



“Le possibilità non
hanno confini”



Validazione di sistemi di monitoraggio satellitari e terrestri per deformazioni del suolo

**Deliverable
D.2.02**

**CRITERI DI SELEZIONE DEL SET DI
METODOLOGIE PER IL
MONITORAGGIO ORDINARIO ED
INTEGRATO DELLE DEFORMAZIONI
DEL TERRENO, PER APPLICAZIONI DI
LUNGA DURATA**

Data: 10.2012

Il progetto SloMove é cofinanziato dall' Interreg IV Italia-Svizzera, Fondo Europeo per lo Sviluppo Regionale per l' Unione Europea.

www.SloMove.eu

Ringraziamenti

Lo studio necessario a questa pubblicazione è stato reso possibile attraverso:

- Cofinanziamento del Programma Interreg IV Obiettivo Cooperazione Territoriale Europea Italia-Svizzera 2007-2013, Convenzione ID n. 27384220
- Cofinanziamento della Provincia Autonoma di Bolzano
- Cofinanziamento dell'Accademia Europea di Bolzano - EURAC
- Cofinanziamento del WSL -Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF

Contatti:

Partner Principale (Amministrazione)

Ufficio Geologia e Prove Materiali, Provincia Autonoma di Bolzano-Alto Adige

Via Val d'Ega 48

I-39053 Cardano (BZ)

Responsabile

Claudia Strada

Tel +39 0471 361564

Fax +39 0471 361512

E-Mail: claudia.strada@provinz.bz.it

Coordinatore Scientifico

Istituto per il Telerilevamento Applicato, Accademia Europea di Bolzano EURAC

Viale Druso, 1

I-39100 Bolzano (BZ)

Responsabile

Christian Iasio

Tel +39 0471 055387

Fax +39 0471 055389

E-Mail: christian.iasio@eurac.edu

I dati e le informazioni in questo documento del progetto SloMove riflettono solo opinioni e idee dei soli autori. L'Autorità di Gestione e le Istituzioni partner del progetto non sono responsabili per alcun tipo di utilizzo che può essere fatto delle informazioni qui contenute.

Il progetto SloMove

SloMove nasce dall'esigenza di raccordare il potenziale tecnologico oggi disponibile per il monitoraggio ordinario delle situazioni di instabilità dei versanti con le procedure alla base della regolamentazione e la pianificazione territoriale. Questa esigenza è particolarmente sensibile in aree di montagna transfrontaliere, che condividono la salvaguardia di importanti corridoi infrastrutturali, strategici per un ambito di popolazione più vasto di quella direttamente interessata dai fenomeni di pericolo.

Obiettivi Generali

- Valutare i benefici e i limiti delle tecniche di interferometria radar su base satellitare per il monitoraggio delle deformazioni del suolo in alta montagna.
- Ottimizzare le procedure di monitoraggio usando i dati rilevati a terra per validare ed integrare i risultati delle applicazioni interferometriche.
- Consolidare il know-how dei tecnici sulle applicazioni ordinarie di elaborazione dei dati SAR e di rilievo a terra a supporto del monitoraggio di fenomeni di instabilità geomorfologica.

Obiettivi Specifici

- Creare un percorso di formazione sulle particolari tecniche di elaborazione dei dati radar telerilevati e sull'implementazione di sistemi di monitoraggio che integrino tecnologie satellitari e terrestri.
- Testare su aree note l'integrazione del quadro conoscitivo disponibile con i dati derivati dal monitoraggio integrato.
- Condividere un protocollo sui metodi di monitoraggio ordinario (ai fini della pianificazione e della prevenzione), tenendo conto dei fattori limitanti e delle necessità che si possono presentare nei diversi contesti territoriali delle aree esaminate e più in generale nella regione alpina.
- Divulgare le metodologie per il monitoraggio e la conseguente gestione precoce del rischio,, realizzando linee guida e documenti utili sia ai tecnici delle pubbliche amministrazioni sia agli uffici di consulenza privati, al fine di garantire un efficace flusso di informazioni fra la fase del monitoraggio e quella della pianificazione.

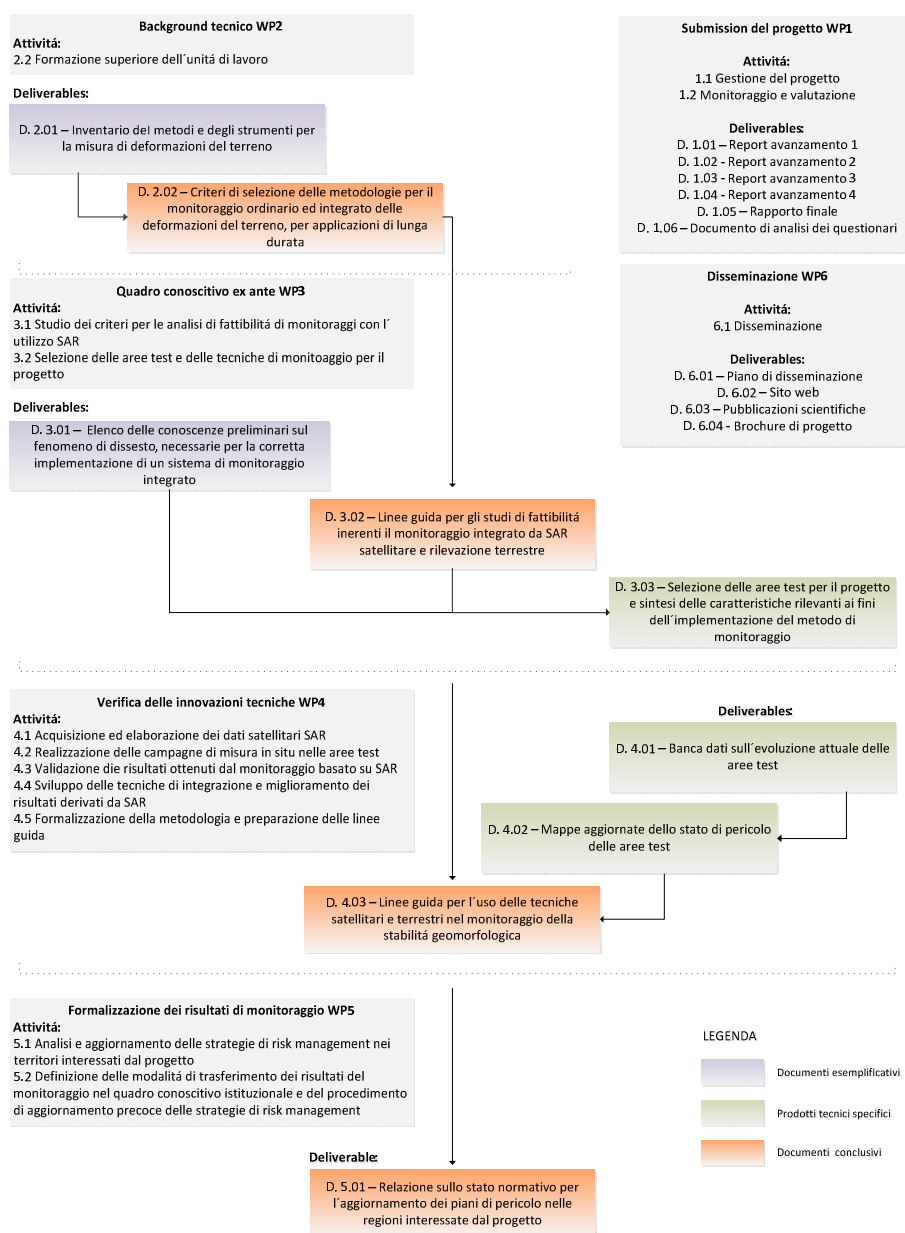
Metodologie

- Multi-interferometria SAR satellitare
- Tele-laser scanner terrestre
- GPS differenziale
- Analisi partecipata dei risultati fra tecnici e amministratori

Documentazione

Il progetto è costituito da 4 pacchetti di lavoro tecnici-operativi, più l'attività di gestione e di disseminazione.

I risultati di tali attività sono documentati in 4 rapporti di avanzamento intermedio e da un rapporto finale. I prodotti principali della ricerca, delle sperimentazioni e delle innovazioni metodologiche sono raccolti in 4 documenti o linee di guida di valenza generale, 2 documenti esemplificativi oltre che una banca dati e mappe aggiornate, specifici per le aree di test. La relazione tra i diversi documenti è rappresentata nel diagramma di flusso sottostante.



Partners e Autori

Italia

Lead Partner

Ufficio Geologia e Prove Materiali

Provincia Autonoma di Bolzano-Alto Adige

- Volkmar Mair
- Claudia Strada
- David Mosna

Partner 1

Istituto per il Telerilevamento Applicato

Accademia Europea di Bolzano EURAC

- Christian Iasio
- Giulia Chinellato

Svizzera

Partner 3

WSL -Institut für Schnee- und Lawinenforschung

SLF

- Marcia Phillips
- Robert Kenner

Partner 4

Abenis A.G. Ingenieure und Planer

- Andreas Zischg

Indice

1. Premessa	8
2. Struttura del diagramma logico	8
4. Glossario	11
4.1 Contesto delle misure	11
4.2 Applicabilità	12
4.3 Fattori di variabilità dei costi	13

1. Premessa

A complemento di quanto previsto dal Workpackage 2, in riferimento all'importanza di porre a conoscenza i vari tecnici dell'esistenza di tecnologie di monitoraggio alternative a quelle maggiormente note, il presente documento propone un procedimento tramite il quale selezionare metodologie di monitoraggio in funzione delle necessità del tecnico incaricato, delle limitazioni tecnico-operative di ogni tecnologia di misura e degli obiettivi dell'indagine.

Il processo di selezione segue un flusso decisionale che considera il contesto nel quale deve essere effettuato il monitoraggio, le caratteristiche del fenomeno d'interesse e i costi dell'indagine. Le tecnologie disponibili sul mercato devono essere inoltre valutate e selezionate sulla base delle informazioni esistenti sul processo in esame.

Nel diagramma logico riportato nella pagina seguente si è cercato di riassumere le varie fasi e criteri da seguire nella selezione delle metodologie di misura di fenomeni di deformazione in un contesto alpino di alta quota. Il diagramma fa riferimento agli argomenti trattati nel D. 2.01 e soprattutto alla **Tabella 2.01.1**

Per una migliore comprensione del diagramma questo è seguito da un breve Glossario descrittivo.

In ordine sono presentati:

- **Diagramma logico - Procedimento di selezione del set di metodologie**
- **Glossario**

2. Struttura del diagramma logico

Il diagramma logico riportato nella pagina seguente è il risultato dell'esperienza maturata durante il progetto SloMove. Il diagramma si pone come strumento di analisi dei fattori e dei parametri necessari per una corretta selezione di adeguate metodologie di monitoraggio di deformazioni del terreno.

Partendo dal contesto nel quale si effettueranno le misure, soprattutto in riferimento al tipo di fenomeno e all'obiettivo del monitoraggio, con attenzione alla disponibilità economica, si procede ad una prima selezione delle tecnologie tra quelle disponibili sul mercato. La prima selezione viene dunque

effettuata sulla base delle esigenze indicate dal tecnico e sulla base delle quali si individuano le **tecnologie teoricamente utilizzabili**.

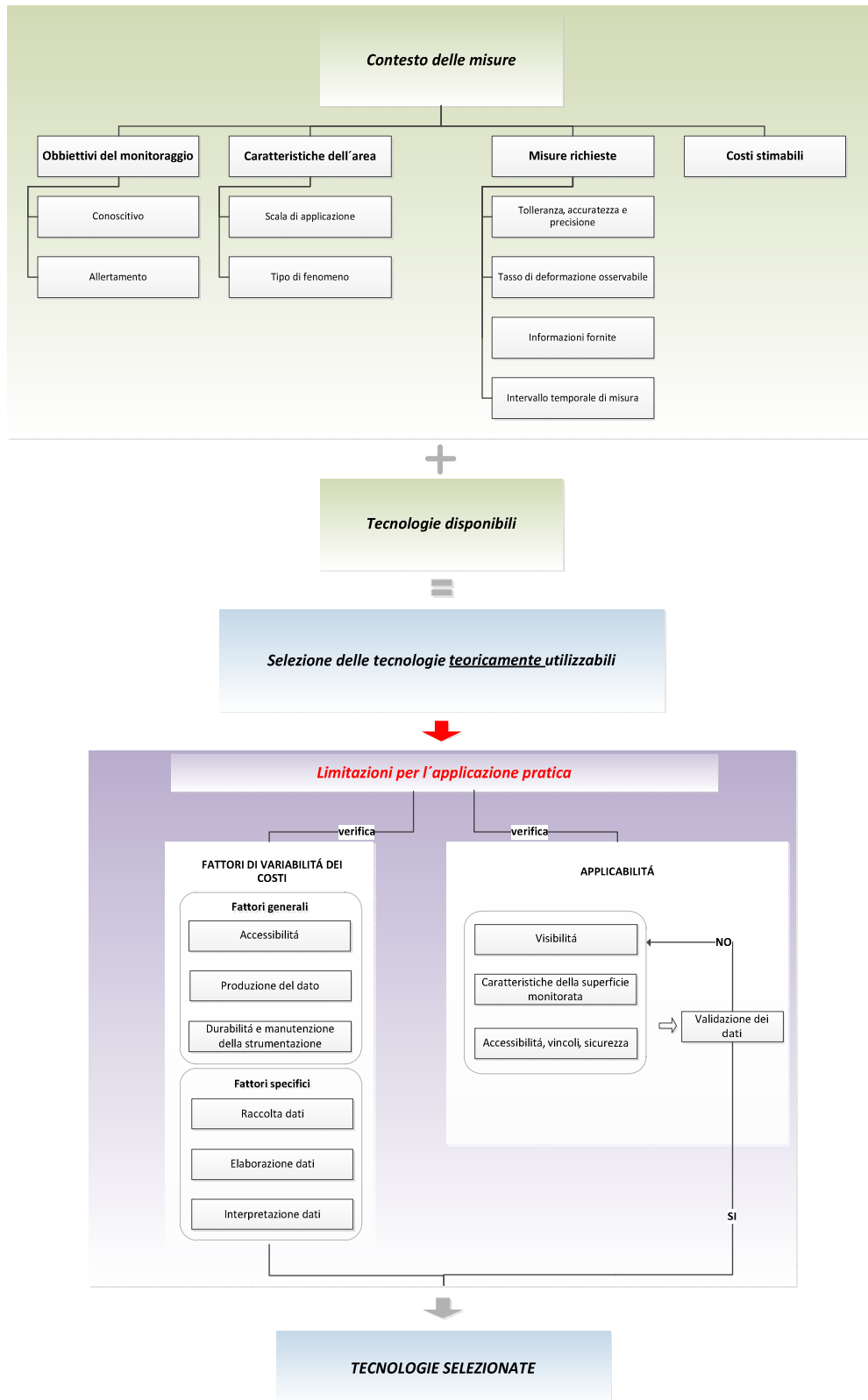
In una seconda fase si procede valutando le **limitazioni** che i metodi di misura selezionati presentano nei confronti del processo naturale in oggetto, con riferimento ai fattori che influiscono sulla stima iniziale dei costi e sull'adeguatezza tecnica-operativa.

La valutazione dell'applicabilità pratica delle tecnologie selezionate si basa sull'analisi di fattori individuati tra i più rilevanti a seguito delle attività e degli studi svolti nel contesto del progetto SloMove: questo infatti ha permesso di identificare con attendibilità quei fattori che effettivamente possono condurre alla **selezione delle tecnologie impiegabili**.

La valutazione dell'applicabilità tecnica delle metodologie selezionate si basa sulle conoscenze pregresse dell'area di indagine e del processo in oggetto: un sopralluogo dell'area con individuazione di vie di accesso e condizioni di pericolo, e la raccolta di dati ed informazioni, come misure pregresse e cartografia tematica, risultano indispensabili per una selezione delle metodologie di monitoraggio adeguate.

La definizione dei fattori, sia generali che specifici, che influenzano i costi e che sopravvivono solitamente durante le fasi esecutive e finali del monitoraggio dipendono dalla conoscenza e dalla comprensione approfondita del funzionamento delle metodologie di misura scelta.

3. Diagramma logico – Procedimento di selezione del set di metodologie



4. Glossario

4.1 Contesto delle misure

- 1. Obbiettivi del monitoraggio:** costituiscono le finalità delle indagini attuate, quindi lo scopo con il quale si procede alle misurazioni. In funzione degli obbiettivi del monitoraggio sono disponibili tecnologie più o meno adeguate, soprattutto in base al sistema di trasmissione dei dati. La possibilità di ottenere dati in tempo reale consente di allestire un sistema di allertamento. I sistemi di early warning si basano sulla disponibilità di misure trasmesse in tempo reale direttamente agli operatori che agiscono sul territorio e incaricati della salvaguardia di cose e persone. L'altra finalità del monitoraggio è la conoscenza del processo naturale, per determinare la sua evoluzione nel tempo ed eventuali interventi di sistemazione.
- 2. Caratteristiche dell'area:** in questa categoria rientra la scala di applicazione del monitoraggio, distinto tra indagine puntuale, locale o regionale. In riferimento anche a quanto indicato nel D. 2.01 le metodologie di indagine elencate possono essere utilizzate per lo studio di singoli fenomeni naturali o strutture, processi a scala di versante o analisi di porzioni estese di territorio. Inoltre deve essere considerata la tipologia del processo oggetto dello studio, soprattutto in funzione dei tassi di deformazione e dell'estensione del fenomeno.
- 3. Misure richieste:** sono il tipo di informazioni che si vuole ottenere dal monitoraggio, in funzione degli obbiettivi finali e delle prospettive future. In questa categoria rientrano tutti i parametri necessari ad una corretta modellazione e comprensione del processo naturale, partendo dagli output forniti (velocità, limiti spaziali e trend di deformazioni) che sono funzione dell'accuratezza delle misure, dell'intervallo temporale di acquisizione dei dati e dei tassi di deformazione osservabili.
- 4. Costi stimabili:** rappresenta la stima dei costi per una determinata tipologia di misura, preventivabile durante le fasi iniziali di programmazione e progettazione di un monitoraggio.

La parte finale del diagramma logico tratta i principali fattori che influenzano l'adeguatezza delle tecnologie teoricamente utilizzabili. Nei paragrafi seguenti è presentata una breve descrizione dei fattori considerati nel processo logico di valutazione e selezione del metodo di monitoraggio in base alle caratteristiche e alle limitazioni ambientali e tecnologiche.

4.2 Applicabilità

1. **Visibilità:** dipende dal tipo di tecnologia, ma assume un ruolo rilevante soprattutto nelle misure remote satellitari e terrestri, in quanto può compromettere totalmente o parzialmente i risultati del monitoraggio. Per l'interferometria SAR satellitare, il parametro di visibilità dipende dalla relazione fra geometria di acquisizione del satellite e geometria del versante da indagare. Per altri metodi terrestri, come il TLS, la visibilità è connessa alla presenza di ostacoli naturali o artificiali, all'influenza prodotta da neve al suolo, presenza di nuvole fra l'area d'interesse e il punto di ripresa, mentre per i rilievi con GPS è importante valutare la presenza di ostacoli che riducano l'orizzonte di visibilità del ricevitore verso i componenti del Sistema Globale di Navigazione Satellitare (GNSS).
2. **Caratteristiche della superficie monitorata:** questo parametro influenza l'acquisizione di dati con tecnologie remote satellitari e terrestri. Ad esempio, l'interferometria multi-temporale, che si basa sull'utilizzo di elementi al suolo che tendono a riflettere in maniera costante il segnale radar, dipende fortemente dalla natura della superficie (rugosità, dimensione dei scatteratori, superficie dei scatteratori) e dalla tipologia di copertura (nevosa, bosco..) o di uso del suolo, che con le loro variazioni stagionali possono impedirne il riconoscimento. Anche per la tecnologia laser scanner da terra, le caratteristiche della superficie monitorata condizionano profondamente la misura, fino a comprometterla: neve e copertura vegetativa impediscono totalmente il rilievo, mentre la rugosità della superficie e l'assenza di forti contropendenze (che diminuiscono i fenomeni di ombreggiatura) concorrono alla maggiore accuratezza del dato.
3. **Accessibilità, vincoli e sicurezza:** la possibilità di accedere al sito per realizzare le misure (accesso limitato, area private, vincoli territoriali..) e di portare a termine un monitoraggio di lunga durata in condizioni di sicurezza.
4. **Validazione dei dati:** la possibilità di un confronto di dati provenienti da diverse tecnologie, in situ e da telerilevamento, risulta indispensabile in un monitoraggio di precisione. Le misure sono affette da errori e la loro validazione, attraverso il confronto di misure indipendenti, permette di valutarne l'entità ed eventualmente di minimizzarli.

4.3 Fattori di variabilità dei costi

In questa categoria rientrano i fattori che innalzano i costi del monitoraggio rispetto a quelli preventivati, in quanto di difficile valutazione durante le fasi iniziali di progettazione e programmazione. Questo concorre ovviamente a limitare, in alcuni casi, la scelta di alcune tipologie di misura.

FATTORI GENERALI

Con “fattori generali” si intendono fattori comuni alle tre tecnologie selezionate nel progetto SloMove (GPS differenziale, TLS e interferometria multi-differenziale), in quanto connesse ad intense attività di campagna, che maggiormente possono alterare la stima iniziale dei costi.

1. **Accessibilità:** la difficoltà di accesso al sito e le risorse necessarie ad operare in sicurezza influenzano fortemente la scelta della tecnologia da usare. Questo fattore é espresso in termini di vie di accesso, tempi di percorrenza, quota e dislivello complessivo da coprire senza l’impiego di mezzi di trasporto. I costi di un monitoraggio a lungo termine dipendono anche dal numero di persone impiegate e dall’organizzazione del lavoro di campagna; tradotto in termini di tempo impiegato per una singola campagna di misure, maggiore se il sito da raggiungere è poco accessibile, e/o con l’impiego di più persone, se la strumentazione da trasportare è consistente.: Un ulteriore esempio è dato dalla necessità talvolta, ma soprattutto in un contesto di alta quota, dell’impiego di mezzi di trasporto inusuali, quali l’elicottero, con un aumento consistente dei costi/per campagna di misura.
2. **Produzione del dato:** questa voce include le risorse necessarie all’uso della strumentazione, all’acquisto di dati (es. immagini satellitari) e i costi di produzione del dato. Questi fattori, nel valutare la convenienza di una o l’altra tecnologia, possono variare in funzione del numero di punti da misurare o della durata del monitoraggio a parità di qualità dei risultati attesi. Tipicamente l’impiego di tecnologie di telerilevamento satellitare risultano più convenienti nel rispondere ad esigenze di monitoraggio di lunga durata, su scala regionale, con un elevato numero di punti di misura.
3. **Durabilità della strumentazione:** la “persistenza” nel tempo degli strumenti utilizzati per il monitoraggio è funzione della dinamica del processo, delle condizioni climatiche e di eventuali “disturbi” prodotti dall’uomo o da altri esseri viventi. Questi, a loro volta, influenzano la necessità

di manutenzione o sostituzione dei sensori o di altri oggetti necessari a mantenere costante la qualità delle misure e che incidono sui costi finali del sistema di monitoraggio.

FATTORI SPECIFICI

In questa categoria rientrano i fattori che dipendono dalla tecnologia impiegata, alla quale sono associati software, competenze e strumentazione elettromeccanica specifiche. In linea di massima le voci che possono determinare variazioni consistenti dei costi stimati sono legate alle fasi di raccolta, elaborazione ed interpretazione dei dati.

4. **Raccolta dati:** come il dato (in funzione della metodologia) viene raccolto e fornito all'operatore. Un esempio è dato da campagne di misura interrotte a causa delle condizioni climatiche, dove risulta necessario riprogrammare nuove indagini che si traducono in un aumento, rispetto a quello previsto, di costi di personale e tempo impiegato.
5. **Elaborazione dati:** influisce sui costi in termini di software da acquistare, personale qualificato impiegato nelle attività e tempo speso per l'elaborazione.
6. **Interpretazione dati:** le attività necessarie per l'interpretazione dei dati acquisiti ed elaborati e la loro finale utilizzazione. Un esempio è dato dalla necessità di avvalersi di consulenti esterni, o di formare personale per una corretta interpretazione dei risultati, soprattutto nel caso di un monitoraggio integrato con l'impiego di differenti tecnologie.