AXATEL S.r.l.
Viale del Mercato Nuovo, 75
36100 Vicenza (VI)
Tel +39 0444 963891

UNITÀ LOCALE
Via del Salvatore 2/6
89121 Reggio Calabria (RC)

P.IVA 03741090249
Nr REA VI-350021
Cap. Sociale: Euro 50.000,00
axatelsrl@legalmail.it



L'approccio Real-Time per la riduzione del rischio nel dissesto idrogeologico

Ing. Marco Rossi, Direttore Tecnico AXATEL

REMTECH EXPO

LoRaWAN®

AXATEL S.r.l.
Viale del Mercato Nuovo, 75
36100 Vicenza (VI)
Tel +39 0444 963891

UNITÀ LOCALE
Via del Salvatore 2/6
89121 Reggio Calabria (RC)

P.IVA 03741090249
Nr REA VI-350021
Cap. Sociale: Euro 50.000,00
axatelsrl@legalmail.it

Sommario

Le 3 Fasi Cruciali del Processo di Valutazione del Rischio (Secondo ISO 31000) 3
Fase 1: Identificazione del Rischio (Risk Identification) 3
Fase 2: Analisi del Rischio (Risk Analysis) 4
Fase 3: Ponderazione del Rischio (Risk Evaluation) 4
Il fattore tempo come variabile per una valutazione corretta necessaria 5
La valutazione dinamica del rischio frana: la scala dei tempi 9
Il sistema real-time 9
L'early warning system vs il real-time system 11
I quattro anelli del Sistema di Monitoraggio Real Time 13
1. I Sensori 13
2. Il sistema di trasmissione e acquisizione dati 14
3. La logica di allerta e di automazione 14
4. Il protocollo operativo 15
Il sistema di controllo attivo come azione correttiva 16
RISULTATI DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO REAL TIME 17
Contatti 17

AXATEL S.r.l.
Viale del Mercato Nuovo, 75
36100 Vicenza (VI)
Tel +39 0444 963891

UNITÀ LOCALE
Via del Salvatore 2/6
89121 Reggio Calabria (RC)

P.IVA 03741090249
Nr REA VI-350021
Cap. Sociale: Euro 50.000,00
axatelsrl@legalmail.it

Le 3 Fasi Cruciali del Processo di Valutazione del Rischio (Secondo ISO 31000)

La **valutazione del rischio** (in inglese *risk assessment*) è una componente cardine del più ampio processo di gestione del rischio (*risk management*). Essa fornisce le basi per prendere decisioni informate su come trattare i rischi identificati e allocare le risorse in modo efficace. La norma internazionale **ISO 31000 "Risk management – Guidelines"** definisce la valutazione del rischio come il processo complessivo di:

Fase 1. Identificazione del rischio (Risk Identification)

Fase 2. Analisi del rischio (Risk Analysis)

Fase 3. Ponderazione del rischio (Risk Evaluation)

Fase 1: Identificazione del Rischio (Risk Identification)

"Cosa potrebbe accadere? Dove e quando? Come e perché?"

- **Obiettivo Principale:** **creare un elenco completo di rischi potenziali**, incluse le loro cause e le possibili conseguenze.
- **Metodologie Comuni:**
  - Analisi di dati storici e incidenti passati.
  - Studi geologici
  - Analisi di scenari evento (es. What-if analysis).

La non stazionarietà: il tempo di ritorno storico su cui si basa la stima è calcolato su serie climatiche e idrogeologiche passate, ma cambiamento climatico, consumo di suolo, deforestazione e urbanizzazione modificano nel tempo la probabilità stessa di frana — quindi la curva di pericolosità usata come input non è costante, e una valutazione fatta con dati di 20 anni fa può sottostimare sistematicamente il rischio attuale. È qui che entra il concetto di "attualizzazione": i piani di assetto idrogeologico (PAI) e le mappe di pericolosità vengono infatti **aggiornati periodicamente** proprio per questo motivo.

AXATEL S.r.l.
Viale del Mercato Nuovo, 75
36100 Vicenza (VI)
Tel +39 0444 963891

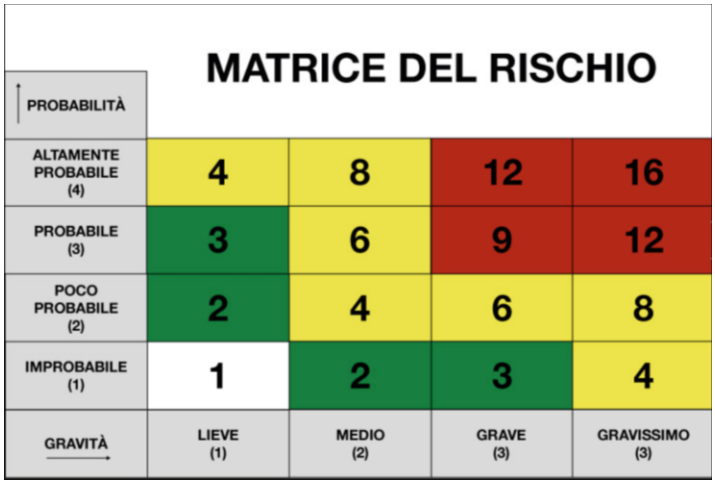
UNITÀ LOCALE
Via del Salvatore 2/6
89121 Reggio Calabria (RC)

P.IVA 03741090249
Nr REA VI-350021
Cap. Sociale: Euro 50.000,00
axatelsrl@legalmail.it

Fase 2: Analisi del Rischio (Risk Analysis)

"Probabilità che l'evento accada? Magnitudo?"

- **Obiettivo Principale: determinare la probabilità** (likelihood) **di accadimento** di ciascun rischio identificato e **la magnitudo** (impact o consequence) delle sue potenziali conseguenze.
- **Metodologie Comuni:**
  - **Analisi Qualitativa:** Utilizza scale descrittive (es. Alto, Medio, Basso) per probabilità e impatto, spesso visualizzate tramite matrici di rischio.
  - **Analisi Quantitativa:** Utilizza dati numerici e modelli statistici
- **Output Atteso:** una **stima del livello di ciascun rischio** (combinazione di probabilità e impatto)



Fase 3: Ponderazione del Rischio (Risk Evaluation)

La ponderazione del rischio è la fase in cui si confrontano i risultati dell'analisi del rischio con **l'identificazione del rischio residuo accettabile.**
Il rischio accettabile in che unità di misura lo si rappresenta? Numero di morti? Case sacrificabili?

- **Obiettivo Principale:** si tratta di stabilire quali rischi richiedono una azione correttiva e quali possono essere accettati o tollerati.
- **Metodologie Comuni:**

- Confronto dei livelli di rischio stimati (dall'analisi) con i criteri di rischio definiti (es. livelli di tolleranza, soglie di accettabilità).
- Utilizzo di matrici di priorità basate su probabilità/impatto o altri fattori (es. urgenza, controllabilità).
- Considerazioni **costo-beneficio** per il potenziale trattamento.

- **Output Atteso: un elenco prioritizzato dei rischi che necessitano di un trattamento**, insieme a una documentazione dei rischi che sono stati considerati accettabili o tollerabili e non richiedono ulteriori azioni al momento. Queste decisioni sono cruciali per la successiva fase di "Trattamento del Rischio" nel più ampio processo di gestione.

Questa fase decisionale è fondamentale per determinare le azioni preventive da intraprendere.

Il fattore tempo come variabile per una valutazione corretta necessaria

Seguire queste **tre fasi** in modo strutturato assicura che la valutazione del rischio sia completa, coerente e utile?
È importante ricordare che la valutazione del rischio non è un'attività una tantum, ma un processo iterativo. I rischi possono cambiare, possono emergere nuove informazioni e il contesto può evolvere, rendendo necessarie rivalutazioni periodiche.

Valutazione dinamica del rischio Quale periodicità?

Il **fattore di valutazione in tempo reale** incide sulla **valutazione del rischio** perché permette di aggiornare il livello di rischio sulla base delle **condizioni effettivamente presenti in quel momento**, anziché affidarsi esclusivamente a una valutazione preventiva o storica.

In pratica la **valutazione dinamica:**

- **Raccoglie dati aggiornati**: eventi, condizioni operative, anomalie, indicatori di performance o altri segnali rilevanti.
- **Modifica la probabilità stimata** che si verifichi un evento rischioso: un cambiamento improvviso nelle condizioni può aumentare o diminuire la probabilità.

AXATEL S.r.l.
Viale del Mercato Nuovo, 75
36100 Vicenza (VI)
Tel +39 0444 963891

UNITÀ LOCALE
Via del Salvatore 2/6
89121 Reggio Calabria (RC)

P.IVA 03741090249
Nr REA VI-350021
Cap. Sociale: Euro 50.000,00
axatelsrl@legalmail.it

- **Può modificare l'impatto atteso**: se cambiano le circostanze, anche le conseguenze potenziali di un evento possono essere diverse.
- **Rende dinamica la valutazione**: il rischio viene ricalcolato quando arrivano nuove informazioni.
- **Consente interventi tempestivi**: se il rischio supera una determinata soglia, possono essere adottate misure preventive o correttive diverse od aggiuntive.

CONOSCO SUBITO, AGISCO PRONTAMENTE

MAGGIORE EFFICACIA PIANO DI EMERGENZA A LIVELLI
MINOR COSTI INTERVENTI DI PROTEZIONE PASSIVA

Esempio: non costruisco una diga per proteggere le case, ma una briglia che rallenta e una vasca di accumulo che assicurano la disponibilità di un lasso di tempo utile per lo sgombero.
L'intervento di **protezione passiva** è realizzato con un costo minore perché è tarato su un livello di protezione più basso perché l'azione correttiva è mista. Nel caso del **rischio di impatto di una colata detritica** il fattore di valutazione **in tempo reale** serve a capire quanto la situazione stia diventando pericolosa ***in quel momento***,

In termini semplificati:
Il fattore in tempo reale può modificare soprattutto la **pericolosità stimata**. Per esempio, vengono monitorati:

- **Pioggia in corso e cumulata**: precipitazioni intense possono aumentare rapidamente la probabilità di innesco o accelerazione.
- **Saturazione del terreno**: valori elevati possono ridurre la stabilità del versante.
- **Movimenti del terreno**: accelerazioni o spostamenti rilevati da sensori

AXATEL S.r.l.
Viale del Mercato Nuovo, 75
36100 Vicenza (VI)
Tel +39 0444 963891

UNITÀ LOCALE
Via del Salvatore 2/6
89121 Reggio Calabria (RC)

P.IVA 03741090249
Nr REA VI-350021
Cap. Sociale: Euro 50.000,00
axatelsrl@legalmail.it









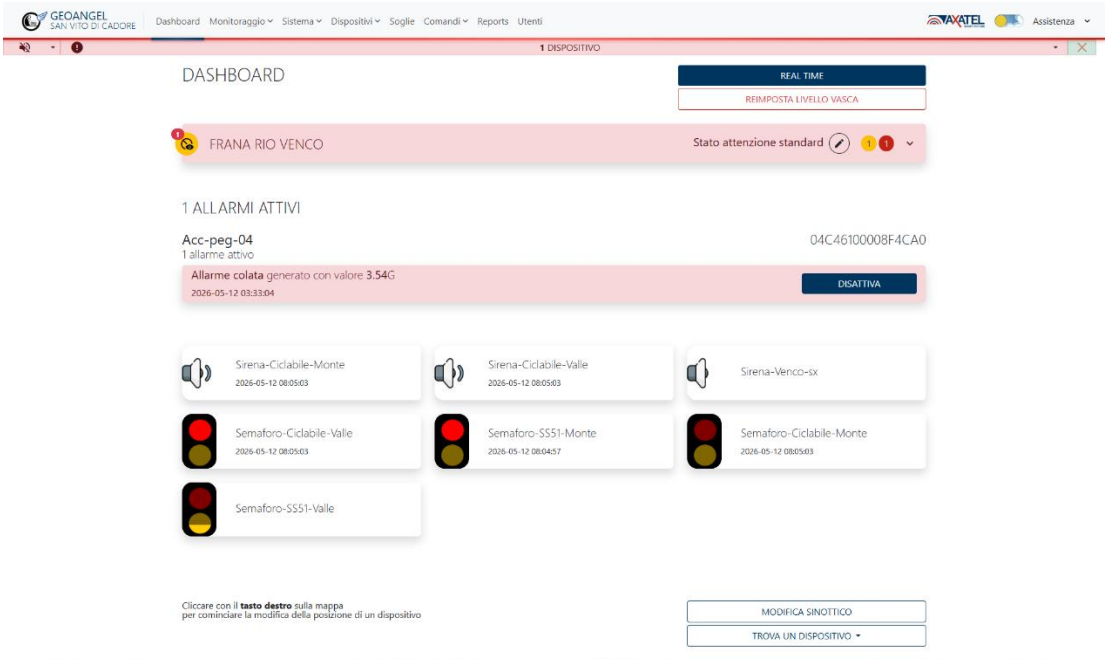


Sensori clinometri, accelerometri e di livello, biassiali o triassiali, da inserire nel terreno o posizionare su teleferica. Al superamento di una soglia preimpostata, i sistemi di allarme – semafori e sirene – scattano in automatico.
I sensori nelle immagini, da sinistra a destra: Solum, Caelum con sensore radar, pluviometro.

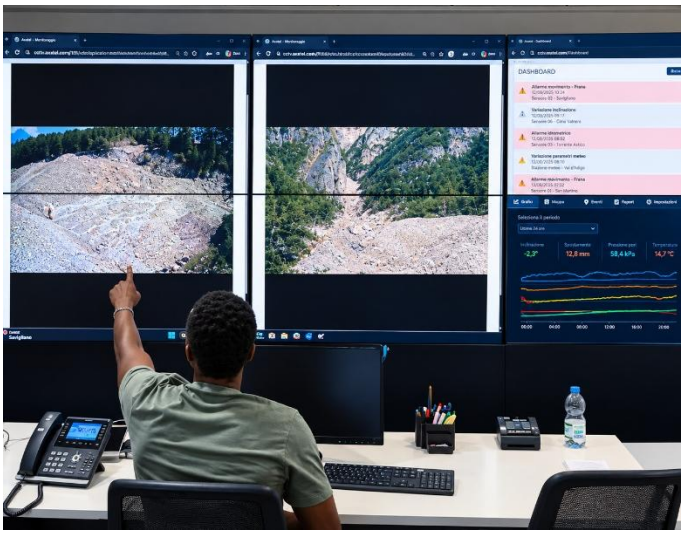
AXATEL S.r.l.
Viale del Mercato Nuovo, 75
36100 Vicenza (VI)
Tel +39 0444 963891

UNITÀ LOCALE
Via del Salvatore 2/6
89121 Reggio Calabria (RC)

P.IVA 03741090249
Nr REA VI-350021
Cap. Sociale: Euro 50.000,00
axatelsrl@legalmail.it







La sala di controllo con il personale dedicato che valuta la congruenza dello scenario attivato automaticamente e riporta lo stato normale al termine delle condizioni di pericolo.
Nell'immagine:
esempio di allarmi su gestionale e sinottico.

AXATEL S.r.l.
Viale del Mercato Nuovo, 75
36100 Vicenza (VI)
Tel +39 0444 963891

UNITÀ LOCALE
Via del Salvatore 2/6
89121 Reggio Calabria (RC)

P.IVA 03741090249
Nr REA VI-350021
Cap. Sociale: Euro 50.000,00
axatelsrl@legalmail.it

La valutazione dinamica del rischio frana: la scala dei tempi

La valutazione dinamica si contrappone a quella statica proprio superando il limite di stimare una volta la pericolosità e poi limitarsi ad attualizzarne finanziariamente gli effetti nel tempo.
Il modello stesso di rischio viene aggiornato continuamente man mano che cambiano le condizioni che lo determinano.

Per la frana ha senso scomporre il tempo su **tre scale diverse**, perché i fattori che agiscono su ciascuna di esse hanno dinamiche molto differenti:

- Sulla scala lunga ci sono **i fattori predisponenti** (geologia, litologia, acclività, uso del suolo strutturale): cambiano lentamente, nell'arco di decenni, e sono quelli su cui si basano le tradizionali mappe di suscettibilità e pericolosità

- Sulla scala intermedia ci sono **i fattori preparatori** (umidità del suolo, livello di saturazione, andamento stagionale delle piogge, eventuali cicli gelo-disgelo…) Questi si muovono su settimane o mesi e fanno oscillare la soglia effettiva di innesco: lo stesso versante può essere relativamente stabile in estate e vicino al limite critico dopo settimane di piogge persistenti.

- Sulla scala corta ci sono **i fattori scatenanti** veri e propri (un evento di pioggia intenso, una scossa sismica) che agiscono in ore o giorni e sono l'oggetto dei sistemi di allertamento.

Il sistema real-time

Il real-time permette sia di valutare i precursori sia di rilevare l'insorgere dell'evento e di intraprendere l'azione correttiva immediata riducendo l'impatto.

N.B. Il sistema di **monitoraggio dinamico e di allarme** non può essere considerato un sistema "life saving" o "failsafe"; costituisce invece uno **strumento di ausilio** per rilevare delle misure in real-time al fine di consentire la ***valutazione dinamica del rischio***, nella fattispecie ***la probabilità dell'impatto del fenomeno idrogeologico sulle persone e sulla struttura di viabilità***.

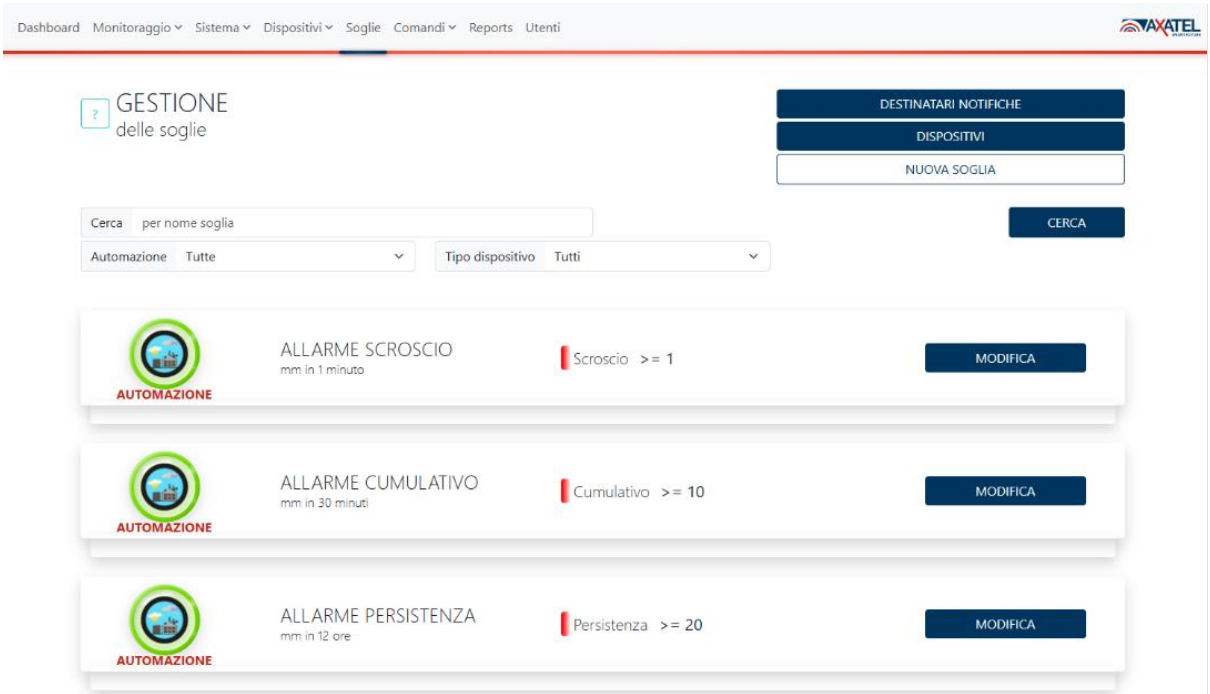
1. **Il sistema realizza degli scenari di automazione e di allerta**, che, sulla base di soglie e di logiche definite dal Gestore, intervengono per mitigare il rischio nell'immediatezza dell'evento rilevato**. L'applicazione degli scenari è**

automatica o manuale in base alle politiche gestionali del Gestore che opera agendo liberamente nella scelta delle soglie e nella adozione delle procedure di intervento.

2. Gli scenari di automazione possono riguardare gestione di eventi emergenziali o di ordinaria amministrazione; tra le misure emergenziali richiamano *le procedure in essere e programmate (esempio per la chiusura automatizzata della sede stradale)*

Concretamente questo significa:

1. L'uso di soglie pluviometriche empiriche (curve intensità-durata) o di modelli fisicamente basati (infiltrazione nel suolo, stabilità del versante ricalcolata con l'umidità corrente) che ricevono in ingresso dati meteo in tempo reale o quasi, così che la probabilità di innesco non sia un valore annuo medio ma una stima che si aggiorna ogni volta che arriva un nuovo dato di pioggia.



2. Il monitoraggio strumentale (inclinometri, piezometri, estensimetri, geofoni, sensori radar di livello per il real time su debris flow GNSS, e sempre più spesso l'interferometria satellitare InSAR per rilevare spostamenti millimetrici su aree ampie e scale temporali più lunghe

AXATEL S.r.l.
Viale del Mercato Nuovo, 75
36100 Vicenza (VI)
Tel +39 0444 963891

UNITÀ LOCALE
Via del Salvatore 2/6
89121 Reggio Calabria (RC)

P.IVA 03741090249
Nr REA VI-350021
Cap. Sociale: Euro 50.000,00
axatelsrl@legalmail.it

3. Rivalutazione delle soglie aggiornate (a posteriori) ogni volta che arriva un'evidenza nuova, che sia un dato di monitoraggio, un evento di pioggia o persino un piccolo movimento rilevato.

Questo cambia in modo sostanziale come si deve trattare il fattore tempo nel calcolo economico e nella valutazione costo benefici delle azioni correttive per la riduzione del rischio.

Con una **valutazione statica** della pericolosità si può ragionare con una probabilità e uno sconto finanziario applicato meccanicamente.

Con una **valutazione dinamica** della pericolosità, la curva di rischio non è più piatta nel tempo e soprattutto genera informazione che permette decisioni condizionate. Esempio: sospendere l'accesso a un'infrastruttura solo nelle finestre temporali in cui il rischio stimato supera una soglia, invece di un intervento fisso e costoso valido tutto l'anno.

*Questo sposta l'analisi costi-benefici da un **confronto statico** (costo dell'opera) a un **confronto tra costo dell'intervento strutturale fisso e costo, spesso molto più basso, di un sistema di monitoraggio e Real time warning che riduce il rischio agendo solo quando la probabilità dinamica lo giustifica.***

L'early warning system vs il real-time system

L'early warning system, nell'accezione più comune per il rischio idrogeologico territoriale, è un **sistema predittivo basato su proxy**: soglie pluviometriche empiriche (curve intensità-durata) applicate a previsioni meteorologiche, spesso su scala regionale o di bacino (è il meccanismo dietro i codici di allerta della protezione civile). Il suo valore aggiunto è il tempo di preavviso — ore, a volte giorni — ma questo tempo si paga in incertezza: si basa su una previsione di pioggia, non sull'osservazione diretta del versante; quindi, eredita l'errore del modello meteorologico e la genericità della soglia statistica, che è calibrata su un'area vasta e non sul singolo pendio.

Il risultato tipico è **un tasso di falsi positivi** non trascurabile (si chiude una strada che non sarebbe franata) bilanciato dal fatto che copre un territorio enorme a un costo per chilometro quadrato molto basso. Nel modello dinamico, l'EWS agisce essenzialmente sul livello dei fattori preparatori/scatenanti: aggiorna la probabilità di innesco su base previsionale, non lo stato reale del versante.

AXATEL S.r.l.
Viale del Mercato Nuovo, 75
36100 Vicenza (VI)
Tel +39 0444 963891

UNITÀ LOCALE
Via del Salvatore 2/6
89121 Reggio Calabria (RC)

P.IVA 03741090249
Nr REA VI-350021
Cap. Sociale: Euro 50.000,00
axatelsrl@legalmail.it

Il sistema di monitoraggio in tempo reale, invece, **osserva direttamente** la grandezza fisica che precede il collasso: spostamenti (inclinometri, GNSS, InSAR), pressioni interstiziali, velocità di deformazione.
Non prevede la pioggia che potrebbe innescare il movimento, misura se il movimento sta già avvenendo e con quale accelerazione. Questo cambia qualitativamente il tipo di informazione che entra nell'aggiornamento bayesiano di cui parlavamo: l'EWS aggiorna una probabilità a priori con un'evidenza indiretta (pioggia prevista), il monitoraggio in tempo reale la aggiorna con un'evidenza diretta sullo stato del fenomeno. Per questo, quando un versante entra in fase di deformazione accelerata (creep secondario/terziario), tecniche come il metodo della velocità inversa possono arrivare a stimare un tempo di rottura con una confidenza molto più alta di qualunque soglia pluviometrica — ma a costo di una copertura spaziale minima: si può monitorare così un singolo versante, una diga, un viadotto, non un'intera regione.

Al confronto, quindi, consegue:

1. **tempo di preavviso**: generalmente più lungo per l'EWS previsionale, spesso più corto per il monitoraggio in tempo reale, anche se con tecniche di forecasting sulla velocità di deformazione questo divario si riduce.

2. **affidabilità/tasso di falsi allarmi**: strutturalmente più bassa per l'EWS (proxy statistico su area vasta), più alta per il monitoraggio diretto (osservazione del fenomeno reale, ma solo dove installato).

3. **scala di copertura e costo**: l'EWS è economico ed efficace su scala territoriale, il monitoraggio in tempo reale è costoso ma giustificato quando il valore esposto (una diga, un abitato, un'infrastruttura critica) rende accettabile **il costo per l'informazione che restituisce** — è essenzialmente un problema di value of information nel **calcolo costi-benefici** che facevamo prima: si paga il sensore quando il costo atteso di un falso negativo (o il valore di ridurre il falso positivo) supera il costo di installazione e gestione.

Nella pratica corrente i due livelli non sono alternativi ma complementari e stratificati: l'EWS territoriale gestisce l'allertamento diffuso e la pianificazione di protezione civile su larga scala, mentre il **monitoraggio in tempo reale** viene riservato ai punti a rischio elevato individuati, creando un sistema a imbuto in cui l'informazione via via più costosa e più affidabile si concentra dove il rischio residuo lo giustifica economicamente.

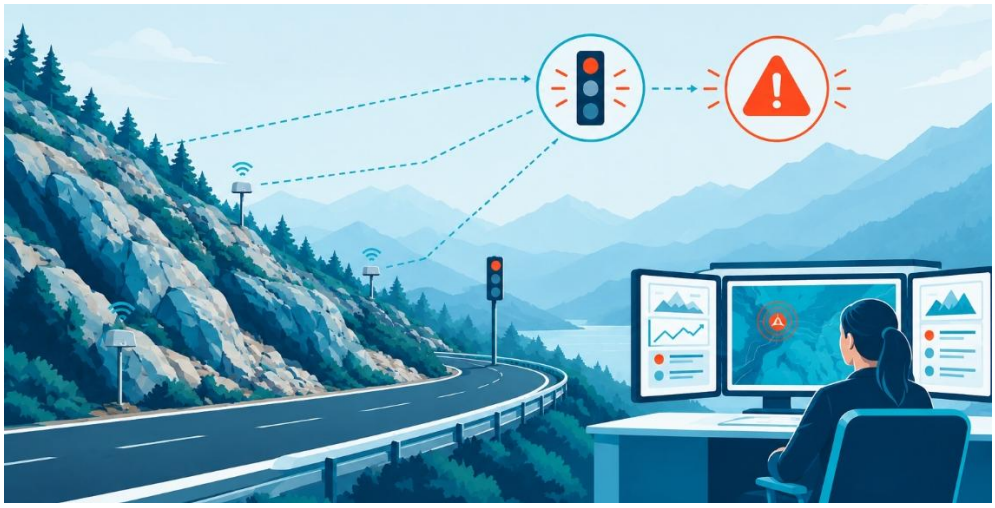
La conseguenza comunque è un beneficio nella riduzione delle opere di protezione passiva ed un aumento dell'efficacia della riduzione del rischio

I quattro anelli del Sistema di Monitoraggio Real Time

Un sistema di monitoraggio in tempo reale per il dissesto idrogeologico si costruisce come una catena con quattro anelli:

1. **Sensori** che misurano una grandezza fisica sul terreno
2. **Un sistema di acquisizione e trasmissione dati**
3. **Una logica di elaborazione e soglie di allerta**
4. **Un protocollo operativo di automazione che trasforma il dato in un'azione**

Le scelte progettuali cambiano molto a seconda del tipo di dissesto (frana lenta, colata rapida, crollo in roccia) e della scala dell'area da coprire.



1. *I Sensori*

Le tipologie di sensori si dividono in due macrocategorie:

- Sensori per elementi precursori:

a) **Pluviometri**
b) **Piezometri** per la pressione interstiziale nel sottosuolo
c) **Freatimetri** per il livello di falda,

d) **Sensori di umidità** del suolo in modo tale da poter definire stati di preallarme per la possibile insorgenza del meccanismo fisico che potenzialmente innesca il movimento

- Sensori per la rilevazione dell'evento:

a) **inclinometri** installati per rilevare spostamenti in superficie o in profondità lungo la superficie di scivolamento,
b) **estensimetri e fessurimetri** per il movimento relativo tra le due sponde di una fessura,
c) **sensori di livello** per misurare le variazioni di accumuli o profondità dei canali di scorrimento
d) **geofoni**, o i più attuali **analizzatori sismici/vibrazionali** a diverse bande di frequenza altissima sensibilità (10^-3g)
e) **stazioni GNSS** che misurano lo spostamento superficiale con precisione millimetrica di grandi masse
f) **l'interferometria radar da terra** (GB-InSAR/GBSAR), che da una postazione fissa scansiona un intero versante rilevando deformazioni millimetriche con frequenza di pochi minuti, (esempio falesie)
g) **l'InSAR satellitare** per il monitoraggio areale a bassa frequenza (giorni) ma su scala regionale.

Per i sistemi di sicurezza real-time sono utili i primi quattro sensori di rilevazione dell'evento.

2. *Il sistema di trasmissione e acquisizione dati*

I sistemi di sicurezza necessitano di acquisizione **REAL-TIME** in ambienti senza connettività ed in condizioni avverse.
I sensori comunicano **autonomamente e singolarmente** utilizzando un **protocollo radio standard LPWAN** per minimizzare l'utilizzo dell'energia (tipico 25mW) garantendo lunga durata batteria (>5anni).
Funzionano senza SIM grazie alla copertura radio estesa (>km) garantita dal gateway.
L'acquisizione avviene **direttamente sul campo** con campionamenti variabili in base alla criticità e alle condizioni attuali, parametrizzabili e configurabili da remoto.
I sensori evoluti dispongono di algoritmi residenti a bordo per la cancellazione dei falsi allarmi

3. *La logica di allerta e di automazione*

La logica di allerta e di automazione è frutto della **collaborazione tra il geologo e l'ingegnere**, ovvero l'ottimizzazione di scienza e tecnologia.

a) Si usano soglie a più livelli (attenzione, pre-allarme, allarme)
b) correlazione tra dati da sensori diversi
c) logiche AND /OR tra valori di sensori o di superamento di soglie
d) parametrizzazione frequenze di acquisizione sulla base di velocità di modifiche dei valori misurati
e) calcoli analitici sui residui di isteresi temporali

*Uno **spostamento** rilevato dall'inclinometro insieme a un **innalzamento** della pressione interstiziale e a un **evento** di pioggia intenso è un'evidenza molto più solida di uno qualsiasi dei tre segnali preso da solo, ed è proprio **questo incrocio** che **riduce il tasso di falsi positivi rispetto** a un EWS basato solo su soglie pluviometriche.*

4. Il protocollo operativo

a) **Early warning:** i dati confluiscono in una **Control Room** (spesso della protezione civile locale o di un ente gestore dell'infrastruttura) dove personale dedicato interpreta l'allerta e attiva un piano predefinito.
Un sistema di monitoraggio di questo tipo per quanto sofisticato tecnicamente, non produce un importante riduzione del rischio: **il valore si realizza solo se il dato si traduce in una decisione entro il tempo di preavviso disponibile**. Di conseguenza le opere di protezione passiva volte a garantire la "riserva temporale" vanno quindi dimensionate a monte in base ai tempi di risposta reali del piano di emergenza.

b) **Real-time**

Conosco in real-time e agisco in Real Time
I dati confluiscono in un server localizzato in sito che, sulla base delle logiche stabilite, interviene automaticamente adottando gli scenari correlati agli eventi (agisce su semafori, sirene, dispacci informatici, chiusura immediata di una strada o di una linea ferroviaria al superamento di una soglia, evacuazione di edifici o aree a rischio, sospensione di cantieri o attività in prossimità del versante…).
È un punto cruciale perché chiude il cerchio del discorso: un sistema di monitoraggio, per quanto affidabile, genera valore solo nella misura in **cui il tempo di preavviso che produce è compatibile con il tempo necessario a eseguire un'azione**.

Il Real-Time, nell'azionamento di scenari, riduce il rischio.

AXATEL S.r.l.
Viale del Mercato Nuovo, 75
36100 Vicenza (VI)
Tel +39 0444 963891

UNITÀ LOCALE
Via del Salvatore 2/6
89121 Reggio Calabria (RC)

P.IVA 03741090249
Nr REA VI-350021
Cap. Sociale: Euro 50.000,00
axatelsrl@legalmail.it

Nel frattempo, i dati e lo stato degli azionamenti sono consultabili da una Control Room dove il personale dedicato valuta la congruenza dello scenario attivato e riporta lo stato normale al termine delle condizioni di pericolo.

Il sistema di controllo attivo come azione correttiva

1. **La prima categoria è quella delle azioni gestionali/procedurali**, che non intervengono sulla causa fisica ma riducono l'esposizione: limitazione di carico su un'infrastruttura (per esempio riduzione del traffico pesante su un viadotto se si rileva un cedimento). **Sono le azioni più rapide da attivare** — spesso quasi istantanee, tipo la chiusura di una barriera — ma non riducono la probabilità che l'evento accada, solo il danno atteso se accade, perché tolgono persone e beni dalla traiettoria del rischio.

2. **La seconda categoria è quella delle azioni tecniche attive**, che invece intervengono sulla causa fisica e quindi **riducono davvero la pericolosità**, non solo l'esposizione. L'esempio più diretto è il drenaggio attivo: se un piezometro rileva un innalzamento critico della pressione interstiziale, l'attivazione di pompe o dreni a vuoto abbassa rapidamente quella pressione, che è spesso il fattore scatenante diretto dell'instabilità. Analogamente, la regolazione di paratoie o canalizzazioni per deviare acque superficiali, o l'abbassamento controllato del livello di un invaso a monte di un versante instabile, agiscono sulla condizione fisica che sta facendo salire il rischio, non solo sulla sua conseguenza. Queste azioni hanno un tempo di esecuzione più lungo delle chiusure procedurali, ma il beneficio è più duraturo perché stabilizzano davvero la situazione invece di limitarsi a spostare le persone.

3. **La terza categoria, la più evoluta, è il controllo automatico a ciclo chiuso**: il sistema non si limita a notificare un operatore ma **attiva direttamente uno scenario** (macroazione) quando viene rilevata l'occorrenza di un evento — apertura/chiusura automatica di una barriera, avvio automatico di una pompa, blocco automatico dell'accesso — togliendo l'essere umano dal loop decisionale per i casi in cui il tempo di reazione richiesto è troppo breve per un intervento manuale.

Il rilievo Real -Time unitamente all'azionamento di scenari Real-Time consente il salto concettuale da "sistema di allerta" (che richiede

una decisione umana a valle) a "sistema di controllo attivo" (che reagisce entro la sola latenza tecnica).

Il vincolo pratico che lega tutto questo, e che riprende il filo del discorso sul **fattore tempo** risiede nel fatto che ogni azione correttiva ha un proprio tempo di esecuzione (secondi per una barriera automatica, minuti per l'attivazione di pompe, ore per un'evacuazione), e il sistema di monitoraggio va dimensionato (soglie, frequenza di campionamento, metodo di analisi del trend) in modo che **il tempo di preavviso prodotto sia sempre maggiore del tempo di esecuzione dell'azione** pianificata per quel livello di allerta.

RISULTATI DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO REAL TIME

1. **Ottengo comunque le informazioni utili all'analisi e alla storicizzazione**
2. **Minimo rischio residuo possibile per momento attuale**
3. **Si evitano sovradimensionamenti delle opere strutturali**
4. **Attualizzazione delle azioni correttive per modifiche variabili (piano di gestione delle emergenze)**

Contatti

Ing. MARCO ROSSI
366 366 3666
E-mail:
m.rossi@axatel.it

SEDE LEGALE E OPERATIVA AXATEL
Viale Mercato Nuovo 75
36100 Vicenza VI

TELEFONO
0444 963891

MAIL
info@axatel.it

SITO
www.axatel.it