

**D.g.r. 14 dicembre 2011 - n. X/2684**  
**Approvazione di linee guida per la progettazione, esecuzione, gestione e manutenzione dei sistemi di monitoraggio, nell'ambito della prevenzione del rischio idrogeologico in Lombardia**

LA GIUNTA REGIONALE

Vista la l. 24 febbraio 1992 n. 225 che istituisce il Servizio Nazionale della Protezione Civile, e all'art. 6, primo comma, prevede che, secondo i rispettivi ordinamenti e le rispettive competenze, le regioni, i comuni, e le comunità montane provvedano all'attuazione delle attività di protezione civile, anche mediante la stipula di convenzioni;

Vista la l. r. 5 gennaio 2000, n.1 che, all'art. 3 comma 110, prevede che siano trasferite alla province, ai comuni, e alle comunità montane le funzioni concernenti la progettazione, l'esecuzione, e la gestione delle opere di difesa del suolo relative alle aree, ai manufatti e alle infrastrutture di proprietà dei singoli enti, ivi comprese le opere di pronto intervento, di monitoraggio e di prevenzione;

Visto l'art.4 della l. r. 22 maggio 2004 n. 16, che definisce le funzioni della Regione nell'ambito del sistema regionale di protezione civile, e che in particolare all'art. 4 comma 1 attribuisce alla Regione il coordinamento dell'attività di previsione e prevenzione e al comma 2 lettera e) del medesimo articolo individua la Regione come soggetto che cura, nell'ambito dei sistemi di monitoraggio, il convenzionamento per la loro utilizzazione nonché il coordinamento di quelli esistenti e programmati;

Vista la d.g.r. 5 agosto 2010 n. 465 «*Presa d'atto della comunicazione del presidente Formigoni avente come oggetto: Attuazione PRS - Presentazione Programmi Operativi*» che prevede, tra i programmi operativi dell'area territoriale, in coerenza con il p.r.s. della IX Legislatura «La sicurezza del territorio» e che individua in particolare tra gli obiettivi specifici «La prevenzione dei rischi»;

Vista la d.c.r. del 28 settembre 2010 n. 56: «Programma Regionale di Sviluppo» che prevede la necessità delle azioni di monitoraggio dei rischi naturali nell'ambito di un sistema integrato di politiche tra diversi soggetti istituzionali;

Dato atto che nel corso del 2007 e 2008 la Regione ha effettuato un censimento dei sistemi di monitoraggio geologico e geotecnico esistenti sul territorio regionale;

Dato atto che il censimento effettuato (d.d.u.o. n. 14246 del 4 dicembre 2008) è stato propedeutico all'individuazione delle reti di monitoraggio geologico di interesse regionale;

Considerato che il d.d.u.o. n. 14246/2008 di cui sopra demanda ad un successivo provvedimento «l'approvazione di un documento tecnico predisposto dal Sistema Allargato riguardante le linee guida per la gestione da parte degli enti locali delle reti di monitoraggio geologico, al fine di una razionalizzazione dei sistemi ed una omogeneizzazione dei dati per consentire un coerente processo di validazione da parte del Sistema Allargato stesso»;

Vista la d.g.r. 9 novembre 2009 n. 10498 con la quale è stato approvato lo schema di convenzione con i comuni a particolare criticità idrogeologica nei territori delle province di Bergamo, Brescia, Como, Varese, Lecco per il coordinamento delle azioni di monitoraggio geologico e invio dati al Centro Funzionale Regionale di Monitoraggio (art. 4, comma 1, l.r. 16/2004);

Considerato che, anche alla luce di quanto previsto dallo schema di convenzione (art. 2, punto 2.1, lettera b) approvato con la medesima d.g.r., si rende necessaria la predisposizione di linee guida per la progettazione, la realizzazione e la gestione di sistemi di monitoraggio geologico-geotecnico a beneficio degli enti locali interessati;

Considerato altresì che è necessario uniformare e standardizzare l'acquisizione, la validazione e il trattamento dei dati provenienti dalle reti di monitoraggio anche al fine di una loro trasmissione al Centro Funzionale Regionale di Monitoraggio presso la sala operativa di Protezione Civile e per consentire l'armonizzazione con le banche dati regionali;

Vista la d.g.r. 23 dicembre 2009 n. VIII/10880 «Documento tecnico di accompagnamento al 'Bilancio di previsione per l'esercizio finanziario 2010 e bilancio pluriennale 2010/2012 a legislazione vigente e programmatico' e programmi annuali di attività degli enti ed aziende dipendenti» ed in particolare il Vol. 2 - Allegato D - capitolo 4;

Visto il Piano Operativo presentato da ArpaLombardia in allegato alla nota del 15 giugno 2010 prot. n. 84799 (pervenuta 13 luglio 2010 prot. Y1.2010.0009212) avente per oggetto «Linee

guida di prima applicazione per la progettazione, installazione, gestione e manutenzione di sistemi di monitoraggio geologico-geotecnico e termo pluviometrico»;

Visto il d.d.u.o. 30 settembre 2010 n. 9682 con il quale è stato approvato il Piano Operativo di ArpaLombardia;

Preso atto che ArpaLombardia ha trasmesso la prima bozza, in seguito a diversi incontri e alle indicazioni fornite dalla DG Protezione Civile, Polizia Locale e Sicurezza, ha predisposto e presentato il documento finale con nota in data 24 maggio 2011 prot. 71693;

Visto il disciplinare sottoscritto da Regione Lombardia - D.G. Protezione Civile, Polizia Locale e Sicurezza e ArpaLombardia in data 29 luglio 2011 n. 15453 «*Disciplinare operativo dei servizi di assistenza meteorologica e monitoraggio meteorologico, idrologico, geotecnico, nivologico e degli incendi boschivi a supporto delle attività di previsione e prevenzione dei rischi*» che prevede all'art. 5, relativamente ai servizi di monitoraggio geotecnico, l'acquisizione da parte del Centro Funzionale di Monitoraggio Regionale e della U.O. Sistema integrato di Prevenzione dei dati di monitoraggio dei dissesti;

Considerato che l'osservanza delle linee guida da parte degli enti locali potrà costituire criterio di priorità in caso di finanziamenti per la realizzazione di reti di monitoraggio geologico sul territorio regionale;

Visti tutti i provvedimenti organizzativi della IX legislatura;

All'unanimità dei voti espressi nelle forme di legge;

DELIBERA

1) di approvare, in prima applicazione, l'allegato documento denominato «Linee guida per la progettazione, esecuzione, gestione e manutenzione dei sistemi di monitoraggio geologico», parte integrante e sostanziale della presente deliberazione;

2) di disporre che venga effettuata adeguata comunicazione agli enti locali e agli ordini professionali interessati;

3) di stabilire che l'allegato di cui al punto 1) possa essere aggiornato, in accordo con ArpaLombardia, nell'ambito dell'attività di supporto tecnico nell'attività di monitoraggio a favore degli enti e strutture locali (art. 5 del disciplinare del 29 luglio 2011 n. 15453 citato in premessa), anche sulla base di proposte, adeguatamente motivate, provenienti dagli ordini professionali interessati;

4) di stabilire che l'osservanza delle linee guida da parte degli enti locali potrà costituire criterio di priorità in caso di finanziamenti per la realizzazione di reti di monitoraggio geologico sul territorio regionale;

5) di disporre la pubblicazione della presente delibera e dell'allegato sul Bollettino Ufficiale della Regione Lombardia.

Il segretario: Marco Pilloni

\_\_\_\_\_ . \_\_\_\_\_

**Linee guida per la progettazione, esecuzione, gestione e manutenzione dei sistemi di monitoraggio geologico****Sommario**

- 1 Premessa
  - 1.1. Finalità delle linee guida
  - 1.2. Riferimenti normativi
  - 1.3. Funzioni e finalità di un sistema di monitoraggio
- PARTE PRIMA
- 2 Installazione di nuovi sistemi
  - 2.1. Criteri progettuali
    - 2.1.1. Fase conoscitiva
    - 2.1.2. Fase di approfondimento
    - 2.1.3. Definizione scenari di rischio a supporto di piani di Protezione Civile
    - 2.1.4. Individuazione criticità e pianificazione d'emergenza
  - 2.2. Contenuti del progetto preliminare
  - 2.3. Contenuti del progetto definitivo
  - 2.4. Contenuti del progetto esecutivo
  - 2.5. Banche dati
- 3 Definizione della strumentazione di controllo
  - 3.1. Strumentazione geotecnica superficiale
    - 3.1.1. Estensimetri
    - 3.1.2. Fessurimetri
    - 3.1.3. Distometri
    - 3.1.4. Inclinatori da parete
  - 3.2. Strumentazione geotecnica in fori di sondaggio
    - 3.2.1. Tubi inclinometrici
    - 3.2.2. Sonde inclinometriche fisse
    - 3.2.3. Estensimetri multibase
    - 3.2.4. Tubi piezometrici e sensori
    - 3.2.5. Assestimetri
    - 3.2.6. Cavi "TDR": *Time Domain Reflectometry*
  - 3.3. Strumentazione topografica
    - 3.3.1. Stazione Totale
    - 3.3.2. Antenne GPS
    - 3.3.3. Mire ottiche
- 4 Strumentazione per l'acquisizione e trasmissione dati
  - 4.1. Data Logger
  - 4.2. Sistemi di trasmissione e telecontrollo
    - 4.2.1. Radio UHF
    - 4.2.2. Modem GSM/GPRS
    - 4.2.3. Sistemi Wireless
  - 4.3. Sistemi di alimentazione elettrica
  - 4.4. Cablaggi, supporti e accessori di installazione
- 5 Indagini geognostiche per l'installazione di strumentazione in foro (cenni)
  - 5.1. Perforazioni a carotaggio continuo
  - 5.2. Perforazioni a distruzione di nucleo
  - 5.3. Diagrafie
- 6 Procedure autorizzative per l'impianto di strumentazione di monitoraggio
  - 6.1. Autorizzazione proprietari fondi
  - 6.2. Conferenza di servizi ( Legge 241/1990 art. 14, comma 2)
  - 6.3. Trasformazione del bosco (L.R. 31/2008 art. 43)
  - 6.4. Vincolo idrogeologico (art. 7 del R.D. 3267 del 30 dicembre 1923, così come specificato dalla L.R. 31/2008 art. 44)
  - 6.5. Norme forestali interventi in deroga (art. 7 del R.R. n.5 del 20/7/2007 )
  - 6.6. Vincolo ambientale (artt. 146 del D.Lgs 42/2004 ed artt. 80 e 82 della L.R. 12/2005)
  - 6.7. Autorizzazione idraulica
  - 6.8. Autorizzazione aree a vincolo particolare
  - 6.9. Autorizzazione edilizia
- 7 Esecuzione di misure manuali
  - 7.1. Misure distometriche
  - 7.2. Misure inclinometriche
  - 7.3. Misure "TDR"
  - 7.4. Misure Piezometriche
  - 7.5. Misure topografiche
    - 7.5.1. Realizzazione rete
    - 7.5.2. Esecuzione misure
  - 7.6. Misure GPS
- 8 Cenni sui sistemi radar
  - 8.1. Utilizzo e caratteristiche del sistema radar da terra
  - 8.2. Realizzazione di postazione per uso del radar da terra
  - 8.3. Utilizzo e caratteristiche del sistema radar da satellite

## PARTE SECONDA

## 9 Manutenzione

## 9.1. Manutenzione preventiva

## 9.2. Manutenzione correttiva

## 9.3. Manutenzione straordinaria – evolutiva

## 10 Recupero – riattivazione sistemi di monitoraggio preesistenti

## 10.1. Recupero dati e informazioni

## 10.1.1. Strumentazione in foro

## 10.1.2. Strumentazione superficiale

## 10.2. Verifica installazione

## 10.3. Verifica funzionalità

## 10.4. Proposte di adeguamento – integrazione

## PARTE TERZA

## 11 Gestione dei dati e delle anagrafiche

## 11.1. File dati e formato di scambio

## 11.2. Anagrafiche

## GLOSSARIO

## Bibliografia scelta

— • —

## 1 Premessa

Le presenti linee guida sono suddivise in tre parti principali.

Nella prima parte sono illustrati gli aspetti inerenti l'installazione di nuove reti di monitoraggio, indicando i contenuti per le varie fasi di progettazione e i riferimenti per accedere alle banche dati regionali (cap. 2). Segue poi una descrizione dettagliata della strumentazione geotecnica e della strumentazione per l'acquisizione e la trasmissione dei dati, con un cenno alle indagini geognostiche per l'installazione della strumentazione in foro (cap. 3-5). Un capitolo (cap. 6) è inoltre dedicato all'illustrazione delle necessarie procedure autorizzative per l'esecuzione di un nuovo impianto di monitoraggio.

La prima parte si chiude con la descrizione delle modalità da seguire per una corretta acquisizione dei dati in manuale (cap. 7) ed alcune informazioni sulle tecnologie di monitoraggio mediante i sistemi radar (cap. 8).

La seconda parte della direttiva riguarda un aspetto molto importante e troppo spesso sottovalutato ovvero la manutenzione e recupero di una rete di monitoraggio. Vengono quindi descritte le varie tipologie di manutenzione (preventiva, correttiva e straordinaria) che devono essere previste per una corretta gestione delle reti (cap. 9) oltre alle modalità per il recupero di reti esistenti ai fini di una loro eventuale riattivazione (cap. 10).

La terza ed ultima parte, costituita da un unico capitolo (cap. 11), illustra infine la gestione dei dati e delle anagrafiche connesse con un sistema di monitoraggio.

A completamento delle direttive viene riportata la descrizione dei principali termini tecnici in tema di monitoraggio frane in un apposito Glossario e una bibliografia scelta.

### 1.1. Finalità delle linee guida

Le finalità delle presenti linee guida relative alla progettazione, manutenzione e gestione dei sistemi di monitoraggio geologico sono principalmente:

- fornire indicazioni e linee di indirizzo agli enti locali che hanno la necessità di installare un sistema di monitoraggio geologico sul proprio territorio al fine di trasferire e rendere disponibili i dati e le informazioni ad ArpaLombardia Centro Monitoraggio Geologico ed al Centro Funzionale di Monitoraggio Rischi (CFMR) della Regione Lombardia.
- fornire ai tecnici progettisti un quadro delle metodologie e delle specifiche tecniche della strumentazione utilizzabile per il monitoraggio delle frane;
- assicurare idonea progettazione e manutenzione nel tempo per limitare la vulnerabilità intrinseca ed ineliminabile dei sistemi di monitoraggio per quanto ben ideati e realizzati;
- uniformare le modalità di acquisizione dati sia automatica che manuale;
- omogeneizzare le modalità di gestione al fine di assicurare efficienza ed efficacia dei controlli;
- recuperare e aggiornare – nel limite del possibile – sistemi obsoleti o abbandonati;
- creare l'archivio unico secondo quanto previsto dall'art. 6 della legge 19 agosto 1999, n. 16 istitutiva di ArpaLombardia - implementando il Data Base con l'inserimento di dati definendo le modalità di validazione.
- rendere facilmente disponibili i dati in proprio possesso definendo modalità di consultazione e accesso agli archivi.

### 1.2. Riferimenti normativi

I principali riferimenti normativi nazionali e regionali in tema di monitoraggio geologico sono riportati di seguito:

- Legge 225/1992 – art. 3 comma 3: *“La prevenzione consiste nelle attività volte ad evitare o ridurre al minimo la possibilità che si verifichino danni conseguenti agli eventi di cui all'articolo 2 anche sulla base delle conoscenze acquisite per effetto delle attività di previsione.”*
- Legge 225/1992 – art. 12 comma 2: *“Le regioni, nell'ambito delle competenze ad esse attribuite dalla legge 8 giugno 1990, n. 142, provvedono alla predisposizione ed attuazione dei programmi regionali di previsione e prevenzione in armonia con le indicazioni dei programmi nazionali di cui al comma 1 dell'articolo 4.”*
- Legge Regionale 16/1999 - art. 5. comma 1: *“Le attività di controllo ambientale consistono: (...) b) nonché nell'analisi e nel controllo dei fattori fisici connessi a fenomeni, eventi o situazioni di rischio geologico, idrogeologico”.*
- Legge Regionale 16/1999 - art. 6. comma 1: *“Le attività di informazione ambientale consistono: a) nella raccolta sistematica, anche informatizzata, e nella integrale pubblicazione di tutti i dati sulla situazione ambientale regionale (...) b) nella realizzazione del sistema informativo e di monitoraggio ambientale”.*

Serie Ordinaria n. 51 - Lunedì 19 dicembre 2011

- Legge Regionale 1/2000 - art. 3 comma 110: "Sono trasferite alle province, ai comuni e alle comunità montane le funzioni concernenti la progettazione, l'esecuzione e la gestione di opere di difesa del suolo relative alle aree, ai manufatti e alle infrastrutture di proprietà dei singoli enti, ivi comprese le opere di pronto intervento, di monitoraggio e di prevenzione".
- Legge Regionale 16/2004 - art. 4 comma 1 lettera a): "1. La Regione coordina l'organizzazione e cura l'attuazione degli interventi di protezione civile svolgendo in particolare le seguenti attività: (...) - previsione e prevenzione dei rischi, secondo quanto previsto dal programma regionale di previsione e prevenzione".
- Legge Regionale 16/2004 - art. 4 comma 2: "La Regione, nell'ambito delle attività di cui al comma 1 e in conformità a quanto disposto dagli articoli 107 e 108 del d.lgs. 112/1998, cura in particolare: (...) c) le attività di studio, censimento e identificazione dei rischi sul territorio regionale: (...) e) la realizzazione di sistemi di monitoraggio per la rilevazione e il controllo dei fenomeni naturali o connessi con l'attività dell'uomo, il convenzionamento per la loro utilizzazione, nonché il coordinamento di quelli esistenti e programmati".
- Legge Regionale 16/2004 - art. 4 comma 8: "La Regione può concorrere col proprio contributo alle iniziative e agli interventi individuati dagli enti locali a tutela del territorio e delle popolazioni."
- Decreto Presidente della Repubblica 207/2010 "Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163, recante Codice dei contratti pubblici di lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE".
- Decreto Legislativo 163/2006 e ss.mm.ii. "Codice dei contratti pubblici di lavori, servizi, forniture".
- Decreto legislativo 81/2008 e ss.mm.ii. "Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro".

### 1.3. Funzioni e finalità di un sistema di monitoraggio

In relazione alle singole aree in dissesto gli scopi, cui è preposta la singola rete di monitoraggio, sono differenti e molteplici:

- **Monitoraggio conoscitivo**
  - esatta delimitazione di un fenomeno sia in termini di estensione areale che di profondità;
  - quantificazione dei movimenti in atto e la loro variazione spazio-temporale;
  - dipendenza dei movimenti al mutare delle condizioni idrauliche e meteorologiche;
  - efficienza di eventuali opere di stabilizzazione o consolidamento;
  - controllo strumentale delle opere eseguite.
- **Monitoraggio a fini di allertamento**
  - l'attivazione di piani di emergenza di Protezione Civile

— • —

## PARTE PRIMA

## 2 Installazione di nuovi sistemi

La progettazione di un sistema di monitoraggio è la parte più importante e nello stesso tempo più complessa relativa alla realizzazione di un sistema di monitoraggio. In questa fase vengono infatti definiti i luoghi, le strumentazioni, i modi ed i tempi di acquisizione dei dati.

### 2.1. Criteri progettuali

Anzitutto è di fondamentale importanza stabilire se il nuovo sistema di monitoraggio avrà finalità conoscitive piuttosto che funzione d'allertamento in collegamento ad un Piano di Protezione Civile. Nel primo caso la rete di monitoraggio potrà prevedere un'acquisizione dei dati anche solo in modalità manuale. Nel secondo caso risulta indispensabile che la rete di monitoraggio preveda un sistema di trasmissione dei dati in telemisura. Un secondo aspetto da tener presente è che l'installazione di una rete di monitoraggio può, in funzione della tipologia stessa della rete, essere sottoposta alla normativa sui lavori pubblici o, alternativamente, a quella sulla fornitura di servizi. I contenuti della progettazione descritti di seguito (paragrafi 2.2, 2.3 e 2.4) sono pensati per una fornitura di servizi ed andranno adeguati alla normativa dei lavori pubblici ove si ricada in detta tipologia.

#### 2.1.1. Fase conoscitiva

Deve consentire, anche tramite misure strumentali preliminari, di verificare la presenza di deformazioni in atto su un dissesto o un versante allo scopo di definirne le velocità e l'area interessata. Può conseguire ad attività emergenziali da realizzare in urgenza utilizzando quindi strumentazione ad acquisizione manuale (distometri e rilievi topografici/GPS). Velocità evolutiva ed estensione di un fenomeno sono i parametri indispensabili per proporre l'installazione di una rete di monitoraggio in termini di tipologia e frequenza dei controlli nonché per una prima stima dei costi.

#### 2.1.2. Fase di approfondimento

Gli esiti delle prime misure (vedi punto precedente) devono consentire di ipotizzare la dinamica evolutiva di un dissesto. Le verifiche opportune riguardano:

- la disponibilità di dati meteo climatici acquisiti da stazioni presenti nelle vicinanze;
- la necessità di integrare - sia in termini di numero che di tipologia - la strumentazione installata nella fase precedente;
- realizzare eventuali sviluppi per migliorare la qualità delle informazioni.

Gli approfondimenti devono portare a proporre un primo modello evolutivo, basato ad esempio su una relazione di causa ed effetto tra piogge e deformazioni, e definire quindi i possibili scenari e le modalità di controllo. Da questa fase può derivare un progetto di fattibilità che, oltre ad inquadrare la problematica, ne definisce i costi di impianto e di manutenzione, almeno a livello di pianificazione generale.

#### 2.1.3. Definizione scenari di rischio a supporto di piani di Protezione Civile

L'attivazione delle azioni previste in un piano di Protezione Civile può essere considerata la finalità per eccellenza di un sistema di monitoraggio posto a presidio di una infrastruttura o di un insediamento. Ovviamente tale finalità può essere raggiunta solo laddove la rete di monitoraggio geologico sia realizzata in teletrasmissione.

Gli steps operativi per la stesura di un piano di Protezione Civile sono stabiliti da apposite norme (vedi Delibera della Giunta Regionale VIII/4732 del 16 maggio 2007 "Direttiva Regionale per la Pianificazione di Emergenza degli Enti Locali" e Deliberazione della Giunta

Regionale 8/8753 del 22 dicembre 2008 "Determinazione in merito alla gestione organizzativa e funzionale del sistema di allerta per i rischi naturali ai fini di protezione civile") ed esulano dagli scopi delle presenti linee guida. Si vuole qui solamente accennare che per una corretta definizione degli scenari di rischio risulta preliminarmente necessario definire uno o più scenari d'evento (in relazione all'evoluzione del singolo dissesto).

#### 2.1.4. Individuazione criticità e pianificazione d'emergenza

Anche in questo caso l'individuazione delle criticità dovrà essere ricondotta alla casistica prevista dalle direttive inserite nella Deliberazione della Giunta Regionale 8/8753 del 22 dicembre 2008 (in particolare per quanto attiene alla definizione del livello di criticità: ordinaria, moderata criticità, elevata criticità) a cui si rimanda per gli aspetti esplicativi. L'individuazione di criticità presuppone la definizione di soglie d'allertamento al superamento delle quali vanno intraprese determinate azioni codificate appunto nei piani d'emergenza. Le soglie sono rappresentate da valori numerici, relativi agli spostamenti evidenziati da singoli o gruppi di strumenti omogenei (es. soglie per estensimetri, soglie per inclinometri, ecc.), individuati specificatamente per differenti aree di frana. Le soglie, con valori numerici in aumento individuano generalmente i passaggi da normalità a situazioni crescenti di criticità. È importante sottolineare la necessità di mantenere continuamente aggiornata la definizione delle soglie e l'applicabilità dei piani d'emergenza anche al fine di ridurre al minimo i "falsi allarmi".

#### 2.2. Contenuti del progetto preliminare

Il progetto preliminare deve, mediante relazione ed eventuali tavole grafiche:

- Descrivere compiutamente lo stato di conoscenza del fenomeno franoso.
- Individuare le necessità che può soddisfare il monitoraggio nella situazione in oggetto.
- Individuare le eventuali differenti modalità di monitoraggio dello stesso.
- Descrivere i vincoli naturali, antropici e legislativi presenti nell'area in cui è previsto l'intervento.
- Descrivere le finalità che ci si prefigge con l'installazione di una rete di monitoraggio.
- Individuare i tempi di progettazione, di esecuzione dell'opera e di messa in funzione della rete.
- Definire numero e ubicazione di eventuali indagini.
- Definire tipologia, numero e ubicazione dei sensori.
- Proporre la modalità di acquisizione dei dati e la tipologia del sistema di alimentazione.
- Proporre il quadro economico di massima ed eventualmente le possibili fonti di finanziamento.

#### 2.3. Contenuti del progetto definitivo

Il progetto definitivo si compone di:

- ▶ Relazione tecnica ove si descrivano il fenomeno di dissesto, le finalità e i criteri di progettazione del sistema di monitoraggio progettato, l'accessibilità dei luoghi e le tipologie strumentali da utilizzare. Nella Relazione particolare riguardo andrà posto per:
  - a) Definizione tipologia, profondità, modalità realizzative di eventuali indagini;
  - b) Scelta dei sensori (tipo di trasduttore, escursione, modalità di installazione e lettura);
  - c) Definizione modalità di acquisizione e verifiche sulla modalità di trasmissione;
  - d) Definizione del sistema di alimentazione e degli eventuali contratti di fornitura elettrica;
  - e) Necessità e cadenza di letture manuali;
  - f) Acquisizione permessi per le installazioni;
  - g) Definizione modalità di accesso;
  - h) Specifiche per la manutenzione;
  - i) Definizione analitica del quadro economico;
- ▶ Corografia, scala 1:10.000, d'inquadramento dell'area;
- ▶ Cartografia, a scala di dettaglio (comunque mai superiore a 1:2.000), relativa ai punti di installazione della strumentazione ed opere accessorie;
- ▶ Tavole grafiche descrittive di eventuali opere edili (pilastrini, recinzioni, ripari ecc.);
- ▶ Computo metrico estimativo;
- ▶ Piano particellare delle aree interessate dalle opere.

#### 2.4. Contenuti del progetto esecutivo

Il progetto esecutivo si compone degli elaborati grafici già prodotti per il progetto definitivo ma aggiornati ad eventuali prescrizioni autorizzative che devono essere acquisite precedentemente a questa fase. Oltre a ciò andranno prodotti:

- Relazione tecnica: oltre a quanto previsto nel progetto definitivo dovrà essere descritta una procedura di manutenzione che dovrà trovare copertura finanziaria, almeno per i primi due anni, nel quadro economico di progetto; aggiornamento del progetto definitivo in considerazione di eventuali osservazioni e/o prescrizioni derivanti dalla Conferenza dei Servizi;
- Elenco prezzi unitari;
- Computo metrico estimativo definitivo;
- Cronoprogramma;
- Schema di contratto;
- Capitolato speciale d'appalto;
- Specifiche tecniche di tutte le forniture, installazioni, lavori e servizi;
- Elaborazione schemi di impianto, dei cablaggi e delle specifiche di ogni componente;
- Predisposizione planimetrie e disegni costruttivi di opere edili, piste, piazzole, opere complementari.
- Eventuale predisposizione di Piano della sicurezza ai sensi del D. Lgs. 81/2008 e ss.mm.ii.

#### 2.5. Banche dati

Per completezza d'informazione si rammenta che utili dati, per la conoscenza del fenomeno franoso e la redazione dei progetti di monitoraggio, possono essere desunti dalle banche dati gestite da Regione Lombardia e consultabili ai seguenti indirizzi internet:

Serie Ordinaria n. 51 - Lunedì 19 dicembre 2011

Geoportale

<http://www.cartografia.regione.lombardia.it/geoportale>

GeoIFFI

<http://www.cartografia.regione.lombardia.it/GeoIFFI/index.html>

### 3 Definizione della strumentazione di controllo

#### 3.1. Strumentazione geotecnica superficiale

##### 3.1.1. Estensimetri

Gli estensimetri, a filo ed a barra, permettono di rilevare con elevata precisione e accuratezza variazioni di una base di misura indotte da deformazioni del suolo. I sensori possono generare segnali in tensione, corrente, frequenza in relazione alle esigenze con precisione/accuratezza migliore di 0,1 mm. La scelta del sensore deve basarsi su una stima preliminare delle velocità di deformazioni e del fondo scala. Poiché la misura può essere condizionata da variabili ambientali (ad es. neve o ghiaccio sul filo, passaggio di animali, ecc.) è opportuno proteggere il filo di misura con tubi o quanto realizzabile nelle condizioni date. Il posizionamento della base di valle e di quella di monte deve essere effettuato su punti fissi, significativi per la dinamica dell'area ed avendo cura di potervi installare in parallelo le basi per il controllo distometrico (vedi oltre). Ogni strumento deve essere dotato di un certificato di taratura e di una scheda d'installazione. In quest'ultima devono essere riportati il numero di serie del sensore, le coordinate geografiche della base di monte, azimut inclinazione e lunghezza della linea di misura, data dell'installazione ed una fotografia che ne consenta un primo inquadramento ambientale.

##### 3.1.2. Fessurimetri

Si basano sul medesimo principio di funzionamento degli estensimetri e vengono utilizzati per il controllo fratture o lesioni di modeste dimensioni su affioramenti, edifici e strutture in genere. La deformazione è misurata tramite lo spostamento di un'asta rigida libera di scorrere su un lato e fissa sull'altro. Ogni strumento deve essere dotato di un certificato di taratura e di una scheda d'installazione. In quest'ultima devono essere riportate il numero di serie del sensore, le coordinate geografiche della base di monte, azimut inclinazione e lunghezza dell'asta, fondo scala dell'asta, data dell'installazione ed una fotografia che ne consenta un primo inquadramento ambientale.

##### 3.1.3. Distometri

Strumenti utilizzati per effettuare misure manuali di precisione fra due punti fissi (caposaldi distometrici). Ad uno dei due ancoraggi è collegato lo strumento (noto anche come "misuratore di convergenza"), dal quale parte un nastro d'acciaio invar, che è collegato con il secondo ancoraggio. La ripetibilità delle letture è assicurata dal fatto che il nastro, una volta collegato ai due caposaldi viene portato a tensione costante mediante uno speciale dispositivo dinamometrico. La precisione/accuratezza strumentale è migliore di 0,1 mm e il distometro deve essere fornito con apposito telaio o banchetto di calibratura.

##### 3.1.4. Inclinometri da parete

Sono utilizzati per misurare l'eventuale rotazione di pareti o blocchi rocciosi. Forniscono misure puntuali rispetto agli assi verticali. L'evoluzione tecnologica permette di disporre di una precisione strumentale migliore di 0,01 gradi. Ove però si ritenesse di utilizzare precisioni differenti è opportuno che le stesse vengano espressamente dichiarate. Esistono sensori monoassiali o biassiali: nella scheda di installazione deve essere indicata l'orientazione (o le orientazioni) dei piani controllati da ciascun sensore. E' di fondamentale importanza poter disporre di sensori con deriva termica contenuta. Si suggerisce inoltre di associare, ad ogni sistema di misura, anche la misura di temperatura interna allo strumento stesso per le opportune correlazioni. In ogni caso è necessario proteggere il sensore dall'insolazione diretta. Ogni strumento deve essere dotato di un certificato di taratura e di una scheda d'installazione. In quest'ultima devono essere riportati il numero di serie del sensore, le coordinate geografiche del sensore, data dell'installazione ed una fotografia che ne consenta un primo inquadramento ambientale.

#### 3.2. Strumentazione geotecnica in fori di sondaggio

##### 3.2.1. Tubi inclinometrici

Vengono così definite le colonne inclinometriche costituite da tubi deformabili, resi solidali al terreno, all'interno dei quali viene calata una sonda inclinometrica per la misurazione delle variazioni di inclinazione rispetto alla verticale (vedi par. 7.2). Esula dalle finalità della presente direttiva una esaustiva trattazione delle modalità di installazione dei tubi inclinometrici (per tali finalità si rimanda alla bibliografia) ma si rammenta la necessità che detti tubi siano cementati per alcuni metri nel substrato stabile e non abbiano una deviazione, rispetto alla verticale, superiore a 1,5-2,5%. Entrambe queste caratteristiche andranno certificate nell'atto di collaudo. Per ogni colonna inclinometrica andrà compilata una monografia dove dovranno essere espressi il posizionamento della stessa (appositamente rilevato ed espresso in coordinate Gauss Boaga e quota in m slm), la lunghezza della colonna, la data di collaudo (se presente anche la data della misura di zero), la stratigrafia rilevata (ove disponibile), il posizionamento della prima guida (possibilmente evidenziando l'azimut di riferimento anche sul tubo) ed una fotografia della testa tubo che ne consenta un primo inquadramento ambientale.

##### 3.2.2. Sonde inclinometriche fisse

In presenza di deformazioni localizzate, desunte dalle misure manuali, è talvolta consigliabile l'installazione di sonde inclinometriche fisse da posizionarsi in corrispondenza delle superfici di deformazione e/o taglio. Per misurare nel tempo le deformazioni le sonde inclinometriche vengono calate all'interno dei tubi inclinometrici e sospese, tramite cavetti d'acciaio, ad una profondità stabilita. Le sonde potranno avere sensore uniassiale o biassiale e potranno essere servoaccelerometriche, magnetoresistive o potenziometriche. Esula dal presente lavoro una trattazione esaustiva delle singole caratteristiche delle sonde e della loro installazione.

##### 3.2.3. Estensimetri multibase

Vengono utilizzati per misurare gli spostamenti/cedimenti in profondità. Ancorando le basi a differenti profondità è possibile ricostruire

il profilo deformativo in profondità lungo l'asse del foro di sondaggio. I movimenti vengono misurati mediante apposito comparatore o da trasduttori elettrici. Per ogni estensimetro multibase andrà compilata una monografia dove dovranno essere espresse le profondità degli ancoraggi delle singole basi, il posizionamento della testa della colonna (appositamente rilevato ed espresso in coordinate Gauss Boaga e quota in m slm), la lunghezza della colonna, la data di collaudo con la misura di zero, la stratigrafia rilevata (ove disponibile) ed una fotografia della testa tubo che ne consenta un primo inquadramento ambientale.

### 3.2.4. Tubi piezometrici e sensori

Consentono la misurazione del livello idrico o la pressione interstiziale del terreno. Per una esaustiva trattazione dei differenti tubi piezometrici e delle modalità di realizzazione degli stessi si rimanda ai riferimenti bibliografici suggeriti. Per ogni tubo piezometrico andrà compilata una monografia dove dovranno essere espresse la data di posa del tubo, la lunghezza dello stesso e la profondità delle singole finestrate, il diametro interno del tubo fenestrato nel caso fosse diverso rispetto a quello misurabile a bocca pozzo, la presenza di dreno e le caratteristiche realizzative, il posizionamento del pozzetto di testa (appositamente rilevato ed espresso in coordinate Gauss Boaga e quota in m slm), la data di collaudo o fine lavoro con la misura di zero, la stratigrafia rilevata (ove disponibile) ed una fotografia della testa tubo che ne consenta un primo inquadramento ambientale. Per ogni sensore/cella piezometrica andrà compilata una monografia dove dovranno essere espresse le specifiche tecniche che permettano di identificare il sensore, il diametro del tubo, la data di posa del sensore. Per le celle Casagrande dovrà essere indicato il diametro, la lunghezza, la permeabilità della cella stessa, il diametro dei tubi di collegamento nonché la profondità d'installazione rispetto al piano campagna.

### 3.2.5. Assestimetri

Vengono utilizzati per la misura dei cedimenti proiettati lungo l'asse verticale. Oltre al sensore posizionato a profondità nota in foro deve essere presente un caposaldo in superficie che permetta di valutare l'eventuale cedimento della superficie. Per ogni assestometro andrà compilata una monografia dove dovranno essere espresse le profondità dell'ancoraggio, il posizionamento della mira ottica di riferimento (appositamente rilevato ed espresso in coordinate Gauss Boaga e quota in m slm), la lunghezza della colonna, la data di collaudo con la misura di zero, la stratigrafia rilevata (ove disponibile) ed una fotografia della testa tubo che ne consenta un primo inquadramento ambientale.

### 3.2.6. Cavi "TDR" - Time Domain Reflectometry

Si tratta di cavi coassiali da utilizzare prevalentemente in foro, generalmente in parallelo ai tubi inclinometrici. Permettono, tramite misure ecometriche di un segnale elettrico appositamente trasmesso nel cavo di misura, di stimare la profondità di una deformazione indotta sul cavo a seguito del movimento della frana. Il cavo coassiale per misure TDR deve essere costituito da un conduttore in rame stagnato con impedenza 50-75 Ohm, con protezione primaria in PVC e schermatura in alluminio mylar (copertura >100%). Il diametro del conduttore non deve essere inferiore a 1,2 mm, con velocità di propagazione del segnale elettrico  $\geq 80\%$  di  $c$  (velocità della luce). Il cavo coassiale deve essere fissato all'esterno di un tubo inclinometrico e ad esso solidarizzato mediante fascettatura. Per ogni cavo TDR andrà compilata una monografia dove dovranno essere espresse il tipo di cavo utilizzato, le profondità dell'ancoraggio, il posizionamento del tubo (appositamente rilevato ed espresso in coordinate Gauss Boaga e quota in m slm), la data di collaudo con la misura di zero ed una fotografia della testa tubo che ne consenta un primo inquadramento ambientale. Nella monografia dovranno essere inoltre indicate le caratteristiche dell'ecometro utilizzato per le misure e l'eventuale software impiegato per l'elaborazione e graficazione delle misure.

## 3.3. Strumentazione topografica

La strumentazione descritta nel presente paragrafo viene utilizzata esclusivamente per monitoraggi di spostamenti superficiali. Le due stazioni d'acquisizione (Stazione Totale e Antenne GPS) misurano le medesime grandezze ma con gradi di precisione/accuratezza differenti.

### 3.3.1. Stazione Totale

Strumentazione che permette sia la misura di angoli che di distanze. Per il monitoraggio geologico è opportuno che la precisione della strumentazione non sia inferiore a 0,00015 gon per gli angoli ed a 1mm + 1ppm per le distanze. Ove però si ritenesse di utilizzare precisioni differenti è necessario che le stesse vengano espressamente dichiarate. La stazione totale utilizzata deve essere perfettamente funzionante e tarata come risultante da apposito certificato (in data non anteriore a 1 anno dalla data delle misure). È preferibile l'utilizzo di stazione totale automatizzata al fine di mantenere una elevata precisione di collimazione indipendentemente dall'operatore.

### 3.3.2. Antenne GPS

Strumentazione che, elaborando segnali generati da più satelliti orbitanti attorno alla terra, restituisce la propria posizione sulla superficie terrestre. Ovviamente il segnale proveniente dall'atmosfera può essere soggetto a disturbi che determinano un errore strumentale di alcuni millimetri. Per il monitoraggio geologico le antenne devono essere a doppia frequenza con una precisione/accuratezza, in statico e con post processamento, non inferiore a 3 mm + 0,5 mm per ogni Km fra l'antenna ed il master di riferimento. Precisioni minori renderebbero scarsamente significativa la misura. Anche in questo caso le antenne utilizzate dovranno essere perfettamente funzionanti e tarate come da apposito certificato (in data non anteriore a 1 anno dalla data delle misure).

### 3.3.3. Mire ottiche

Rappresentano l'elemento di riferimento delle misure e sono costituite da prismi riflettenti montati su supporto inclinabile. Devono essere montate su supporti rigidi preventivamente fissati su punti fissi e significativi per lo studio della dinamica del dissesto.

## 4 Strumentazione per l'acquisizione e trasmissione dati

### 4.1. Data Logger

I *data logger* costituiscono l'interfaccia tra i sensori dislocati sul territorio e gli eventuali apparati di trasmissione. Ad essi convergono i segnali elettrici provenienti dai sensori attraverso gli appositi cablaggi; detti segnali sono digitalizzati, memorizzati (ed eventualmente elaborati) localmente e successivamente inviati ai terminali radio e/o GSM/GPRS che provvederanno a trasferirli. Le principali caratteristiche sono di seguito indicate:

## Serie Ordinaria n. 51 - Lunedì 19 dicembre 2011

- ogni *data logger* deve essere connettabile direttamente a sensori con uscita in resistenza, tensione, corrente, frequenza, digitale senza che siano necessarie modifiche o integrazioni hardware, fatta eccezione per eventuali resistenze di controllo; queste dovranno assicurare una precisione migliore o uguale a 0,01% del valore nominale con coefficiente di temperatura  $\leq 3 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ .
- il numero di bit di quantizzazione per canale deve essere uguale o superiore a 13. La frequenza di campionamento deve essere programmabile sia in locale che da remoto (di almeno 1 campione al secondo).
- deve essere possibile eseguire localmente almeno il calcolo dei valori di minimo e massimo, nonché i valori medi aritmetici o mobili della moda e della mediana.
- la memoria non volatile a bordo deve consentire la memorizzazione di almeno 64.000 campioni mediati.
- ogni *data logger* deve disporre di un sistema in grado di rilevare ed eventualmente trasmettere al Centro di Controllo almeno le informazioni relative a: anomalie di funzionamento del *data logger* (software e/o hardware); anomalie di funzionamento di uno o più canali; problemi di alimentazione.
- per il controllo in locale deve essere necessariamente presente: una interfaccia seriale e/o USB per il collegamento verso un personal computer, indipendentemente dalla presenza o meno di una tastiera stagna e di un display alfanumerico.
- le linee di ingresso/uscita del *data logger* devono essere adeguatamente protette contro sovratensioni, radiofrequenza e scariche elettrostatiche; dovranno essere utilizzati connettori di tipo stagno.
- l'unità di acquisizione deve avere un orologio/datario indipendente di comprovata stabilità.
- l'unità di acquisizione dovrà essere alimentata con tensione pari a 13.8 Vcc nominali (da 10 a 16 Vcc, *range operativo*) con un consumo medio migliore di 15 mA.
- la temperatura di funzionamento deve essere compresa tra almeno  $-25^\circ$  e  $+50^\circ \text{ C}$ .

#### 4.2. Sistemi di trasmissione e telecontrollo

A tali apparati è demandato il compito di trasmettere ad un "Centro di Controllo" i dati acquisiti e resi disponibili dai *data logger* eliminando la necessità di un periodico scarico dei dati da parte di un operatore. La trasmissione in tempo reale<sup>1</sup> risulta indispensabile qualora il sistema di monitoraggio preveda una funzione di allertamento ed è comunque consigliabile quando lo scarico dati manuale comporta un difficile o pericoloso accesso alla stazione di rilevamento.

##### 4.2.1. Radio UHF

Fatti salvi casi specifici, l'uso di sistemi radio per la trasmissione dati, va preventivamente autorizzata dal Ministero delle Comunicazioni. Tale autorizzazione, oltre a richiedere apparati riconosciuti dal Ministero stesso richiede la compilazione delle schede tecniche appositamente predisposte.

I terminali radio da connettere ai *data logger* sono costituiti da apparati ricetrasmittenti operanti in banda UHF; devono essere fisicamente distinti dai *data logger*, cui saranno connessi mediante cavi dotati di connettori. Gli apparati terminali dovranno essere concepiti ed ottimizzati per la trasmissione dati; dovranno poter operare su tutti i canali radio (in banda UHF) e la frequenza di operazione dovrà poter essere riconfigurata sia in locale che da remoto. Tutti gli apparati forniti dovranno:

- essere configurati ed utilizzati in modo da rispettare le disposizioni di legge ed i regolamenti in vigore;
- essere compatibili con le indicazioni tecniche vigenti emanate dal Ministero delle Comunicazioni ed essere corredati da apposita documentazione che ne attesti l'idoneità all'uso.
- dovranno essere in grado di trasmettere il flusso dati proveniente dal *data logger*.

La potenza trasmessa dovrà garantire la copertura richiesta, salvaguardando i limiti di esposizione della popolazione e la compatibilità elettromagnetica. L'emissione di spurie ed armoniche dovrà risultare inferiore a quanto stabilito dalla normativa vigente. Il sistema per la trasmissione dati dovrà garantire una occupazione di banda non superiore a 12,5 kHz, mediante l'adozione di opportune tecniche di modulazione digitale e di velocità di trasmissione idonee e comunque non inferiori a 9600 baud. I terminali dovranno essere corredati di punti di misura e di circuiti di allarme tali da consentire una verifica accurata del loro funzionamento. Il funzionamento dell'intero sistema dovrà assicurare il trasferimento dei dati acquisiti dalle singole stazioni almeno ogni 30 minuti. Ogni terminale disporrà quindi di un orologio interno in grado di garantire il rispetto dello slot e della cadenza senza la necessità di aggiustamenti manuali periodici.

Le antenne - sia direttive sia omnidirezionali dovranno essere realizzate con caratteristiche tali compatibili alle varianti meteo climatiche (vento e temperatura) del luogo d'installazione.

Il diagramma di radiazione delle antenne dovrà essere tale da garantire la copertura richiesta minimizzando l'emissione in direzione di potenziali interferenti. Le antenne dovranno essere elettricamente in corto circuito per evitare danni alle apparecchiature collegate, dovuti all'accumulo di cariche elettrostatiche. Dovranno essere date indicazioni circa:

- nome del produttore e modello;
- intervallo di temperatura e umidità di funzionamento;
- risoluzione in frequenza, canalizzazione e stabilità in frequenza per l'intero intervallo di temperatura di funzionamento;
- tipo/i di modulazione/i, con indicazione della banda occupata;
- sensibilità del ricevitore, con indicazione del S/N, o SINAD o BER cui detta sensibilità di riferisce;
- livello di reiezione del canale adiacente (dB)

<sup>1</sup> Nel linguaggio tecnico si parla di teletrasmissione o di trasmissione in "tempo reale". In realtà la trasmissione è differita di alcuni minuti in funzione della cadenza di acquisizione.

- livelli di intermodulazione (dB)
- reiezione delle spurie (dB)
- potenza di uscita sostenibile con *duty cycle* del 100%;
- livello di emissione delle spurie e delle armoniche (in dBc), valutato alla potenza nominale di funzionamento del trasmettitore;
- tensione di alimentazione e corrente assorbita (sia in ricezione che in trasmissione);
- elenco dettagliato delle protezioni disponibili;
- specifiche hardware e software dell'interfaccia verso i *data logger*.

Per le antenne:

- nome del produttore e modello;
- caratteristiche meccaniche: intensità massima del vento a cui il sistema di antenna è ancora in grado di sopravvivere; intervallo di temperatura massimo entro cui il sistema di antenna è ancora in grado di operare correttamente;
- caratteristiche elettriche: il tipo di antenna e la sua banda di funzionamento, il diagramma di radiazione, la potenza minima sopportabile con continuità, il VSWR;
- nome del produttore e sigla del cavo coassiale utilizzato per la connessione tra l'antenna e i ricetrasmittitori, attenuazione specifica a 450 MHz, dimensioni geometriche e dati meccanici;
- nome del produttore e sigla di connettori di antenna.

#### 4.2.2. Modem GSM/GPRS

Il sistema di trasmissione GSM/GPRS dovrà rispettare le seguenti specifiche:

- i sistemi di acquisizione e trasmissione dati dovranno realizzare un trasferimento di file dalla periferica alla centrale (*front-end* unico di visualizzazione radio - GSM/GPRS) basato su protocollo *ftp* utilizzando come supporto la rete telefonica mobile in modalità GPRS;
- il protocollo *ftp* dovrà essere completo e non richiedere l'installazione di nessun modulo software sul *front-end ftp* che riceve i dati;
- il file dati dovrà essere inviato dalla periferica con frequenza impostabile minima di 5';
- la frequenza di archiviazione dei dati sulla periferica dovrà essere indipendente dalla frequenza di trasmissione;
- il file trasferito potrà essere in formato ASCII oppure binario. La struttura del file dovrà esplicitare l'associazione dei dati misurati con il sensore di misura che li ha generati, secondo il presupposto per cui l'identificativo numerico del sensore è univoco nella struttura integrata di archiviazione esistente. La struttura minima che consente di soddisfare tale requisito è composta da: identificativo del sensore, data ed ora di riferimento, valore del campionamento in unità elettriche e/o ingegneristiche e stato del campionamento. Le dimensioni del file dovranno essere esplicitate, e dovrà essere fornita una stima del volume di traffico sviluppato per ciascuna stazione nel caso del massimo volume di dati trasmessi ed archiviati (5' per entrambe);
- in caso di temporanea mancanza del supporto GPRS il sistema dovrà automaticamente attivare una chiamata dati in modalità GSM, con l'attivazione di opportuni controlli per limitare il traffico (riduzione della frequenza di acquisizione ad un valore impostabile); dovrà essere previsto il ritorno automatico ed immediato alla modalità GPRS non appena disponibile;
- dovrà essere previsto un metodo di acquisizione temporanea di ciascuna stazione, alternativo all'*ftp*, da usare come modalità di emergenza qualora non sia disponibile il *front-end ftp*. I file dati prodotti in questa modalità dovranno necessariamente contenere le stesse informazioni di quelli prodotti in modalità *ftp*;
- dovrà essere fornito un modulo software, o alternativamente descritta in dettaglio una procedura basata su protocolli standard, da utilizzare per lo scarico locale dei dati diretto dalla stazione a campo su personal computer portatile, ed eventualmente su palmare per la visualizzazione sullo stesso dei dati istantanei e del loro andamento su intervalli di tempo utili ad effettuare verifiche e calibrazioni dei sensori a campo;
- dovrà essere possibile la programmazione da remoto di tutte le funzioni del sistema, utilizzando la stessa modalità *ftp* su GPRS ovvero la modalità GSM. In ogni caso, ciò dovrà essere possibile utilizzando la stessa SIM Card e lo stesso numero telefonico;
- dovrà essere prevista una modalità automatica di recupero dei dati presenti sulla periferica e non trasmessi per mancanza di campo ovvero per qualsiasi altra causa;

#### 4.2.3. Sistemi Wireless

Esiste una vasta gamma di apparecchiature complessivamente denominate "Wireless" che di norma lavorano in alta frequenza senza necessità di concessione ministeriale. La loro applicazione dedicata a sistemi di monitoraggio è limitata, anche se i margini di sviluppo sono notevoli, eventualmente connettendosi a sistemi wireless "commerciali", sempre che sia disponibile idonea copertura. Come per la banda UHF dovranno essere utilizzati apparati notificati al Ministero delle Comunicazioni (vedi D.M. 28 maggio 2003 e D.M. 4 ottobre 2005). Dovrà essere indicato il *range* di frequenza utilizzabile outdoor e la massima potenza EIRP utilizzabile. I sistemi attualmente disponibili sul mercato hanno assorbimenti elettrici tali da richiedere un'alimentazione a rete, opportunamente protetta dalle sovratensioni. È sempre consigliabile su questi sistemi un gruppo di continuità statico.

#### 4.3. Sistemi di alimentazione elettrica

Attualmente le opzioni per alimentare un sistema di monitoraggio sono:

- tramite collegamento alla rete 230 Vac, 50 Hz e trasformatore/regolatore a 12/24 Vcc;
- tramite un sistema autonomo costituito da uno o più pannelli fotovoltaici e batteria in tampone.

## Serie Ordinaria n. 51 - Lunedì 19 dicembre 2011

Nel primo caso, nella monografia della rete di monitoraggio, andrà specificato:

- il fornitore di energia elettrica, la potenza installata, l'ubicazione del contatore, gli estremi del contratto di fornitura;
- la presenza e le caratteristiche di un eventuale interruttore differenziale;
- la tipologia e le caratteristiche del trasformatore/regolatore di tensione;
- l'eventuale presenza e le caratteristiche di una batteria in tampone e/o di un sistema statico di continuità;
- le caratteristiche tecniche e il tracciato di eventuali cavidotti di collegamento tra il contatore e la strumentazione da alimentare;

L'alimentazione a rete diventa indispensabile ogniqualvolta sia presente strumentazione radar (vedi capitolo 8), sistemi trasmissivi wireless, o sensori ad alto consumo elettrico quali i riscaldatori per i pluviometri. I sistemi fotovoltaici liberano il progettista dai vincoli derivanti dalla rete elettrica, ma richiedono un'analisi accurata degli assorbimenti elettrici della singola unità di acquisizione/trasmmissione dei dati derivanti dalla somma di tutti gli apparati (*data logger*, sistema trasmissivo, sensori) moltiplicato per il numero di acquisizioni e trasmissioni. Per dare robustezza al sistema di alimentazione il valore di assorbimento calcolato deve essere moltiplicato per 2,5 - 3,0 con conseguente dimensionamento della batteria (in termini di A/h) e del pannello fotovoltaico (in termini di Watt prodotti). Nel posizionamento dei pannelli dovranno essere considerate le orientazioni zenitale e azimutale per massimizzare l'insolazione soprattutto nel periodo invernale. Un ausilio a tale definizione può essere desunto consultando il sito

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?lang=it&map=europe>.

Nel caso vengano utilizzate due o più batterie collegate in parallelo è opportuno isolarle elettricamente tramite l'interposizione di diodi per evitare che il malfunzionamento di una comprometta anche l'altra. Dovranno essere privilegiate batterie di elevata qualità in grado di operare in un intervallo di temperature compreso tra -20° e + 50°C. Tutte le volte che è possibile è consigliabile ricoverare la batteria in un pozzetto interrato, coibentato e isolato dalle infiltrazioni idriche, soprattutto qualora l'installazione sia prevista in siti con forti escursioni termiche.

Comunque sia realizzato il sistema di alimentazione è da prevedersi

- il posizionamento di un fusibile tra *data logger* e rete in bassa tensione,
- un efficiente sistema di messa a terra,

da valutare invece, caso per caso, l'opportunità di installare un parafulmine.

#### 4.4. Cablaggi, supporti e accessori di installazione

Per i cablaggi elettrici dovranno essere previsti:

- cavi di idonea sezione e qualità, da esterno, marchiati CE, ignifughi sempre protetti da guaine metallo plastiche di sezione tale da consentire un inserimento agevole dei cavi elettrici;
- il complesso guaina+cavo non dovrà essere deteriorato dai movimenti superficiali, opportunamente ancorato al suolo per evitare scivolamento per scorrimento idrico superficiale o neve;
- tutte le volte che il complesso guaina+cavo attraversi sentieri o mulattiere è da prevedersi un adeguato interrimento all'interno di un tubo corrugato di adeguato diametro; ai lati del tratto interrato dovranno essere previsti pozzetti di accesso;

Per i cablaggi dei sensori:

- anche in questo caso dovranno essere utilizzati cavi di qualità, schermati, da utilizzare in esterno, con numero adeguato di conduttori. Per la protezione valgono le indicazioni sopra riportate.
- le connessioni cavi - sensori dovranno essere protette da scatole di derivazione stagne (IP 67) dove poter alloggiare anche protezioni dalle sovratensioni. Queste devono essere installate anche alla connessione tra cavo di cablaggio e ingresso al *data logger*. Lo schema di cablaggio deve essere necessariamente fornito in sede di collaudo di ciascun impianto di monitoraggio.

Per i supporti (pali, staffe, tiranti) è da preferirsi l'acciaio inossidabile, alternativamente può essere utilizzato l'alluminio o materiale ferroso passivato tramite cianidatura o zincatura. Particolare cura dovrà essere prestata alla staticità dei pali, in modo che non oscillino, prevedendo - soprattutto se di altezza elevata - tiranti da verificare periodicamente. Per i box di protezione di *data logger*, batterie e contatori, così come per le scatole di derivazione è sempre privilegiato l'acciaio inossidabile sull'alluminio e sulla plastica. Tutte le serrature (lucchetti dei pozzetti, box di protezione di *data logger* e contatori) è preferibile che vengano dotate dei almeno tre copie delle chiavi.

## 5 Indagini geonostiche per l'installazione di strumentazione in foro (cenni)

L'argomento è trattato in dettaglio nella bibliografia specialistica, in particolare il riferimento operativo si trova nel documento dell'Associazione Geotecnica Italiana "Raccomandazioni sulla Programmazione ed Esecuzione delle Indagini Geotecniche", 1977. Si riportato pertanto solo le indicazioni utili per le attività di monitoraggio. Spesso nel monitoraggio di frane l'accesso ai siti di interesse è problematico, soprattutto per le attrezzature di perforazione, richiedendo il ricorso al trasporto tramite elicottero. Tale supporto, tecnicamente collaudato, richiede attenzioni particolari in termini di sicurezza, autorizzazioni (vedi par. 6.8) e comporta incrementi sensibili dei costi, sia per l'impiego del mezzo aereo, sia per la necessità di provvedere allo smontaggio e rimontaggio delle sonde il cui peso complessivo di norma supera il carico massimo trasportabile. Pertanto i costi derivanti devono essere inseriti analiticamente nel computo metrico estimativo.

### 5.1. Perforazioni a carotaggio continuo

Di norma vengono destinate all'installazione di strumentazione inclinometrica. E' opportuno che vengano realizzate prima di quelle a distruzione di nucleo dal momento che la conoscenza della stratigrafia può consentire di individuare livelli particolari da campionare successivamente durante le perforazioni a distruzione, tramite l'utilizzo di campionatori. La perforazione a carotaggio inoltre permette un migliore controllo della verticalità dei fori, requisito fondamentale per una corretta installazione di tubi inclinometrici e/o assestimetri. In tal caso è sempre preferibile utilizzare tubi con diametro interno da 76 mm, soprattutto se si ipotizzano deformazioni importanti, che richiedono un diametro utile del foro non inferiore a 101 mm. Nel progetto di monitoraggio dovrà essere posta particolare attenzione alla disponibilità di acqua per le perforazioni, prevedendo anche la possibilità di utilizzare pompe e manichette, o il rifornimento tramite "botte". Entrambe queste voci dovranno comparire nel computo metrico estimativo.

### 5.2. Perforazioni a distruzione di nucleo

Sia che si utilizzi il tricono che il martello a fondo foro la verticalità dei fori risulta in genere inferiore rispetto al carotaggio; per tale ragione i fori eseguiti a distruzione sono destinati preferibilmente ad ospitare tubi piezometrici. In determinate condizioni litostratigrafiche le perforazioni a distruzione possono essere effettuate ad aria, eliminando i problemi derivanti dalla mancanza di acqua per la perforazione e conseguentemente di possibile contaminazione delle falde.

Con tale tipo di perforazione si evita inoltre l'immissione di acqua soprattutto in ammassi instabili e quindi sensibili all'eccessiva filtrazione.

### 5.3. Diagrafie

Nelle diagrafie la perforazione viene eseguita a distruzione di nucleo, con o senza acqua. Tramite apposito registratore possono essere acquisiti in continuo e memorizzati i parametri di perforazione relativi a

- V = velocità istantanea di avanzamento (m/h),
- N = rotazione della batteria (giri/minuto),
- P = spinta esercitata sull'utensile (kN/mq),
- C = coppia di rotazione (kNm),
- S = sezione del foro (mq).

L'incrocio dei valori dei parametri sopra elencati consente una valutazione relativa della resistenza dei terreni attraversati e una stima del comportamento meccanico dei diversi livelli di roccia o terreno. Le diagrafie sono consigliate in terreni caotici e su grandi accumuli di frana, consentendo, a costi limitati, l'acquisizione di molte informazioni, ancorché qualitative o semiquantitative. Nel computo metrico estimativo vanno previste le voci per l'installazione della strumentazione di registrazione e un incremento al metro - rispetto le perforazioni a distruzione - per l'acquisizione dei parametri di perforazione.

## 6 Procedure autorizzative per l'impianto di strumentazione di monitoraggio

In relazione alla strumentazione che si intende utilizzare, per il monitoraggio di un fenomeno franoso, ed alla località dove detta strumentazione verrà ubicata, varieranno le procedure autorizzative che andranno messe in atto dal richiedente. Si potrà quindi passare da nessun tipo di autorizzazione necessaria (es. posa di caposaldo distometrico su area di proprietà) ad una serie di richieste necessarie per interventi maggiormente impattanti. A questo proposito si segnala il disposto della Legge 241/1990 e ss.mm.ii. che individua la procedura di conferenza dei servizi in caso di pluralità di soggetti coinvolti.

### 6.1. Autorizzazione proprietari fondi

Pre requisito per poter presentare all'amministrazione pubblica una istanza autorizzativa relativamente alla realizzazione di una rete di monitoraggio geologico è quella di avere disponibilità dei terreni interessati dalle opere di cui alla presente istanza e di avere titolo per presentarla. L'ente locale proprietario del sistema di monitoraggio dovrà quindi acquisire il consenso dei proprietari dei terreni od avviare il procedimento previsto dal D.P.R. 327/2001 "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di espropriazioni per pubblica utilità" in relazione alla messa in opera della rete strumentale.

### 6.2. Conferenza di servizi ( Legge 241/1990 art. 14, comma 2)

Ai sensi dell'articolo sopra citato la conferenza dei servizi è sempre indetta qualora l'Ente che realizza la rete di monitoraggio debba acquisire autorizzazioni da altre amministrazioni pubbliche e, stabilisce l'articolo, "non li ottenga entro 30 giorni dalla ricezione, da parte dell'amministrazione competente, della relativa richiesta". In tal caso l'amministrazione procedente indice apposita conferenza dei servizi.

### 6.3. Trasformazione del bosco (L.R. 31/2008 art. 43)

Per l'installazione e le opere accessorie di alcune reti di monitoraggio, ai sensi delle normative vigenti, l'ente che intende operare su un terreno vincolato dall'articolo della legge regionale 31/2008 dovrà presentare richiesta di autorizzazione alla trasformazione del bosco. In relazione alla tipologia dell'opera ed al territorio di competenza l'autorizzazione dovrà essere richiesta a Province, Comunità Montane, Enti gestori di Parchi o Comuni.

### 6.4. Vincolo idrogeologico (art. 7 del R.D. 3267 del 30 dicembre 1923, così come specificato dalla L.R. 31/2008 art. 44)

Per l'installazione e le opere accessorie di alcune reti di monitoraggio, ai sensi delle normative vigenti, l'ente che intende operare su un terreno vincolato dalle leggi sopra richiamate dovrà presentare richiesta di autorizzazione a mutare la destinazione del terreno sottoposto a vincolo idrogeologico. In relazione alla tipologia dell'opera ed al territorio di competenza l'autorizzazione dovrà essere richiesta a Province, Comunità Montane, Enti gestori di Parchi o Comuni.

### 6.5. Norme forestali interventi in deroga (art. 7 del R.R. n.5 del 20/7/2007)

L'esecuzione di tagli o di altre attività selvicolturali, finalizzati alla prevenzione del dissesto idrogeologico come va intesa la realizzazione di una rete di monitoraggio geologico, andrà richiesta all'ente forestale (Comunità Montana). L'istanza andrà accompagnata da apposito progetto redatto da professionisti abilitati. Ove l'ente non risponda entro 60 giorni l'autorizzazione si intende accordata. Questi interventi, ai sensi dell'articolo 2 del medesimo Regolamento regionale 5/2007, non sono soggetti ad autorizzazione paesaggistica.

### 6.6. Vincolo ambientale (artt. 146 del D.Lgs 42/2004 ed artt. 80 e 82 della L.R. 12/2005)

Per gli interventi relativi alla realizzazione di una rete di monitoraggio geologico le autorizzazioni, ove necessarie, andranno richieste al Comune (L.R. 12/2005 art. 80 comma 1) o alla Comunità Montana (L.R. 12/2005 art. 80 comma 3 bis) competente per territorio in funzione del luogo e del tipo di opera.

### 6.7. Autorizzazione idraulica

Ai sensi del R.D. 523/1904 le opere che interferiscono con le acque pubbliche, gli alvei e le loro sponde (come ad esempio la posa di aste idrometriche o idrometri) devono essere autorizzate dall'autorità idraulica. Il parere dovrà essere richiesto al Comune (nel caso si tratti di reticolo minore), alla STER competente per territorio (nel caso si tratti di reticolo idrico principale così come classificato dalla DGR 25 gennaio 2002 n. 7/7868 e successive modifiche) o all'AIPO (Agenzia Interregionale per il Po) per i fiumi di competenza dell'Agenzia stessa. Parimenti andrà eventualmente richiesta, al Comune o alla STER in funzione del reticolo idrico interessato, la concessione per occupazione di area demaniale.

Serie Ordinaria n. 51 - Lunedì 19 dicembre 2011

### **6.8. Autorizzazione aree a vincolo particolare**

Laddove le reti di monitoraggio interferiscano con aree poste all'interno dei siti di rete Natura 2000 (SIC/ZPS), così come individuati dalla deliberazione della Giunta regionale 8 agosto 2003, n. 7/14106 e successive modifiche ed integrazioni, andrà preventivamente attivata la procedura per la valutazione d'incidenza (esclusione dalla procedura di valutazione di incidenza o attivazione della procedura semplificata di valutazione d'incidenza o valutazione d'incidenza) inoltrando apposita istanza all'ente gestore del sito. Ove la rete di monitoraggio interferisca con il territorio di un Parco Nazionale (in Lombardia l'unico è il Parco Nazionale dello Stelvio) andrà richiesto all'Ente Parco il nulla osta ai sensi della Legge 394/1991 "Legge quadro sulle aree protette". Ove i lavori per l'installazione/gestione del monitoraggio necessitino di sorvoli si rammenta che nelle aree protette e nei Parchi, l'uso del mezzo aereo deve essere preventivamente autorizzato. Nei Parchi Regionali occorrerà verificare la necessità di nulla osta ai sensi dei regolamenti del Parco stesso.

### **6.9. Autorizzazione edilizia**

Laddove le opere in progetto lo richiedano, ai sensi della LR 12/2005 l'Amministrazione pubblica che realizza una rete di monitoraggio dovrà inoltrare al comune competente, in relazione alla località ed alla tipologia d'opera, richiesta di permesso di costruire o Denuncia di Inizio Attività (DIA). Resta inteso che qualora l'Amministrazione che realizza la rete di monitoraggio sia il Comune stesso, la deliberazione di approvazione del progetto ha i medesimi effetti del permesso di costruire (LR 12/2005 art. 33 comma 3).

## **7 Esecuzione di misure manuali**

### **7.1. Misure distometriche**

Le misure distometriche rappresentano la tipologia di misura manuale più facile e veloce; per tale ragione sono le misure manuali più diffuse. Nella valutazione dell'accuratezza della misura la variabile "ambientale" è di gran lunga più rilevante rispetto alla precisione strumentale. A tal fine è quindi necessario che, nell'esecuzione delle campagne di misura, si prendano almeno le seguenti precauzioni:

- le basi distometriche vanno infisse su roccia o su caposaldi, appositamente realizzati, che si muovono solidalmente al versante;
- per una ottimale riuscita delle campagne ogni misura va ripetuta tre volte avendo cura di annotare il valore medio delle tre misure;
- è consigliabile predisporre linee di misura con lunghezza quanto più possibile ridotta (comunque sempre inferiori a 30 metri, limite invalicabile derivante dalla strumentazione presente sul mercato);
- si tenda a progettare le linee di misura avendo cura di avvicinarsi quanto più possibile alla direzione del vettore di massimo movimento della frana;
- ogni 6 mesi si provveda alla taratura del distometro utilizzando l'apposito banchetto di misura ed avendo cura di compilare apposito registro dove resti nota dell'operazione effettuata.

### **7.2. Misure inclinometriche**

L'esecuzione delle misure inclinometriche dovrà essere eseguita con strumentazione avente le seguenti caratteristiche minime:

- campo di misura 15°
- precisione totale minima (30 m tubo inclinometrico): 3-5mm
- segnale in uscita  $\geq 20.000 \sin \alpha$
- temperatura di esercizio -10 °C + 50 °C
- diametro ruote incluse  $\geq 30$  mm
- materiale di sonda e rotelle: acciaio inossidabile

La sonda inclinometrica utilizzata deve essere perfettamente funzionante e tarata come risultante da apposito certificato (in data non anteriore a 1 anno dalla data delle misure). Le misure, effettuate su due o più guide dei tubi, potranno essere effettuate a partire dal basso o dall'alto in relazione alle esigenze ma comunque sempre ogni 50 cm. Per l'esecuzione delle misure si rimanda alla bibliografia di settore. La restituzione dei dati dovrà essere effettuata sia in forma numerica (file .txt) che grafica e dovranno comprendere gli spostamenti locali lungo le componenti nord ed est, gli spostamenti globali, la risultante e l'azimut. Ogni misura dovrà inoltre essere corredata dalla specificazione del tipo di sonda ed acquirente utilizzati e dalle loro principali caratteristiche (es. costante della sonda).

### **7.3. Misure "TDR"**

Sono misure effettuate periodicamente a controllo dei tubi inclinometrici. Le misure devono essere restituite sia in formato grafico (file .jpg) che numerico (file contenente almeno i dati di velocità di propagazione dell'impulso ed il tempo rilevato), avendo cura di inserire per ogni misura la data, l'operatore e le caratteristiche dell'ecometro utilizzato.

### **7.4. Misure Piezometriche**

Misura con esecuzione semplice e rapida. Al fine di standardizzare il dato acquisito si ritiene necessario che la restituzione venga effettuata esprimendo il livello di falda misurato in metri da piano campagna. Per dare rappresentatività alle misure è opportuno che periodicamente i tubi e/o le celle Casagrande vengano spurgati tramite immissione di acqua in pressione.

### **7.5. Misure topografiche**

Il presente paragrafo verrà sdoppiato nella parte relativa alla realizzazione della rete ed in quello dell'esecuzione delle misure vere e proprie.

#### **7.5.1. Realizzazione rete**

Di fondamentale importanza risulta la realizzazione della rete di monitoraggio. La stazione totale dovrà essere posizionata su apposito master da realizzarsi in posizione frontale rispetto all'area di frana. La posizione deve essere scelta al fine di avere una buona visibilità di tutta l'area oggetto di monitoraggio, minimizzare la distanza stazione-mire ottiche (se possibile inferiore a 1000 metri), avere una linea di misura stazione-prisma riflettente pressoché orizzontale o comunque poco inclinata. Il master dovrà essere realizzato in calcestruzzo armato in opera che, ove possibile, dovrà risultare solidale al substrato roccioso. Per l'aggancio dello strumento topografico al di sopra della parte più alta dovrà essere posata, perfettamente a livello, una piastra di fissaggio con vite 5/8". Le mire ottiche dovranno essere posizionate su caposaldi fissi e significativi per lo studio dei movimenti della dinamica dell'area di frana. Detti caposaldi, in acciaio

inox e dotati di testa filettata a maschio 5/8", dovranno essere fissati in roccia mediante resine. Laddove si rendesse indispensabile realizzare un pilastrino, per la posa delle mire ottiche, lo stesso andrà adeguatamente fondato. All'esterno dell'area di frana, ma ad una distanza analoga a quella delle mire ottiche, andranno posizionati almeno due master di controllo da attrezzarsi con mire ottiche. Una volta realizzata, la rete topografica andrà predisposta una cartografia d'insieme ed ogni singolo caposaldo andrà fotografato al fine di consentirne un primo inquadramento ambientale.

### 7.5.2. Esecuzione misure

Per minimizzare "l'interferenza ambientale" è consigliabile standardizzare una serie di procedimenti quali:

- effettuare una perfetta messa in bolla ed una adeguata acclimatazione dello strumento una volta giunti in loco;
- rilevare le condizioni di temperatura, umidità e pressione atmosferica presenti al momento della misura. Si consiglia di operare con condizioni quanto più possibile di ottima visibilità;
- mantenere costante il periodo del giorno per l'esecuzione delle misure. Evitare periodi del giorno con insolazione diretta sulle mire ottiche;
- effettuare il centramento della stazione totale sul master in maniera da garantirne l'omogeneità fra le differenti campagne di misura (eventuale segnale su piastra d'ancoraggio);
- orientare al meglio i prismi delle mire ottiche;

La campagna di rilievo dovrà essere finalizzata alla misurazione delle coordinate Gauss-Boaga e della quota assoluta sul livello del mare di ciascun caposaldo.

### 7.6. Misure GPS

Per un ottimale monitoraggio GPS andranno individuati ed attrezzati, con apposite basi infisse in roccia o su pilastrino, alcuni punti all'interno dell'area di frana ed almeno due fuori dalla frana stessa (master). Ogni punto battuto deve prevedere una monografia con localizzazione, le coordinate geografiche rilevate espresse nei principali sistemi di riferimento e una fotografie del punto di posa dell'antenna. I punti in frana, misurati con antenne denominate *rover*, dovranno essere rappresentativi della situazione geologica. Questi punti devono poter ricevere il segnale senza ostruzioni (ampio settore di cielo visibile dal punto). Ogni rete di rilevamento deve prevedere almeno due basi di riferimento, poste fuori dall'area di frana, ad una distanza dai punti misurati quanto minore possibile e comunque possibilmente non superiore ai 3-4 Km. Ove possibile la prima campagna di misura deve prevedere "l'aggancio" dei singoli punti al più vicino dei punti della rete di raffittimento dei punti IGM. La campagna di misura deve essere appositamente programmata avendo cura di verificare, in relazione al giorno ed all'ora del rilievo, il numero e la geometria di satelliti visibili. Va tenuto conto che il rilievo sarà tanto migliore quando minore sarà l'indice di GDOP (*Geometric Dilution Of Precision*). I risultati, genericamente acquisiti dalle antenne in coordinate geometriche WGS84 andranno restituite in coordinate piane UTM/WGS84.

## 8 Cenni sui sistemi radar

### 8.1. Utilizzo e caratteristiche del sistema radar da terra

I sistemi di monitoraggio con radar da terra vengono utilizzati da alcuni anni in situazioni particolari per investigare i movimenti superficiali di una area. Detti sistemi possono essere utilizzati per monitoraggi periodici o per monitoraggi in continuo. Ad oggi questa tecnologia è stata utilizzata a supporto di reti di monitoraggio con strumenti tradizionali, sia già installate ed operanti che in fase di installazione. I risultati ottenuti hanno fornito utili indicazioni per ottimizzare la distribuzione di sensori tradizionali sul corpo di frana. Tale tecnologia è utilizzata per individuare nello scenario osservato quelle aree che sono caratterizzate da spostamenti superficiali significativi, mapparne i cambiamenti morfologici e/o cinematici e pertanto permettere l'individuazione e la perimetrazione delle aree più a rischio. Grazie alla velocità di installazione il radar da terra può essere efficacemente utilizzato in situazioni di emergenza, quando un evento critico è ritenuto imminente o è appena avvenuto. Questa tecnica è stata inoltre impiegata nel monitoraggio di varie tipologie di frane, di differenti dimensioni, materiali (terra e/o roccia) e dinamiche (crollo, ribaltamento, scorrimento, espansione, e creep in ammassi rocciosi). L'accuratezza delle misure varia fra  $\pm 0,1$  mm e  $\pm 0,3$  mm, mentre la precisione delle misure varia, in ragione dell'alta o bassa coerenza delle misure, fra  $\pm 0,3$  mm e  $\pm 0,7$  mm.

Il radar da terra può essere utilizzato per un monitoraggio periodico se si dispone di:

- una posizione frontale all'area di movimento, senza zone d'ombra e con una LOS (*Line Of Sight*) il più possibile prossima alla direzione di movimento;
- una distanza dall'area di movimento generalmente non superiore a 2000-2500 metri;
- la possibilità di allacciarsi a linea elettrica 230 VAC, 50 Hz e 1,5 kW. Nel caso di campagne di studio di breve durata l'alimentazione può essere garantita anche da un generatore autonomo, ma adeguatamente dimensionato e stabilizzato;
- una zona da indagare costituita da roccia, massi privi di vegetazione e strutture antropiche stabili (manufatti in cemento o laterizio);
- una area di frana con movimenti non impulsivi ma continui nel tempo;
- un DEM (*Digital Elevation Model*, modello digitale del terreno), con adeguata risoluzione spaziale, aggiornato rispetto all'area da indagare.

Nel caso si intenda far operare il radar in continuo con trasmissione dei dati in tempo reale in aggiunta a quanto sopra detto si dovrà disporre:

- di un ricovero per la strumentazione radar;
- di ingressi/uscite cavi e linea di trasferimento dati, con un sistema di trasmissione dati bi-direzionale avente velocità minima di trasmissione di 256 Kbps (meglio superiore) e adeguate protezioni da intrusioni esterne (ad esempio per mezzo di *firewall* o VPN);
- di sistemi di salvataggio dati dimensionati adeguatamente in funzione delle esigenze specifiche

La precisione della georeferenziazione dei risultati di layout dipende da molteplici fattori (fra tutti la risoluzione del DEM e la precisione del rilievo delle coordinate del punto di installazione) ma ben difficilmente può risultare migliore di  $\pm 1-2$  m

### 8.2. Realizzazione di postazione per uso del radar da terra

Valutata positivamente la fattibilità del monitoraggio comprensiva della individuazione del possibile punto di misura è necessario predisporre la postazione di misura su cui verrà installato il sistema. Il progetto della postazione di misura dovrà comprendere le specifiche di installazione dei vari accessori necessari: strumenti, collegamenti, sistema di trasferimento dati. Esse dovranno essere quanto più possibile completate da schemi e disegni per gli aspetti specifici che esulano dalla normalità. Particolare cura dovrà

Serie Ordinaria n. 51 - Lunedì 19 dicembre 2011

essere posta alla definizione delle specifiche di installazione dei collegamenti, che rappresentano uno degli anelli più deboli dell'intera catena di misura, essendo esposti a notevoli possibilità di danneggiamento. La soluzione migliore fra le varie tipologie di basamento del sistema è quella di una base costituita da due putrelle in acciaio o due pali in cemento che affondino a sufficienza nel terreno per garantirne l'adeguata stabilità. Su ciascuno delle due putrelle o dei due pali, tramite due prigionieri, è fissata una trave ad H tipo HEB160 lunga 2,3 m su cui poi installare di volta in volta il sistema durante le varie campagne di misura. La struttura deve essere realizzata con le seguenti raccomandazioni:

- frontalmente per almeno 4-5 m e lateralmente per circa 2-3 m rispetto alle antenne dell'acquisitore, occorre evitare l'istallazione e/o la presenza di qualsiasi oggetto ed in particolar modo oggetti metallici che possono provocare interferenze e zone d'ombra sui risultati;
- l'asse longitudinale che definisce la direzione azimut del sistema deve essere installato in bolla con una tolleranza di 0,5° e disposto parallelamente all'area da monitorare; l'asse perpendicolare dello stesso, che definisce la direzione *range*, deve essere orientato in modo da puntare nella mezzeria dell'area oggetto di indagine.

### 8.3. Utilizzo e caratteristiche del sistema radar da satellite

La tecnica si basa sull'identificazione di diffusori permanenti (*Permanent Scatterers*) presenti sulla superficie terrestre con buone caratteristiche di riflessione del segnale radar. La tecnica è particolarmente utile per una prima analisi di ampie aree di territorio (anche migliaia di km<sup>2</sup>) mentre sconta grossi limiti di precisione e significatività per analisi più puntuali.

I diffusori permanenti (*Permanent Scatterers*, PS) sono bersagli radar identificati sulla superficie terrestre dal satellite, in corrispondenza dei quali è possibile eseguire misure di spostamento con precisione millimetrica. Questi punti vengono individuati mediante un complesso algoritmo di elaborazione numerica dei segnali e corrispondono ad elementi già presenti al suolo, quali manufatti (edifici, monumenti, strade, linee ferroviarie, antenne, tralicci, elementi metallici, ecc.) oppure elementi naturali (affioramenti rocciosi, accumuli di detrito, ecc.), che si distinguono nell'area esaminata per il fatto di possedere una elevata stabilità nel tempo della risposta elettromagnetica ("firma radar").

Il sensore radar montato sul satellite invia un impulso elettromagnetico verso la superficie terrestre; gli elementi a terra riflettono il segnale, rinviandone verso il satellite una porzione (retrodifusione o *backscattering*). Misurando il tempo trascorso tra l'invio del segnale e la ricezione del segnale retrodiffuso (informazione associata alla fase dell'onda elettromagnetica), il sistema radar è in grado di determinare la distanza intercorrente tra il sensore ed il bersaglio.

Ove l'area sia in movimento il sensore rileva, tra una acquisizione e l'altra, una variazione di distanza e quindi lo spostamento del bersaglio.

Analogamente al radar da terra la tecnica del radar da satellite non dà risultati soddisfacenti nelle zone vegetate o innevate. Tutte le misure di spostamento, associate a ciascun PS, sono rilevate lungo la linea di vista del sensore (ossia, la congiungente sensore-bersaglio o *Line Of Sight*, LOS). Per tale ragione le velocità registrate sono reali solamente quando il movimento reale è parallelo alla LOS. I dati vengono acquisiti con cadenza variabile da sensore a sensore (*revisiting time*); in riferimento ai satelliti attualmente operanti, si ricorda che ERS ed ENVISAT hanno un tempo di rivisitazione uguale a 35 giorni, RADARSAT pari a 24 giorni.

Questo metodo di monitoraggio non risulta efficace in caso di movimenti veloci (superiori a  $\lambda/4$  nell'intervallo di passaggio del satellite; ad es. per ERS 1,4 cm in 35 giorni), in caso di versanti con esposizione sfavorevole alla vista del satellite o nel caso di movimenti lungo la componente nord/sud. Le precisioni delle singole misure è di  $\pm 5$  mm.

## PARTE SECONDA

### 9 Manutenzione

Poiché qualsiasi rete di monitoraggio è generalmente pensata per una vita di parecchi anni ed essendo assolutamente indispensabile che nel corso di tutto questo tempo mantenga inalterate le proprie funzionalità, ogni progetto di monitoraggio dovrà prevedere, sin dalla sua approvazione, una adeguata manutenzione del sistema. Ogni nuova rete di monitoraggio dovrà prevedere, nel proprio quadro economico, gli oneri gestionali e manutentivi per almeno i primi 2 anni di funzionamento del sistema. In relazione all'evoluzione delle aree in dissesto la manutenzione può essere suddivisa in preventiva, correttiva e straordinaria/evolutiva. Le prime due tipologie di manutenzione vengono, di norma, eseguite senza oneri ulteriori purché siano previste nel quadro economico alla voce manutenzione. La manutenzione straordinaria/evolutiva determinerà viceversa una contabilità apposita da prodursi sulla base di costi unitari.

#### 9.1. Manutenzione preventiva

Questa manutenzione va condotta almeno due volte l'anno con periodicità compatibile con le condizioni di accessibilità su tutti gli apparati e la strumentazione costituente il sistema di monitoraggio. Gli scopi sono sostanzialmente quelli di:

- prevenire eventuali malfunzionamenti del sistema sostituendo per tempo le parti usurate;
- eliminare gli ostacoli o le ostruzioni che potrebbero impedire il corretto funzionamento della rete;
- verificare la congruità fra misura elettrica e grandezza fisica misurata (la taratura e/o pulizia dei sensori rientra in questa voce).

Di ogni operazione di manutenzione dovrà essere lasciata traccia redigendo apposito rapporto analitico dove siano riportate le operazioni eseguite con i relativi risultati.

#### 9.2. Manutenzione correttiva

Si tratta di quegli interventi manutentivi attivati a seguito di malfunzionamenti accertati e finalizzati a risolvere, in tempi definiti ma generalmente brevi, le eventuali anomalie riscontrate durante le operazioni di controllo. Generalmente nei capitolati si tende ad escludere dalle attività di manutenzione correttiva gli interventi di riparazione dovuti alle seguenti cause:

- atti vandalici;
- fulminazioni eccezionali che comportino la perdita totale della stazione;
- eventi atmosferici eccezionali (piene, alluvioni, valanghe, frane);
- furti.

Al fine di ridurre i tempi di intervento è consigliabile richiedere alla ditta esecutrice delle manutenzioni la garanzia che la stessa

disponga di un magazzino ricambi sempre fornito. Di ogni operazione di manutenzione correttiva dovrà essere lasciata traccia redigendo apposito rapporto analitico dove siano riportate le operazioni eseguite con i relativi risultati, nonché il tipo e il numero degli interventi non effettuati indicandone la tipologia e i lavori da eseguirsi per risolvere le anomalie di funzionamento.

### 9.3. Manutenzione straordinaria - evolutiva

Si tratta della manutenzione non inclusa o esplicitamente esclusa nelle precedenti due voci. Può comportare la sostituzione di parti rilevanti della rete e/o l'aggiunta di componenti precedentemente non presenti. A tal fine è consigliabile che nella valutazione delle offerte, relative all'installazione e gestione di un sistema di monitoraggio, si tenga conto anche dei prezzi unitari applicabili in caso di manutenzione straordinaria/evolutiva. A tal proposito le ditte invitate alla gara o trattativa per l'esecuzione di una rete di monitoraggio dovranno presentare un'offerta a prezzi unitari, per la fornitura di sensoristica, nonché il costo orario per operaio-tecnico specializzato-missione, mediante i quali verrà stimata la manutenzione straordinaria. Come per i casi precedenti anche per gli interventi di manutenzione straordinaria/evolutiva andrà predisposto apposito rapporto analitico.

## 10 Recupero - riattivazione sistemi di monitoraggio preesistenti

### 10.1. Recupero dati e informazioni

Costituisce una fase indispensabile il cui esito determina la possibilità o meno di provvedere ad un recupero, adeguamento, sviluppo dell'impianto di monitoraggio. Premesso che tutte le informazioni recuperate sono importanti, l'attenzione deve essere posta al recupero di quelle basilari, senza le quali diventa impossibile o antieconomico il ripristino di un sistema di monitoraggio. In linea generale le informazioni indispensabili riguardano le ubicazioni piano altimetriche della strumentazione. Dette informazioni saranno desumibili da cartografia progettuale o di installazione (preferibile) o da coordinate rilevate in fase di installazione. Utili possono essere rapporti tecnici che individuano gli itinerari per il raggiungimento delle postazioni. Suddividendo la strumentazione fra quella in foro e quella in superficie è possibile considerare come indispensabile il recupero delle informazioni riportate nei successivi paragrafi.

#### 10.1.1. Strumentazione in foro

Nel caso siano stati realizzati sondaggi molto utili sono i rapporti di perforazione (redatti in accordo con quanto indicato nelle "Raccomandazioni sulla Programmazione ed Esecuzione delle Indagini Geotecniche", 1977 edite dall'Associazione Geotecnica Italiana); se tali rapporti non fossero disponibili le informazioni indispensabili sono:

- modalità di esecuzione del foro (a carotaggio continuo, distruzione eventualmente associata a sistema di registrazione dei parametri di perforazione "diagrafie");
- diametro del foro alle diverse quote, fondamentale è il diametro a fondo foro;
- profondità raggiunta;
- presenza di acqua e quota del pelo libero.

Nel caso nei fori di sondaggio sia stata installata strumentazione di controllo le informazioni indispensabili sono.

#### Piezometri a tubo aperto

- quote di installazione dei tratti fenestrati;
- diametro interno del tubo fenestrato nel caso fosse diverso rispetto a quello misurabile a bocca pozzo;
- presenza di dreno e caratteristiche realizzative;
- presenza e quota di installazione di sensori piezometrici con specifiche che permettano di identificare i diversi sensori installati e la relativa quota;
- set di dati acquisiti nel tempo (sia manualmente che tramite sistemi automatici) e modalità di definizione dei valori se come soggiacenza, quota assoluta o relativa;

#### Piezometri con Celle "Casagrande"

- quote di installazione;
- dimensioni (diametro e lunghezza) delle celle;
- caratteristiche dell'elemento filtrante;
- diametro interno dei tubi di collegamento;
- presenza e quota di installazione di sensori piezometrici con specifiche che permettano di identificare i diversi sensori installati e la relativa quota;
- set di dati acquisiti nel tempo (sia manualmente che tramite sistemi automatici) e modalità di definizione dei valori se come soggiacenza, quota assoluta o relativa.

#### Tubi inclinometrici

- quota del "piede" del tubo;
- modalità di installazione (cementazione o intasamento con sabbia);
- orientazione guida di riferimento e sua marcatura;
- nel caso di misure manuali schema di misure (su 2 o 4 guide) e passo di misura (50 - 100 cm);
- nel caso siano state installate sonde inclinometriche fisse indispensabile risulta:
  - la tipologia del sensore (potenziometrico, servoaccelerometrico, magneto-resistivo, ecc);
  - la quota di installazione;
  - l'orientazione del sensore rispetto la guida di riferimento;
  - la numerazione delle sonde rispetto la testa di sospensione.

Soprattutto per una prima valutazione della storia dello strumento, molto importanti sono tutte le diagrammazioni delle misure manuali, indispensabili sono almeno le restituzioni dello spostamento integrale e polare. Deve essere indicata la modalità di misura se dall'alto o dal basso e la sensibilità della sonda inclinometrica in termini di sen $\alpha$ . Solo il recupero dei dati grezzi, relativi alle diverse campagne di misura, e lo schema di acquisizione rispetto le guide può consentire di effettuare nuove misure inclinometriche congruenti e confrontabili con le precedenti.

#### Cavi TDR

- tipologia del cavo rilevabile dalla sigla sulla guaina esterna o misurando i diametri: esterno, della schermatura e del conduttore;
- quote e modalità di installazione.

#### Estensimetri multibase

- numero delle basi di misura e loro identificazione sulla testa;

Serie Ordinaria n. 51 - Lunedì 19 dicembre 2011

- quota di installazione di ciascuna base.

#### Assestimetri

- profondità massima di installazione;
- quota di installazione dei riferimenti di controllo e loro tipologia
- caratteristiche della sonda di misura.

### 10.1.2. Strumentazione superficiale

#### Distometri

- caratteristiche ed eventuali fattori di calibrazione del misuratore di convergenza.

#### Estensimetro a filo e a barra

- tipo di trasduttore, risoluzione, precisione, accuratezza;
- caratteristiche elettriche del segnale generato (A, V, Hz);
- rapporto tra valore di spostamento e valore elettrico;
- schemi elettrici di cablaggio;
- escursione massima;

#### Inclinometro superficiale

- tipo di trasduttore, risoluzione, precisione, accuratezza;
- caratteristiche elettriche del segnale generato (A, V, Hz);
- rapporto tra valore di spostamento angolare e valore elettrico;
- escursione massima;
- orientazione del piano (o dei piani) di misura.

### 10.2. Verifica installazione

Hanno la finalità di:

- accertare la rispondenza tra i dati e le informazioni disponibili e la situazione effettivamente riscontrata;
- definire lo stato di conservazione o obsolescenza di un impianto di monitoraggio;
- formulare una valutazione sull'affidabilità della strumentazione nel tempo.

### 10.3. Verifica funzionalità

Deve riguardare separatamente:

- sensori (compresi i supporti e le eventuali opere civili);
- cablaggi, protezioni dalle sovratensioni, scatole di derivazione;
- sistema di alimentazione, in particolare le batterie
- sistema di acquisizione e memorizzazione dei dati, in particolare il numero di dati regolarmente memorizzati rispetto il numero teorico degli stessi (ad esempio: un singolo dato acquisito ogni 30 minuti deve essere presente 48 volte al giorno).

### 10.4. Proposte di adeguamento - integrazione

Riguardano:

- la sostituzione di eventuali strumenti mal funzionanti o non idonei ai controlli ritenuti necessari;
- il loro riposizionamento;
- il loro incremento o diminuzione,
- la sostituzione o l'aggiornamento hardware e software del sistema di acquisizione e trasmissione dati;
- le soluzioni per assicurare idonea alimentazione integrando i sistemi fotovoltaici+batteria o ricorrendo all'allacciamento a rete;
- laddove non presenti l'automatizzazione dell'acquisizione e della trasmissione previa verifiche di disponibilità dei vettori radio
- l'aggiornamento dei protocolli di trasmissione dati.

— • —

## PARTE TERZA

## 11 Gestione dei dati e delle anagrafiche

### 11.1. File dati e formato di scambio

Il file dei dati deve essere necessariamente un file di testo a larghezza fissa delle colonne e la coppia CR-LF (codice ASCII 0x0D - 0x0A) come separatore di record.

Per il riempimento dei campi devono valere le seguenti regole:

- se il campo è numerico: dato allineato a destra riempito a sinistra con il carattere spazio (0x20)
- se il campo è alfanumerico: dato allineato a sinistra con carattere di riempimento spazio (0x20)
- il campo DataOra è sempre della dimensione corretta.
- il separatore decimale deve essere sempre il carattere '.' (punto)

La nomenclatura del file è composta secondo le seguenti regole:

- sigla ST seguito dal codice identificativo univoco della stazione
- carattere '\_'
- contatore progressivo di invio che deve essere unico, incrementale e costituito da 10 caratteri con il valore allineato a destra e il carattere 0 a completare la sequenza (in modo da poter identificare correttamente la sequenza dei file in caso di invio multiplo)
- carattere '\_'
- prefisso (il prefisso per questa tipologia di file è: **DATI**)
- carattere '\_'
- data e ora di invio del file secondo il formato AAAAMMGG\_HHMM

- estensione: .TXT

Es. **ST123\_000000001\_DATI\_20080312\_0958.TXT**

Il tracciato record è il seguente:

Progr.	Dim.	Tipo	Descrizione
1	10	N	Codice numerico del sensore
2	12	D	Data e ora della misura nel formato YYYYMMGGHHMM
3	9	R	Valore della misura in unità elettriche. Se il dato è nullo il campo deve contenere solo il carattere blank. Il segno da indicare solo per i negativi.
4	9	R	Valore della misura in unità ingegneristiche. Se il dato è nullo il campo deve contenere solo il carattere blank. Il segno da indicare solo per i negativi.
5	2	A	Stato della misura attribuito dal <i>data logger</i> . Il campo deve essere sempre presente, eventualmente uguale a 'XX' se il dato non è disponibile.  Valori: VA = presunto valido; VV = validato manualmente; VM = dato inserito manualmente; NA = presunto invalido; NV = dato invalidato manualmente XX = dato non disponibile

Legenda dei tipi:

A	Alfanumerico
N	Numerico senza decimali
R	Numero reale
D	Data ora

## 11.2. Anagrafiche

Il file delle anagrafiche deve essere necessariamente un file XML.

La nomenclatura del file è composta secondo le seguenti regole:

Contatore progressivo di invio che deve essere unico, incrementale e costituito da 10 caratteri con il valore allineato a destra e il carattere 0 a completare la sequenza (in modo da poter identificare correttamente la sequenza dei file in caso di invio multiplo)

Carattere '\_'

Prefisso (il prefisso per questa tipologia di file è: **ANAGRAFICHE**)

Carattere '\_'

Data e ora di invio del file secondo il formato AAAAMMGG

Estensione: .XML

Es. **000000001\_ANAGRAFICHE\_20080312.XML**

Il tracciato record minimo è il seguente:

Livello	Nome	Dim	Tipo	Descrizione	Esempio
<b>0</b>	Stazioni	-	Complex	Inizio tag stazioni	
<b>0.1</b>	Stazione	-	Complex	Inizio tag stazione	
<b>0.1.A1</b>	Attribute: Id	10	xsd: int	Identificativo univoco della stazione	1
<b>0.1.1</b>	Descrizione	100	xsd: string	Denominazione della stazione	Cepina - Valdisotto
<b>0.1.2</b>	IdRete	10	xsd: int	Identificativo univoco della rete	100
<b>0.1.3</b>	X	11	xsd: decimal	Coordinata X della stazione (Gauss Boaga)	1604150
<b>0.1.4</b>	Y	11	xsd: decimal	Coordinata Y della stazione (Gauss Boaga)	5142100
<b>0.1.5</b>	Z	5	xsd: int	Coordinata Z della stazione (Quota)	1125
<b>0.1.6</b>	Sensori	-	Complex	Inizio tag sensori	
<b>0.1.6.1</b>	Sensore	-	Complex	Inizio tag sensore	
<b>0.1.6.1.A1</b>	Attribute: Id	10	xsd: int	Identificativo univoco del sensore	1
<b>0.1.6.1</b>	Descrizione	100	xsd: string	Denominazione del sensore	Livello Adda a Cepina - Valdisotto
<b>0.1.6.2</b>	IdTipo	10	xsd: int	Identificativo univoco della tipologia di sensore	1
<b>0.1.6.3</b>	FreqAcq	10	xsd: int	Frequenza di acquisizione del sensore (espressa in minuti)	30
<b>0.1.6.4</b>	IdUnMis	10	xsd: int	Identificativo univoco dell'unità di misura	2
<b>0.1.6.5</b>	X	11	xsd: decimal	Coordinata X del sensore (Gauss Boaga)	1604150.120
<b>0.1.6.6</b>	Y	11	xsd: decimal	Coordinata Y del sensore (Gauss Boaga)	5142100.000
<b>0.1.6.7</b>	Z	5	xsd: int	Coordinata Z del sensore (Quota)	1125

## Serie Ordinaria n. 51 - Lunedì 19 dicembre 2011

I dizionari dei campi IdRete, IdTipo e IdUnMis saranno forniti da ArpaLombardia in fase di sviluppo.

Esempio di struttura XML:

```
<?xml version="1.0" ?>
- <Stazioni>
- <Stazione Id="1">
  <Descrizione> Cepina - Valdisotto </Descrizione>
  <IdRete>100</IdRete>
  <X>1604150.120</X>
  <Y>5142100.000</Y>
  <Z>1125</Z>
- <Sensori>
- <Sensore Id="1">
  <Descrizione> Livello Adda a Cepina - Valdisotto</Descrizione>
  <IdTipo>1</IdTipo>
  <FreqAcq>30</FreqAcq>
  <IdUnMis>2</IdUnMis>
  <X>1604150.120</X>
  <Y>5142100.000</Y>
  <Z>1125</Z>
</Sensore>
</Sensori>
</Stazione>
</Stazioni>
```

— • —

## GLOSSARIO

**Accuratezza.** L'accuratezza della misura è il grado di concordanza tra il valor medio desunto attraverso una o più misure e il relativo valore vero cioè il valore assunto come riferimento.

**Ampiezza del segnale in uscita.** La differenza algebrica tra il valore massimo ed il valore minimo del segnale generato da uno strumento al variare della grandezza misurata tra il valore massimo ed il valore minimo, a parità di condizioni ambientali. Esempio: uno strumento che ha un valore minimo del segnale pari a 3.995 mA ed un valore massimo pari a 19.998 mA, ha un'ampiezza del segnale in uscita pari a 16.003 mA.

**Assesimetro.** Sono sensori utilizzati, anche all'interno di fori di sondaggio, per la misura dei cedimenti proiettati lungo l'asse verticale.

**Banda UHF.** È l'acronimo di *Ultra High Frequency* e sta ad indicare i segnali a radiofrequenza trasmessi nella banda che va da 300 MHz a 3 GHz.

**Cablaggio.** Si intende l'insieme dagli impianti fisici (cavi, connettori, permutatori, infrastrutture di supporto) che permettono di realizzare una rete.

**Cavo TDR (*Time Domain Reflectometry*).** Si tratta di cavi coassiali da utilizzare prevalentemente in foro, generalmente in parallelo ai tubi inclinometrici. Permettono, tramite misure ecometriche di un segnale elettrico appositamente trasmesso nel cavo di misura, di stimare la profondità di una deformazione indotta sul cavo a seguito del movimento della frana.

**Condizioni Operative.** Le condizioni in cui uno strumento si trova ad operare, esclusa la grandezza da misurare. Si considerano condizioni ambientali: la pressione dell'ambiente (atmosferica o artificiale), la temperatura ambiente, i campi elettromagnetici, il campo gravitazionale, l'inclinazione di un piano di appoggio, la variazione della tensione di alimentazione, le radiazioni, gli shock e le vibrazioni. Le variazioni di queste condizioni - sia statiche che dinamiche - devono essere considerate nella scelta di uno strumento.

**Coppia CR-LF.** Rappresenta una combinazione di caratteri per la chiusura del record ("*carriage return*" e "*line feed*").

**Campo di misura.** Il campo delimitato dai limiti inferiore e superiore, all'interno del quale una quantità è misurata, ricevuta o trasmessa. Limite inferiore del campo di misura = il minimo valore della grandezza misurata che uno strumento è in grado di misurare correttamente. Limite superiore del campo di misura = il massimo valore della grandezza misurata che uno strumento è in grado di misurare correttamente. Viene spesso definito - in modo non propriamente corretto - come fondo scala [f.s.], che è la "differenza tra il limite superiore ed il limite inferiore. Esempio: uno strumento che ha limite inferiore pari a -5 kPa e limite superiore pari a 80 kPa ha un campo di misura, o fondo scala, pari a 85 kPa.

**Controllo.** Insieme dell'attività di monitoraggio e delle azioni successive finalizzate all'interpretazione dei dati sperimentali, alle previsioni sulle evoluzioni possibili e prevedibili, all'indicazione degli interventi conseguenti.

**Data Logger.** Al *data logger* convergono i segnali elettrici, provenienti dai sensori dislocati sul territorio, che vengono immagazzinati ed eventualmente trasmessi.

**Distometro.** È uno strumento impiegato per misure di convergenza. Le variazioni di lunghezza sono rilevate dalla misura di distanza tra una serie di coppie di ancoraggi preliminarmente fissate. Ad uno dei due ancoraggi è collegato lo strumento, dal quale parte un nastro d'acciaio invar che lo collega al secondo ancoraggio. La ripetibilità delle letture è assicurata tesando il nastro tramite un sistema di tensionamento di cui lo strumento è provvisto.

**Estensimetro.** Gli estensimetri, a filo o a barra, permettono di rilevare movimenti, in apertura o chiusura, di una frattura preliminarmente individuata. I sensori generano segnali elettrici che permettono una elevata precisione.

**Estensimetro multifase.** È utilizzato, all'interno di fori di sondaggio, per rilevare piccole deformazioni. Cementando le basi a differenti profondità è possibile rilevare eventuali movimenti.

**Fessurimetro.** Analoghi agli estensimetri, vengono utilizzati per il controllo fratture o lesioni di modeste dimensioni. La deformazione è misurata tramite lo spostamento di un'asta rigida libera di scorrere su un lato e fissa sull'altro.

**GSM/GPRS.** Il *Global System for Mobile Communications* è attualmente lo standard di telefonia mobile più diffuso del mondo. Successivi sviluppi del GSM sono stati il GPRS che ha introdotto la commutazione di pacchetto.

**Georeferenziazione.** Si intende l'attribuzione a un dato di un'informazione relativa alla sua dislocazione geografica; tale posizione è espressa in un particolare sistema geodetico di riferimento.

**Inclinometro da parete.** Strumenti utilizzati per il controllo di variazioni di inclinazione di strutture civili o pareti rocciose.

**LOS (*Line Of Sight*).** Nella tecnica per il monitoraggio radar satellitare, è la linea che congiunge il sensore posto sul satellite con il bersaglio (PS o diffusore permanente) sulla superficie terrestre. La LOS rispetto alla verticale forma un angolo che varia a seconda del satellite considerato (ERS, RadarSAT, Cosmo SkyMed, ecc.). Nella tecnica del monitoraggio radar da terra è la linea che congiunge il radar al punto osservato, solitamente posto in frana.

**Monitoraggio.** Insieme di attività finalizzate all'acquisizione di dati sperimentali utili alla comprensione dell'evoluzione di fenomeni fisici naturali e/o antropici o del comportamento di un'opera.

**Permanent Scatterers (PS) o diffusori permanenti.** Sono bersagli radar presenti sulla superficie terrestre che vengono rilevati da satelliti e sui quali è possibile misurare spostamenti dell'ordine del millimetro lungo la congiungente sensore-bersaglio o LOS (*Line Of Sight*)

**Piani di emergenza di Protezione Civile.** I piani d'emergenza collegati al monitoraggio possono avere differente grado di dettaglio; regionale, provinciale, comunale o addirittura legati al singolo dissesto. Contenuti e finalità dei piani sono definiti dalla normativa di settore.

**Protocollo ftp.** Il *File Transfer Protocol* (FTP) (protocollo di trasferimento file), è un Protocollo per la trasmissione di dati tra *host*, ossia tra ogni nodo collegato ad una rete (per Internet può essere un semplice personal computer).

**Potenza EIRP.** In telecomunicazioni con il termine EIRP (acronimo di *Equivalent Isotropic Radiated Power*, ossia potenza isotropica irradiata equivalente), si intende la misura di densità di potenza radio irradiata da un'antenna. Tale densità è riferita all'irradiazione di una antenna isotropica ideale e si riferisce all'effettiva potenza di trasmissione di una sistema radio. Si misura in Watt.

**Precisione.** Un valore o una quantità che definisce il limite che l'errore di misura non supererà mai quando lo strumento viene utilizzato nelle condizioni di riferimento. In altri termini è il massimo errore che ci si può aspettare utilizzando un determinato strumento all'interno delle condizioni di funzionamento specificate. Include le principali componenti di errore quali la non linearità, la non ripetibilità e l'isteresi. Viene normalmente espresso in termini di +/- una percentuale del campo di misura (o del fondo scala). Esempio: uno strumento che ha un *range* di 50 kN (limite inferiore 5, superiore 85) ed una precisione pari a +/- 0.25% f.s., è uno strumento che, utilizzato nelle condizioni operative di riferimento, fornisce misure che possono essere affette da un errore che sarà sempre minore od uguale a 0.25 kN (da -0.125 a +0.125).

**Risoluzione.** Il minimo intervallo tra due successivi valori che lo strumento è in grado di discernere. Questo parametro non è di rilevante importanza, ma viene spesso indicato nelle schede tecniche. Viene normalmente espresso in termini di +/- una percentuale del campo di misura (o del fondo scala). Esempio: uno strumento che ha un *range* di 350 kPa ed una risoluzione pari a 0.1% f.s., è uno strumento che, utilizzato nelle condizioni operative di riferimento, è in grado di discernere (risolvere) una variazione nella grandezza misurata pari a 0.35 kPa. E' da tenere presente che in molti casi la risoluzione non è da riferirsi tanto allo strumento quanto al sistema di misura.

Serie Ordinaria n. 51 - Lunedì 19 dicembre 2011

**Strumento.** Dispositivo atto alla misura di una determinata grandezza fisica e composto da vari elementi tra i quali il sensore (cuore dello strumento), la meccanica (per il montaggio e l'adattamento dello strumento alle condizioni operative e, per gli strumenti "elettrici", l'elettronica (dispositivo atto ad alimentare il sensore e a fornire un segnale in uscita di caratteristiche note e controllate).

**Sensore.** Elemento contenuto nello strumento e sensibile alle variazioni della grandezza da misurare. Può essere basato su vari principi di misura che caratterizzano lo strumento. Da solo non è idoneo alle applicazioni pratiche; necessita della meccanica di adattamento e protezione e dell'eventuale elettronica.

**Stabilità a lungo termine.** La capacità di uno strumento di operare senza subire alcuna modifica che comporti variazioni di segnale non correlate a variazioni della grandezza misurata per un determinato periodo di tempo.

**Sensibilità.** Il rapporto tra la variazione del segnale di uscita dello strumento e la variazione della grandezza misurata. Esempio: uno strumento che ha un range di 350 kPa ed un segnale a fondo scala di 2000 Hz, ha una sensibilità pari a  $2000/350=5.714$  [Hz/kPa].

**Segnale in uscita.** Il tipo di segnale fornito da uno strumento. Tipici segnali in uscita sono: mV, mV/V, V, mA, Hz.

**Tubo inclinometrico.** Si tratta di colonne costituite da tubi deformabili, resi solidali al terreno, all'interno dei quali viene calata una apposita sonda per la misurazione delle variazioni di inclinazione rispetto alla verticale.

**Tubo piezometrico.** Si tratta di un tubo in PVC, cieco o microfessurato, utilizzato per la misura della quota piezometrica.

— • —

### Bibliografia scelta

"*Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche*" elaborate dalla Commissione dell'Associazione Geotecnica Italiana (1977)

"*Raccomandazione sull'esecuzione di prove geotecniche in laboratorio*" elaborate dalla Commissione dell'Associazione Geotecnica Italiana (1994)

"*Prove geotecniche in situ*" a cura di Ferruccio Cestari (2005), Edizioni Acque Sotterranee

"*Analisi tipo dei prezzi per lavori di indagini geognostica*" edito da Associazione Nazionale Imprese Specializzate in Indagini Geognostiche - ANISIG (1977)

"*Geotechnical instrumentation for monitoring field performance*" di John Dunnycliff, (1993), Edizioni John Wiley and Sons, Inc.

"*Keynote paper - Monitoring and instrumentation of landslides*", Dunnycliff, J. (1995) - Proc. 6th ISL, pagg. 1881-1895

"*Caratterizzazione dei terreni e delle rocce per la realizzazione di infrastrutture: teoria, tecnologie ed esempi*" (1994) edito dall'Ordine dei geologi della Toscana

"*Il controllo della stabilità dei pendii mediante installazione di tubi inclinometrici*", Collotta T., Ghini D., Lazzari, A., Neri, A. e Moretti, P.C. (1987) - Autostrade, anno XXIX, n° 11/12

"*Elementi di Monitoraggio geotecnico e strutturale*", Grecchi M., Muggiati G. (2006) - Ed. Geomon Milano 500 pagg.

"*Linee Guida per il controllo dei fenomeni franosi*", Mannucci G., Notarpietro A., (2005) - Vol.1, IREALP, 124 pagg.

"*Advances in Inclinometer Data Analysis*", Mikkelsen P.E., (2003) - Symposium on Field Measurements in Geomechanics, FMGM 2003, Oslo, Norway, September

"*Reliability of the inclinometer measurements*", Maugeri, M., Costa, C.P. e Randazzo, F. (1981) - Proceedings of the International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Comptes Rendus du Congrès International de Mécanique des Sols et des Travaux de Fondations, vol.10, Vol. 2, pagg. 519-522

"*Inclinometer data analysis for remediated landslides*", Stevens, W.R. e Zehrbach, B.E. (2000) - Geotechnical measurements; lab and field. Ed. Marr, W. Allen, Geotechnical Special Publication, vol. 106, pagg. 126-137