

## **RELAZIONE INFORMATIVA SULLO STATO DI AVANZAMENTO DEGLI STUDI SULLA LOCALITA' DI SPINELLO FINALIZZATI ALLA DEFINIZIONE DI UNA NUOVA PERIMETRAZIONE**

L'area di Spinello, comprendente l'abitato storico, il "Villaggio" e le infrastrutture di "Sportilia", ricade in un'area a molto elevato rischio di frana del Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico dell'Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli. Piano adottato con Delibera Comitato Istituzionale [n. 3 del 03/10/2002](#) e approvato con Delibera della Giunta Regionale [n. 350 del 17/03/2003](#).

L'area di Spinello è interessata da importanti infrastrutture, edifici residenziali e di servizio, e si caratterizza quindi per un elevato valore Socio-economico-culturale.

### **Studi e indagini nell'area di Spinello**

Dato il valore socio-economico dell'area di Spinello nonché la sua complessità geologico-geomorfologica, negli ultimi anni sono stati realizzati vari studi e indagini e alcune proposte di perimetrazione su tale area, di cui di seguito si riportano i passaggi principali in ordine cronologico, così come riportati nel verbale della Conferenza Programmatica del 29 luglio 2010.

#### **Anni 2004-2007**

- l'Autorità di bacino, anche su richiesta del Comune di Santa Sofia e di privati (Istituto per il Credito Sportivo e Il Villaggio s.r.l.), ha realizzato uno studio conoscitivo sull'area, di cui è stata incaricata nel 2004 la Geomerid s.r.l., lo studio comprende anche rilievi di terreno e indagini geognostiche;
- in base all'interpretazione dei risultati della campagna di indagini e di specifici rilievi di terreno la Segreteria tecnica dell'Autorità di bacino ha presentato nella seduta del Comitato Tecnico del 14/03/2006 una proposta di revisione della perimetrazione dell'Area a rischio da frana in località Spinello;
- i rappresentanti della Regione in sede di Comitato Tecnico non hanno condiviso la proposta della Segreteria tecnica dell'Autorità di bacino ed hanno ritenuto necessario procedere ad una nuova analisi dei dati esistenti, a partire dai risultati delle indagini effettuate dalla Geomerid, per meglio valutare la pericolosità dell'area;
- i risultati di tale analisi sono lo "Studio dell'area di frana in località Spinello Comune di Santa Sofia (FC)" (dicembre 2006), redatto dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli, dal Servizio Difesa del Suolo, della Costa e Bonifica e dal Servizio Tecnico Bacino Fiumi Romagnoli, e il "Movimento franoso in località Spinello, Comune di Santa Sofia (FC) - Rapporto geotecnico e verifiche di stabilità" (ottobre 2006), consulenza richiesta dalla Regione al Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale - Sezione Geotecnica dell'Università di Firenze.

#### **Anni 2007-2009**

- sulla base dei nuovi studi la Regione ha proposto al Comitato tecnico dell'Autorità di bacino una revisione della perimetrazione dell'area di Spinello, che è stata adottata dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino con deliberazione n. 3/1 del 27/07/2007;
- la Regione ha inoltre ritenuto necessario individuare le risorse nel proprio Bilancio per l'esercizio finanziario 2007 per programmare un ulteriore approfondimento di indagine e di studio sull'area di Spinello per migliorare le conoscenze relative a:
  - caratterizzazione geotecnica, definizione della geometria e dello spessore della copertura detritica;
  - definizione della geometria e della profondità del tetto del substrato roccioso;

- comportamento della falda freatica;
- valutazione della risposta sismica locale;
- valutazione della stabilità del versante;

- il Comune di Santa Sofia ha presentato osservazione alla proposta di perimetrazione, con nota prot. n. 2007.028621 del 13/11/2007, successivamente integrata (nota prot. n. 3910 del 03/04/2008) con la "Relazione geologico-tecnica pro veritate sull'assetto geomorfologico della frazione di Spinello, con particolare riferimento allo stato di dissesto idrogeologico dichiarato dell'area" realizzata nel febbraio 2008 dal prof. E. Farabegoli del Dipartimento di Scienze della Terra e Geologico-Ambientali dell'Università di Bologna;

- il 9/04/2008 si è tenuta la Conferenza programmatica (ex L. 365/2000) ha ritenuto di non proseguire l'iter di approvazione del Progetto di variante, su proposta dell'Assessore alla Sicurezza territoriale.

Il Servizio Difesa del Suolo e della Costa in accordo con il Sindaco di Santa Sofia, in quanto il contenuto normativo della Zona 2 bis non soddisfaceva le esigenze del Comune;

- sulla base di quanto emerso nella suddetta Conferenza programmatica è stata valutata dai servizi tecnici competenti della Direzione Generale Ambiente, Difesa del Suolo e della Costa, con il contributo anche del Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale - Sezione Geotecnica dell'Università di Firenze, la succitata "Relazione geologico-tecnica pro veritate sull'assetto geomorfologico della frazione di Spinello, con particolare riferimento allo stato di dissesto idrogeologico dichiarato dell'area" presentata dal Comune di Santa Sofia; tale valutazione è depositata agli atti presso il Servizio Difesa del Suolo, della Costa e Bonifica ed è stata sintetizzata nella risposta all'osservazione n. 3 riportata nell'allegato A1 alla DGR 1234/2008;

- la Giunta regionale si è espressa sul Progetto di variante con deliberazione n. 1234 del 28 luglio 2008, con la quale ha preso atto delle risultanze della Conferenza programmatica, ha proposto all'Autorità di bacino di non proseguire l'iter di approvazione del Progetto di variante ma di predisporre una revisione della perimetrazione di Spinello sulla base dei risultati degli studi in corso;

- tali studi e indagini sono consistiti in:

- profili sismici a rifrazione e prove di rifrazione dei microtremori (ReMi) (aprile 2008);
- sondaggi a carotaggio continuo, nelle aree prive di adeguate informazioni stratigrafiche (ottobre-novembre 2008);
- prove down-hole, prove di laboratorio su nuovi campioni, messa in opera di inclinometri e piezometri, installazione di alcuni trasduttori di pressione nei piezometri esistenti (novembre 2008-febbraio 2009);
- lettura di zero dei nuovi inclinometri effettuata il 26/02/2009;
- studi realizzati nell'ambito della convenzione tra la Regione Emilia-Romagna e il Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università degli Studi di Firenze (febbraio e aprile 2009):
  - "Studio finalizzato alla valutazione della risposta sismica locale e della stabilità del versante di Spinello" a cura dei prof. ing. C. Madiari, prof. ing. G. Vannucchi e prof. ing. J. Facciorusso del Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università di Firenze;
  - "Microzonazione sismica del versante di Spinello, Comune di S. Sofia (FC) a cura di Luca Martelli del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli.

Si segnala, infine, che il Ministero dell'Ambiente ha acquistato i dati ottenuti con l'interferometria radar da satellite relativi al periodo 1992-2007 e li ha trasmessi nel corrente anno al Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli, per il territorio di competenza. Tali dati individuano i punti sul territorio ai quali si riesce ad associare una velocità di movimento verticale, che deve essere interpretata per poter avere indicazioni sui movimenti del versante. Sono disponibili anche alcuni

dati relativi al versante di Spinello che la Regione mette a disposizione dell'Autorità di bacino perché siano opportunamente utilizzati.

## Modello Stratigrafico

Sulla base della documentazione tecnica raccolta fino ad ora, sopra sintetizzata, è stato possibile, da parte Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli, dal Servizio Difesa del Suolo, della Costa e Bonifica e dal Servizio Tecnico Bacino Fiumi Romagnoli, mettere a punto un modello stratigrafico del terreno, rappresentato nella Tavola 1 e nella Tavola 2 dello studio "Microzonazione sismica del versante di Spinello, Comune di S. Sofia (FC)" a cura di Luca Martelli del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli.

- A. Detrito di frana con evidenze di movimento in atto o recenti;
- B. Coltre detritica superiore;
- C. Coltre detritica inferiore;
- D. Substrato Marnoso-arenaceo
- H. Riporto antropico

## Assetto geologico e geomorfologico

*Morfologia.* La zona di interesse dell'abitato di Spinello si trova in una pendice esposta a SSO che da una quota di crinale di circa 929 m s.l.m. scende fino all'alveo del Torrente Borello posto a circa 625 m s.l.m..

Il versante è solcato longitudinalmente da affluenti locali del T.Borello: fosso di Faeto, rio Casellonchio e rio Pianazzone. Il versante risulta così suddiviso in distinti bacini idrografici a loro volta articolati in Unità Idromorfologiche Elementari.

L'andamento del pendio, come si può osservare dalle sezioni geologiche relative alla zona e realizzate dal Servizio Tecnico di Bacino Romagna, mostra pendenze generalmente inferiori a 10°. Le acclività maggiori, in genere superiori a 15°, tendono ad essere distribuite soprattutto in corrispondenza degli affioramenti litologici marnoso-arenacei e delle maggiori incisioni dei corsi d'acqua locali.

*Geologia.* Lo studio del Dott. Geol. Luca Martelli sottolinea che i membri della FMA, affioranti nell'area considerata, sono caratterizzati da un grado di cementazione da basso a medio, che diminuisce in presenza di faglie e fratture, peraltro assai diffuse nella zona, in seguito alla dissoluzione secondaria del cemento carbonatico.

La Formazione marnoso-arenacea nella zona di pertinenza dell'area di Spinello in esame risulta assai deformata e fagliata anche a causa della presenza di una faglia di sovrascorrimento di rilevanza regionale (linea di S.Sofia). Tale disturbo tettonico è anche osservabile dagli affioramenti locali della FMA che mostrano in generale un alto grado di deformazione e di fatturazione, come testimoniano le inclinazioni degli strati assai variabili anche in aree limitrofe.

*Coltre detritica.* In base a quanto riportato nello studio sulla Microzonazione sismica dal Dott. Geol. Luca Martelli, la coltre detritica è costituita essenzialmente da terre fini limose argillose, argillose sabbiose e limose sabbiose, in quantità reciprocamente variabili, inglobanti clasti arenacei e massi a spigoli vivi con dimensioni generalmente comprese tra il centimetro ed il metro. In settori localizzati della massa detritica si rinvenivano blocchi o frammenti di successioni stratigrafiche, anche di dimensioni cartografabili, contraddistinti da giaciture degli strati casuali e non coerenti con quelle del substrato marnoso-arenaceo.

Lo studio condotto dal Dott. Geol. Luca Martelli ha evidenziato una discontinuità all'interno della coltre detritica che separa una parte inferiore caratterizzata da materiali meno plastici e con maggiore consistenza e da una parte superiore, spesso da pochi metri fino a circa 10÷12 metri, caratterizzata da maggiore plasticità.

I campioni analizzati plottati sulla carta di plasticità di Casagrande si posizionano tutti sopra della linea A -  $PI=0.73*(WL-20)$ , e la maggior parte dei campioni ricadono nell'area con propensione all'espansione. In particolare fino alla profondità di circa 7÷8 m dal piano di campagna circa il 60% dei campioni mostrano un Limite liquido  $Wl>50\%$  ad indicazione di terreni caratterizzata da un'elevata propensione ai fenomeni di espansione e di ritiro.

*Morfologia del substrato.* La ricostruzione del substrato, eseguito a seguito delle indagini geognostiche condotte nella zona di Spinello, evidenziano una morfologia del substrato caratterizzata da inclinazione molto basse, anche attorno a 3÷5°, con presenza di controtendenze, dossi ed ondulazioni. Tale assetto non sembra essere quello caratteristico dei fenomeni di scivolamento in blocco o DGPV.

## Dati di monitoraggio

Sull'area di spinello fin dal 2005 sono stati installati diversi strumenti di monitoraggio quali inclinometri e piezometri.

Inoltre si è reso disponibile anche il rilievo satellitare interferometrico che ha permesso di acquisire informazioni sui movimenti verticali dei Permanent Scatter, riflettori elettromagnetici monitorati dal radar satellitare.

### *Inclinometri*

Le prime misure inclinometriche, eseguite ed elaborate dal Servizio Tecnico di Bacino Romagna, risalgono al 08-11-2005 quando è stato eseguito lo zero strumentale degli inclinometri installati dalla GeoMerid. Successivamente il 26-02-2009 è stato eseguito lo zero degli inclinometri installati durante la campagna geognostica condotta dal Servizio Tecnico di Bacino Romagna.

In generale tutti gli inclinometri che evidenziano movimento, mostrano una direzione verso Sud, cioè verso valle, eccetto l'inclinometro SI304 la cui direzione di movimento è diretta verso SE, cioè verso l'incisione del Rio di Castellonchio, sottostante lo sbarramento del laghetto.

Mentre le profondità di spostamento variano da un minimo di circa **3 m** ad un massimo di circa **10 m** dalla testata dell'inclinometro.

Nel periodo di misurazione, dal 2005 o 2009 ai primi del 2011 le velocità medie degli spostamenti, in corrispondenza della superficie di spostamento, sono risultate essere comprese tra un minimo di **1,1 mm/anno** (XS2I) ad un massimo di **17,6 mm/anno** (SI7). Mentre le velocità relative, valutate tra due periodi di misura successive, sono risultate essere comprese tra un minimo di **0.25 mm/anno** (XS2I) ed un massimo di **51,2 mm/anno** (SI304).

Le velocità medie degli spostamenti alla testata dell'inclinometro sono risultate essere comprese tra un minimo di **2,6 mm/anno** (XS2I) ad un massimo di **23,4 mm/anno** (SI7). Mentre le velocità relative, valutate tra due periodi di misura successive, sono risultate essere comprese tra un minimo di **14,4 mm/anno** (S30I) ed un massimo di **51,2 mm/anno** (S7).

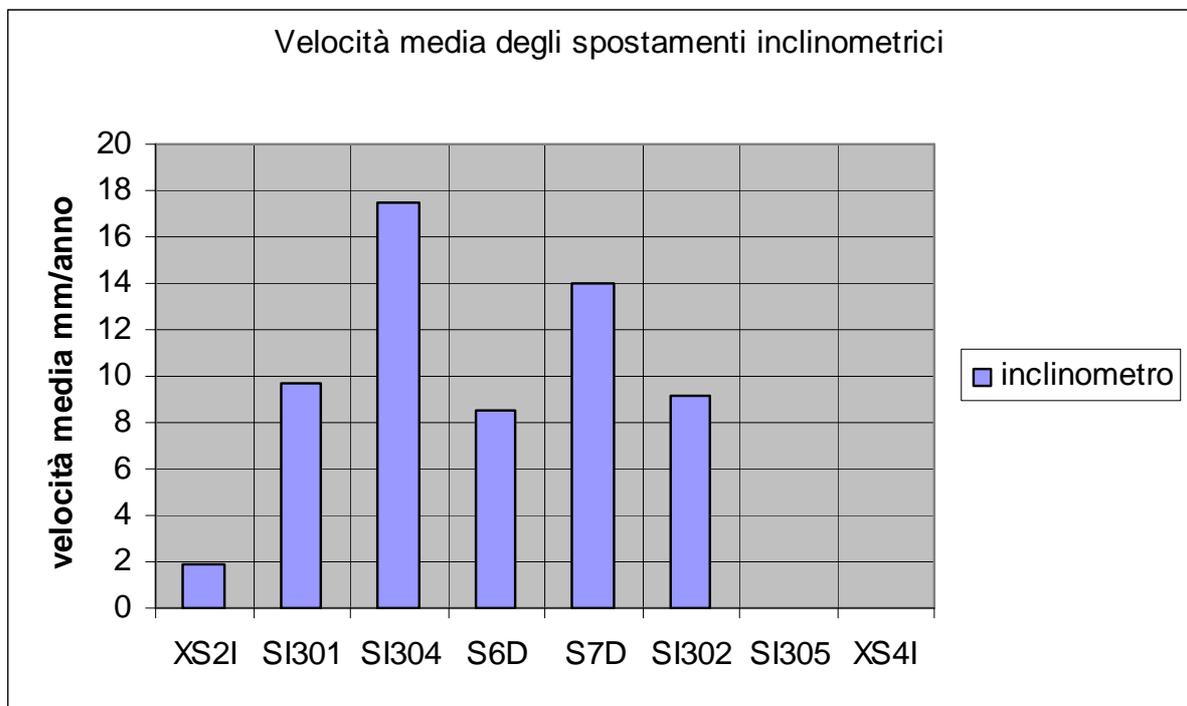


fig. 1 – Velocità media degli spostamenti degli inclinometri installati a Spinello da inizio misurazioni.

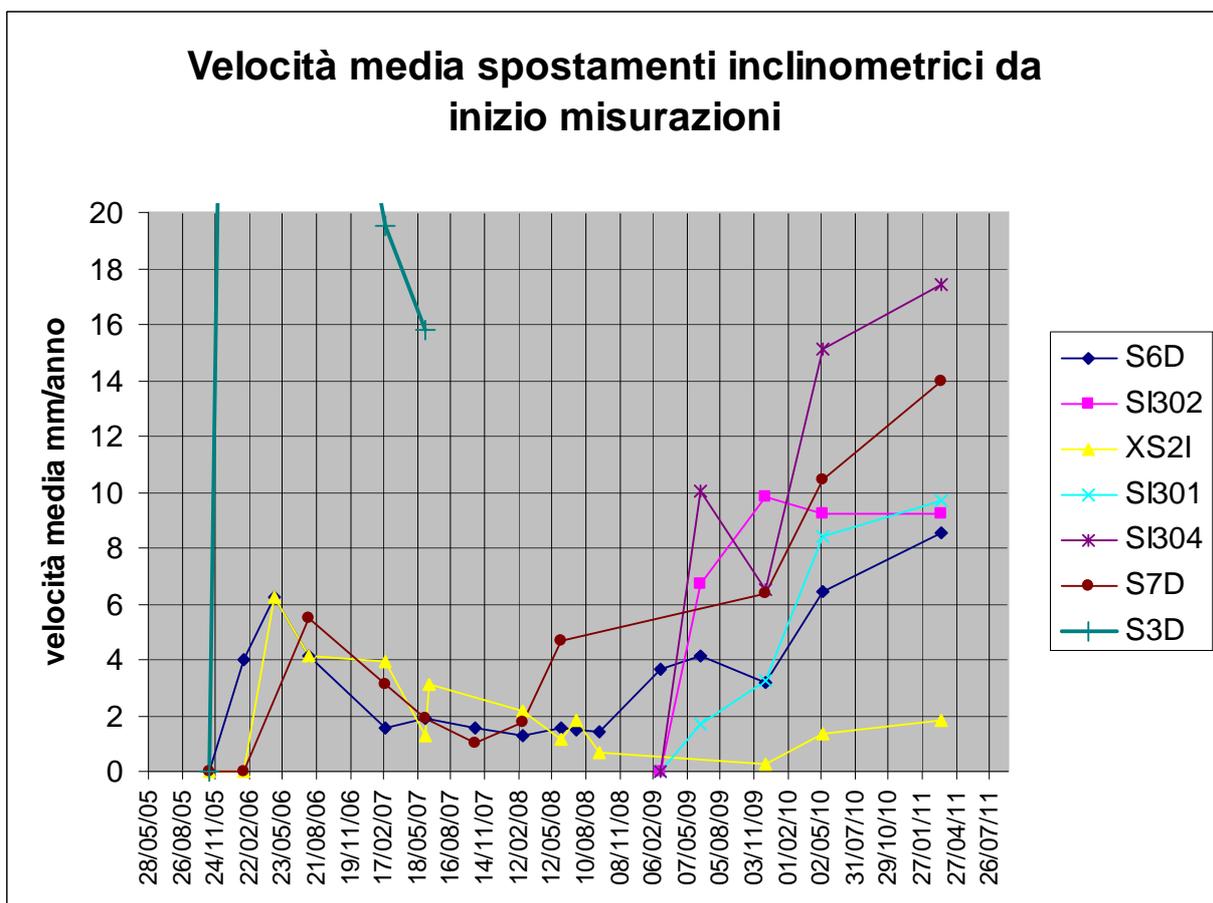


fig. 2 – trend della velocità media degli spostamenti degli inclinometri installati a Spinello da inizio misurazioni.

## **Piezometri**

I piezometri installati sono stati misurati manualmente dal Servizio Tecnico di Bacino Romagna con frequenza non uniforme, sono registrate tre misure nell'anno 2006, 2007, 2008, una misura nell'anno 2009, nessuna misura nel 2010 e due misure nel 2011.

Essendo le misure non regolari il dato piezometrico risulta poco significativo e le correlazioni con le misure inclinometriche risultano ardue, considerato anche che eventuali movimenti di versante sono da collegarsi alle variazioni delle pressioni interstiziali, le quali potrebbero presentarsi con relativa rapidità.

Comunque a partire dalle prime misure effettuate in data 08-11-2005 si osserva:

- I piezometri Xs3P, Xs1P, S4D ed SP306 mostrano un livello piezometrico mediamente compreso tra circa -2.5 m e -5 m dalla testa del piezometro. L'andamento generale mostra valori tendenzialmente in depressione a partire dal 2006 fino alla fine del 2008, dove si osserva una inversione della tendenza con ripressurizzazione della falda.
  - In data 21-03-2011 durante l'ultima misura inclinometrica il livello piezometrico in generale è leggermente superiore rispetto ai periodi precedenti.
- Il piezometro S1D mostra valori mediamente attorno a -7÷-8 dalla bocca del piezometro e le variazioni sono dello stesso ordine di grandezza. In data 21-03-2011 il livello piezometrico si attestava a - 6.75 m, quindi con livello leggermente più alto rispetto a quello dei periodi precedenti.
- Il piezometro S5D evidenzia forti anomalie, con variabilità del livello piezometrico comprese tra un minimo di circa -33 m ed un massimo di circa -10 m. In data 21-03-2011 il livello piezometrico si attestava a circa -10 m dalla bocca piezometro, valore più elevato mai raggiunto nel periodo di misura.
- Il piezometro Xs5P, posto a valle della S.P. 96, incastrato nel sottostante substrato, mostra essere in pressione, con fuoriuscita di acqua al piano di campagna.

Dal confronto tra le misure inclinometriche e piezometriche si osserva una generale coerenza: ad incrementi delle pressioni interstiziali corrisponde un aumento delle velocità di spostamento inclinometrico.

Nell'anno 2006, in corrispondenza con valori più elevati delle pressioni interstiziali si osservava una decisa attivazione degli spostamenti inclinometrici che sono andati scemando nel successivo periodo, fino verso la fine del 2008 dove si è assistito ad un'ulteriore accelerazione degli spostamenti in coincidenza con decisi incrementi delle pressioni interstiziali che nell'anno 2011, rispetto al periodo misurato a partire dal 2005, hanno raggiunto il loro apice.

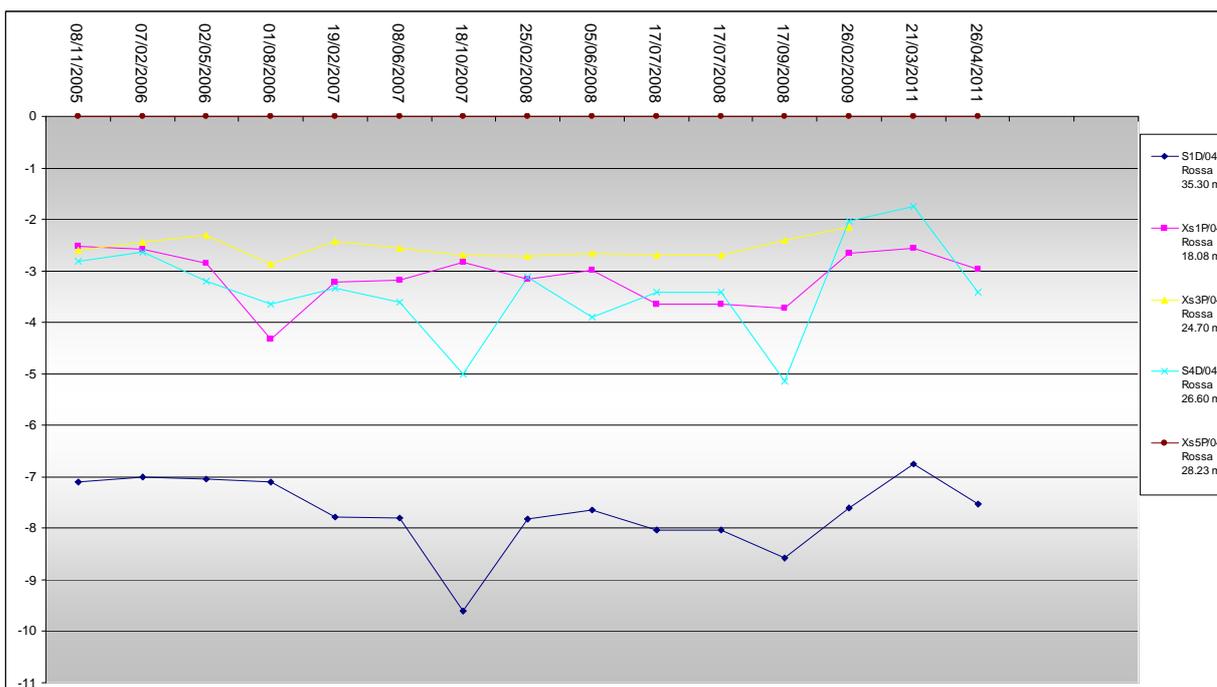
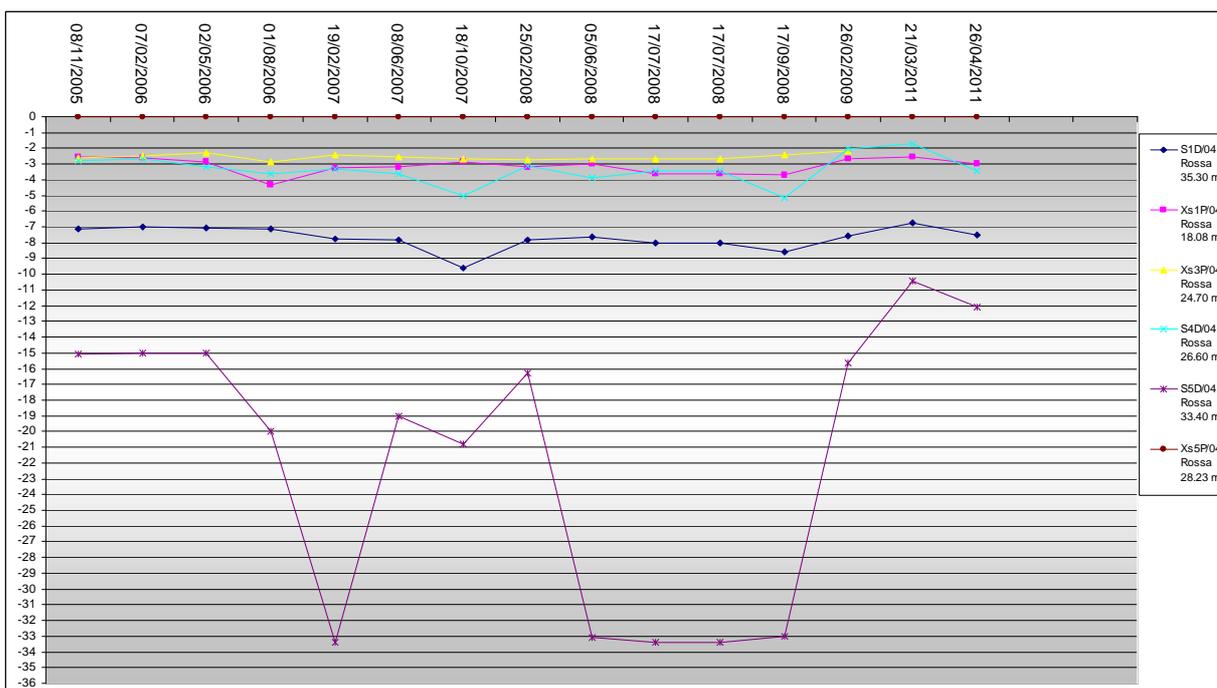


fig. 3 - misure piezometriche

### Misure interferometriche da satellite

Il Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli ha ricevuto dal Ministero dell'Ambiente le elaborazioni interferometriche dei voli SAR da circa il 1990 al 2007. Senza entrare in merito alla tecnica

interferometrica, in base all'immagine cartografica fornita dal suddetto Servizio, si osserva che nella località di Spinello sono stati riconosciuti diversi punti di risposta elettromagnetica, Permanent Scatter (P.S.) che rendono le misure statisticamente significative.

In questi casi sarebbe comunque importante avere anche le storie dei P.S., in modo da capire come e quando sono avvenuti i movimenti. Tale dato non è stato fornito e non se ne conosce l'eventuale disponibilità.

In generale si può porre come soglia di movimento significativo valori di velocità maggiori o minori di  $\pm 2$  mm/anno.

L'osservazione dell'immagine mostra come valori di velocità compresi tra -2 e -5 mm/anno con qualche P.S. compreso tra -5 e -10 mm/anno si concentrano nella zona di valle di Sportilia, in corrispondenza dei campi da Tennis ed in corrispondenza delle strutture con i campi di Basket e Pallavolo. Valori contrastanti e non coerenti con segno positivo compreso tra +2 e +5 mm/anno si osservano ai bordi di valle del parcheggio e campo sportivo posti all'entrata del centro sportivo. In particolare in questa zona è presente l'inclinometro S7D che ha dato segni di movimento verso valle che dovrebbe far supporre un abbassamento delle strutture visto che subito a valle è presente un pendio con chiare evidenze di movimento gravitativo.

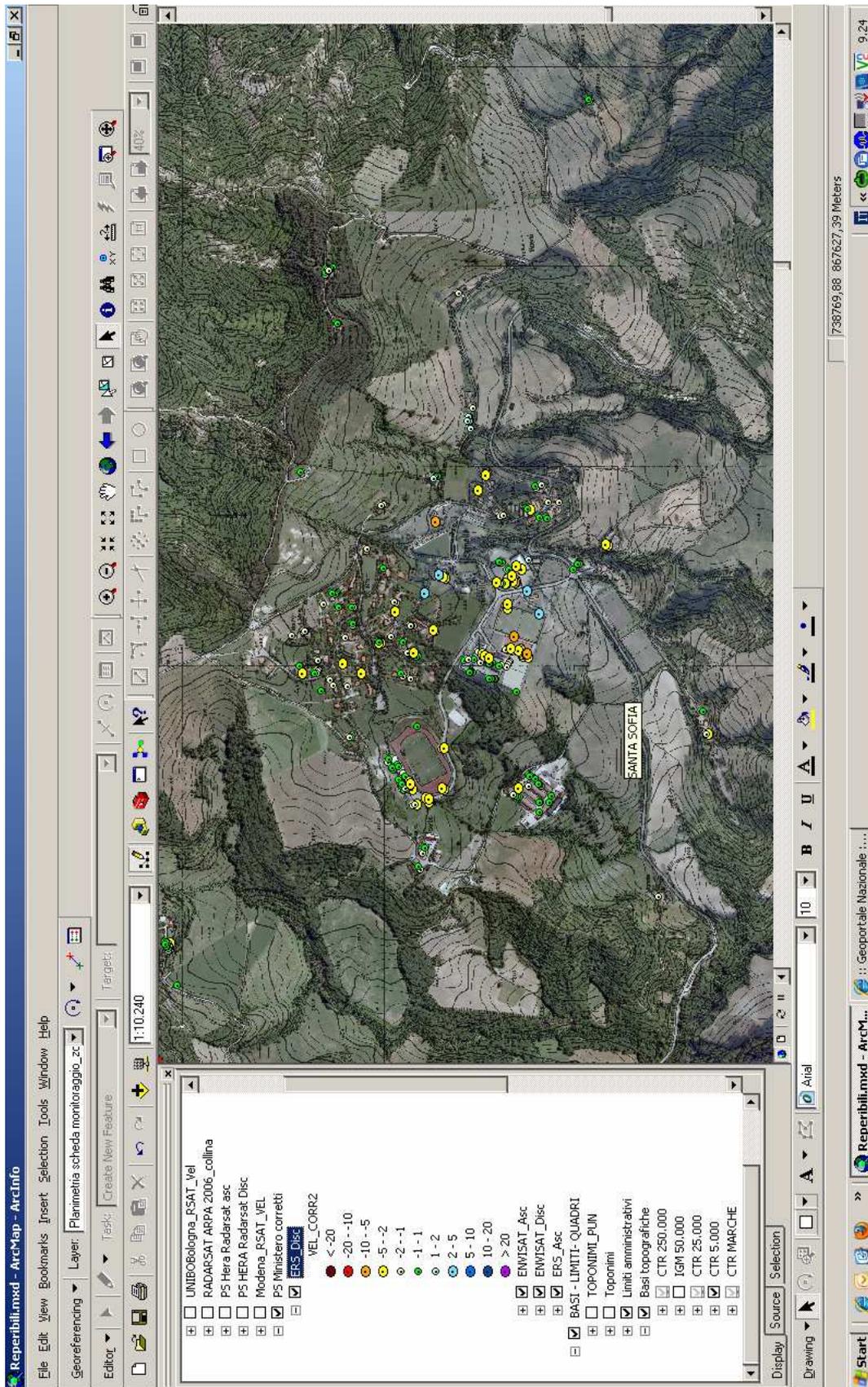
Altri valori significativi, sempre nel range -2 ÷ -5 mm/anno, si osservano sulla strada posta a valle del campo sportivo principale con pista atletica. Tali movimenti sono collegati all'instabilità dei muretti di contorno della strada posta al bordo di una ripida scarpata che è impostata su detrito e su riporto.

Altre evidenze, si osservano nella zona immediatamente a Ovest del laghetto, dove è presente l'inclinometro SI304, posto in opera dall'STB, e che ha mostrato velocità medie di spostamento dell'ordine di 17 mm/anno. In questa zona alcuni P.S. mostrano valori positivi, mentre altri mostrano valori negativi. I tre punti sembrano essere posizionati sul fabbricato non più in uso posto in vicinanza del laghetto. Il loro spostamento relativo sembra essere connesso al basculamento dell'edificio stesso. Infatti ad abbassamenti sul lato Sud dell'edificio corrispondono innalzamenti sul lato Nord.

Per il resto non si riconoscono altre zone uniformi dove si ha una distribuzione statisticamente significativa del trend di velocità annua.

A parte le valutazioni di merito rispetto alle varie zone, si può in ogni caso osservare che l'area di Spinello non è caratterizzata da un unico movimento di versante, ma si riconoscono diverse specifiche zone con problematiche di tipo diverso.

fig. 4 - misure interferometriche: immagine a cura del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna



### ***Rilievo dei dissesti nell'area di espansione residenziale e nel Centro di Sportilia***

In data 9 ottobre 2006 il Servizio Tecnico di Bacino Romagna ha presentato una relazione relativa ai rilievi dei dissesti negli edifici situati nell'area di espansione residenziale e nel Centro di Sportilia, prendendo a riferimento le cause connesse a:

- carenze strutturali e/o costruttive in elevazione;
- carenze strutturali e/o costruttive nelle fondazioni;
- il sisma dell'appennino forlivese del gennaio 2003;
- movimenti gravitativi di insieme (frana).

Il rilievo, effettuato nel periodo giugno-agosto 2006, ha interessato n. 73 edifici e n. 4 muri di sostegno; esso si è basato sull'esame esterno dei fabbricati, avvalendosi della documentazione progettuale recuperata negli archivi; non fu possibile invece disporre di informazioni riguardanti l'evoluzione dei dissesti nel tempo, eccetto qualche caso.

Nel complesso sono stati osservati dissesti di entità moderata interessanti un numero limitato di costruzioni (n.12 su 77, pari al 14%) eccetto un capannone degli anni settanta, in stato di abbandono da anni, che presenta un grave dissesto. Inoltre tutti i dissesti sono riferiti ad edifici con età di costruzione superiore ai 15 anni.

*In conclusione lo studio rileva che il dissesto osservato sulle costruzioni è attribuibile a effetti locali e precisamente a carenze strutturali dell'elevazione e a insufficienza delle fondazioni.*

### ***Datazione dei Suoli dell'area di Spinello***

Nell'anno 2010 con il Dott. Geol. Domenico Preti si è provveduto alla datazione dei suoli dell'area di Spinello, utilizzando il metodo speditivo che valuta il grado di reazione del suolo all'acido cloridrico.

In base a tale rilievo è risultato che i suoli dell'area su cui insiste l'area della località di Spinello oggetto di indagine non risultano essere stati sconvolti almeno fin dall'anno 1500. Cioè fin dall'anno 1500 non hanno mai subito processi di ringiovanimento.

## **Considerazioni della D.G.R. n. 1539/2010**

La D.G.R. n. 1539/2010 assegna alla Segreteria Tecnica dell'Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli la revisione della Normativa e della Perimetrazione dell'abitato di Spinello, dando indicazioni sulle modifiche da apportare al Progetto di variante già adottato, come sotto riportato.

1. attribuire uno o più livelli di pericolosità alla Zona 2s coerentemente con gli esiti del monitoraggio, seguendo la procedura prevista ai commi 5 e 6 dell'art 12 quater della Normativa del Progetto di variante;
2. valutare se ricorrono le condizioni per ridurre il livello di pericolosità dell'area a monte della Strada comunale Spinello-Maestà, ricadente in Zona 4s, da "pericolosità media" ad "area di possibile influenza";
3. rendere la normativa della Zona 5s maggiormente rispondente al livello di pericolosità attribuite, con specifico riferimento al fatto che le nuove edificazioni dovranno essere realizzate senza determinare un aggravio della pericolosità per l'area stessa e per quelle adiacenti, prestando particolare attenzione alla valutazione dei carichi e alla presenza di acqua nel terreno;
4. nelle norme della Zona 5s fare riferimento alla normativa vigente senza riportare nel testo disposizioni già in essa contenute;
5. nel quarto alinea del comma 10 dell'art. 12 quater della Normativa richiamare oltre al D.M. LL.PP. 11 marzo 1988 anche il D.M. I. 14 gennaio 2008;

6. valutare i dati ottenuti con l'interferometria radar da satellite nel periodo 1992-2007 relativi al versante di Spinello, che il Ministero dell'Ambiente ha acquistato e ha recentemente trasmesso al Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli;

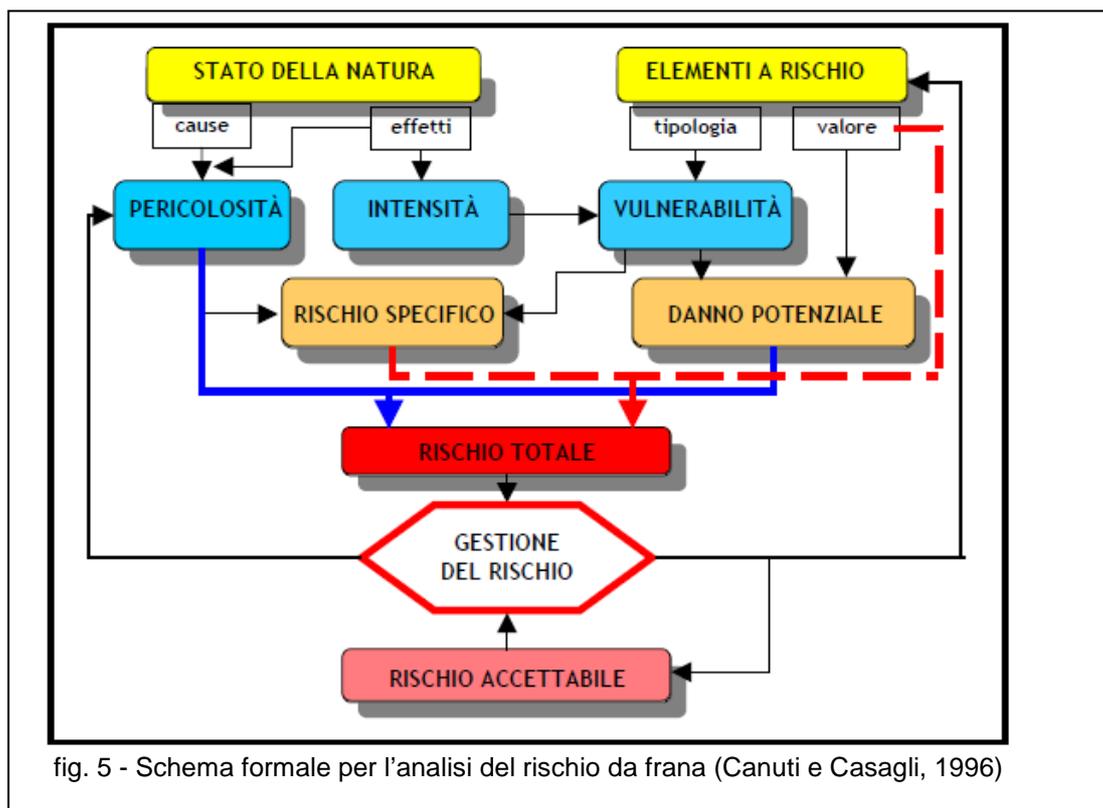
Poi la suddetta D.G.R. prende atto delle osservazioni del Comune di Santa Sofia, esplicitate in sede di Conferenza Programmatica, e concorda un percorso di **revisione della perimetrazione a partire dal parere regionale e dalle proposte del Comune di Santa Sofia che chiede la revisione complessiva delle normative e della perimetrazione.**

## Metodologia di approccio alla valutazione del rischio da frana per l'area di Spinello

L'area di Spinello è già stata riconosciuta come area a rischio ed attualmente è vigente una perimetrazione con zonizzazione di aree a diversa pericolosità, secondo la metodologia adottata dall'Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli per il Rischio da Frana nel Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico.

In considerazione delle peculiarità dell'area di Spinello e delle indagini geognostiche, rilievi sul campo e verifiche effettuate, l'attuale fase di pianificazione è rivolta alla gestione del rischio.

Nella figura sottostante si riporta lo schema di flusso che mostra le diverse fasi per una completa analisi e gestione del Rischio da frana. Inoltre si riportano le definizioni di rischio.



Facendo riferimento al rapporto UNESCO di VARNES & IAEG (1984) si forniscono le definizioni relative alle componenti che concorrono nella determinazione del rischio di frana. Il rischio di frana può essere rappresentato dalla seguente espressione:

$$R=P*V*E$$

Dove

P = *pericolosità (hazard)*: probabilità che un fenomeno potenzialmente distruttivo si verifichi in un dato periodo di tempo ed in una data area.

E = *elementi a rischio (element at risk)*: popolazione, proprietà, attività economiche, inclusi servizi pubblici etc., a rischio in una data area.

V = *vulnerabilità (vulnerability)*: grado di perdita prodotto su un certo elemento o gruppo di elementi esposti a rischio risultante dal verificarsi di un fenomeno naturale di una data intensità. E' espressa in una scala da 0 (nessuna perdita) a 1 (perdita totale).

Rs = *rischio specifico (specific Risk)*: grado di perdita atteso quale conseguenza di un particolare fenomeno naturale. Può essere espresso dal prodotto di P per V.

R = *rischio totale (total Risk)*: atteso numero di perdite umane, feriti, danni alla proprietà, interruzione di attività economiche, in conseguenza di un particolare fenomeno naturale.

A tali definizioni è possibile aggiungere quella di *danno potenziale* intesa come l'entità delle perdite nel caso del verificarsi di un evento temuto con una certa intensità. Espresso dal prodotto di V per E.

In sintesi la valutazione del rischio consiste nell'analisi dei rapporti che intercorrono fra i vari fattori di vulnerabilità del territorio e le diverse forme di pericolosità possibili. La mitigazione del rischio può essere attuata, a seconda dei casi, intervenendo nei confronti della pericolosità (interventi strutturali), della vulnerabilità o del valore degli elementi a rischio (interventi non strutturali).

### **Valutazione del rischio da frana per l'area di Spinello a seguito degli studi realizzati**

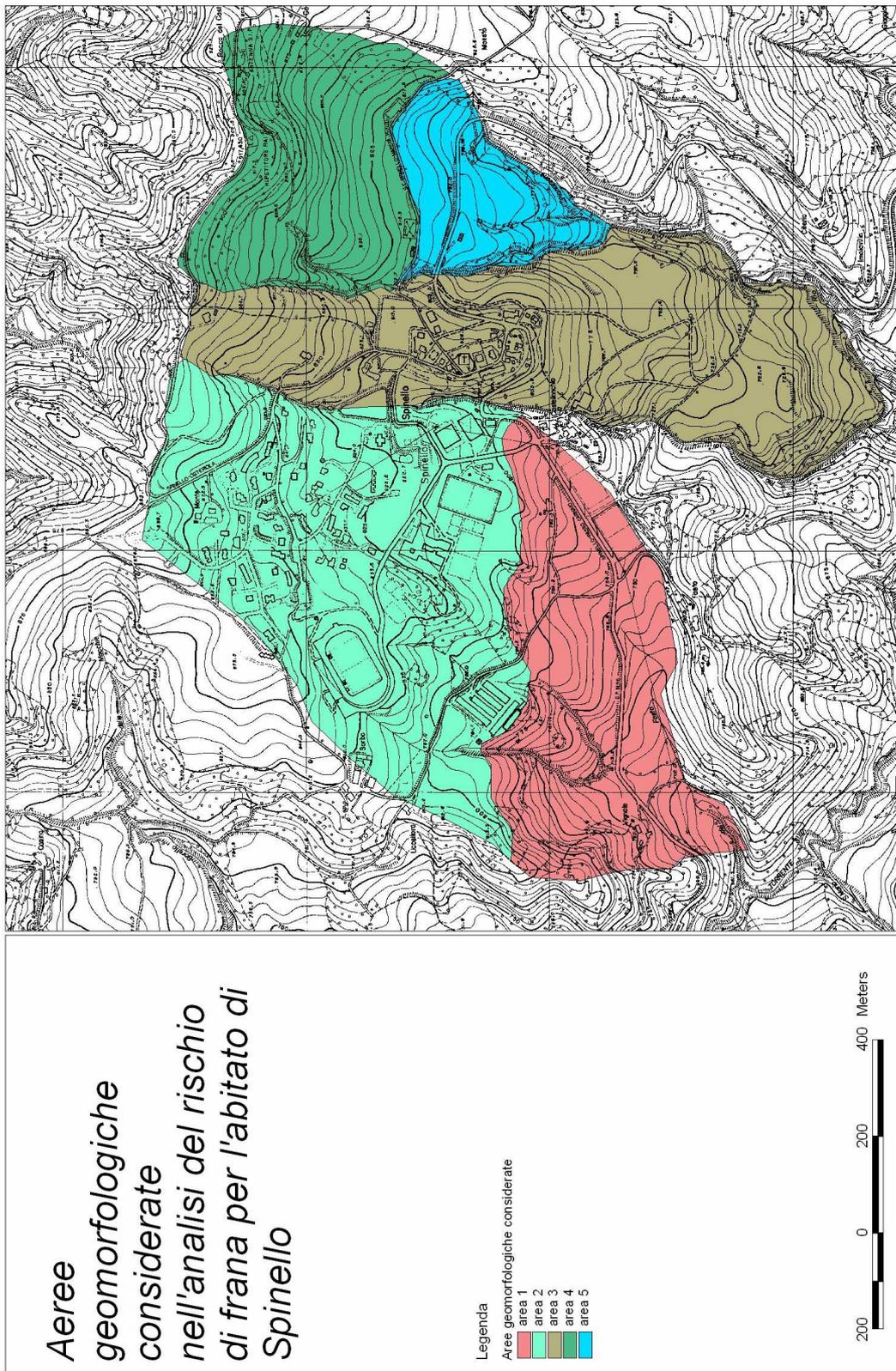
Prendendo avvio dalla suddetta espressione del Rischio, nel seguito si valuteranno i singoli fattori che concorrono a determinare il Rischio per l'area di Spinello.

A seguito delle indagini eseguite sull'area di Spinello è possibile suddividere l'area in diverse unità geomorfologiche con differenti processi evolutivi.

1. Area in corrispondenza della S.P. n. 96, lungo il Rio Faeto, dove è presente una conclamata colata, come evidenziato anche dalle misure inclinometriche. La colata tende a richiamare, per via di una morfologia con pendenze relativamente più elevate, i terreni del pendio che si spinge circa ai margini di Sportilia.
2. Area in corrispondenza di "Sportilia" e del "Villaggio" fino al Rio di Castellonchio, dove le misure inclinometriche e l'interferometria da satellite indicano movimenti di versante lenti che mostrano essere zonizzati, cioè non ascrivibili ad un unico movimento.
3. Area in corrispondenza del centro abitato di Spinello, limitata a Est da un fosso affluente nel Rio Pianazzone, fino alla confluenza con il Rio di Castellonchio. In questa area, caratterizzata da zone pianeggianti, in contropendenza e con versanti relativamente pendenti, non si evidenziano estesi movimenti di versante. Le analisi di stabilità, eseguite dall'Università di Firenze, mostrano una possibile instabilità del versante in condizioni statiche a partire dalla zona immediatamente a valle di dell'abitato di Spinello.
4. Area posta a Est dell'abitato di Spinello ed a monte della S.C. Spinello-Maestà. Qui le indagini geofisiche evidenziano uno spessore massimo della coltre di circa 6÷7 m. In questa zona l'inclinometro installato a valle della strada, sotto l'edificio rurale, non ha dato segnali di movimento. Il rilievo ha evidenziato solo piccoli movimenti superficiali.
5. Area a sud della S.C. Spinello-Maestà. Questa area è caratterizzata da spessore di detrito attorno a 15÷20 m, come evidenziato dalle indagini geofisiche. Il rilievo di campagna non

ha evidenziato particolari e significativi dissesti di versante, se non un modesto dissesto, probabilmente superficiale, osservato a Est della zona, subito a monte della S.P. n.96.

fig. 6 – aree geomorfologiche analizzate



Essendo la Pericolosità funzione dell'intensità o magnitudo del possibile evento che può verificarsi in una data area P(I), è necessario individuare il tipo di intensità, o sue combinazioni, che meglio descrivono i fenomeni osservabili nelle aree in esame.

**Area 1 – attualmente le strutture presenti sono due campi da calcio nella parte alta, attualmente inutilizzati, e la strada provinciale S.P. 96**

Questa area è caratterizzata dalla presenza di una conclamata colata, riconosciuta in più occasioni da diversi autori.

Le misure inclinometriche hanno evidenziato movimenti con velocità oltre i 40 mm/anno (S3D) e rottura di un inclinometro (S3Dbis).

Le verifiche di stabilità eseguite dall'Università di Firenze hanno evidenziato coefficienti di sicurezza sempre inferiori all'unità in condizioni sismiche, mentre in condizioni statiche alcune zone intermedie delle sezioni realizzate hanno evidenziato valori dei coefficienti di sicurezza compresi tra 1.25 e 1.45.

In queste condizioni può assumersi una pericolosità da frana da media a medio-elevata. Un peggioramento del dissesto potrebbe influenzare la parte marginale di valle dell'area 2.

**Area 2 – caratterizzata dalla presenza di un nucleo abitato e da importanti attività economiche: Sportilia e il “Villaggio”.**

Nel caso specifico si osserva:

- i movimenti di versante non sono ascrivibili ad un unico movimento;
- sono zonizzati ed avvengono su superfici con inclinazioni modeste (da circa 2÷3° a circa 6÷7°);
- il substrato presenta ondulazioni e contropendenze in accordo più con superfici di erosione che non di scivolamento gravitativo;
- i movimenti non determinano modifiche morfologiche significative;
- Le verifiche di stabilità eseguite dall'Università di Firenze evidenziano coefficienti di sicurezza a favore della stabilità dell'area in condizioni statiche e sismiche. Solo nella zona di margine si hanno coefficienti prossimi a 1 in condizioni statiche e uguali o inferiori a 1 in condizioni sismiche;
- sull'area sono stati installati un significativo numero di inclinometri.

Quindi, da quanto sopra, appare più opportuno utilizzare principalmente la velocità di movimento quale indicatore dell'intensità del fenomeno in atto, ovviamente da correlarsi con gli altri elementi descrittivi dell'assetto geomorfologico del versante, essendo anche presenti misurazioni in numero sufficientemente significativo per descrivere il fenomeno, realizzate a partire dal 2006.

A tale scopo si fa riferimento alla Classificazione dei movimenti franosi in base alla velocità di *International Union of Geological Science - Working Group on Landslides (1995)* e *Cruden & Varnes, (1996)*, dove la velocità di una frana viene correlata ai danni che può causare.

Classe	Descrizione	Danni osservabili	Velocità tipica	Velocità m/s
1	ESTREMAMENTE LENTO	Impercettibile senza strumenti di monitoraggio. <b>Costruzione di edifici possibile con precauzioni.</b>	<16 mm/anno	$5 \times 10^{-10}$
2	MOLTO LENTO	Alcune strutture permanenti possono non essere danneggiate dal movimento.	<1.6 m/anno	$5 \times 10^{-8}$
3	LENTO	Possibilità di intraprendere lavori di rinforzo e restauro durante il movimento. Le strutture meno danneggiabili possono essere mantenute con frequenti lavori di rinforzo se lo spostamento totale non è troppo grande durante una particolare fase di accelerazione.	<13 m/mese	$5 \times 10^{-6}$
4	MODERATO	Alcune strutture temporanee o poco danneggiabili possono essere mantenute	<1.8 m/h	$5 \times 10^{-4}$
5	RAPIDO	Evacuazione possibile. Distruzione di strutture, immobili ed installazioni permanenti.	<3 m/min	$5 \times 10^{-2}$
6	MOLTO RAPIDO	Perdita di alcune vite umane. Velocità troppo elevata per permettere l'evacuazione delle persone.	<5 m/s	5
7	ESTREMAMENTE RAPIDO	Catastrofe di eccezionale violenza. Edifici distrutti per l'impatto del materiale spostato. Molti morti. Fuga impossibile.	>5 m/s	

Nella tabella seguente si riportano le classi dei movimenti franosi in funzione delle velocità mensili, per favorire la lettura delle successive tabelle e degli istogrammi di figura 7.

Classe	Descrizione	Velocità mensile
1	ESTREMAMENTE LENTO	<1,3 mm/mese
2	MOLTO LENTO	<13,3 cm/mese
3	LENTO	<13 m/mese
4	MODERATO	<1,3x10 <sup>3</sup> m/mese
5	RAPIDO	<1,3x10 <sup>5</sup> m/mese
6	MOLTO RAPIDO	<1,3x10 <sup>7</sup> m/mese
7	ESTREMAMENTE RAPIDO	>1,3x10 <sup>7</sup> m/mese

Dai dati degli inclinometri installati in quest'area si ricavano le velocità di movimento del pendio riportate nelle tabelle sottostanti e negli istogrammi di fig. 7.

#### Velocità alla profondità di movimento

Inclinometro	Anno inizio movimenti	Velocità media mm/anno	Velocità massima relativa mm/mese	Profondità movimento m da p.c.	Direzione movimento
S7	2007	17,6	3,5	8,5	S
S6	2008	3,1	0,7	10	S
S304	2009	17,3	2,8	10	SE
S301	2009	2,7	0,8	3	S
XS2	2006	1,1	0,3	6,5	S

#### Velocità alla testata dell'inclinometro

Inclinometro	Anno inizio movimenti	Velocità media mm/anno	Velocità massima relativa mm/mese
S7	2007	23,4	4
S6	2008	16,2	3,6
S304	2008	21,6	4,3
S301	2009	8,6	1,2
XS2	2006	2,6	1,5

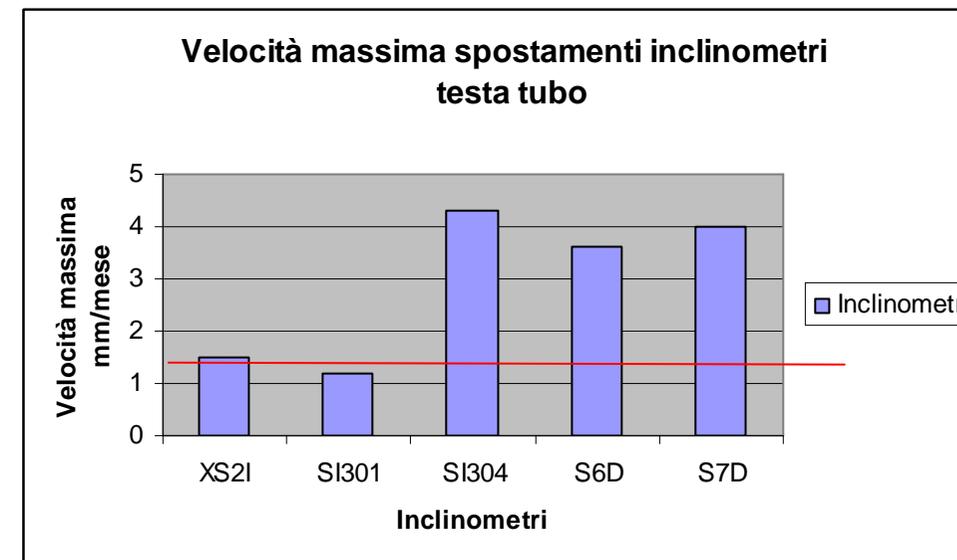
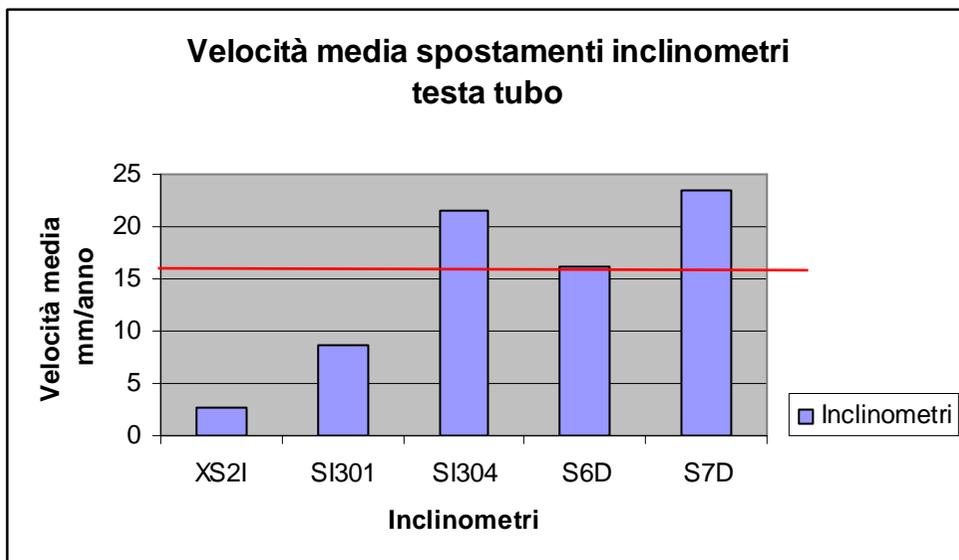
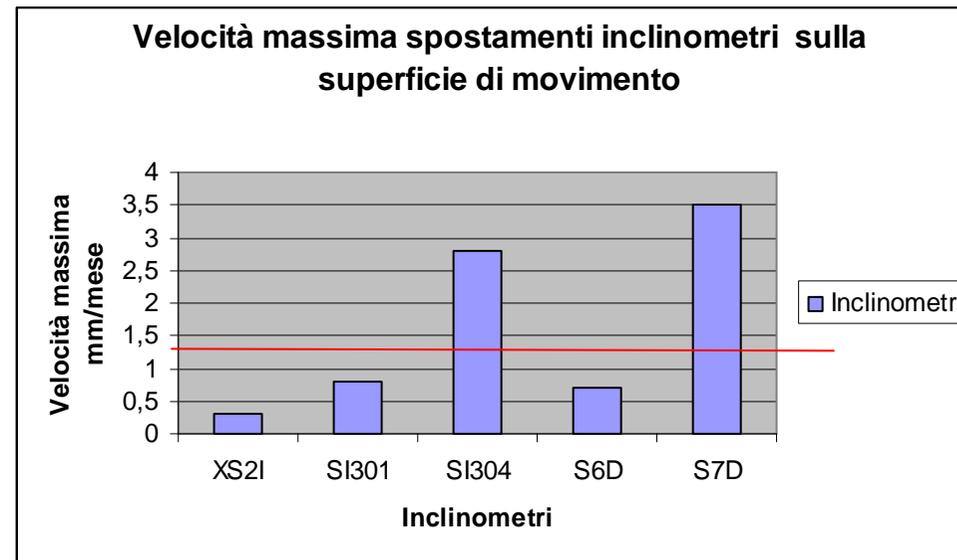
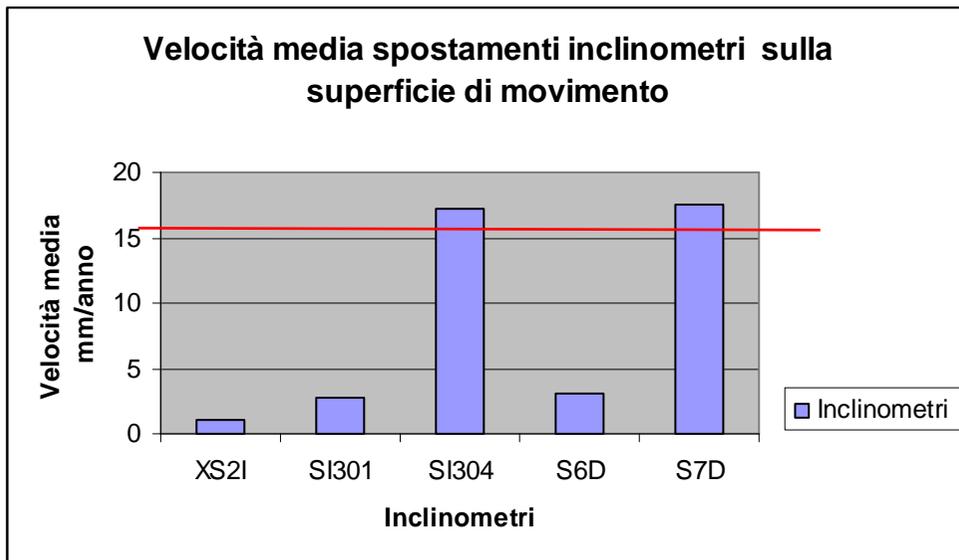


fig. 7 – Istogrammi delle velocità degli spostamenti di cinque inclinometri installati nell’Area 2. La linea rossa segna il limite tra le classi di movimento “Estremamente lento” – “Molto lento”.

Gli inclinometri ubicati nella porzione inferiore di quest'area mostrano velocità media e massima, alla testata che ricadono nel limite inferiore della Classe 2 "Molto lento" (>16 mm/anno, >1,3 mm/mese), mentre quelli ubicati nella porzione superiore dell'area in esame hanno velocità media ricadente nella Classe 1 "Estremamente lento" (<16 mm/anno, <1,3 mm/mese) e velocità massima prossima al limite tra Classe 1 e Classe 2.

Riguardo alla velocità media e massima, alla profondità di movimento, gli inclinometri ubicati nella parte inferiore dell'area mostrano velocità sempre ricadenti nella Classe 2 "Molto lento", mentre quelli ubicati nella porzione superiore e l'S6D, ubicato di fronte alla foresteria del Centro Sportilia, presentano velocità ricadenti nella Classe 1 "Estremamente lento".

Nella Classe 1 "Estremamente lento", segni del movimento sono impercettibili senza strumentazione di monitoraggi e risulta possibile la costruzione di edifici con precauzioni. Pertanto questo livello di pericolosità può essere facilmente mitigato agendo sulla *Vulnerabilità* delle opere urbanistiche presenti od eventualmente da realizzarsi.

*Vulnerabilità.* Per la valutazione della vulnerabilità si prende come riferimento lo studio sui fabbricati eseguito da STB nella zona di Sportilia e del Villaggio.

In tal modo è possibile verificare l'effetto dei movimenti di versante sugli elementi a rischio in un periodo sufficientemente ampio considerato che i fabbricati sono stati realizzati a partire dalla metà degli anni '70 alla fine degli anni '80.

L'indagine, condotta dagli ingegneri dell'STB, ha evidenziato che le strutture presenti in genere non sono state danneggiate dai movimenti di versante.

Pertanto alla luce di tali considerazioni gli elementi a rischio presenti sull'area, pur essendo strutture realizzate senza particolari accorgimenti di buona pratica costruttiva, non risultano essere generalmente stati coinvolti dal movimento di versante in atto.

Si ricorda comunque che in considerazione della tipologia di movimento, come osservato nella tabella della pericolosità in funzione della velocità del movimento, sicuramente la vita umana non risulta a rischio.

In sintesi si osserva:

- gli edifici realizzati fino ad ora, a partire dalla metà degli anni '70, non hanno in genere subito danni causati da movimenti di versante;
- le verifiche di stabilità hanno evidenziato coefficienti di sicurezza a favore della stabilità dell'area, sia in condizioni statiche che dinamiche. Quindi risulta improbabile che si verifichino fenomeni franosi significativi. Solo il margine di valle dell'area, ai limiti con la zona di richiamo della colata lungo il Rio Faeto, presenta coefficienti di sicurezza inferiori a 1 in condizioni sismiche;
- le misure inclinometriche hanno evidenziato velocità classificabili da molto lente a estremamente lente;

***Area 3 – dove sorge il centro abitato di Spinello, nella parte medio alta, ed alcune case rurali sia a monte che a valle dell'abitato di Spinello.***

L'inclinometro posizionato al centro dell'abitato di Spinello, misurato fin dalla metà del 2009, non ha dato segnali di particolari movimenti.

Per la valutazione della pericolosità dell'area si farà specificatamente riferimento alle verifiche di stabilità realizzate dall'Università di Firenze.

In base a tali verifiche risulta:

- La parte a monte dell'abitato di Spinello risulta sempre stabile sia in condizioni sismiche che statiche.
- La parte in corrispondenza dell'abitato di spinello presenta, secondo la scala proposta dall'Università di Firenze, una pericolosità bassa ( $1.75 < F_s < 2.05$ ) in condizioni statiche. Mentre in condizioni dinamiche la pericolosità diventa alta ( $1.05 < F_s < 1.15$ ).
- La parte di valle presenta una pericolosità alta ( $1.05 < F_s < 1.15$ ) in condizioni statiche e molto alta ( $F_s \leq 1.05$ ) in condizioni sismiche, almeno per il tratto centrale della sezione considerata.

#### **Area 4 e 5 – in questo territorio è presente un edificio rurale e il cimitero di Spinello**

Le misure dell'unico inclinometro presente (XS4I), posizionato immediatamente a valle della S.C. Spinello-Maestà, in prossimità dell'edificio rurale, non ha mai dato segnali di movimento.

Il rilievo di campagna non ha evidenziato particolari problematiche in riferimento al dissesto idrogeologico e, inoltre, l'evoluzione geomorfologica dell'area risulta non connessa con le zone urbanizzate di Spinello.

Pertanto alla luce di quanto sopra si prevede di stralciarla dalla carta delle perimetrazioni.

## **Cenni sulla possibile gestione dell'area di Spinello**

Per la gestione dell'area di Spinello si farà riferimento al *rischio specifico (specific Risk) Rs*: grado di perdita atteso quale conseguenza di un particolare fenomeno naturale. Può essere espresso dal prodotto di P per V.

In questo caso, stabilita una determinata pericolosità ed intensità del fenomeno, si valuta quale opere possono resistere a quel determinato fenomeno.

Da quanto sopra, si possono individuare 3 zone con caratteristiche di pericolosità assimilabili dove verificare le possibili differenti strategie di gestione del territorio.

**Zona 1** - Corrispondente all'area 1 e all'area 3 posta a valle dell'abitato di Spinello.

Il settore corrispondente all'area 1 risulta caratterizzata da una conclamata frana di colata e da verifiche di stabilità, eseguite dall'Università di Firenze, che evidenziano problematiche sulla stabilità dell'area sia in condizioni statiche che dinamiche.

Il settore corrispondente all'area 3 risulta caratterizzata da verifiche di stabilità, eseguite dall'Università di Firenze, con coefficienti di sicurezza compresi tra 1.05 e 1.15 in condizioni statiche e valori inferiori a 1.05 in condizioni sismiche. Tali verifiche sono indicatori di possibili problematiche sulla stabilità globale dell'area.

In questa zona edifici poco strutturati potrebbero essere seriamente danneggiati dalle velocità di movimento riscontrate dagli inclinometri. Edificazioni più strutturate e impostate con fondazioni in profondità potrebbero essere lievemente danneggiate dai movimenti di versante e potenzialmente seriamente danneggiati qualora i coefficienti di sicurezza scendano sotto l'unità, in particolare durante eventi sismici.

Pertanto per questa zona risulterà opportuno limitare al massimo l'uso del suolo finalizzato alle edificazioni.

**Zona 2** – zona intermedia posta tra la zona 1 e la zona 3 corrispondente all'area 2 di valle ed all'area 3 intermedia.

Caratterizzata da movimenti di versante che possono raggiungere velocità molto lente, da lenti movimenti segnalati dal rilievo satellitare e da verifiche di stabilità indicanti possibili instabilità della zona in condizioni sismiche.

In questa zona intermedia di passaggio tra la zona 1 e la zona 3 è stata ricompresa anche l'area della Foresteria, corrispondente all'inclinometro S6D. Tale scelta è scaturita principalmente dall'osservazione morfologica dell'area che presenta una forma convessa, quindi con più alta attitudine a drenare le acque sotterranee che potrebbero determinare un aumento delle pressioni interstiziali, con conseguente incremento della pericolosità locale.

Per queste zone l'uso del territorio dovrebbe avvenire con grande cautela, avendo cura che i successivi interventi rivolti all'edificazione o alla ristrutturazione dell'esistente agiscano con opere che siano rivolte alla mitigazione del rischio nel suo complesso: agendo sia sulla pericolosità che sulla vulnerabilità, oltre che sugli elementi esposti al rischio.

**Zona 3** – zona corrispondente all'area 2 e all'area 3 di monte.

Questa zona è caratterizzata da movimenti di pendio estremamente lenti, così come registrati dagli inclinometri, da verifiche di stabilità che indicano una pericolosità di frana praticamente nulla, da misure del movimento da rilievo satellitare praticamente nullo e dai rilievi strutturali sull'edificato che mostrano come gli edifici non abbiano subito conseguenze dai lenti movimenti di pendio, almeno negli ultimi 30-40 anni.

Per questa zona importante risulterà realizzare opere caratterizzate da bassa vulnerabilità rispetto ai movimenti lenti di versante.

In particolare i fabbricati più importanti dovranno essere realizzati con fondazioni profonde, incastrati nel substrato formazionale integro ed atte a sopportare azioni orizzontali. Particolare cura andrà seguita nella manutenzione delle infrastrutture e delle reti idriche, con continuo monitoraggio sia dei movimenti che delle opere presenti e da realizzarsi.

## Bibliografia

Associazione Svizzera per Sistema di Qualità e di Manegemant (SQS), (2008) *Gestione del Rischio*, Zollikofen (CH), Associazione Svizzera per Sistema di Qualità e di Manegemant (SQS).

CANUTI P. & CASAGLI N. (1994): *Considerazioni sulla valutazione della pericolosità da frana*. Atti Conv. Bologna, 27 maggio 1994, CNR-GNDCI, pubbl. 846.

Colombo A., Cucchi A., Mallen L., Morelli M., Nicolò G., Troisi C. (2009), *La tecnica interferometrica satellitare PSInSAR<sup>TM</sup>: l'esperienza in Piemonte. Metodo e diffusione dei dati da parte di ARPA Piemonte*. Bologna, presentazione.

CRUDEN D.M. & VARNES D.J. (1996): *Landslide types and processes*. In: A.K Turner e R.L Schuster (eds.): *Landslides: investigation and mitigation*. Transportation Res. Board, Special Report 247, National Academy Press, Waschington D.C., 36-75.

FELL R. (1994): *Landslide risk assessment and acceptable risk*. Canadian Geotechnical Journal, 31(2), 261-272.

International Union of Geological Science - Working Group on Landslides (1995). "A suggested method for describing the rate of movment of a lanslide" Bulletin of the International Associaton of Engeneering Geology.

MADIAI C., VANNUCCHI G., FACCIORUSSO J., (2009) "Studio finalizzato alla valutazione della risposta sismica locale e della stabilità del versante di Spinello" a cura dei del Dipartimento di Ingegneria Civile a Ambientale dell'Università di Firenze. Finanziato dalla Regione Emilia-Romagna;

MARTELLI L. (2009) "Microzonazione sismica del versante di Spinello, Comune di S. Sofia (FC)" a cura del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli. Regione Emilia-Romagna.

Provincia Autonoma di Bolzano (2008) *DIRETTIVE PER LA REDAZIONE DEI PIANI DELLE ZONE DI PERICOLO (PZP) E PER LA CLASSIFICAZIONE DEL RISCHIO SPECIFICO (CRS)*, Bolzano, Supplemento n. 2 al B.U. n. 35/I-II del 26.8.2008

TANZINI M. (2001): *Fenomeni franosi e opere di stabilizzazione*. Dario Flaccovio Ed. Palermo.

Tesi di laurea di: Dallapozza S., Relatori: Prof. M. Berti, Co-relatori: A. Fantini, R. Bonasso (2007-2008), *Dinamica di frane quiescenti tramite analisi di dati inclinometrici* (Bologna), Università degli Studi di Bologna.