



**AREA CIMITERIALE DI  
SAN MARTINO A QUONA – AMBITO P5  
PIANO ATTUATIVO**



**RELAZIONE ILLUSTRATIVA  
AGGIORNAMENTO 06.02.2019**



*Studio tecnico  
Capparelli - Renai*

*Rufina, v.le Duca della Vittoria n.c. 2  
tel. 055/8397013 fax 055/8399283  
e-mail info@capparellirenai.it*

<b>STRUTTURE - GEOTECNICA - IDRAULICA</b>
<b>Daniele Ing. Lapi - Francesco Geom. Battista</b>
Via Pietro Nenni, 13 Sieci 50065 Pontassieve (FI)
Tel. Fax . 0558328513
LAPI : cell. 3296337711 - BATTISTA :cell. 3296337716
<a href="mailto:sgilinglapi@gmail.com">sgilinglapi@gmail.com</a>
<a href="mailto:laba.strutt@gmail.com">laba.strutt@gmail.com</a>

**Dott. Enrico Focardi  
Geologo**



Via F. Brunelleschi, n° 5 - 50065 Pontassieve (FI) - Cod. Fis. FCRNRC39L19G825Q - P. IVA 02114710482  
Telefono e fax 055/8316307 - Cell. 3666335848  
E-Mail [enfocgeo@libero.it](mailto:enfocgeo@libero.it) - P.E.C. [enrico.focardi@cpap.sicurezzaopstnle.it](mailto:enrico.focardi@cpap.sicurezzaopstnle.it)

**Pontassieve, 13 febbraio 2019**

**RELAZIONE URBANISTICA**

**RELAZIONE STRUTTURALE**

**RELAZIONE GEOLOGICA**

**allegati:**

**n° 15 tavole progettuali  
quaderno degli allegati geologici**

**RELAZIONE URBANISTICA**

La presente relazione è riferita all'ampliamento del cimitero sociale della confraternita di Misericordia di Pontassieve come previsto dal regolamento urbanistico del comune con Piano Attuativo in "ambito 5".

E' doveroso, nel valutare l'ampliamento, fare un attento e minuzioso esame del contesto attuale, delle forme, dei volumi esistenti, delle caratteristiche fisiche e morfologiche e dei confini su cui si deve operare, in considerazione di un risultato che vede il finito come un unico ambito con utilizzazione e proprietà omogenea.

## **ANALISI STORICA**

Il primo intervento del cimitero della Confraternita di Misericordia di Pontassieve risale all'anno 1935 ed è rappresentato, nella parte centrale dell'attuale perimetro, dalla cappella con i lunghi corpi laterali caratterizzati da un ampio colonnato di estrema semplicità che protegge i loculi.

Negli anni il piccolo cimitero è andato espandendosi verso valle fino al cancello d'ingresso prospiciente la strada comunale con la realizzazione di un viale centrale a cui, lateralmente, sono stati realizzati gruppi di loculi, una serie di cappelle private e due piccoli quadranti per inumazioni.

Si arriva così in questa prima analisi agli anni '60.

Successivamente nei primi anni settanta c'è stata la necessità di ampliare la zona cimiteriale in modo più sostanziale e programmatico con l'esigenza di spostare la zona d'intervento a sinistra ed al di sopra della cappella.

Senza sottovalutare che proprio negli anni settanta si delinea un nuovo modo di progettare in genere con una nuova concezione degli spazi dove il progetto non è più un atto casuale ma una pianificazione corretta e programmatica, con uno studio dell'insieme più approfondito così da avere risultati più razionali e piacevoli.

Questo nuovo modo di progettare è ben espresso nel gruppo di loculi vicino al nuovo ingresso, valorizzato da avanzamenti e arretramenti dei corpi, colonne in cemento armato esili concepite non solo come struttura ma soprattutto come elemento estetico di largo respiro, forme irregolari delle aiuole delimitano e denotano i percorsi.

Le linee curve prendono il sopravvento sui parallelepipedi ad esclusione delle zone di confine e questo, pur gratificando il lato estetico, penalizza in una minor resa di loculi di cui poi negli ultimi decenni se ne è sentita la necessità.

L'ampliamento degli anni settanta ha portato all'esigenza di creare un ingresso diverso ed è stato così realizzato l'attuale cancello circolare, che scorre su di un binario, e si nasconde dietro il muro di cinta senza che intralci il passaggio, di conseguenza alla necessità dell'accesso più grande incominciava a farsi urgente lo spazio per il parcheggio per cui antistante al cancello fu lasciata una superficie di notevole dimensione adibita alla sosta delle automobili.

Ritornando all'interno del cimitero troviamo all'ingresso il campo di inumazioni che nella sua forma ripete, quasi ad assumere l'aspetto di un incastro, i profili dei fabbricati adiacenti.

I corpi di fabbrica del cimitero attuale sono stati realizzati rispettando sempre necessariamente la morfologia del terreno ed è così che si sono creati dislivelli tra loro poi superati con scale che nel tempo hanno denotato mancanza di praticità dell'uso degli spazi che oggi non è più accettabile.

L'analisi dell'esistente è senza dubbio un primo passo verso una presa di coscienza per una progettazione più consapevole.

Progettare in un contesto esistente caratterizzato dalla difformità di filosofie progettuali riferite a periodi e stili diversi, con una destinazione che è già di per sé particolare e non "banale", pone il progettista nel dilemma del riproporre o trasgredire il contesto attuale.

Ed è proprio l'analisi del contesto, memorizzandolo, facendone proprie le forme, i problemi, analizzando i servizi, i passaggi e gli ingressi, valutando gli aspetti positivi e negativi di tutto l'insieme che poi si arriva ad una visione globale e precisa del lavoro da affrontare che prima più grossolano e poi sempre più minuzioso e attento porta ad un progetto definito e definitivo.

Una soluzione che non sia voluta e prefissata in partenza ma scaturita da nozioni e soprattutto da sensazioni metabolizzate con la visione del risultato finale nel complesso, un modo unico di pensare, vedere e inevitabilmente sentire.

Non più la risultante forzata del caso o del periodo in cui si opera ma un insieme programmatico che negli anni individui il tutto, magari suddiviso in diversi step.

L'approfondimento di queste considerazioni e valutazioni oltre alla destinazione dei corpi di fabbrica è fattore essenziale dell'approccio progettuale.

## **ANALISI TERRITORIALE**

Altro elemento determinante è la morfologia del terreno che, non pianeggiante e con pendenza di notevole entità in alcune zone, è stata sempre assecondata evidenziando la posizione di dominio sul territorio circostante e che il presente piano attuativo continua a rispettare.

Dislivelli non modificati ma anzi quasi evidenziati assecondando la conformazione ed il perimetro del terreno con maggiori intensità volumetriche rispetto ad altre.

## **NECESSITA' DI BONIFICA**

L'area oggetto di ampliamento o meglio la porzione ad est dell'area cimiteriale risulta, nella relazione geologica del Comune di Pontassieve, del grado di fattibilità IV all'intervento.

Nell'ipotesi progettuale del 2008 si prevedeva la realizzazione di un più ampio intervento che comprendeva anche l'esecuzione di gallerie a quota inferiore dell'attuale piano di calpestio per la quale era stata prevista la realizzazione di palificazioni atte al sostegno del versante.

Invece, l'intervento qui proposto, risulta d'impatto molto più modesto, infatti è stata eliminata la realizzazione delle gallerie, delle opere in sotterraneo quali il locale rimessaggio e, in pratica, si risolve nella sola esecuzione della sistemazione della livellatura del piano di campagna e della realizzazione di strutture tutte fuori terra.

Inoltre sono stati eseguiti ulteriori accertamenti, riportati nella terza parte della presente relazione, i quali hanno risultato dati abbastanza tranquillizzanti tali da evitare tutte le opere di sostegno e limitare l'intervento propedeutico alle sole opere di regimazione.

Per quanto sopra si richiede anche di limitare le osservazioni degli strumenti di misura a una sola stagione invernale, in deroga a quanto prescritto nella scheda d'intervento e poter procedere alla realizzazione dell'intervento dell'ambito P5 proprio in funzione della ridotta previsione delle opere da realizzare nonché dei citati risultati delle strumentazioni di misurazione.

Comunque alla presente è allegato anche il progetto di bonifica a cui si dovrà attendere prima dei lavori di ampliamento.

## **DESCRIZIONE PIANO ATTUATIVO**

Prima di procedere alla descrizione del piano attuativo nello specifico è importante tenere conto, sia in termini numerici che in termini sociali, della realtà della Confraternita di Misericordia.

Presente nel nostro territorio da oltre ottanta anni la Misericordia conta tra soci effettivi ed associati più di 25.000 iscritti per cui il flusso delle salme che approdano a questo cimitero proviene anche da luoghi lontani, comunque perlopiù circoscritti nel territorio della nostra comunità montana ed in quella della Montagna Fiorentina.

L'ambito attuativo P5, così come approvato e come indicato nella tavola n° 12, prevede una zona di ampliamento pari a mq. 13.790,00, di cui il presente piano attuativo va ad occupare una superficie pari a mq. 6.239,50 circa per lo sviluppo vero e proprio del cimitero; per la rimanente porzione, posta più a monte del lotto, si prevede il mantenimento di zona agricola, anche perché di altre proprietà, e per la quale si richiederà lo stralcio.

L'insediamento delle strutture cimiteriali vedono uno sviluppo programmatico ben preciso nel tempo che è stato determinato nei calcoli di cui al vigente Piano Regolatore Cimiteriale del comune di Pontassieve a cui la programmazione del presente piano si è adeguata come meglio illustrato di seguito.

Attualmente il cimitero è da considerarsi saturo con disponibilità di loculi ed inumazioni quasi inesistenti, la realizzazione dell'intero piano attuativo nella sua consistenza comporta un ampliamento di 186 inumazioni, 225 loculi e 126 ossarietti.

Prima di procedere alla descrizione particolareggiata del piano attuativo in questione è doveroso spendere alcune parole su l'essenza progettuale o meglio forse su quello che ha voluto dire in questo caso l'approccio ad un progetto cimiteriale di ampliamento.



Una qualsiasi lottizzazione generalmente presuppone destinazioni varie che interagiscono con un esistente già dinamico e caratterizzato mentre nel nostro caso specifico la progettazione, pur tenendo conto dell'esistente, una volta definita non si modificherà o meglio non subirà quelle mutazioni che in altri contesti è importante avere ben chiari mentre si procede nella stesura degli elaborati.

Non è solo la destinazione dei corpi di fabbrica a caratterizzare il progetto in sé, ma anche la consapevolezza che gli spazi saranno fruiti in maniera diversa da una piazza o da un cortile.

Comunque sempre aree di aggregazione e di incontri, diversi e più malinconici, forse, ma gli spazi sono stati pensati per invogliare a sostare e dialogare.

Visualizzando l'intero comparto cimiteriale tra l'edificato e l'area di espansione appare immediatamente chiaro che l'intervento progettato non vuole avere una identità specifica ma intende apparire quale naturale proseguimento delle porzioni più recentemente realizzate.

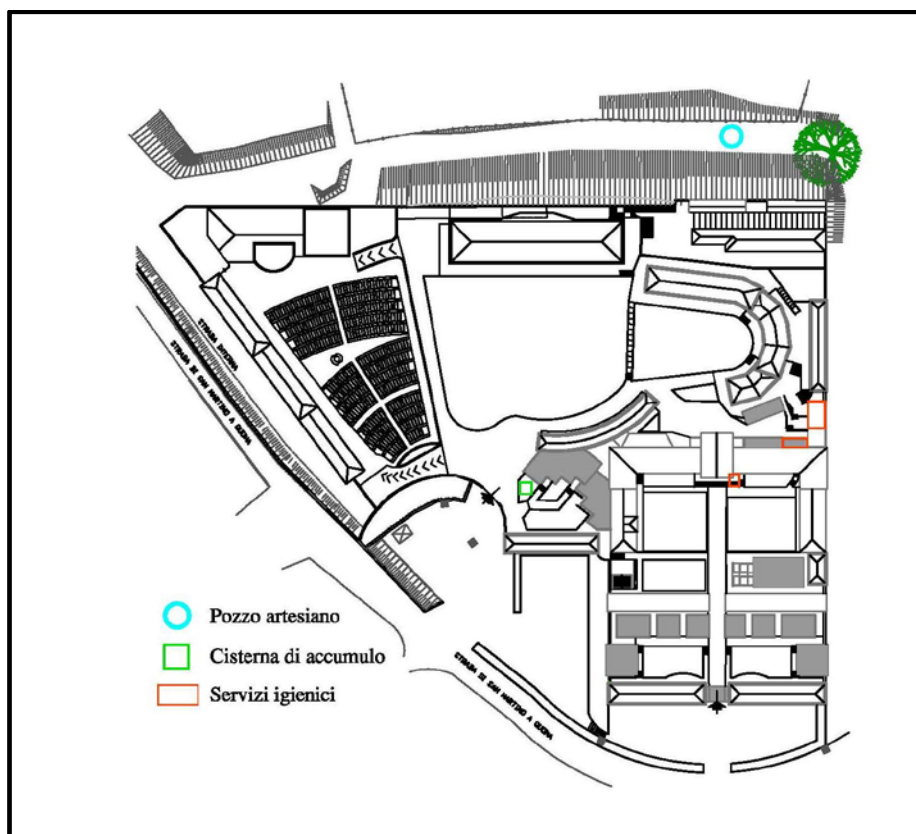
Al di là di alcune piccole nicchie della parte storica del cimitero l'intera struttura, con interventi finalizzati, è stata resa nel tempo totalmente fruibile da persone con ridotta capacità motoria per cui l'ampliamento progettato ha perseguito la continuità di questa particolarità, decisamente rara in strutture di quelle dimensioni, per cui la prima idea è stata quella di prevedere un nastro carrabile ad anello collegato ai percorsi carrabili esistenti onde permettere la raggiungibilità di ogni gruppo.

L'area di ampliamento, posta alla sinistra dell'ingresso attuale, si sviluppa in forma pressoché trapezoidale con una differenza di quota sensibile rispetto alla porzione già edificata e collegata ad essa tramite due raccordi carrabili che comportano una pendenza massima del 14,00%; nel progetto sono stati posti i nuovi gruppi di loculi a delimitazione del perimetro esterno dell'area ove è previsto l'ampliamento e il campo delle inumazioni, suddiviso in sei quadranti, interposto tra detti loculi e la porzione esistente.

Con la realizzazione del campo di inumazioni si cerca di soddisfare la necessità del cimitero che negli ultimi anni ha sempre più richieste di tombe in terra a differenza dei decenni precedenti. Purtroppo tale preferenza non può essere soddisfatta nella totalità a causa dei limiti imposti dal citato Piano Cimiteriale e, comunque, anche in considerazione della notevole quantità di spazio che procura la realizzazione di tale tipo di sepolture.

Come già detto lungo il perimetro esterno verranno a trovarsi i corpi di fabbrica contenenti i loculi che proteggono il campo di inumazione e, nella sommità dell'area, viene collocata una struttura di servizio della superficie di circa mq 300 che verrà destinata per ricovero attrezzature e mezzi o comunque per locali di servizio attinenti alla destinazione cimiteriale.

L'approvvigionamento idrico della porzione oggetto del piano sarà limitato ai soli scopi di irrigazione, in quanto non è prevista la realizzazione di altri servizi igienici, e verrà usufruito dell'impianto della struttura esistente costituito da un pozzo artesiano e da più vasche di accumulo.



Pur trattandosi di un ambito autonomo di fatto l'intervento è finalizzato all'ampliamento della struttura esistente per cui molte dotazioni fanno riferimento a quanto già presente e anche la progettazione è condizionata dal medesimo fatto.

Infatti dall'analisi dei grafici di progetto si evidenzia immediatamente il collegamento tra le due porzioni dove si utilizza la corsia carrabile esistente posta in aderenza all'area di ampliamento per formare l'anello carrabile con la porzione dell'ampliamento e che permette di formare un unico sistema carrabile a servizio dell'intera struttura.

Per ottenere quanto sopra e, nello stesso tempo, non comportare elevati movimenti di terreno allo scopo di mantenere il più possibile l'assetto attuale le due rampe di collegamento tra nuovo e vecchio comportano una pendenza di circa il 14% necessaria all'ottenimento di quanto espresso.

## **VALUTAZIONE EFFETTI AMBIENTALI**

Le norme tecniche di attuazione del Regolamento Urbanistico prevedono al punto F dell'art. 63 una valutazione degli effetti ambientali ma data la natura dell'intervento in oggetto, considerando che trattasi di mere opere di urbanizzazione oltretutto ubicate in zona marginale all'edificato, ritengo non necessaria una specifica e dettagliata valutazione così come indicato dalla L.R. 65/2014.

Infatti gli elementi di valutazione specificati nell'elaborato "G" del R.U. risultano di fatto estranei all'intervento, l'aumento del carico urbanistico risulta nullo quindi nessun aumento sostanziale di utilizzo idrico e di scarichi reflui e di inquinamento elettromagnetico, nessuna emissione atmosferica, salvo l'eventuale installazione di un forno crematorio.

L'inquinamento acustico è pressoché nullo e la raccolta di rifiuti cimiteriali è regolamentata da norme specifiche. Per quanto sopra è stato ritenuto superfluo procedere ad analisi più approfondite.

## **CONGRUENZA CON IL VIGENTE PIANO CIMITERIALE**

Il comune di Pontassieve è dotato di Piano Regolatore Cimiteriale approvato con Delibera C.C. n° 69 del 21.05.2001 e successiva variante di cui alla deliberazione n° 9 del 25.02.2014.

In detto piano, che avrà validità fino all'anno 2022, è previsto un incremento delle sepolture nel cimitero della Misericordia di ulteriori 220 loculi e 190 ossarietti oltre, recita la delibera, un numero proporzionale di inumazioni.

In questo specifico caso il rispetto dei limiti imposti dal citato piano cimiteriale **NON E' DOVUTO** in quanto il piano attuativo, che comunque per sua natura è solo la rappresentazione del progetto finale dell'intero ambito, avrà scadenza nell'anno 2029, ben oltre la validità del vigente piano cimiteriale.

**E' INVECE DOVUTO** il rispetto dei limiti numerici imposti dal piano cimiteriale per la realizzazione dei singoli stralci.

Comunque, pur ritenendo in questa sede non vincolante la limitazione prevista nel piano cimiteriale, è stata progettata una soluzione che sostanzialmente rispetta delle previsioni vigenti.

Infatti in luogo dei 220 loculi rimasti da realizzare, originariamente ne erano previsti 400, ne sono stati progettati 225 allo scopo di mantenere il modulo di 15 colonne di 5 file per complessivi 75 loculi per ogni modulo con uno sforamento di soli 5 loculi ininfluente nell'intero complesso mentre in luogo dei 190 ossarietti ne sono previsti solo 126.

Le inumazioni, per le quali non è prevista una limitazione numerica bensì una valutazione proporzionale, sono state progettate per un numero complessivo di 186 rispettando la proporzione di quelle che attualmente sono le richieste complessive dell'utenza che attualmente si rivolge per circa 1/3 alle inumazioni.

Applicando, quindi, la formula  $x = (400+x)/3$  otteniamo un risultato pari a 200 quale numero massimo di inumazioni previste dal piano cimiteriale.

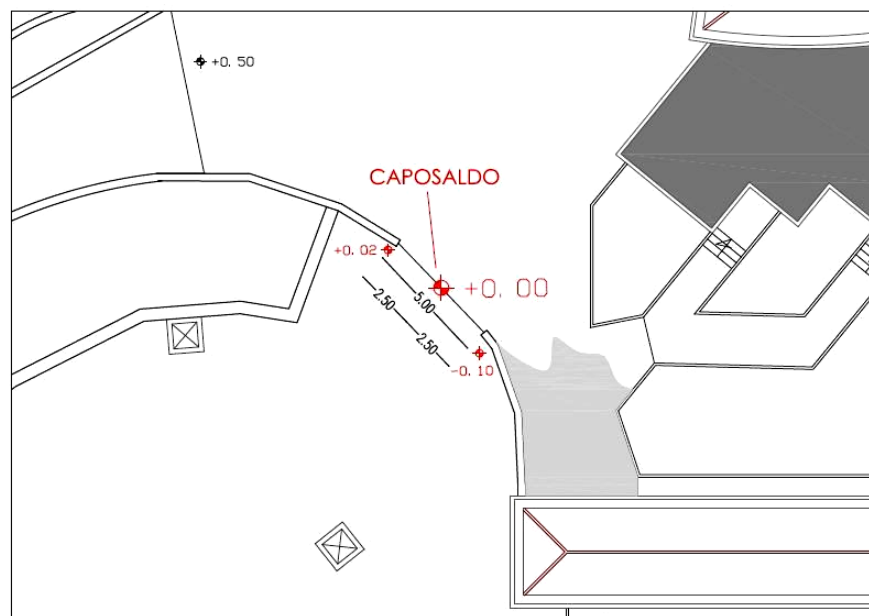
Comunque ripeto che allo stadio attuale la limitazione non è pertinente per le ragioni prima esposte.

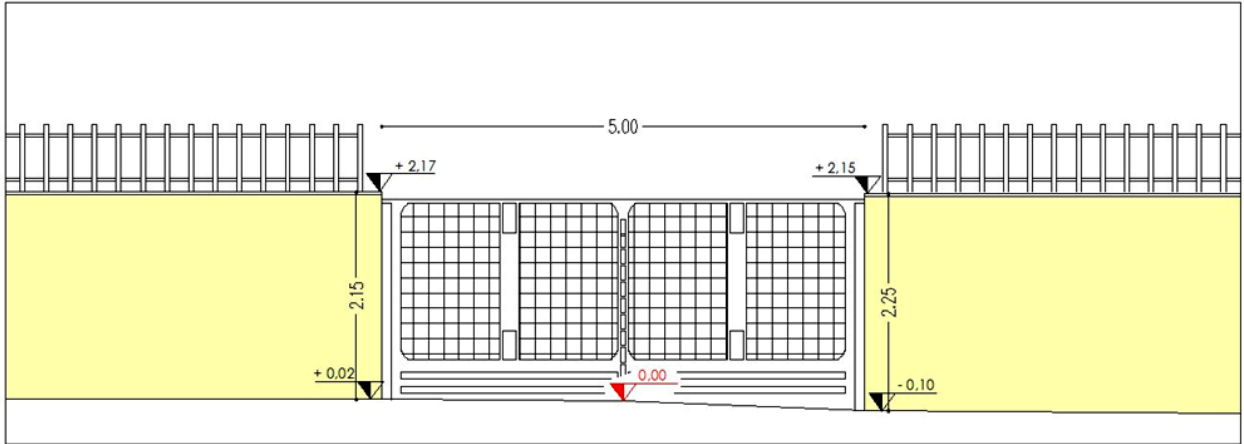
## **VERIFICA ABBATTIMENTO BARRIERE ARCHITETTONICHE**

Come è possibile visualizzare nella allegata Tavola 10 - Viabilità interna, il percorso che circonda il nuovo campo di inumazione e che da accesso all'intero complesso ora progettato sarà percorribile anche in auto così da permettere a persone con impedita capacità motorie o sensoriali di poter accedere alla nuova area nonostante la pendenza delle rampe.

## **INDIVIDUAZIONE DEL CAPOSTALDO**

Come è possibile visualizzare dai grafici posti in calce alla presente il caposaldo è stato individuato nel centro del cancello carrabile ed è ben individuato con i riferimenti delle strutture adiacenti.





## VERIFICA DELLA PERMEABILITA' DEL TERRENO

Di seguito si riporta il calcolo analitico per la determinazione della superficie permeabile e la verifica del D.P.G.R. 19/02/2007 n. 2/R.

### CALCOLO SUPERFICIE PERMEABILE D.P.G.R. 19/02/2007 n. 2/R

 PORZIONE ESISTENTE     SUPERFICIE NON PERMEABILE     SUPERFICIE PERMEABILE



SUPERFICIE TOTALE: 6239,50 mq

SUPERFICIE MINIMA PERMEABILE:  $6239,50 \times 0,25 = 1559,87$  mq

SUPERFICIE PERMEABILE: 4579 mq

**VERIFICA: 4579 mq > 1559,87 mq**

**RELAZIONE STRUTTURALE**



## GENERALITA'

Scopo del presente studio è la progettazione delle opere di bonifica del versante interessato dai lavori di ampliamento del cimitero della Misericordia di Pontassieve in località San Martino a Quona. Il progetto prevede l'espansione del cimitero mediante la realizzazione di un nuovo campo di inumazione ed alcuni blocchi loculi nella area ad ovest dell'attuale cimitero in fregio alla strada comunale.


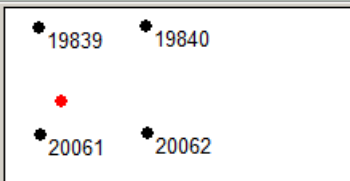
Questa proposta costituisce un sensibile ridimensionamento dell'originario piano di espansione del cimitero così come previsto in tutti gli studi precedenti risalenti fino al 2002 circa e riduce significativamente l'impatto sui luoghi attualmente inseriti in pericolosità geomorfologica G4.



Lat. 43.7820; Long. 11.4263 H s.l.m. = 186 mt

	$T_R$ [anni]	$a_g$ [m/s <sup>2</sup> ]	$F_0$ [-]	$T_C^*$ [s]
<b>SLO</b>	<b>30</b>	<b>0,504</b>	<b>2,525</b>	<b>0,255</b>
<b>SLD</b>	<b>50</b>	<b>0,611</b>	<b>2,547</b>	<b>0,272</b>
<b>SLV</b>	<b>475</b>	<b>1,425</b>	<b>2,434</b>	<b>0,303</b>
<b>SLC</b>	<b>975</b>	<b>1,825</b>	<b>2,399</b>	<b>0,312</b>

 <ul style="list-style-type: none"> <li>ID Punto 1 = 20061</li> <li>ID Punto 2 = 20062</li> <li>ID Punto 3 = 19840</li> <li>ID Punto 4 = 19839</li> </ul> <p><b>Dati sismici rilevati correttamente.</b></p>	
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------

quindi  $A_g/g = 1.425/9.81 = 0.145$  quindi Classe di rischio sismico , per zone3s : **"B"**

## DESCRIZIONE

Alla base della presente nota è la relazione geologica preliminare redatta dal Dott. Geol. Enrico Focardi, del 07/06/2018. Da essa si riporta :

"L'intervento P5 da realizzarsi in un'area posta a lato nord degli attuali confini del cimitero risulta inserita in fattibilità 4 ed è già stata oggetto di studio nel 2002 in occasione del supporto geologico per la variante allo S.U. redatto ai sensi dei punti 3.2 e 3.3 della D.C.R. 94/85. In tale occasione il supporto veniva inoltrato all'URTAT di Firenze da cui veniva licenziato con parere favorevole di cui al protocollo n° 2968/400/07/05 del 18/02/2003. Tale previsione era stata reiterata nel primo Regolamento Urbanistico oggetto di deposito a controllo obbligatorio presso il Genio Civile di Firenze (deposito n° 1995 del 25/07/2005 e licenziato con parere n° prot. 152185/124.047.005 del 22/12/2005. Successivamente sono stati eseguiti studi di supporto sia alla proposta di Piano Attuativo (2008, non adottato) e del Progetto di bonifica e consolidamento del versante (2008).

La presente proposta di Piano Attuativo si avvale sia degli approfondimenti riportati nella scheda di fattibilità P5 del vigente Regolamento Urbanistico che di ulteriori indagini geognostiche sviluppate nel 2017. "

L'area in esame è interessata da vari anni da fenomeni di dissesto, imputabili ad un lento movimento della coltre superficiale conseguente ad una eccessiva imbibizione dei materiali, causata dal divagare incontrollato dell'acqua di falda. L'interruzione di un piccolo impluvio che agiva da dreno per l'area oggetto di studio, ha provocato il diffondersi dell'acqua nelle aree adiacenti dando luogo al processo di ammolimento e mobilizzazione della copertura.

Dalle analisi svolte è stato verificato che l'oscillazione della falda può indurre fenomeni di instabilità del versante pertanto, con la presente si individuano anche gli interventi previsti per l'abbattimento ed il controllo della stessa.

### **INTERVENTI PREVISTI**

Si prevede per il versante la realizzazione delle seguenti opere di drenaggio:

- **N. 7 pozzi non strutturali drenanti** nel tratto di monte del nuovo campo di inumazione che raccoglieranno le acque fino ad una profondità di circa 5.0 mt dal piano campagna. I pozzi saranno in comunicazione tra loro e riverseranno le acque drenate in un avanpozzo posto a valle del campo di inumazione.
- **Trincee drenanti** che si svilupperanno al di sotto del nuovo campo di inumazione per consentire l'abbattimento della falda al di sotto della quota di inumazione.
- **Zanelle e fossette** per la regimazione delle acque meteoriche, anche nella porzione oggetto degli interventi del II stralcio.

I manufatti edili saranno dotati di fondazione a platea che raggiunge almeno il livello "A", nel caso di cedimenti verticali eccessivi si inserirà un fondazioni su pali, con il solo scopo di ridurre i cedimenti privi di effetto paratia.

## **NORMATIVA ITALIANA - LEGGI E DECRETI**

- DM 11 marzo 1988. "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione"
- Istruzioni relative alle "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione" - Circ.Dir.Centr.Tecn. N° 97/81
- Circolare ministeriale Ministero LL.PP. n°30483 del 24 settembre 1988
- Circolare ministeriale ministero LL.PP.n°218/24/3 del 9 gennaio 1996
- UNI ENV 1997-1:1997 "Progettazione Geotecnica – Parte 1"
- UNI-ENV 1998-2:1998 "Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture" - Parte 2 "Ponti".
- UNI-ENV 1998-5:1998 "Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture" - Parte 5 "Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnica".
- ENV 1993-5:1998 "Design of steel structures" – Parte 5 "Piling"
- Legge 1086 del 5/11/1971 "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica"
- D.M. 14 febbraio 1992 "Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche".
- DM 17/01/2018 "Norme tecniche per le costruzioni"

## GEOGNOSTICA

Nel corso degli anni, dal 2002 ad oggi, nell'area cimiteriale sono state eseguite varie indagini geognostiche:

- ✓ Sei sondaggi a carotaggio continuo con prelievo di campioni indisturbati ed esecuzione di prove in situ (S.P.T.)
- ✓ Installazione di tre tubi piezometrici e successivo monitoraggio
- ✓ Installazione di quattro tubi inclinometrici e successivo monitoraggio
- ✓ Analisi di laboratorio sui campioni indisturbati prelevati
- ✓ Elaborazione stratigrafica e caratterizzazione geotecnica dei dati acquisiti confrontati con i risultati di precedenti studi e campagne geognostiche eseguite nell'area in anni precedenti al 2002
- ✓ Esecuzione di verifiche di stabilità di un congruo tratto di versante

L'area cimiteriale è interessata da vari anni da fenomeni di dissesto che si manifestano con avvallamenti in alcune zone pavimentate, lesioni sulle strutture murarie, distacchi di cordolature, ecc. Secondo diversi studi geologici svolti sul posto (a partire da Geotecno, 1982) i dissesti sono imputabili ad un lento movimento della coltre superficiale, molto alterata, che scorre al contatto con il substrato più consistente che mediamente si ritrova fra i 3 ed i 4.5 – 5.0 m dal p.c..

Il movimento è conseguenza di una eccessiva imbibizione di acqua da parte dei terreni, tale circostanza è stata esaltata anche da dislocazioni del micro-reticolo superficiale, dovute a carenti manutenzioni dello stesso a monte dell'area interessata dall'intervento. Come riferito nella relazione geologica :

"Bisogna dire che i fenomeni descritti interessano principalmente l'area riguardante il vecchio nucleo del cimitero ed alcuni ampliamenti risalenti agli anni '70, mentre l'area in esame è ubicata sul lato occidentale dove non sembrano evidenti fenomeni di dissesto (come vedremo anche dall'esame dei risultati delle misure inclinometriche)."

Cioè nell'area di intervento tali fenomeni sono assai minori ed ad oggi il monitoraggio eseguito non ha rilevato movimenti di versante.

si può ricostruire il seguente schema stratigrafico:

- Suolo e/o riporti per uno spessore di circa 1.0-1.5 mt;
- Argille e limi argillosi, molto alterati di media consistenza, con spessore da 3 a 6 mt;
- Limi argillosi da consistenti a molto consistenti (Nspt=22) con spessore da 3 a 6 mt;
- Substrato costituito da argilliti e marne, di consistenza definibile "dura" (Nspt a rifiuto).

Per quanto riguarda i parametri geotecnici, ai fini della modellazione degli elementi strutturali, si è fatto riferimento, in accordo col geologo, alla seguente situazione:

<b>orizzonte campale:</b>	peso di volume angolo di attrito coesione Modulo Edometrico	$\gamma = 1.65 - 1.85 \text{ t/m}^3$ $\phi' = 18^\circ$ $c' = 0.2 \text{ kg/cm}^2$ $c = 0.7 \text{ kg/cm}^2$ $E = 50-60 \text{ kg/cm}^2$
<b>argille alterazione</b>	peso di volume angolo di attrito coesione Modulo Edometrico	$\gamma = 1.75 - 1.9 \text{ t/m}^3$ $\phi' = 19^\circ$ $c' = 0.18 \text{ kg/cm}^2$ $c = 1 \text{ kg/cm}^2$ $E = 60-80 \text{ kg/cm}^2$
<b>argilliti dure:</b>	peso di volume angolo di attrito coesione Modulo Edometrico	$\gamma = 1.8 - 1.95 \text{ t/m}^3$ $\phi' = 24^\circ$ $c' = 0.2 \text{ kg/cm}^2$ ; $c = 1.4 \text{ kg/cm}^2$ $E = 170-180 \text{ kg/cm}^2$

I nuovi fabbricati, sono pensati con una fondazione a platea in calcestruzzo armato che si attesta sull'orizzonte "A". Tale soluzione è ritenuta idonea in quando anche cedimenti qualche centimetro, pressochè uniformi sono accettabili per il tipo di struttura.

## **CONCLUSIONI**

Il monitoraggio in corso , non evidenzia per la zona relativa al primo stralcio di ampliamento del Cimitero della Misericordia di Pontassieve , segni di movimento.

Il progetto prevede opere di sistemazione del versante mediante la regimazione delle acque meteoriche e la stabilizzazione dei livelli della falda al di sotto dei manufatti in progetto e del campo di inumazione.

I manufatti, loculi e palazzina potranno essere fondati con una fondazione a platea o su pali per contrastare eventuali cedimenti eccessivi.

Tale scelta sarà effettuata in sede di progetto esecutivo.

**RELAZIONE GEOLOGICA**



## **PREMESSA**

Questo studio costituisce ai sensi del D.P.G.R.T. 53/R/2011 il supporto geologico tecnico al progetto di piano Attuativo per l'ampliamento del Cimitero della Misericordia di Pontassieve sito a nord del capoluogo lungo via San Martino a Quona. In sostanza il progetto prevede l'espansione del cimitero mediante la realizzazione di un campo di inumazione a lato di quello esistente e di un complesso di loculi posto in fregio alla via citata. Questa proposta prende in esame un progetto che costituisce un sensibile ridimensionamento dell'originario piano di espansione del cimitero così come previsto in tutti gli studi precedenti risalenti fino al 2001 - 2002 e riduce significativamente le necessarie modifiche dei luoghi attualmente inseriti in pericolosità geomorfologica G4.

Il Piano Attuativo viene presentato, con avallo comunale, purtroppo prima del completamento del piano di monitoraggio della nuova canna inclinometrica I5. Le pressanti oggettive necessità di nuove tumulazioni e inumazioni della Comunità di Pontassieve, hanno infatti richiesto di iniziare l'iter procedurale che potrebbe portare all'eventuale approvazione in tempi consoni con le esigenze.

L'intervento P5 da realizzarsi in un'area posta a lato nord degli attuali confini del cimitero risulta inserita in fattibilità 4 ed è già stata oggetto di studio nel 2002 in occasione del supporto geologico per la variante allo S.U. redatto ai sensi dei punti 3.2 e 3.3 della D.C.R. 94/85. In tale occasione il supporto veniva inoltrato all'URTAT di Firenze da cui veniva licenziato con parere favorevole di cui al protocollo n° 2968/400/07/05 del 18/02/2003. Tale previsione era stata reiterata nel primo Regolamento Urbanistico oggetto di deposito a controllo obbligatorio presso il Genio Civile di Firenze (deposito n° 1995 del 25/07/2005 e licenziato con parere n° prot. 152185/124.047.005 del 22/12/2005. Successivamente sono stati eseguiti studi di supporto sia alla proposta di Piano Attuativo (2008, non adottato) e del Progetto di bonifica e consolidamento del versante (2008).

La presente proposta di Piano Attuativo si avvale sia degli approfondimenti riportati nella scheda di fattibilità P5 del vigente Regolamento Urbanistico che di ulteriori indagini geognostiche sviluppate nel 2017.

Nel corso degli anni, dal 2002 ad oggi, nell'area cimiteriale sono state eseguite varie indagini geognostiche:

- Sei sondaggi a carotaggio continuo con prelievo di campioni indisturbati ed esecuzione di prove in situ (S.P.T.)
- Installazione di tre tubi piezometrici e successivo monitoraggio
- Installazione di quattro tubi inclinometrici e successivo monitoraggio
- Analisi di laboratorio sui campioni indisturbati prelevati
- Elaborazione stratigrafica e caratterizzazione geotecnica dei dati acquisiti confrontati con i risultati di precedenti studi e campagne geognostiche eseguite nell'area in anni precedenti al 2002
- Esecuzione di verifiche di stabilità di un congruo tratto di versante
- Indicazioni progettuali degli interventi di bonifica

## **MORFOLOGIA E GEOLOGIA**

L'area in studio è ubicata ad una quota di circa 180 m s.l.m. su di un tratto del versante sud occidentale del Poggio di Bardellone, caratterizzato da acclività dell'ordine del 15 – 20%. Il versante si fa più acclive man mano che si procede verso monte, fino ad arrivare alle asperità del rilievo che da Podere Faese (quota 245.8 m s.l.m.) sale verso quota 377.4 m s.l.m. al culmine di un piccolo rilievo secondario nei pressi di Casa Bardellone (quota 363.4 m s.l.m.).

Il cimitero è stato ampliato più volte nel tempo per cui la zona è stata interessata da varie modificazioni e sistemazioni di origine antropica che hanno alterato la morfologia dell'originario declivio. L'area cimiteriale è interessata da vari anni da fenomeni di dissesto che si manifestano con avvallamenti in alcune zone pavimentate, lesioni sulle strutture murarie, distacchi di cordolature, ecc. Secondo diversi studi geologici svolti sul posto (a partire da Geotecno, 1982) i dissesti sono imputabili

ad un lento movimento della coltre superficiale, molto alterata, che scorre al contatto con il substrato più consistente che mediamente si ritrova fra i 3 ed i 4.5 – 5.0 m dal p.c.. Il movimento sembra essere conseguente ad una eccessiva imbibizione dei materiali appartenenti a questa coltre superficiale a causa dell'incontrollato divagare delle acque di falda per l'obliterazione di un piccolo impluvio che agiva da dreno per la zona nel suo insieme. L'interruzione del dreno centrale ha provocato il diffondersi dell'acqua nelle aree adiacenti dando luogo al processo di ammolimento e mobilitazione della copertura.

Bisogna dire che i fenomeni descritti interessano principalmente l'area riguardante il vecchio nucleo del cimitero ed alcuni ampliamenti risalenti agli anni '70, mentre l'area in esame è ubicata sul lato occidentale dove non sembrano evidenti fenomeni di dissesto (come vedremo anche dall'esame dei risultati delle misure inclinometriche).

La zona del Cimitero è impostata sui litotipi appartenenti alla formazione del Complesso Indifferenziato (porzione attualmente attribuita alla Formazione di Sillano): argille ed argilliti grigio scure con subordinate intercalazioni calcaree in assetto spesso mal definibile. Verso est (Poggio Bardellone) ed a sud (Poggio al Colle) affiorano invece i litotipi calcarei della formazione dell'Alberese, evidenziati anche da una morfologia ben più aspra ed acclive.

L'area è coperta da una estesa coltre di materiali di origine eluvio colluviale, costituiti da limi argillosi di colore marrone giallastro con inclusi elementi lapidei prevalentemente calcarei.

## **CARATTERI IDROLOGICI**

L'idrografia locale è guidata dal fiume Arno verso il quale confluiscono i vari tributari presenti su questo tratto di versante. Questi ultimi sono impostati grosso modo secondo linee sub parallele con direzione nord est - sud ovest.

Si tratta per lo più di corsi d'acqua a carattere stagionale ai quali si aggiungono numerosi altri rivi a carattere effimero, cioè linee di impluvio o di drenaggio che portano acqua solo in occasione di eventi piovosi di una certa consistenza. Il corso posto più a monte, che da Poggio Bardellone decorre in direzione sud ovest verso l'Arno dove vi confluisce nei pressi de "I Veroni", è da considerarsi perenne almeno per il tratto a valle di Podere Forniola.

Nel corso di vari studi nella zona sono stati individuati cinque pozzi ed una sorgente. I pozzi sono destinati probabilmente alla irrigazione dei campi o dei pochi orti presenti. Di questi solo due sono vicini alla zona in oggetto, uno è di proprietà della Misericordia stessa e viene utilizzato nell'ambito cimiteriale, l'altro pozzo e la sorgente sono posti poco a monte dell'area di intervento. All'interno del complesso cimiteriale risulta la presenza di un pozzo drenante che fu realizzato in passato come punto raccolta di una trincea drenante necessaria alla bonifica di una porzione di cimitero per la realizzazione di nuovi loculi.

Nel corso della recente campagna geognostica è stato installato un nuovo piezometro per il controllo della profondità della falda nell'area individuata per la realizzazione del campo di inumazione.

## **ACCLIVITÀ**

Come si vede nella carta delle pendenze realizzata in scala 1:2.000, l'area in studio è praticamente tutta compresa all'interno della classe 1 dove le pendenze sono inferiori al 15%, a meno di una piccola porzione al margine nord occidentale dove abbiamo una classe 2 ( $15\% < P < 25\%$ ). Bisogna però tenere presente che nella cartografia di riferimento è presente solo l'antico nucleo del cimitero e che in realtà gran parte dell'area contornata è stata modificata per successivi ampliamenti. Per le aree di interesse possiamo comunque assumere come valide le classi citate, più in particolare per quanto riguarda l'area del futuro campo di inumazione la pendenza, calcolata sulla base dei ultimi rilievi eseguiti varia all'incirca il 9% ed il 13 %, quest'ultima nella porzione superiore al limite del nuovo comparto.

## **GEOLOGICO TECNICA (SCHEDA DI FATTIBILITÀ R.U.)**

In questa carta sono stati raggruppati in Unità Litotecniche i litotipi che presentano caratteristiche tecniche simili indipendentemente dalla appartenenza a formazioni geologiche diverse ed alla posizione stratigrafica. I principali parametri dei quali è stato tenuto conto sono relativi alla composizione ed al grado di cementazione, alla tipologia di stratificazione ed allo stato di fratturazione ed alterazione. La cartografia di riferimento è quella allegata alla scheda di R.U. relativa all'ambito P5. La zona in studio è inserita nell'Unità F (corpo di frana attivo) su Unità ALS "rocce stratificate e strutturalmente ordinate costituite da prevalenti litotipi argillitici e marnosi alternati a litotipi calcarei, calcareo marnosi e arenacei".

## **PERMEABILITÀ (TAV. 3.6-S "INDAGINI GEOLOGICO TECNICHE DI SUPPORTO PIANO STRUTTURALE")**

La copertura detritica è costituita da materiali prevalentemente argillosi e limoso argillosi che sono dotati di una permeabilità per porosità primaria molto bassa. Nelle zone ove sia più abbondante lo scheletro lapideo è possibile una certa circolazione in particolare al contatto con il substrato con linee di deflusso che assecondano il gradiente di pendio. Per quanto riguarda la formazione di Sillano, questa è di per sé da considerarsi costituita da litotipi essenzialmente impermeabili per porosità primaria. Una certa circolazione idrica può svilupparsi nei livelli calcarei e calcareo marnosi di maggiore spessore che risultano in generale mediamente fratturati; si tratta quindi di una porosità e permeabilità secondaria con distribuzione irregolare degli spazi porosi che difficilmente in questa formazione può raggiungere valori di notevole interesse.

Per la zona in studio i piezometri installati nel corso della campagna di sondaggi indicano, nel previsto campo di inumazione, una piezometrica piuttosto superficiale con un livello a profondità comprese fra i 2 ed i 4.5 metri circa a seconda dell'andamento stagionale. Nel paragrafo sull'andamento delle piezometrie si riporta il grafico delle misure effettuate nelle precedenti campagne e quanto registrato con le nuove che in sostanza rispecchiano lo steso andamento.

### **PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA (SCHEDA DI FATTIBILITÀ R.U.)**

Viene attribuita una classe di pericolosità G4 (molto elevata) poiché in questa zona siamo in presenza di fenomeni attivi. Allo stesso modo l'area è interessata da una PF4 di Autorità di Bacino.

### **PERICOLOSITÀ SISMICA (SCHEDA DI FATTIBILITÀ R.U.)**

Per la compilazione della scheda di fattibilità e l'attribuzione della pericolosità sismica viene fatto riferimento ad un modello di sottosuolo (substrato geologico) costituito da alternanze di litotipi stratificati che vien definito come Unità Lito-tecnica ALS. Nel corso di tali studi sono state eseguite, a cura dei redattori, due prove di sismica passiva mediante tecnica a stazione singola sulle vibrazioni ambientali (HVSR). Entrambe le prove hanno evidenziato che non vi sono picchi chiari nell'intervallo di frequenze di interesse, cioè non vi è risonanza ovvero contrasto di impedenza sismica significativo. È stata successivamente elaborata la carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS). L'area inclusa nella proposta di Piano Attuativo viene indicata come ZA2FRA per la presenza di fenomenologie suscettibili di attenzione per instabilità di versante.

In base a tali considerazioni viene attribuita una classe di pericolosità sismica S4.

### **FATTIBILITÀ (SCHEDA DI FATTIBILITÀ R.U.)**

Viene assegnata una classe di fattibilità idraulica F1, geomorfologica e sismica F4.

# INDAGINI GEOGNOSTICHE

## SONDAGGI

Negli anni passati sono stati eseguiti cinque sondaggi a carotaggio continuo fino ad una profondità di 15 m dal p.c. ubicati come nella planimetria allegata. Un ulteriore sondaggio profondo 25 metri (attrezzato con inclinometro) è stato eseguito di recente di supporto a questo lavoro. Dei sondaggi si allegano le stratigrafie di dettaglio.

In sintesi si evince come nella zona nel suo insieme sia presente una estesa copertura di limi argillosi alterati sovrastanti marne argillose talora varicolori con livelli calcarei e calcareo marnosi. Lo spessore della copertura varia a seconda della posizione e si vede come vi siano spessori maggiori sul ripiano ove sono posizionati i sondaggi S1 e S2 (ex zona ampliamento loculi) ed all'interno dell'area cimiteriale attuale (S3), mentre nella porzione settentrionale (area futuro campo di inumazione) gli spessori tendono a diminuire.

In generale, al disotto di un primo livello costituito da suolo e/o riporti che ha uno spessore di circa 1.0 – 1.5 m, possiamo ricostruire il seguente schema stratigrafico:

A: argille e limi argillosi, molto alterati, di media consistenza, con spessore da 3 a 6 m. È assente in S4 (sondaggio posizionato nella porzione più a monte). Il colore varia da giallastro a grigio giallastro con screziature biancastre.

B: limi argillosi di colore da grigio a grigio verdastro con screziature rossastre, da consistenti a molto consistenti (NSPT = 22). Sono presenti livelletti marnosi alterati e si riconoscono talvolta tracce residue di organizzazione. Lo spessore di questo orizzonte varia fra i 3 ed i 6 m. Non si riconosce, o è di potenza molto limitata, in S5 e S2017 che è ubicato nella zona del previsto campo di inumazione.

C: substrato costituito da argilliti e marne di colore da grigio turchino a rosso vinaccia, con livelli calcarei, di consistenza definibile “dura” (NSPT a rifiuto).

## **CARATTERISTICHE TECNICHE ED ANALISI DI LABORATORIO**

Per quanto riguarda i parametri geotecnici dei terreni in oggetto dall'esame dei dati a disposizione (da varie campagne eseguite da Geotecno, Geoco, S.T.G., Focardi E., ecc.) possiamo ricostruire un modello a tre strati con i relativi parametri medi. Per la loro determinazione ci si è avvalsi degli studi citati e delle analisi di laboratorio eseguite direttamente dal 2001 al 2017 riassunte nella tabella seguente

### **Riepilogo analisi di laboratorio**

Loc. Cimitero della Misericordia - Pontassieve

Campione	Profondità (m)	W %	LL	LP	Ip	Ic	Cas.	$\gamma$ t/mc	Cu kg/cmq	$\phi'$ °	C' kg/cmq
S1.C1	2,5	26,78	47,6	28	18,6	1,12	ML-OL	1,97	0,54		
S2.C1	5	28,38	60,1	24,1	36	0,88	CH	1,85		18	0,18
S3.C1	1,7	36,25	68,2	29,4	38,8	0,82	CL	1,8		18	0,26
S3.C2	4,7	34,59						1,86	0,34		
S3.C3	8	18,52	43	19,8	23,2	1,05	CL	2,11			
S4.C1	4,5	15,08	47,3	23,9	23,4	1,38	CL	2,12	1,44		
S5.C1	2	21,3	66,4	25,2	41,2	1,09	CH	1,98			
S1.C1 <sub>2017</sub>	2	15,43	56,6	24,3	32,3	1,28	CH	1,99		19,4	0,18
S1.C2 <sub>2017</sub>	6	13,68						2,21	1,21		

Il grado di plasticità è in genere elevato per tutti questi materiali (CL - CH nella Carta di Plasticità di Casagrande).

Da tutto questo si evince il modello di cui dicevamo:

A copertura :



peso di volume secco	$\gamma_d \approx 1.65 \text{ t/m}^3$
peso di volume naturale	$\gamma \approx 1.85 \text{ t/m}^3$
coesione non drenata	$c_u \approx 0.7 \text{ kg/cm}^2$
coesione drenata	$c' \approx 0.2 \text{ kg/cm}^2$
angolo d'attrito interno	$\phi' \approx 18^\circ$
modulo edometrico	$E \approx 50 - 60 \text{ kg/cm}^2$

#### B alterazione:

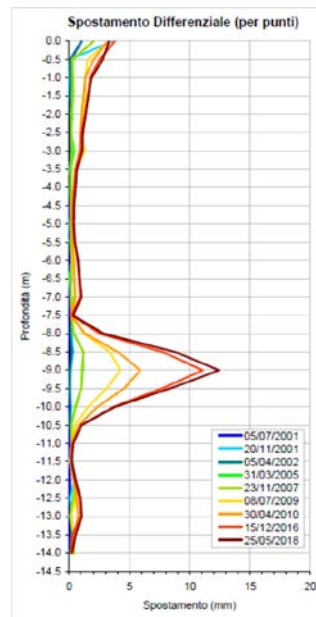
peso di volume secco	$\gamma_d \approx 1.75 \text{ t/m}^3$
peso di volume naturale	$\gamma \approx 1.9 \text{ t/m}^3$
coesione non drenata	$c_u \approx 1 \text{ kg/cm}^2$
coesione drenata	$c' \approx 0.18 \text{ kg/cm}^2$
angolo d'attrito interno	$\phi' \approx 19^\circ$
modulo edometrico	$E \approx 60 - 80 \text{ kg/cm}^2$

#### C substrato :

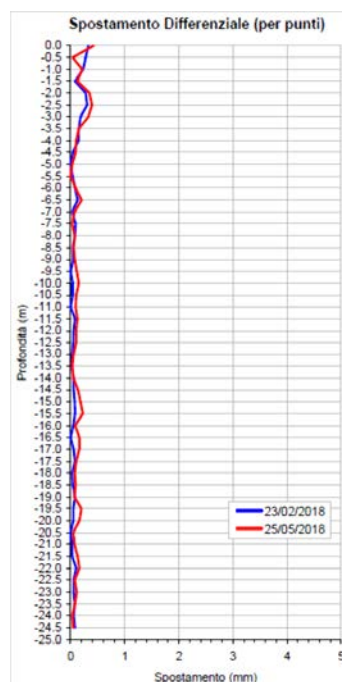
peso di volume secco	$\gamma_d \approx 1.8 \text{ t/m}^3$
peso di volume naturale	$\gamma \approx 1.95 \text{ t/m}^3$
coesione non drenata	$c_u \approx 1.4 \text{ kg/cm}^2$
coesione drenata	$c' \approx 0.2 \text{ kg/cm}^2$
angolo d'attrito interno	$\phi' \approx 24^\circ$
modulo edometrico	$E \approx 170 - 180 \text{ kg/cm}^2$



• Inclinometro I3 (sondaggio S3): si trova all'interno del cimitero esistente. La deformata relativa al differenziale per punti mostra una evoluzione lineare nel tempo con uno spostamento, congruente con la disposizione del versante, di circa 12 mm fra 8 e 10 m di profondità (grosso modo nella zona di passaggio fra i materiali di copertura alterati ed i litotipi argillitico marnosi in posto) in circa 17 anni.



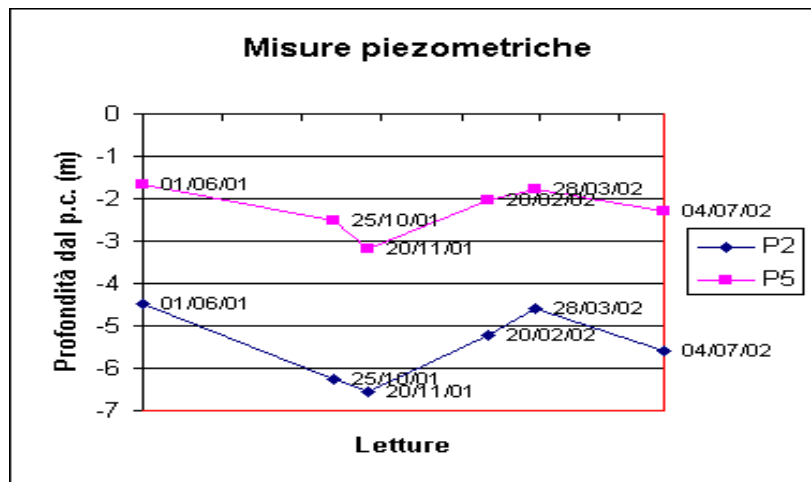
• Inclinometro I5 (nuovo sondaggio campo inumazione): come si vede nei certificati di lettura il tubo risulta al momento fermo. Non sono cioè presenti movimenti in atto.



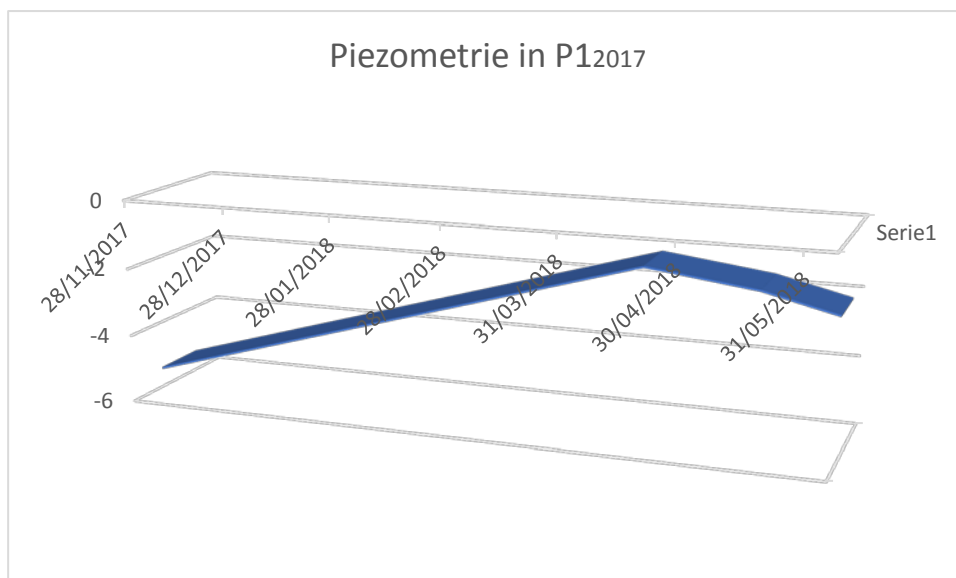
Si allega il certificato Igetecma nel quale sono riportate tutte le misure fin qui effettuate.

### Misure piezometriche

Data	01/06/01	25/10/01	20/11/01	20/02/02	28/03/02	04/07/02
P2	-4,48	-6,27	-6,55	-5,21	-4,6	-5,6
P5	-1,65	-2,51	-3,2	-2,04	-1,78	-2,28



### Misure in P12017



Non è stato possibile ripetere le misure piezometriche in P2 e P5 in quanto nel tempo intercorso tra la campagna del 2001- 2002 ad oggi i piezometri sono stati messi fuori uso. Si sono invece effettuate le misure nel piezometro di nuova installazione (P12017) indicato come P5 nel previsto campo di inumazione. Si ritiene comunque che l'andamento illustrato nei grafici possa essere ritenuto valido e rappresentativo dell'andamento stagionale della piezometrica nell'area in oggetto.

## **INDAGINE SISMICA**

Per ottemperare alla Normativa vigente nel 2008 fu eseguita una campagna geofisica mediante sismica a rifrazione con onde SH. Tale campagna è descritta nei dettagli nella relazione di Igetecma s.a.s. allegata.

In sintesi l'indagine ha messo in evidenza la presenza di tre orizzonti sismici con le seguenti classi di velocità:

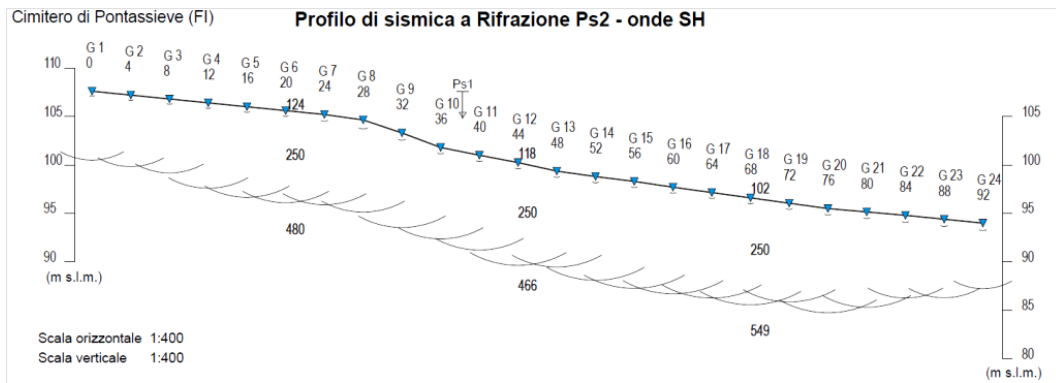
V1: 79 - 178 m/s

V2: 250 – 260 m/s

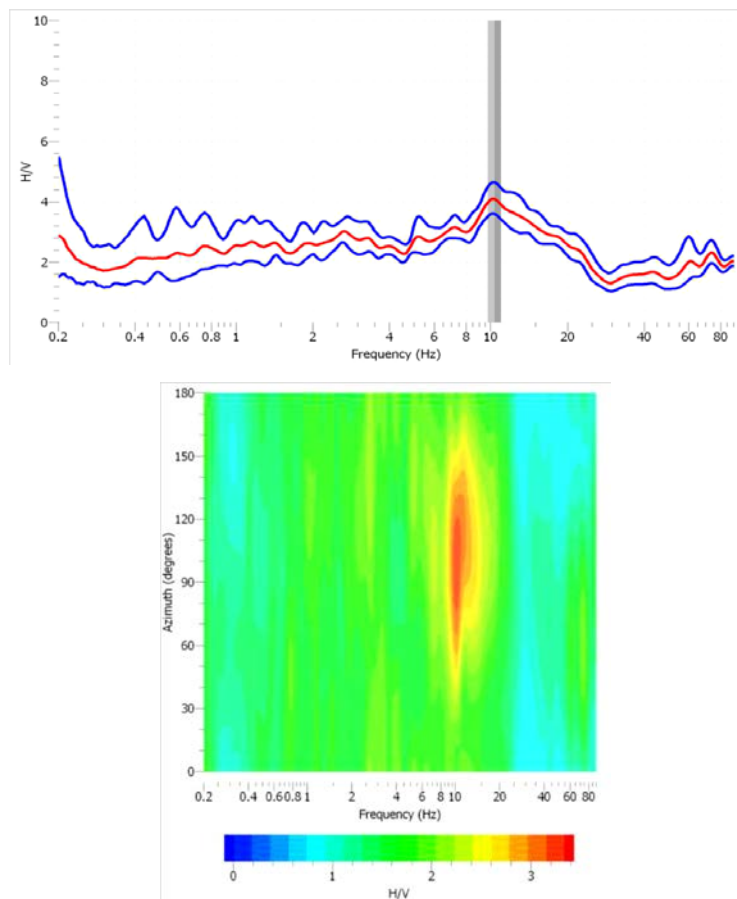
V3: 466 – 648 m/s

Sulla base delle stratigrafie a disposizione il primo orizzonte corrisponde al terreno areato ed alla copertura costituita da limi e argille. Il secondo orizzonte sismico può essere riferito ai terreni di alterazione del substrato costituiti da argille limose e marne alterate. Il terzo orizzonte è riferibile al passaggio alle marne del substrato.

Lungo il profilo Ps2 quello che interessa più propriamente l'area oggetto di variante le Vse variano fra 341 e 410 m/s con un valore medio di 364 m/s. Il suolo viene classificato in categoria **B**.



Nelle indagini ulteriormente eseguite di supporto a questa proposta di Piano Attuativo è stata eseguita una misura sismica passiva del tipo HVSR. La misura ha messo in evidenza la presenza di un picco principale con frequenza di 10.1 Hz e ampiezza del rapporto H/V di 4.09. Tale picco può essere correlato al contrasto di velocità, modesto, a circa 7-8 metri di profondità evidenziato nella indagine a rifrazione in onde SH eseguita nel 2008 (passaggio da V2 a V3). Poiché però la misura, come riportato nel rapporto Igetecma, presenta una marcata direzionalità il rapporto H/V potrebbe essere stato influenzato da fattori esterni. Si può quindi comunque considerare una categoria B del sottosuolo.



## VERIFICHE DI STABILITÀ

Sono state effettuate verifiche con il metodo del pendio illimitato nella porzione di lotto interessata dal futuro campo di inumazione con le equazioni del pendio illimitato assumendo una pendenza media di circa 10° che corrisponde grosso modo ai tratti più acclivi. Sono stati successivamente utilizzati metodi analitici (Janbu e Bishop con Soils 2 di Program Geo - Brescia) per la stessa porzione di versante interessata dal campo di inumazione e dalla realizzazione di un modesto blocco di loculi.

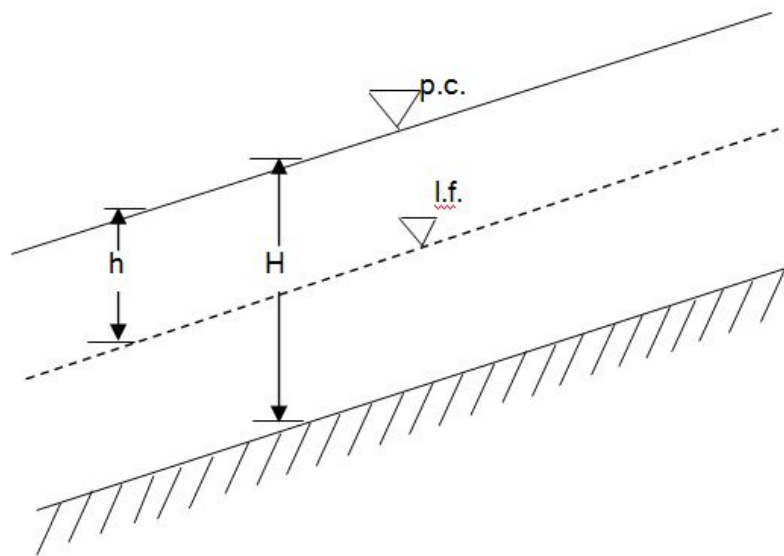
*Pendio illimitato (zona campo di inumazione)*

Per il calcolo del coefficiente di sicurezza può essere usata l'espressione:

$$F_s = \frac{c'}{(h_w \times \gamma_{sat} + \gamma \times h) \times \sin \alpha \times \cos \alpha} + \frac{(h_w \times \gamma' + \gamma \times h) \times \operatorname{tg} \phi'}{(h_w \times \gamma_{sat} + \gamma \times h) \times \operatorname{tg} \alpha}$$

- $\phi'$     angolo di attrito interno efficace
- $c'$     coesione efficace
- $\gamma$     peso di volume
- $\gamma'$     peso di volume immerso
- $\gamma_{sat}$     peso di volume saturo
- $H$     spessore dell'orizzonte superficiale
- $h$     profondità della falda
- $h_w$     altezza della falda ( $H - h$ )

Lo schema seguente esemplifica la geometria di calcolo:



Per effettuare tale verifica si è considerato uno spessore medio dell'orizzonte superficiale più alterato pari a 6 m. I risultati ottenuti indicano che il pendio è stabile ( $FS > 1.1$ ) nel caso si operi in condizioni "asciutte" ovvero abbattendo la falda ad almeno 3.0 – 3.5 m di profondità rispetto al piano campagna, mentre diventa instabile ( $FS$  prossimo a 1) nel caso di imbibizione con risalita della falda (ovvero diminuzione del rapporto  $h/H$ ).

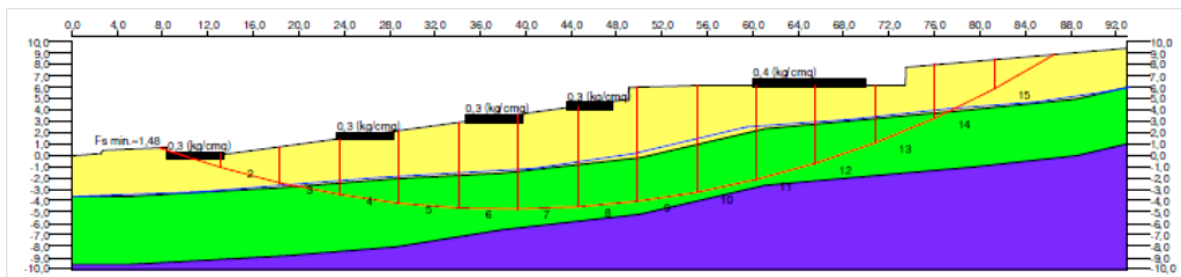




## Metodi analitici

Le verifiche di stabilità con metodi analitici (Janbu) sono state eseguite nello stato di progetto. Dette verifiche riguardano la sezione CD tracciata nella zona del campo di inumazione e dei nuovi loculi facenti parte Piano Attuativo. Si è scelto, anche in questo caso come per il pendio indefinito, di usare valori di coesione generalmente più bassi di quelli medi di laboratorio per tenere prudenzialmente conto di ulteriori processi di alterazione in atto.

Nella sezione (CD) modificata questo tratto, con falda abbattuta, risulta stabile anche con il sovraccarico dei loculi in progetto; una volta note le specifiche progettuali di dettaglio in fase di progettazione esecutiva potranno essere puntualmente studiate le specifiche interazioni opera – terreno.



## OPERE DI BONIFICA

Dall'analisi dei dati a disposizione risulta che nel tratto di versante in oggetto non sono attualmente presenti fenomeni attivi. Date le oscillazioni del livello piezometrico con risalite fino a circa 1.5 m dal piano campagna risulta la necessità di realizzare opere di "bonifica" per il controllo e regimazione della filtrazione sia per evitare l'innescò di eventuali fenomeni di instabilità, sia per permettere una corretta inumazione delle salme. In sostanza è stato elaborato un progetto (vedi allegato ing. Lapi) che in sintesi si articola nella maniera seguente:

- Sistema drenante mediante trincee con scarico razionale con profondità di circa 3 - 4 m dal p.c. in modo da migliorare le caratteristiche di stabilità e permettere un abbattimento della falda almeno a circa 3.5 m dal piano campagna. Questo oltre a consolidare la pen-

dice servirà a tenere la quota di falda al disotto della quota di inumazione come richiesto anche dalle vigenti disposizioni di Legge.

- Realizzazione di pozzi drenanti a monte del campo di inumazione.

Si prevede infine di proseguire il monitoraggio utilizzando il tubo I5 interno al campo di inumazione, come da indicazioni scheda di fattibilità.

## **CONCLUSIONI**

Per quanto riguarda i manufatti, in fase di progettazione esecutiva si potrà procedere ad una verifica dei dati acquisiti con un approfondimento delle indagini sui terreni e quindi passare ad un corretto dimensionamento delle strutture una volta noti i carichi di esercizio previsti e le effettive geometrie delle opere.

Il Piano Attuativo in oggetto è nei suoi contenuti sensibilmente ridotto rispetto a quanto presentato negli anni 2000. Le necessarie modifiche sui luoghi sono da considerarsi significativamente minori: non sono previsti sbancamenti di rilievo, si interverrà sul drenaggio del versante e i manufatti (loculi e magazzino a monte) sono di modesta entità. Da tutti gli studi eseguiti negli anni risulta che finora i movimenti di versante si sviluppano nella parte cimiteriale esistente risalente agli anni 70 – 80 del 1900 (dati misure I1 e I3 che indicano nei diagrammi lineari un movimento pressoché costante nel tempo di circa 2 mm/anno) e nella parte storica dove si rilevano lesioni su talune murature e deformazioni sul terreno (in particolare sulla strada comunale di fronte all'ingresso del vecchio cimitero). Al contrario non ci sono evidenze nella parte oggetto di questo Piano Attuativo se non lente ondulazioni della coltre pellicolare; con il progetto di bonifica proposto si tende a conseguire un controllo delle oscillazioni della falda che se non contrastate potrebbero col tempo mettere in crisi la copertura a piano campagna di un versante litologicamente argilloso. Le misure inclinometriche in I5 avvalorano la attuale sostanziale stabilità di questo tratto di versante. Si ritiene pertanto che si possa dare inizio all'iter autorizzativo prima della conclusione del ciclo di misure inclinometriche programmato; nell'arco di tempo procedurale necessario si potranno infatti effettuare le restanti misure in I5 completando

il periodo di monitoraggio e si potranno inoltre proporre gli accorgimenti tecnici che si dovessero eventualmente ritenere necessari.

Il terreno che costituisce il campo di inumazione è prevalentemente argilloso con frammenti e blocchi lapidei, comunque scarsamente permeabile (nella matrice si registrano valori di permeabilità K di laboratorio dell'ordine di  $10^{-9}$ ). Di norma i campi di inumazione dovrebbero essere costituiti da terreni incoerenti sufficientemente asciutti ed areati, permeabili al punto da consentire la dispersione dei prodotti della putrefazione e delle acque di dilavamento garantendo la mineralizzazione dei cadaveri. In realtà, come detto, il terreno in oggetto, seppure vi si riscontri una certa presenza locale di materiali grossolani, è prevalentemente argilloso e quindi non del tutto confacente. Si ritiene perciò, ai sensi del capo X art. 57, punto 6 del D.P.R. 285/90 in fase di progettazione esecutiva si debba prendere in considerazione la possibilità di ricreare artificialmente le condizioni ideali arricchendo detti terreni con materiali incoerenti dotati di migliori qualità drenanti. In tale sede, per verificare le effettive capacità drenanti del terreno si potranno eseguire in vari punti misure di permeabilità in situ. Con la realizzazione delle opere di bonifica si potrà mantenere il livello di filtrazione idrica al disotto della quota di inumazione con un franco di almeno 0.5 metri come richiesto da Normativa.

**i redattori del piano attuativo:**

**DOTT. GEOLOGO ENRICO FOCARDI**

**DOTT. ING. DANIELE LAPI**

**GEOM. CARLO RENAI**