravitativi e dei dissesti



Figura 12 – Lesionamento delle strutture esistenti



Figura 13 – Linee di deflusso con scarsa efficienza da ripristinare

La viabilità che conduce al cimitero risulta spesso avvallata e lesionata, a seguito dell'azione del movimento gravitativo in atto, così come risultano spanciati e danneggiati i muretti di sostegno soprastrada ed i muti di cinta e pertinenziali del cimitero comunale.

Le vie di deflusso delle acque risultano spesso non efficienti, in quanto intasate dalla vegetazione arbustiva presente, così come i pozzetti e le tubazioni risultano spesso intasate dai sedimenti depositati, tanto da risultare occluse e scarsamente funzionali.

4. Interventi previsti

Gli interventi previsti possono essere suddivisi in due tipologie, che risultano entrambe indispensabili per il corretto consolidamento del versante. E' in primo luogo opportuno procedere con opere strutturali di sostegno, tramite la realizzazione di due strutture di tipo "berlinesi" su micropali (di cui una nel lotto 1 e l'altra nel lotto 2) ed un muro a retta in calcestruzzo armato e fondata su micropali e rivestita con muratura facciavista di pietrame ad opus incertum (lotto 1).

Vista la difficile cantierizzazione dell'area, con presenza di strettoie e viabilità con carreggiata ridotta, si utilizzeranno micropali di piccolo diametro, in modo da procedere a rotopercolazione con sonde di piccolo diametro con interasse ridotto. Il campo base e la zona di carico e scarico saranno ubicati in corrispondenza del parcheggio pubblico posto al di fuori della strettoia ed il materiale approvvigionato in modo progressivo tramite trattore dotato di carrellone ad un'asse.

Da un punto di vista strutturale si prevedono i seguenti interventi:

- Paratia di micropali in corrispondenza del cimitero, 2 ordini di micropali 88.80 mm, spessore 10 m, infissi 15 metri, sviluppo complessivo 70 metri lineari (lotto 2);
- Operazioni di scuci e cuci a carico della muratura esistente spanciata poco prima del cimitero, sviluppo complessivo 10 metri lineari (lotto 2);
- Realizzazione di muro di sostegno in c.a. fondata su micropali, con altezza libera 2.0 m, spessore in testa 40 cm, ciabatta di fondazione a monte ed a valle di 50 cm ed altezza 50 cm; in fondazione sono presenti 2 ordini di micropali, diametro 88.80 mm sp. 10 cm, infissi nel terreno per 12 metri. Il muro sarà mascherato mediante la realizzazione di un facciavista in muratura con pietra di tipo locale. Sviluppo complessivo del muro 10 ml (lotto 1);
- Paratia di micropali in corrispondenza del dissesto a carico della sede stradale, da realizzare a valle della stessa; 2 ordini di micropali 88.80 mm, spessore 10 m, infissi 12 metri, sviluppo complessivo 20 metri lineari (lotto 1);

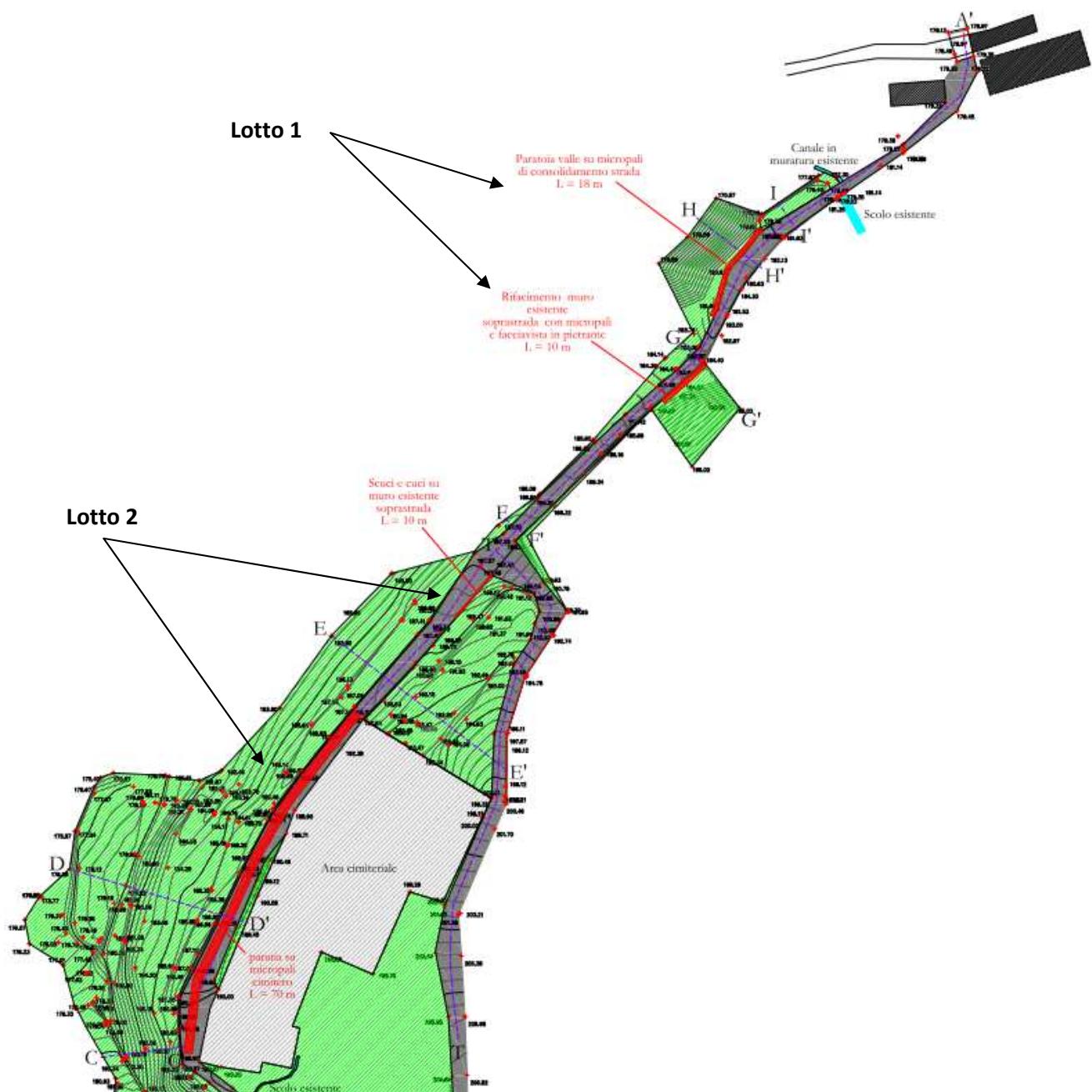


Figura 14 – Ubicazione delle opere strutturali di consolidamento

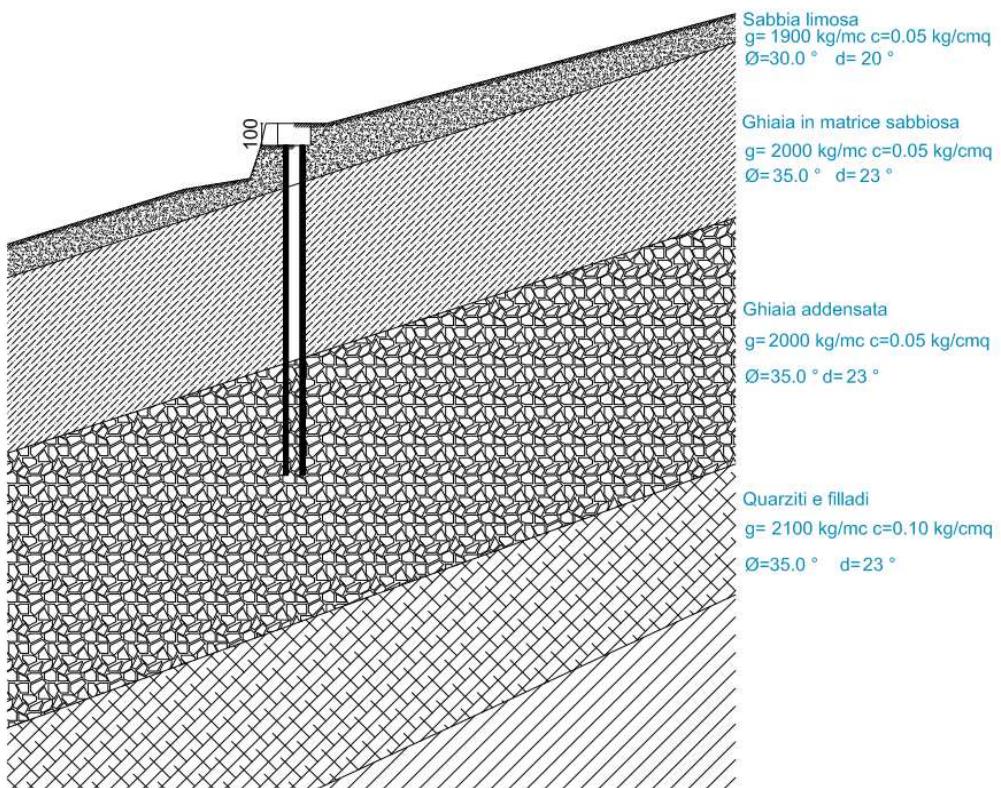


Figura 15 – Schema tipologico di intervento con berlinese su micropali

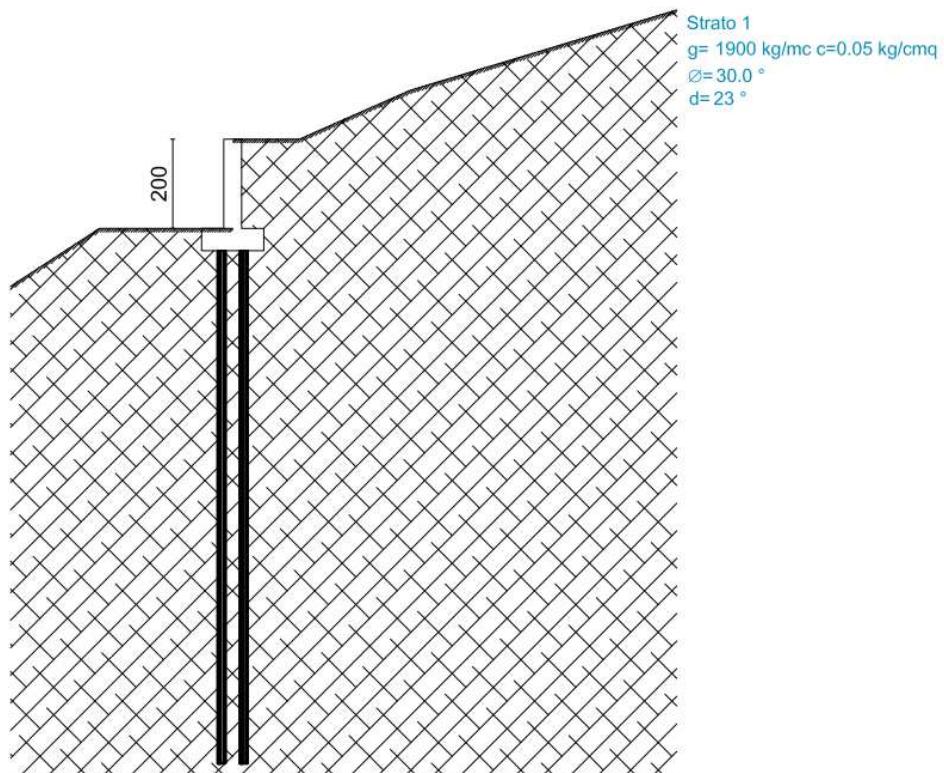


Figura 16 – Schema tipologico di intervento con muro su micropali

La seconda tipologia di intervento è rappresentata invece da opere di drenaggio (da attuare esclusivamente nel lotto 1) che consentano di migliorare l'efficienza della rete di scolo delle acque superficiali, che risulta attualmente inefficiente, con presenza di ristagni e deflussi sul versante non regimati; l'afflusso di acqua sul versante è infatti concausa del dissesto, deteriorando le caratteristiche geotecniche dei terreni ed aumentando le spinte sui manufatti. Si procederà pertanto con la posa di tubazioni lungo la strada del cimitero e sulla viabilità soprastante, che convoglieranno le acque in modo protetto al sottostante Torrente Zambra, previo scarico nel canale in muratura esistente sottostrada. Le tubazioni saranno alimentate tramite la posa di un sistema di pozzi con griglia e canalette taglia acque, che intercetteranno le acque di pioggia, convogliandole tramite fognoli in pvc alla fognatura principale.

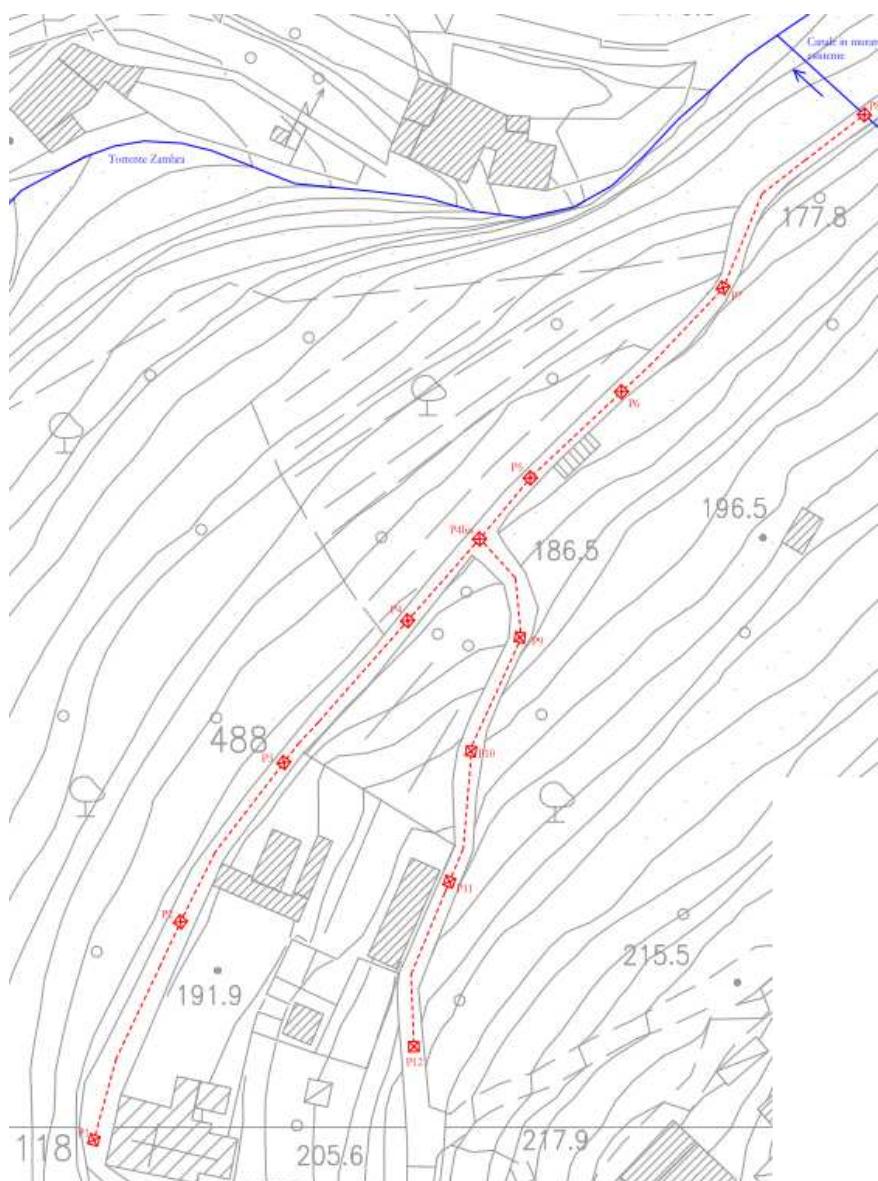


Figura 17 – Schema della rete di drenaggio delle acque meteoriche (lotto 1)

Nei tratti a debole pendenza si utilizzeranno tubazioni in Pead lisce internamente, mentre nei tratti a forte pendenza si utilizzeranno tubazioni in Pead con corrugamenti interni, le cui macroscabrezze consentano il rallentamento della velocità e la dissipazione dell'energia. Per smorzare ulteriormente l'energia dell'acque nei tratti a maggior pendenza, si procederà con la posa di pozetti di salto, in modo da limitare il ricorso a scavi e la posa delle tubazioni a grandi profondità.

Si procederà inoltre con interventi di manutenzione ordinaria e manuale a carico della vegetazione infestante presente nei canali di scolo esistenti nell'area in frana, al fine di ripristinare l'officiosità idraulica delle sezioni esistenti.

Per un maggior dettaglio degli interventi si rimanda al computo metrico ed alle tavole grafiche indicate nel progetto esecutivo.

5. Dimensionamento idraulico delle opere di regimazione delle acque meteoriche

Per la determinazione delle portate di riferimento per la determinazione delle caratteristiche geometriche dei collettori delle reti meteoriche da realizzare è stato determinato, in modo cautelativo, il bacino imbrifero di riferimento, tracciato su cartografia in scala 1:2.000, che è risultato avere un'estensione di 10 ha.

Trattandosi di collettori per la raccolta ed il convogliamento verso il reticolo superficiale delle acque meteoriche, per il dimensionamento delle sezioni delle tubazioni occorre calcolare il valore della portata critica in corrispondenza della tubazione ed in funzione delle precipitazioni e delle caratteristiche delle aree scolanti; esistono in letteratura diversi metodi, tutti considerabili come differenti formulazioni della cosiddetta formula razionale, che in termini generali è espressa come:

$$Q_c = f(S, \phi, \varepsilon, i(\theta_c, T))$$

dove:

Q_c portata critica in l/s;

S area del bacino scolante considerato [ha];

T tempo di ritorno [anni];

ϕ coefficiente di afflusso (≤ 1);

ε coefficiente di laminazione (≤ 1);

i intensità media di precipitazione;

θ_c durata critica [ore].

Dalle curve di possibilità pluviometrica regionalizzate e reperibili sul sito della Regione Toscana è possibile calcolare l'altezza di precipitazione che si verifica su un determinato bacino, per una certa durata di pioggia e con un certo tempo di ritorno, ovvero la quantità di pioggia in ingresso nel bacino. Parte di questa pioggia si perde per effetto di una serie di fenomeni idrologici prima di arrivare alla rete di drenaggio; per il dimensionamento di quest'ultima sarà pertanto rilevante solo la restante parte della pioggia, cioè la cosiddetta pioggia netta o efficace, che può essere valutata con diverse metodologie. Una valutazione di massima può esser fatta attraverso il coefficiente di afflusso ϕ che rappresenta il rapporto fra il volume di pioggia netta ed il volume di pioggia totale. Un approccio recente consiste nel valutare il coefficiente d'afflusso in funzione del tempo di ritorno di progetto e separatamente per le aree impermeabili e per quelle permeabili, in modo che venga rispettata la condizione:

$$\phi = \phi_{IMP} IMP + \phi_{PERM} (1 - IMP)$$

dove IMP è il cosiddetto coefficiente di impermeabilità dell'area scolante, rapporto tra area impermeabile ed area totale del bacino, che è funzione della copertura superficiale del suolo.

Tipologia urbana	Coefficiente di impermeabilità IMP
• Commerciale	
centro	0,70÷0,05
periferia	0,50÷0,70
• Residenziale	
unità monofamiliari	0,30÷0,50
unità plurifamiliari isolate	0,40÷0,60
unità plurifamiliari contigue	0,60÷0,75
edifici per appartamenti	0,50÷0,70
extra urbana	0,25÷0,40
• Industriale	
industria pesante	0,50÷0,80
industria leggera	0,60÷0,90
• Parchi, cimiteri	0,00÷0,35
• Parchi giochi	0,20÷0,35
• Aree ferroviarie	0,20÷0,35
• Non urbanizzate	0,00÷0,30

Tabella 1 – Valori del coefficiente di impermeabilità (da Becciu, Paoletti, Mantica)

Tempo di ritorno [anni]	φ_{imp}	φ_{perm}
≤ 2	0,60÷0,75	0,00÷0,15
2÷10	0,65÷0,80	0,10÷0,25
> 10	0,70÷0,90	0,15÷0,30

Tabella 2 – Valori dei coefficienti di afflusso per le aree impermeabili e permeabili

Quando la formula razionale viene utilizzato con il metodo della corrivazione, l'effetto di laminazione delle tubazioni non viene considerato e quindi il coefficiente di laminazione è posto pari ad 1; la durata critica θ_c risulta pari al tempo di corrivazione del bacino T_c somma del tempo di corrivazione sul bacino prima del raggiungimento della rete di drenaggio (tempo di ingresso in rete) T_e e del tempo di corrivazione della rete in condizioni di massimo riempimento T_r .

Il tempo di ingresso in rete T_e viene anche indicato come tempo di accesso T_a per cui T_a e T_e risultano equivalenti. Dunque la portata è esprimibile come:

$$Q_c = S \cdot u = S \cdot 2.78 \cdot \varphi \cdot a \cdot \theta_c^{n-1}$$

con:

S area del bacino scolante considerato [ha];

u coefficiente udometrico (l/s/ha);

2.78 fattore di conversione fra 1 mm/ha/h = 2.78 l/s

φ coefficiente di afflusso (≤ 1);

a e n parametri della curva di possibilità pluviometrica;

θ_c durata critica [ore];

e con:

$$\theta_c = T_c = T_e + T_r$$

Per la scelta di T_e si può far riferimento, in mancanza di dati diretti, ai valori riportati nella tabella sottostante.

Tipi di bacini	T_e [minuti]
Centri urbani intensivi con tetti collegati direttamente alle canalizzazioni e con frequenti caditoie stradali	5-7
Centri urbani semi intensivi con pendenze modeste e caditoie stradali meno frequenti	7-10
Aree urbane di tipo estensivo con piccole pendenze e caditoie poco frequenti	10-15

Tabella 3 – Tempo di ingresso in rete (da Becciu e Paoletti)

Per il calcolo del tempo di corriavazione della rete in condizioni di massimo riempimento T_r si fa riferimento all'espressione

$$T_{ri} = \sum \frac{L_i}{v_{ui}}$$

tempo di rete e viene stimato come somma dei tempi di percorrenza di ogni singola canalizzazione seguendo il percorso più lungo della rete fognaria facendo riferimento alla velocità di moto uniforme.

Nella fattispecie in esame, a titolo cautelativo, si assume per il bacino considerato un valore del tempo di ingresso in rete pari a $T_e = 30$ minuti, un valore v di moto uniforme pari a 1.5 m/s, andando pertanto a calcolare i seguenti tempi di corriavazione e durate critiche:

Sottobacino	Area	L	Durata critica
Nuove tubazioni di drenaggio	10 ha	700 m	37.75 min

Tabella 4 – Caratteristiche dei vari sottobacini d'interesse idraulico

Utilizzando i parametri delle curve di possibilità pluviometrica riportate sul sito <http://www.sir.toscana.it/lspp-2012> per un ventaglio di tempi di ritorno significativi, ed utilizzando un valore del coefficiente di afflusso di 0.2, si ottengono i seguenti valori di portate di riferimento:

Sottobacino	Q ₁₀	Q ₃₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀
Nuove tubazioni di drenaggio	0.45 m ³ /s	0.57 m ³ /s	0.63 m ³ /s	0.70 m ³ /s	0.78 m ³ /s

Tabella 5 – Portate di riferimento per il dimensionamento idraulico delle tubazioni

Il dimensionamento idraulico del collettore principale è stato eseguito con un modello di moto uniforme per condotte a pelo libero; è possibile calcolare la massima capacità di deflusso di un collettore sotto l’ipotesi semplificativa di moto uniforme, nella formulazione di Gaukler-Strickler:

$$Q = A \cdot k \cdot R^{2/3} \cdot i_f^{1/2}$$

con:

- A, area della sezione bagnata espressa in m²;
- R, raggio idraulico espresso in m;
- i_f, pendenza del fondo;
- k coefficiente di scabrezza secondo Gaukler-Strickler, espresso in m^{1/3} s⁻¹.

Tubi in Pe, Pvc, Prfv	k = 120 m ^{1/3} s ⁻¹
Tubi nuovi in gres o ghisa rivestita	k = 100 m ^{1/3} s ⁻¹
Tubi in cemento ordinario con lievi incrostazioni	k = 80 m ^{1/3} s ⁻¹
Tubi in polietilene corrugati esternamente e lisci internamente	k = 80 m ^{1/3} s ⁻¹
Tubi in servizio corrente con incrostazioni e depositi	k = 60 m ^{1/3} s ⁻¹
Canali con ciottoli e ghiaia sul fondo	k = 40 m ^{1/3} s ⁻¹
Canaletta con interno in cls lisciato	k = 80 m ^{1/3} s ⁻¹
Canaletta in acciaio inox o in cls rivestita internamente in Pvc o vernice epossidica	k = 90 m ^{1/3} s ⁻¹

Tabella 6 - Valori indicativi del coefficiente di scabrezza k di Gaukler-Strickler

Per quanto riguarda il collettore principale (quello posizionato lungo la via del cimitero di Montemagno), come indicato nei profili di progetto, risulta una pendenza di posa minima del 1.0 %.

Con questa configurazione la tubazione con diametro 600 mm risulta in grado di far transitare la portata duecentennale, anche con idoneo franco di sicurezza.

Formula di Chezy con coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler

Dati di calcolo

D <input type="text" value="0.6"/> m	= Diametro interno del canale
w <input type="text" value="80"/> %	= Livello percentuale riempimento del canale
i <input type="text" value="0.01"/> m/m	= Pendenza del canale
k <input type="text" value="120"/>	= Coefficiente di scabrezza

Calcola**Reset**

$$Q = \frac{0.936274587006918}{m^3/s} = \text{Portata della condotta}$$

Tabella diametri interni tubazioni

$$v = k R^{2/3} i^{1/2}$$

Coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler:

120	Tubi Pe, PVC, PRFV
100	Tubi nuovi gres o ghisa rivestita
80	Tubi con lievi incrostazioni, cemento ord.
60	Tubi con incrostazioni e depositi
40	Canali con ciottoli e ghiaia sul fondo

Tabella 7 – Verifica idraulica collettore Ø 630 mm nel tratto a minor pendenza

Per quanto riguarda le tubazioni da realizzare nei tratti a forte pendenza, utilizzando le tradizionali tubazioni in PEAD, risulterebbero velocità estremamente elevate, dell'ordine di 15-16 m/s, che potrebbero innescare problemi di sovrappressioni localizzate, che potrebbero mettere a repentaglio l'intera rete.

Per questo motivo, potendo realizzare pochi salti intermedi nella tubazione, per non effettuare troppi scavi, e non esistendo altre vie di drenaggio superficiali alternative, si deve adottare un sistema costruttivo atto a minimizzare la velocità all'interno delle condotte.

Nei tratti a forte pendenza si utilizzeranno pertanto tubazioni in PEAD corrugate internamente con ondulature, che creano una scabrezza tale da smorzare sensibilmente la velocità rispetto ad una tradizionale condotta liscia internamente. Queste tubazioni sono appositamente impiegate per la posa su alte pendenze e sono state testate da studi del Politecnico di Torino a cura del Prof. Ing. Luigi Butera, ordinario di idraulica, alla cui pubblicazione si fa riferimento per i criteri di dimensionamento.

Da un punto di vista idraulico i corrugamenti costituiscono delle macroscabrezze, che producono un moto estremamente turbolento, in grado di smorzare l'energia e la velocità della corrente; rispetto ad una tubazione liscia, di pari diametro e posa alla stessa pendenza la portata convogliata risulta infatti estremamente ridotta, con il beneficio di contenere il campo delle velocità in un range più ristretto.

Lo studio del Prof. Butera ha testato diversi diametri di tubazioni su varie pendenze di posa, e grazie alla strumentazione del campo prova, i risultati sono stati sintetizzati in abachi funzionali al dimensionamento delle tubazioni più idonee. Per il diametro considerato si entra nell'abaco fissando la pendenza di posa,

andando poi a intercettare il grado di riempimento desiderato, cui corrisponde una certa portata smaltita ed una velocità di scorrimento.



Figura 18 – Tipologia di tubazione corrugata internamente da utilizzare nei tratti a forte pendenza

Le curve sono estrapolabili in via grafica al di fuori dell'area di plottaggio, avendo l'accortezza di non scegliere gradi di riempimento superiori all'80%, al di sopra del quale l'effetto delle macroscabrezze e della turbolenza si riduce considerevolmente.

Con riferimento ai profili di progetto le tubazioni corrugate internamente hanno una pendenza media di posa di circa 15%; dall'applicazione degli abachi commerciali di dimensionamento si evince come una tubazione Ø 630 mm esterna e Ø 600 mm interna sia in grado di convogliare la portata di 610 l/s con un grado di riempimento dell'80%, con una velocità massima di 6 m/s (una tubazione internamente liscia avrebbe prodotto con pari condizioni di posa una velocità di circa 16 m/s); questa portata corrisponde ad un evento con Tr 50 anni, e quindi risulta più che cautelativo il dimensionamento della condotta, che ha caratteristiche in tutto e per tutto di una fognatura di acque meteoriche.

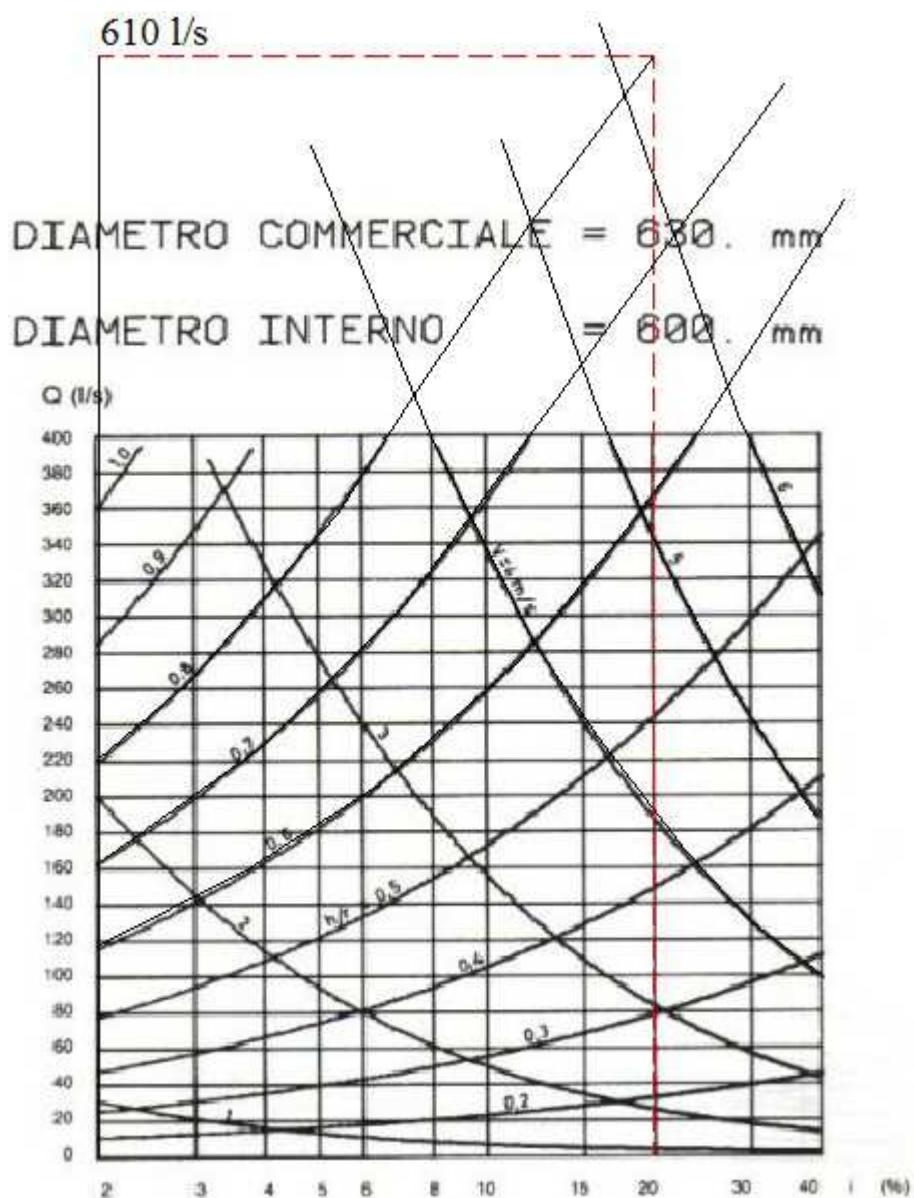


Figura 19 – Abaco per il dimensionamento di una tubazione corrugata \varnothing 630 mm esterna e \varnothing 600 mm interna