

ANIE
AUTOMAZIONE



Reti di sensori wireless per il monitoraggio frane: l'esperienza del progetto **SEED**

Lorenzo Mucchi
Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione
Università di Firenze
lorenzo.mucchi@unifi.it



Bando Unico POR-CReO 2012
Regione Toscana

Progetto SEED

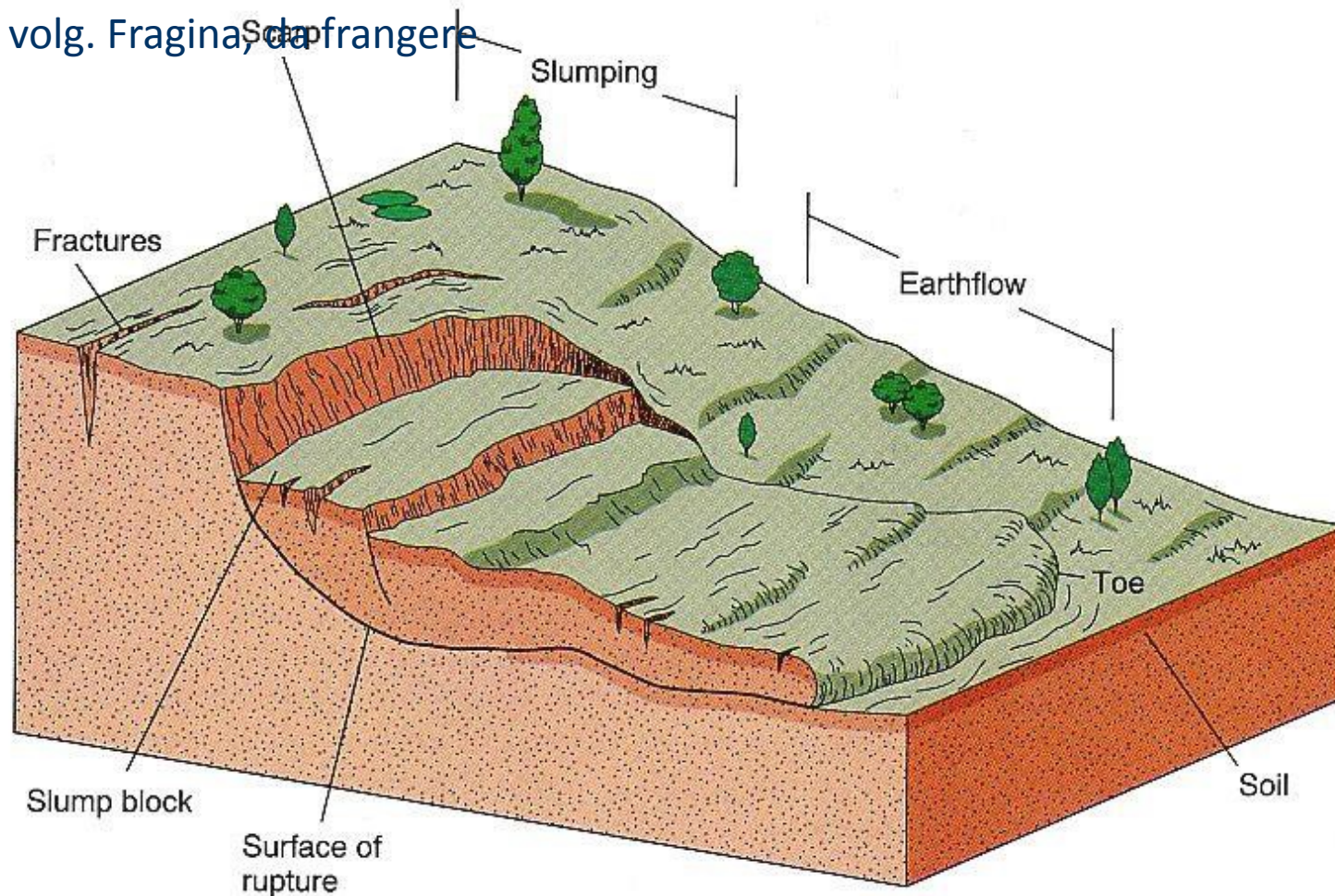
SEED

System for Emergency Evaluation of Displacements

Definizione

Frana = movimento di una massa di roccia, detrito o terra lungo un versante per opera della gravità (*Cruden, 1991: UNESCO WP/WLI*)

Dal latino volg. *Fragina*, da frangere



Distribuzione per Regione



Vittime per fenomeni franosi

Periodo 1945-1990

fonte: Servizio Geologico Nazionale

- più di 80
- fra 50 e 80
- fra 20 e 50
- fra 10 e 20
- meno di 10



Numero di eventi franosi

Periodo 1945-1990

fonte: GNDCI Progetto AVI

- più di 500
- fra 300 e 500
- fra 200 e 300
- fra 150 e 200
- meno di 150



Centri abitati instabili

(L.445/1908)

fonte: GNDCI Progetto SCAI

- più di 120
- fra 50 e 120
- fra 30 e 50
- fra 20 e 30
- meno di 20

I "numeri" delle frane in Italia

➤ Vittime o dispersi

10.555 dal 1400 ad oggi

5.939 nel XX secolo (59,4 per anno)

2.447 nel dopoguerra (54,3 per anno)

➤ Stanziamenti per rischio di frana:

22.5 Mld.€ (1945-1990)

0.5 Mld.€/anno (0,5 per mille del PIL)

➤ Costo dei danni:

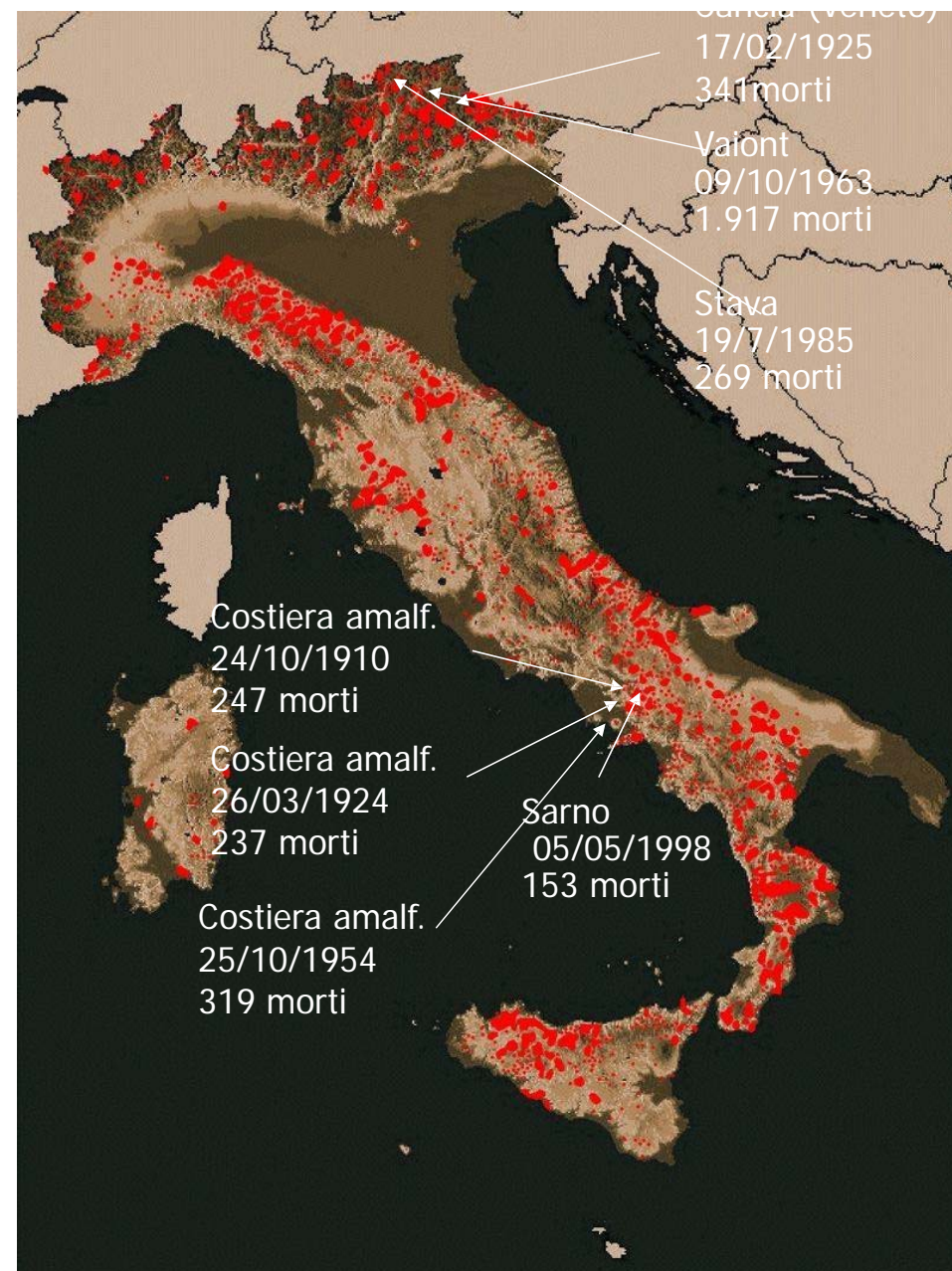
ca. 1 - 2 Mld.€ /anno (1-2 per mille del PIL). 3-4 per mille del PIL includendo anche danni indiretti

➤ Centri abitati instabili (L.445/1908)

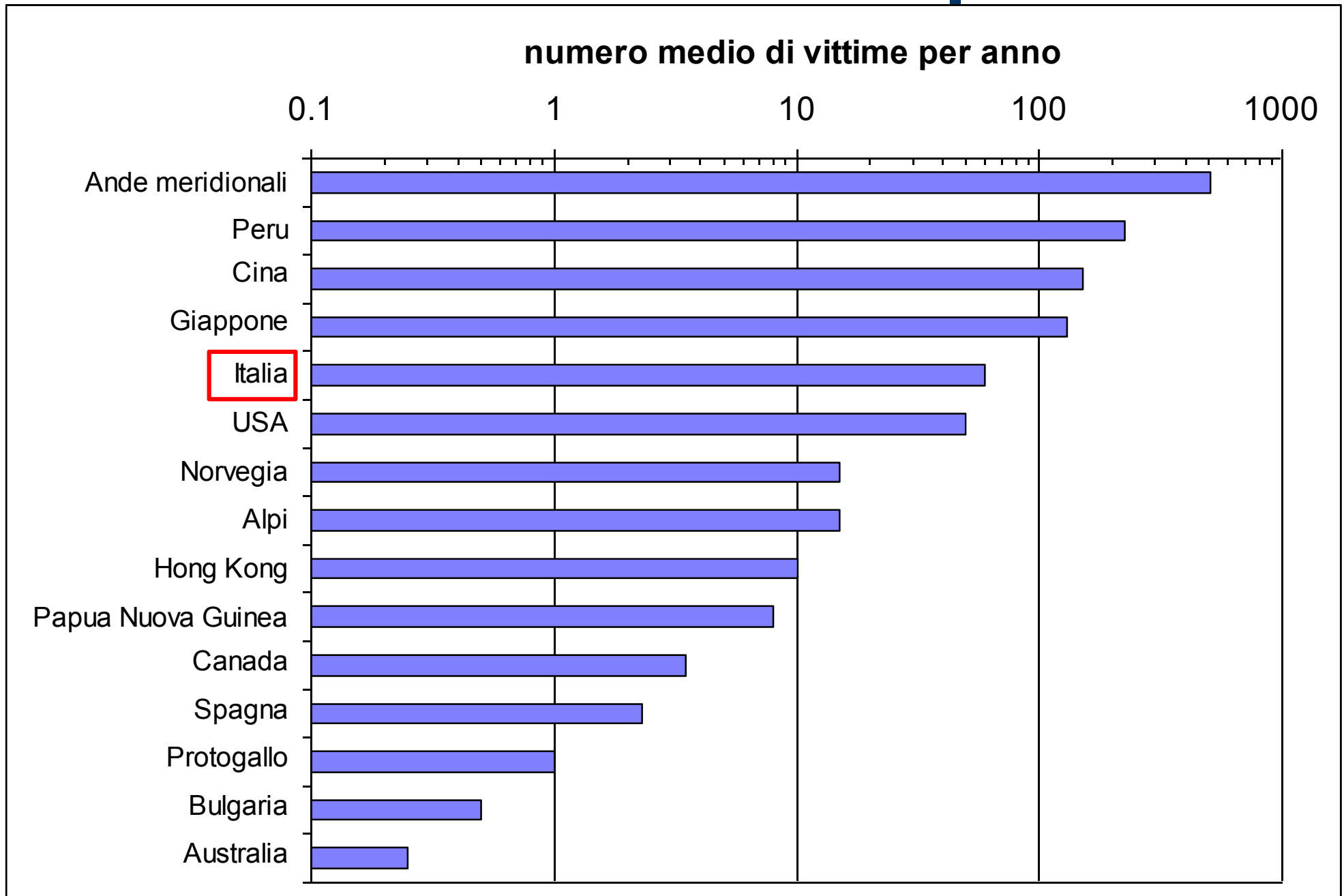
1.306 dichiarati da consolidare, 323 da trasferire (totale 1.629)

➤ Aree a rischio:

9.187 aree classificate a rischio molto elevato (R4) per frana ai sensi della L.267/1998 (ex DL 180)



Confronto con altri paesi



Velocità delle frane

IUGS/WGL (1995)

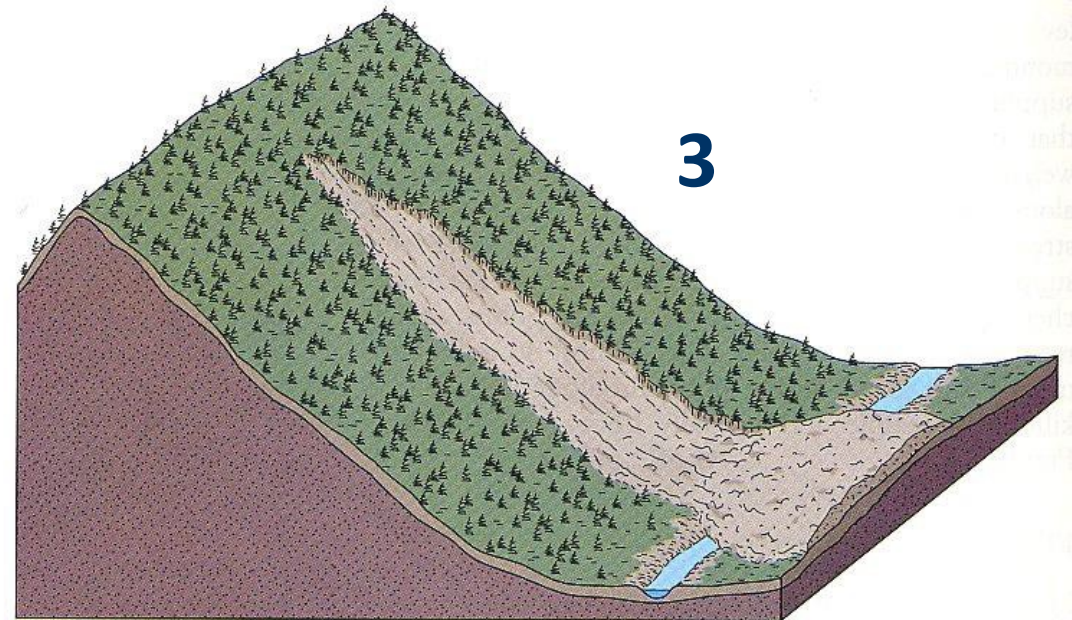
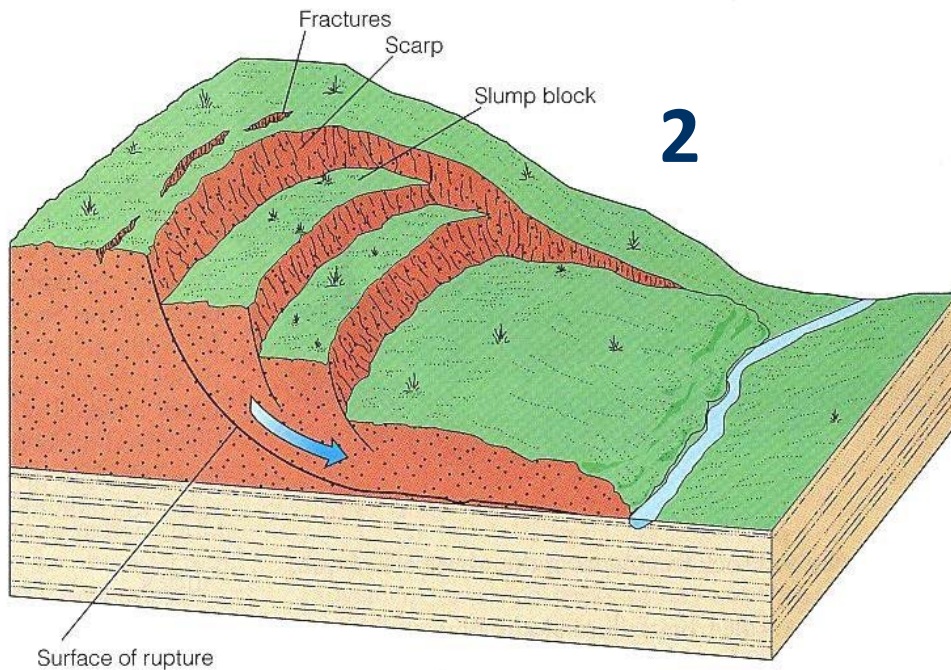
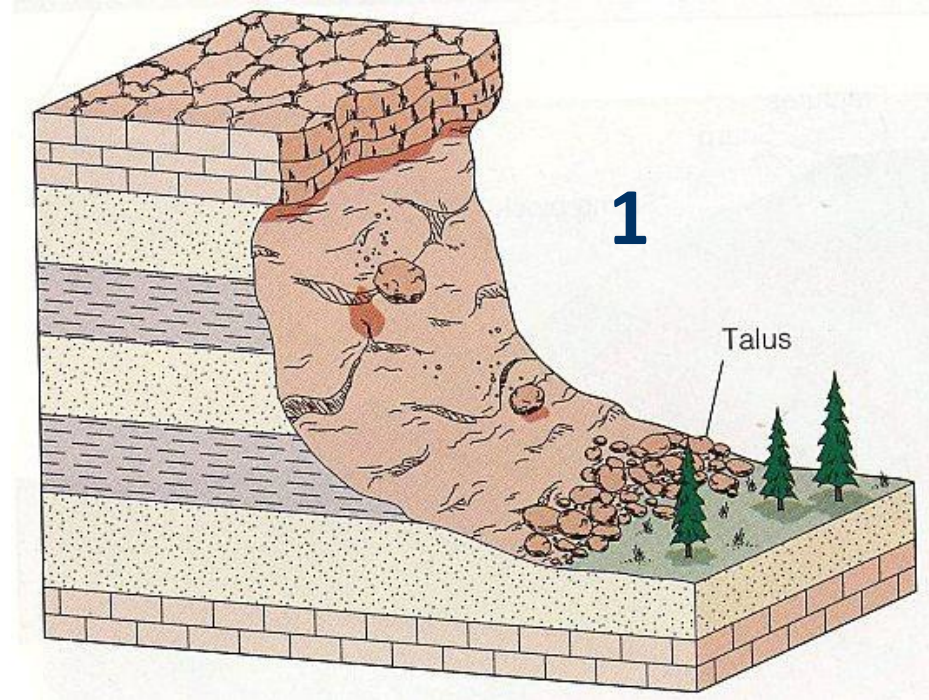
classe	descrizione	danni osservabili
1	ESTREM. LENTO	Impercettibile senza strumenti di monitoraggio. Costruzione di edifici possibile con precauzioni.
2	MOLTO LENTO	Alcune strutture permanenti possono non essere danneggiate dal movimento.
3	LENTO	Possibilità di intraprendere lavori di rinforzo e restauro durante il movimento. Le strutture meno danneggiabili possono essere mantenute con frequenti lavori di rinforzo se lo spostamento totale non è troppo grande durante una particolare fase di accelerazione.
4	MODERATO	Alcune strutture temporanee o poco danneggiabili possono essere mantenute
5	RAPIDO	Evacuazione possibile. Distruzione di strutture, immobili ed installazioni permanenti.
6	MOLTO RAPIDO	Perdita di alcune vite umane. Velocità troppo elevata per permettere l'evacuazione delle persone.
7	ESTREM. RAPIDO	Catastrofe di eccezionale violenza. Edifici distrutti per l'impatto del materiale spostato. Molti morti. Fuga impossibile.

scala delle velocità

16 mm/anno	$5 \cdot 10^{-10}$ m/s
1.6 m/anno	$5 \cdot 10^{-8}$ m/s
13 m/mese	$5 \cdot 10^{-6}$ m/s
1.8 m/h	$5 \cdot 10^{-4}$ m/s
3 m/min	$5 \cdot 10^{-2}$ m/s
5 m/s	5 m/s

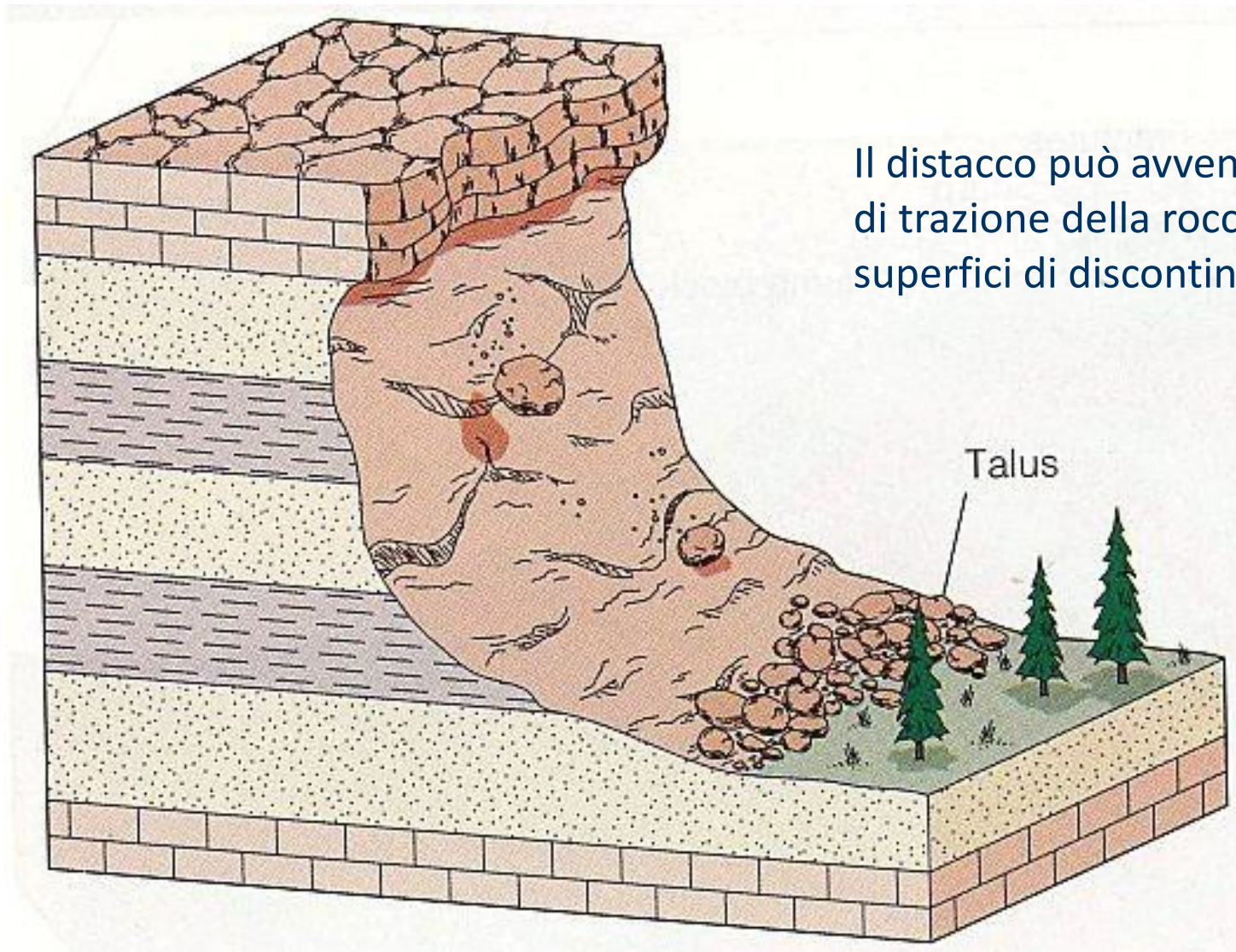
Tipo di movimento

1. Crollo
2. Scivolamento
3. Colamento



Crolli

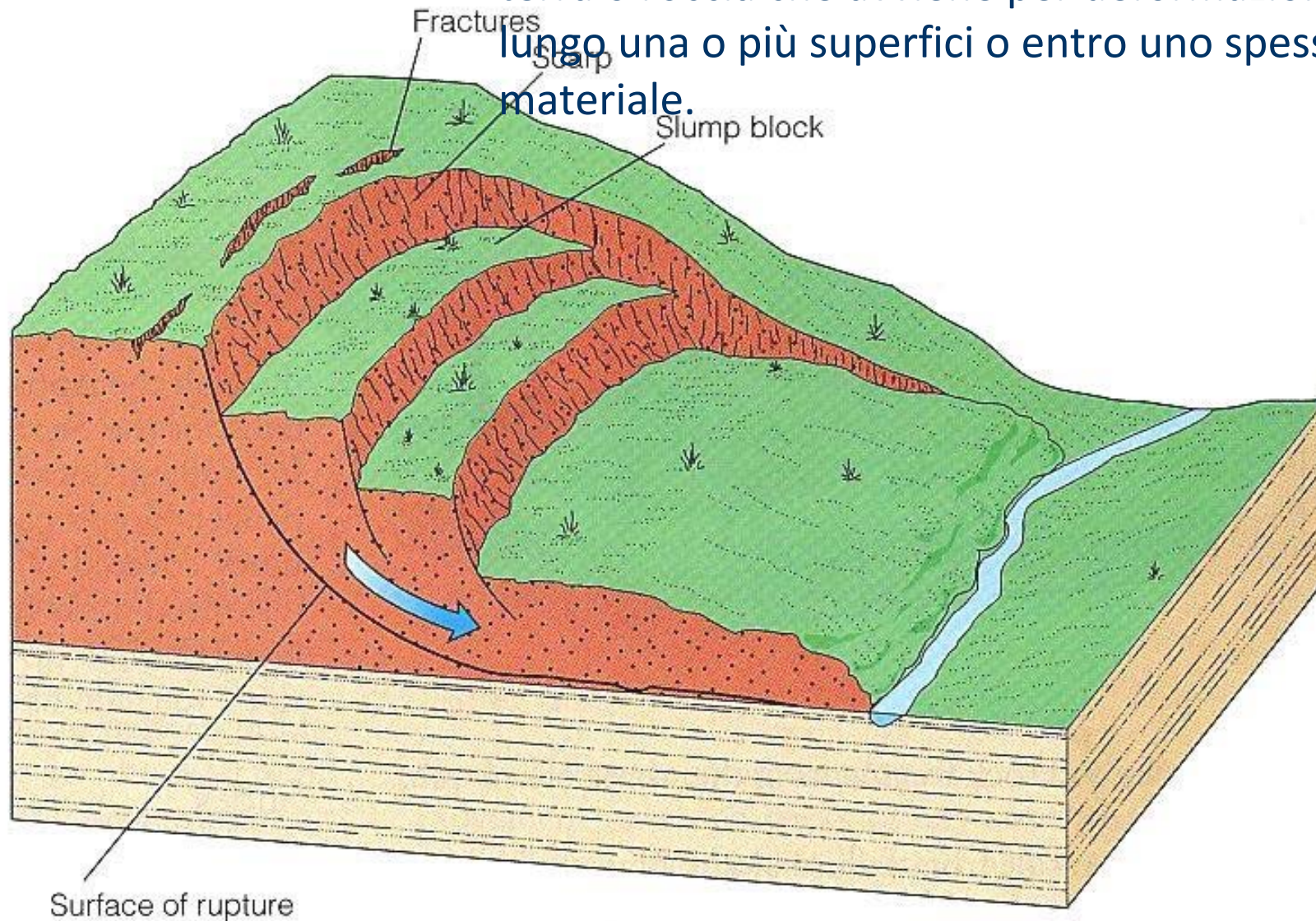
Massa che si stacca da un versante molto acclive e che, successivamente, si muove per caduta libera, rimbalzo, rotolamento.



Il distacco può avvenire per rottura di taglio o di trazione della roccia, oppure impostarsi in superfici di discontinuità preesistenti.

Scivolamenti

Movimento verso la base del versante di una massa di terra o roccia che avviene per deformazioni di taglio lungo una o più superfici o entro uno spessore limitato di materiale.



Vaiont (Italia)

Scivolamento di roccia



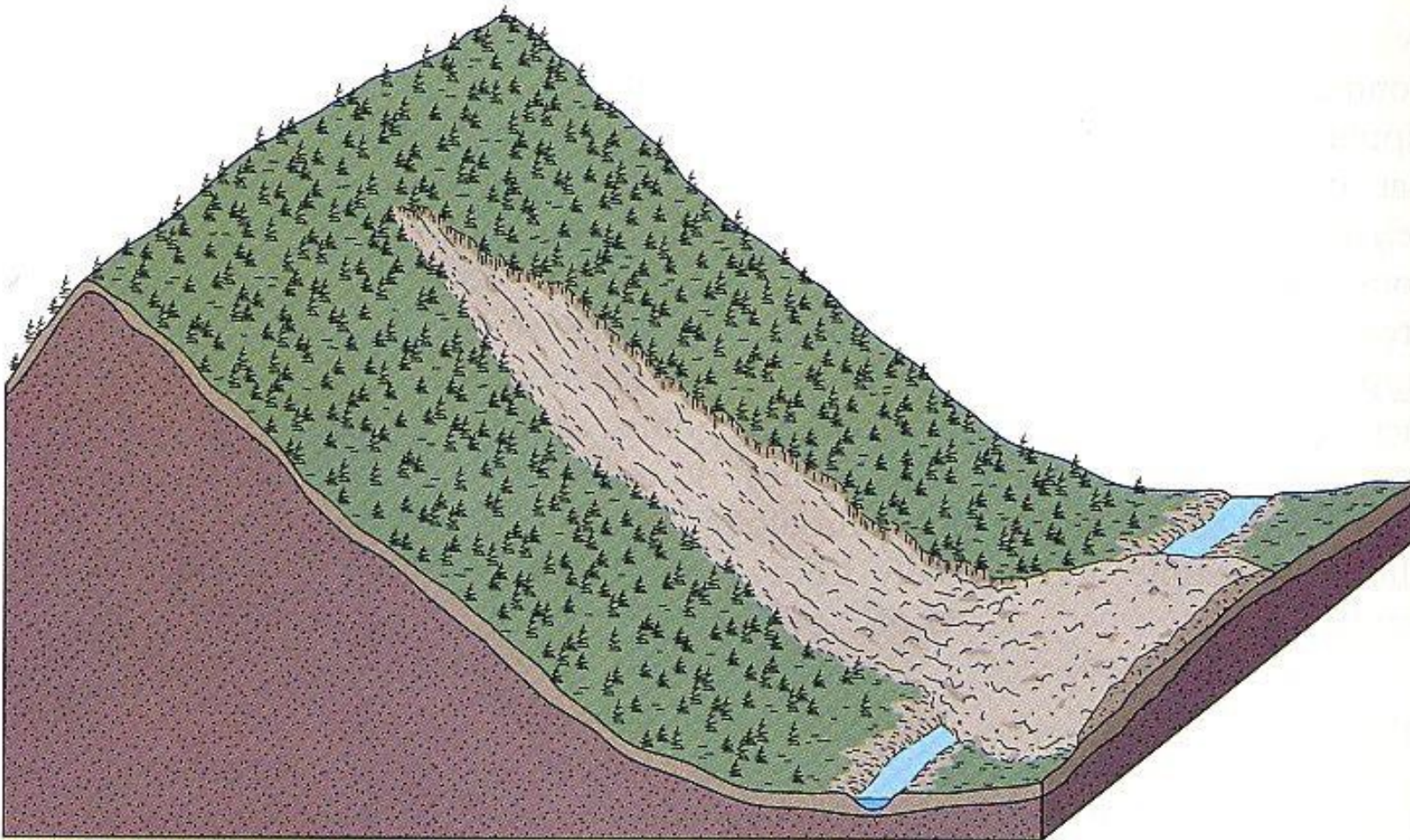
Colamenti

- Movimento distribuito in maniera continua
- all'interno della massa spostata.
- Le superfici di taglio, se presenti, sono

e.

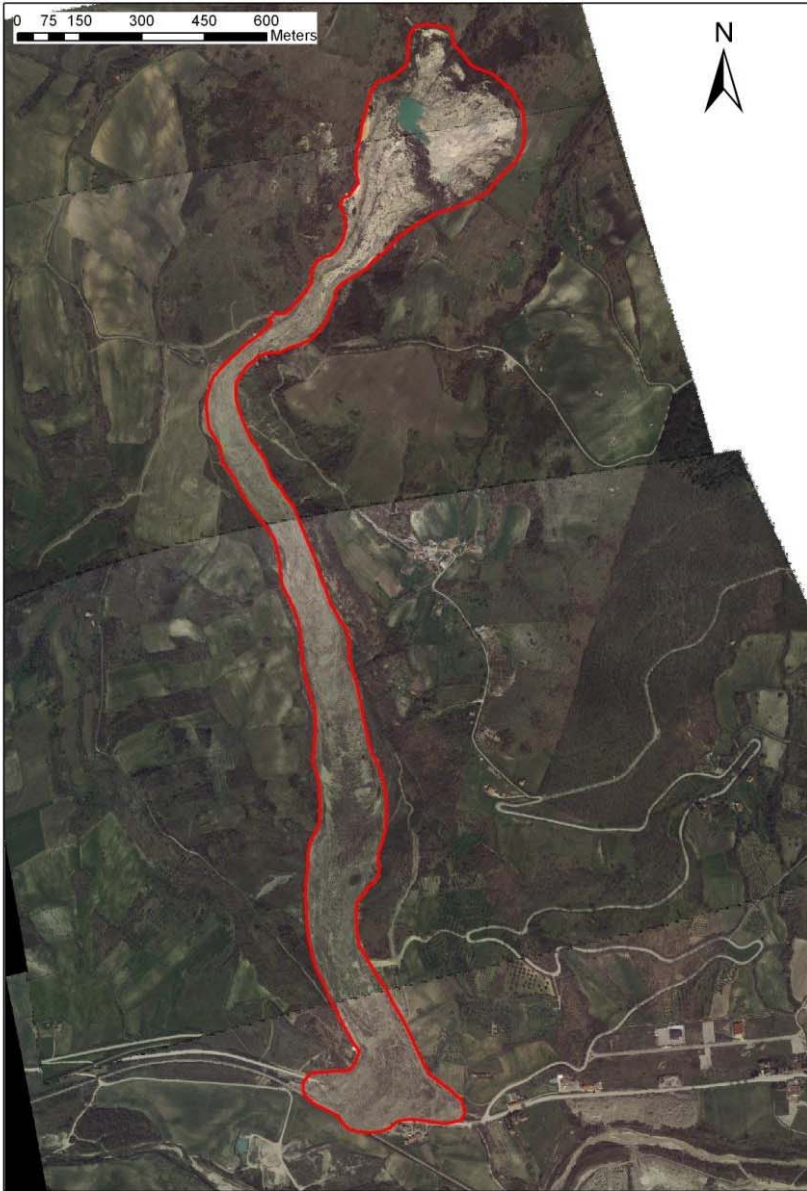
a nella massa

l'interno di un



Colata di terra (Earth flow)

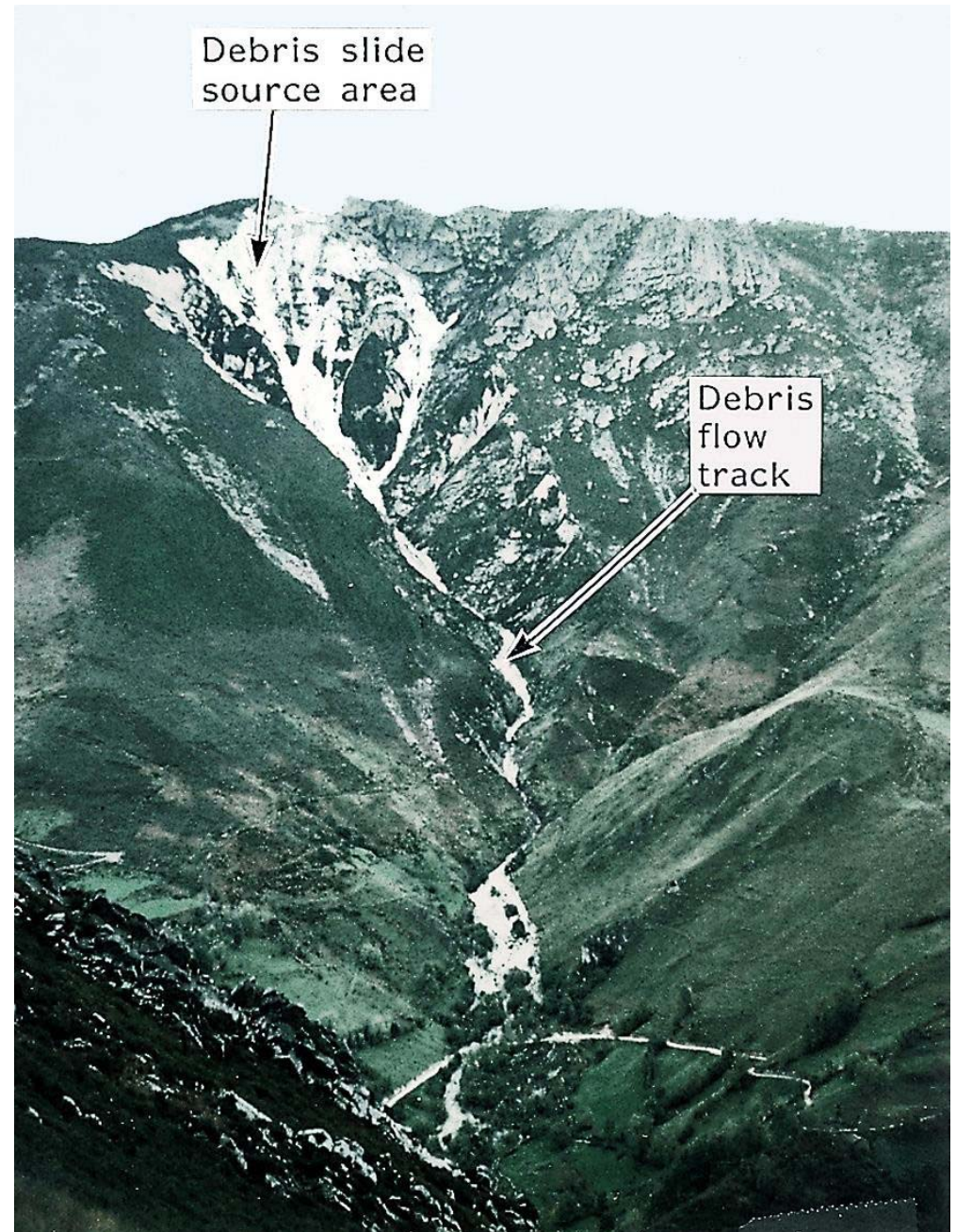
Frana di Montaguto (Av)



Movimento a forma di colata generalmente lento e intermittente, su pendenze modeste, in terre coesive plastiche

Colate di detrito

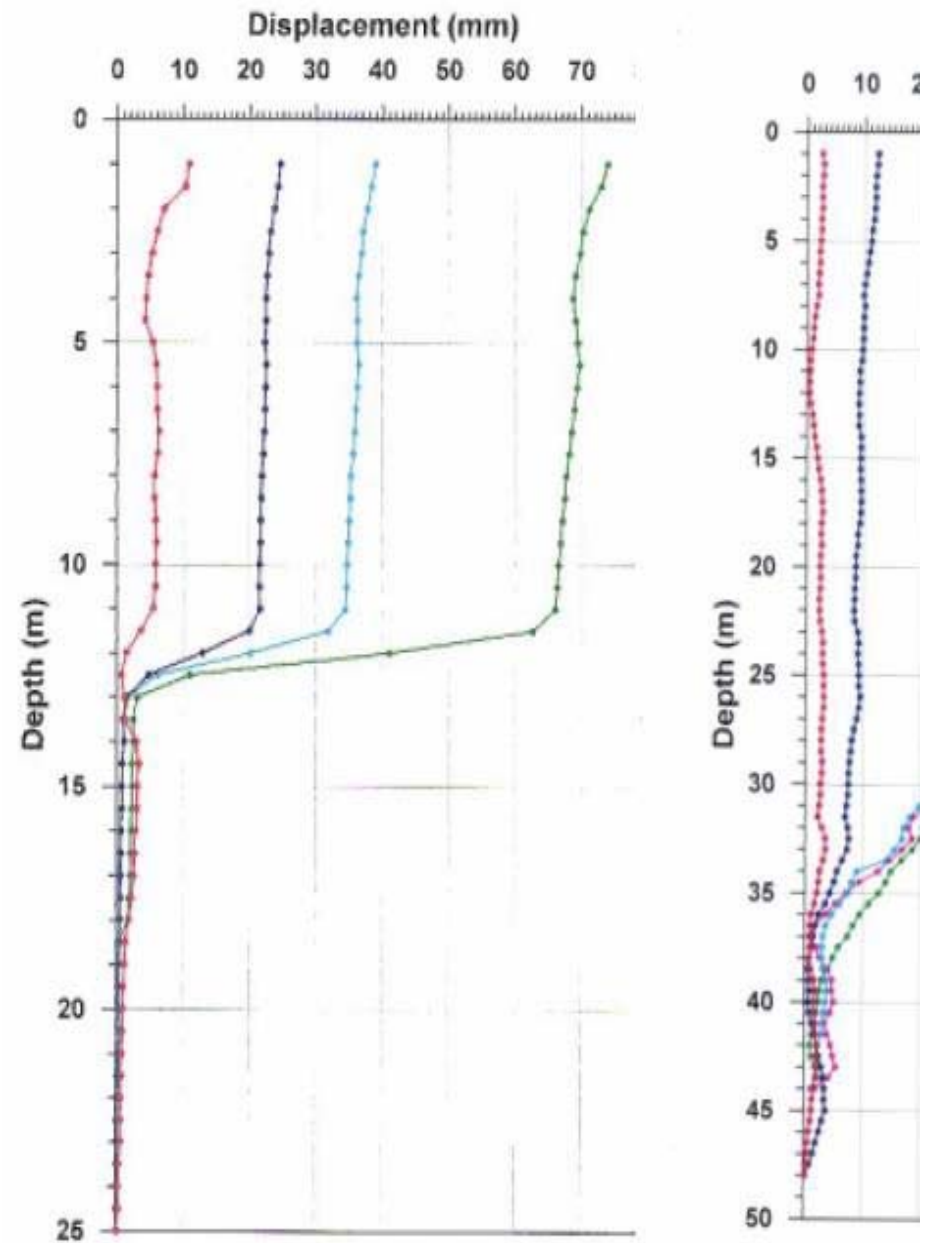
- Flusso estremamente rapido di detrito saturo non plastico in un canale o lungo un versante acclive
- Materiale eterogeneo (da argilla a massi di diametro di alcuni metri, tronchi d'albero)
- Velocità > generalmente > 1m/s



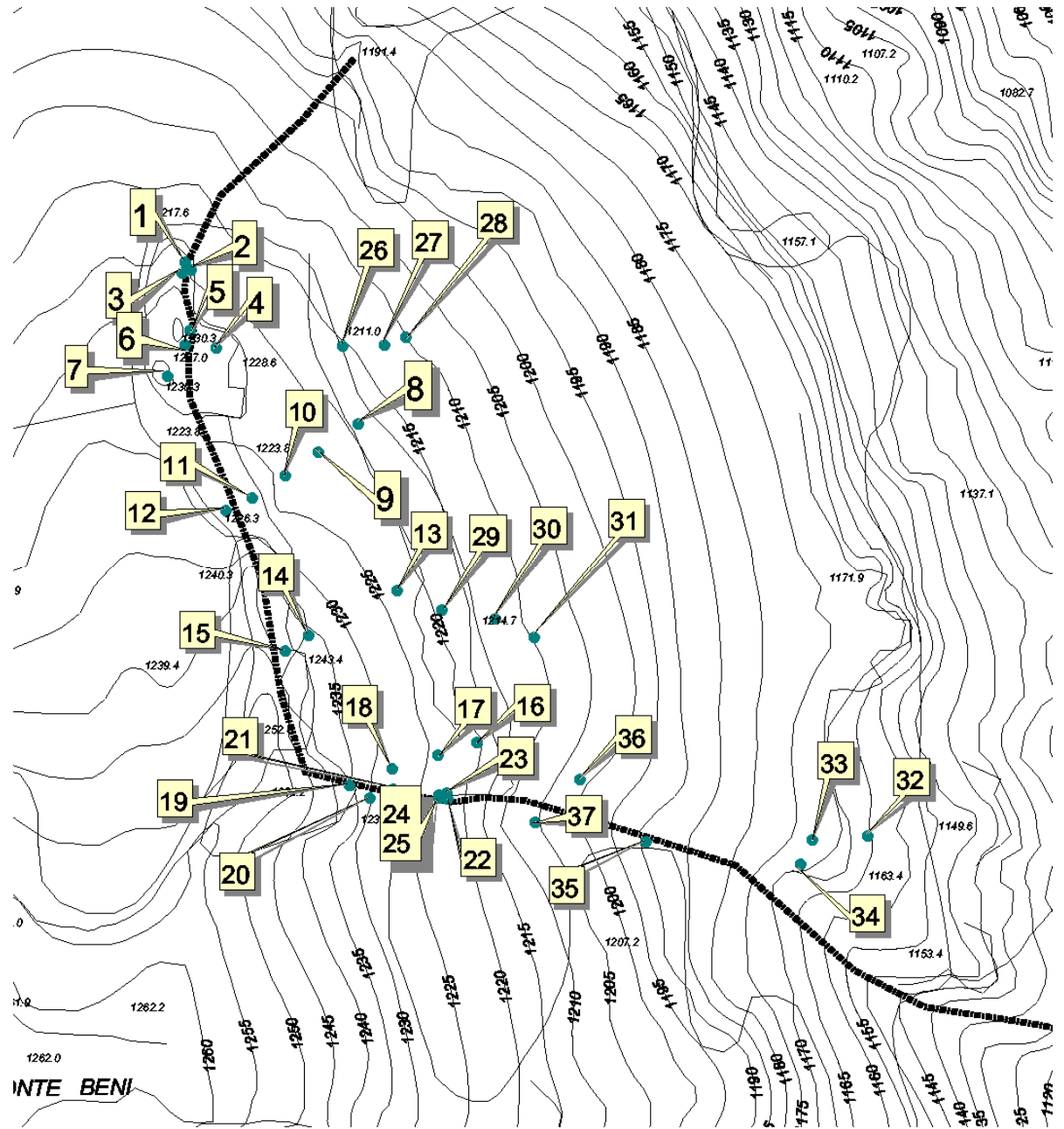
Sistemi di monitoraggio



Monitoraggio inclinometrico

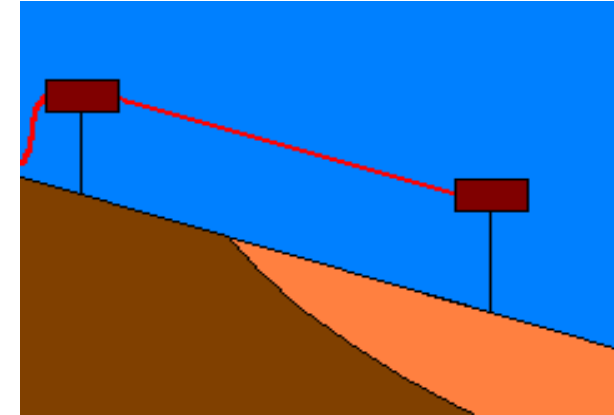


Monitoraggio distometrico



Sensori monitoraggio deformazioni

Estensimetro a filo



Tiltmetro

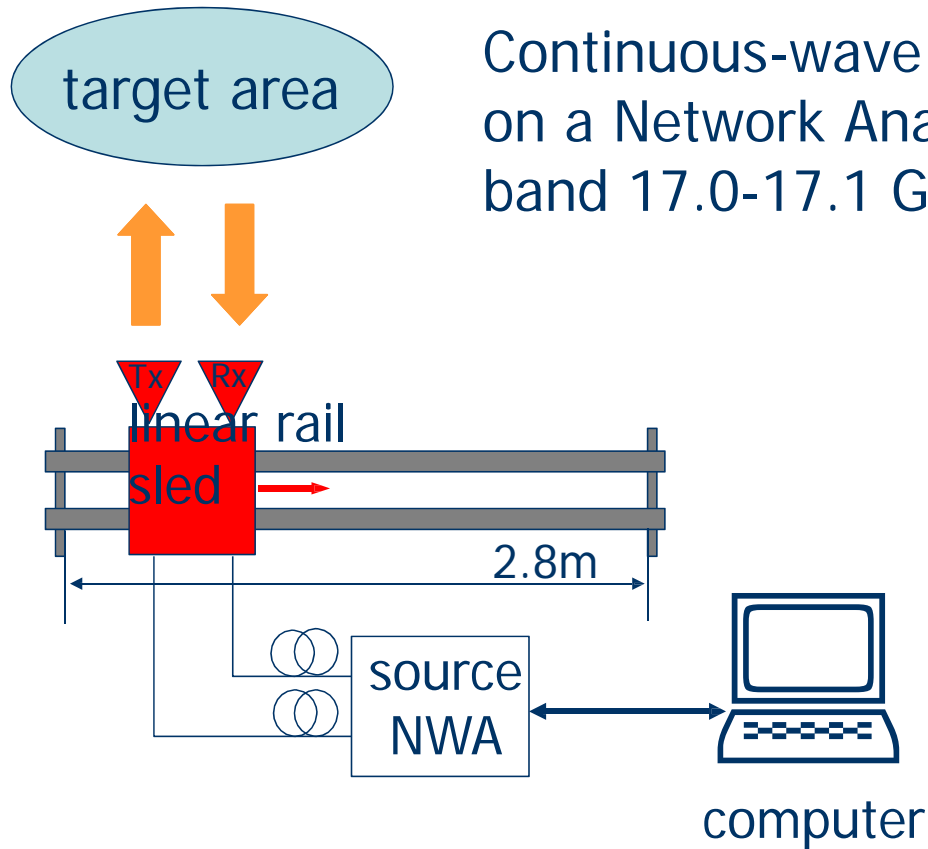


Estensimetro a barra



Ground-based InSAR

Continuous-wave stepped-frequency (CW- SF) radar based on a Network Analyser (NWA) operating in the frequency band 17.0-17.1 GHz



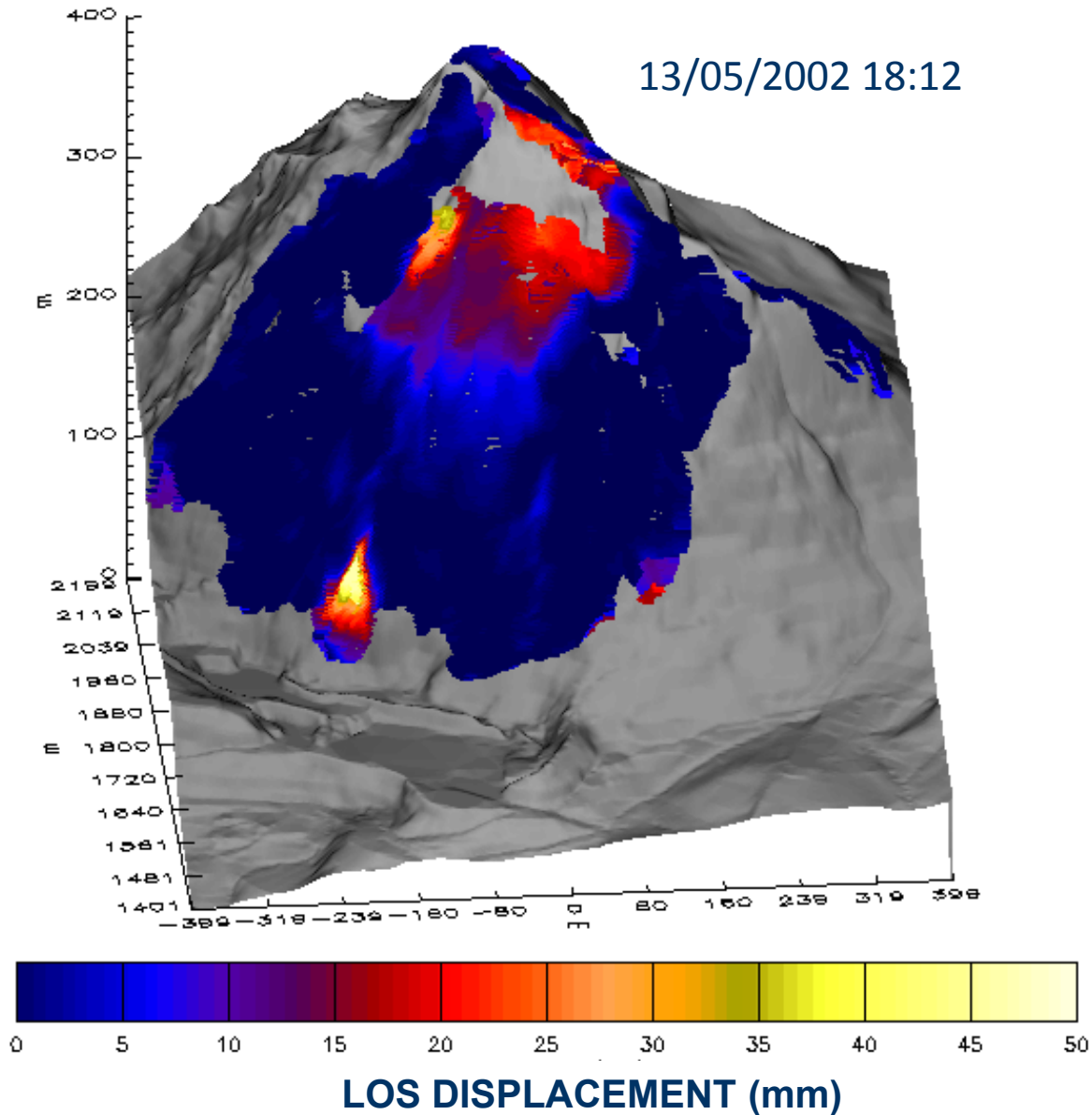
The synthetic aperture is obtained sliding the antennas along a linear rail



mission Joint
tre



Spostamenti cumulati



Start: 8/5/2002 13:59

End: 13/5/2002 18:12

Interval: 124 h **Acquisition**

time: 40 min **Peak**

velocity: 0.48 mm/h

Mean Velocity: 0.16 mm/h

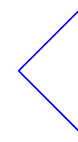
PRINCIPALI TECNOLOGIE DI MONITORAGGIO FRANE



**PRINCIPALI TECNOLOGIE DI
MONITORAGGIO DELLE FRANE
A CONTATTO CON LA SUPERFICIE**



- Estensimetri
- Fessurimetri
- Pendoli
- Inclinatori



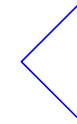
Svantaggio:
INSTALLAZIONE



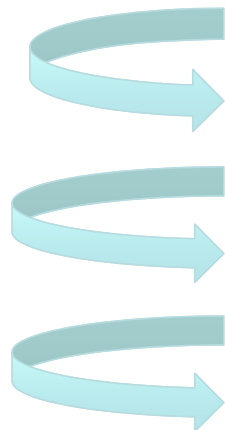
**TECNOLOGIE DI TELERILEVAMENTO DEI
MOVIMENTI FRANOSI**



- sistemi SAR
satellitari, terrestri



Svantaggio:
COSTO,
INSTALLAZIONE



Nodi di piccole dimensioni e basso costo

Facile installazione e flessibile

Accuratezza? Dip. dalla tecnologia

Obiettivi del Progetto

- Il progetto SEED ha come obiettivo lo studio, la progettazione, la realizzazione e la sperimentazione di un sistema innovativo per il monitoraggio di frane in tempo reale basato su una rete di sensori wireless in grado di misurare con accuratezza gli spostamenti relativi dei sensori slave, solidali con il terreno franoso, rispetto alla posizione fissa dei sensori master installati esternamente all'area franosa.
- Semplicità e velocità di installazione
- Basso costo
- Buona accuratezza per permettere un early warning

Principi di SEED

Local Positioning vs Global Positioning

Installazione rapida
(to seed)

Basso costo

Deformazioni 4D

Modularità Tempo

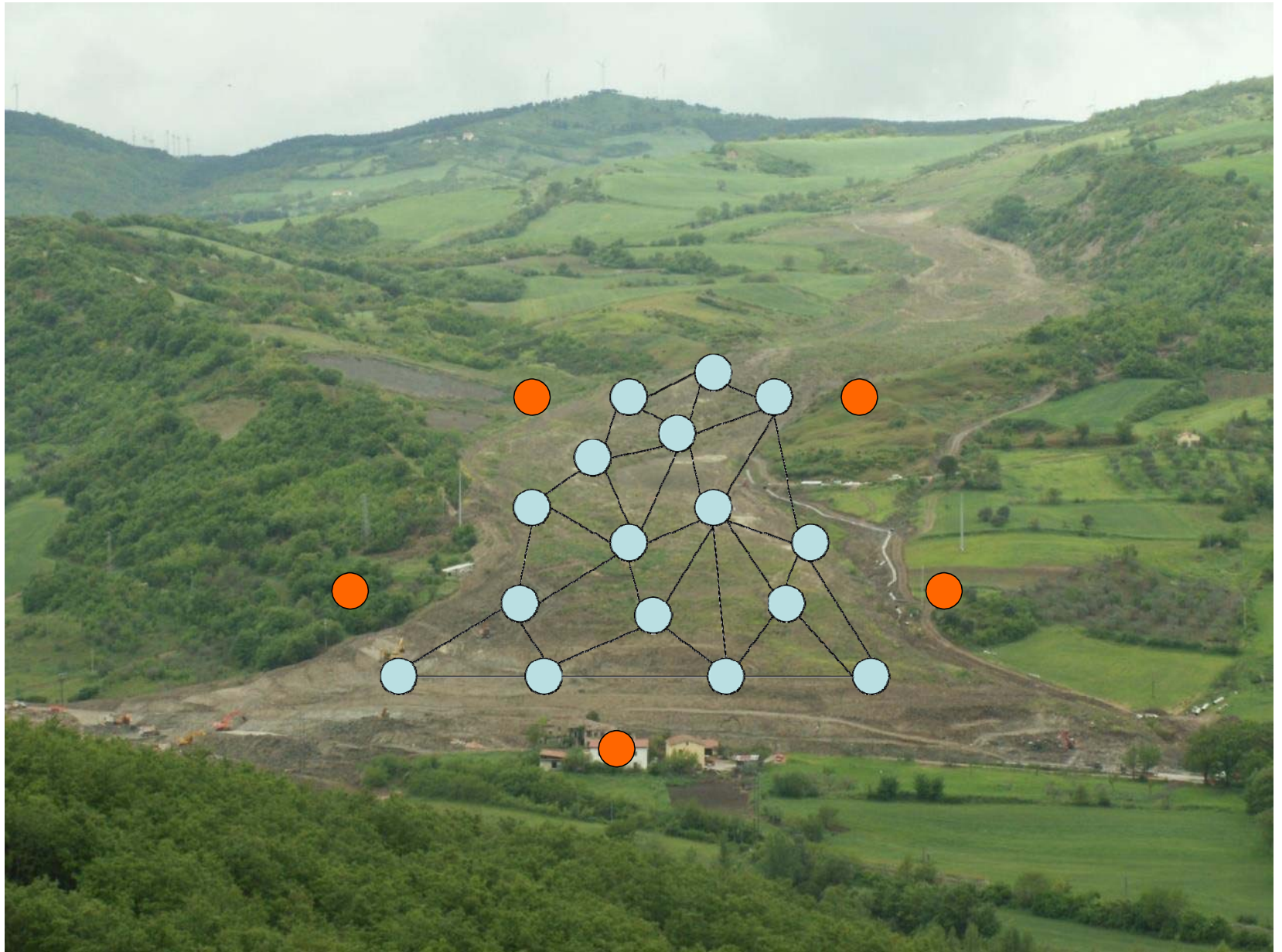
reale (EW)

Versatilità

Ri-adattabilità

Bassa vulnerabilità

Basso impatto
ambientale



Principi di SEED

Local Positioning vs Global Positioning

Installazione rapida
(to seed)

Basso costo

Deformazioni 4D

Modularità Tempo

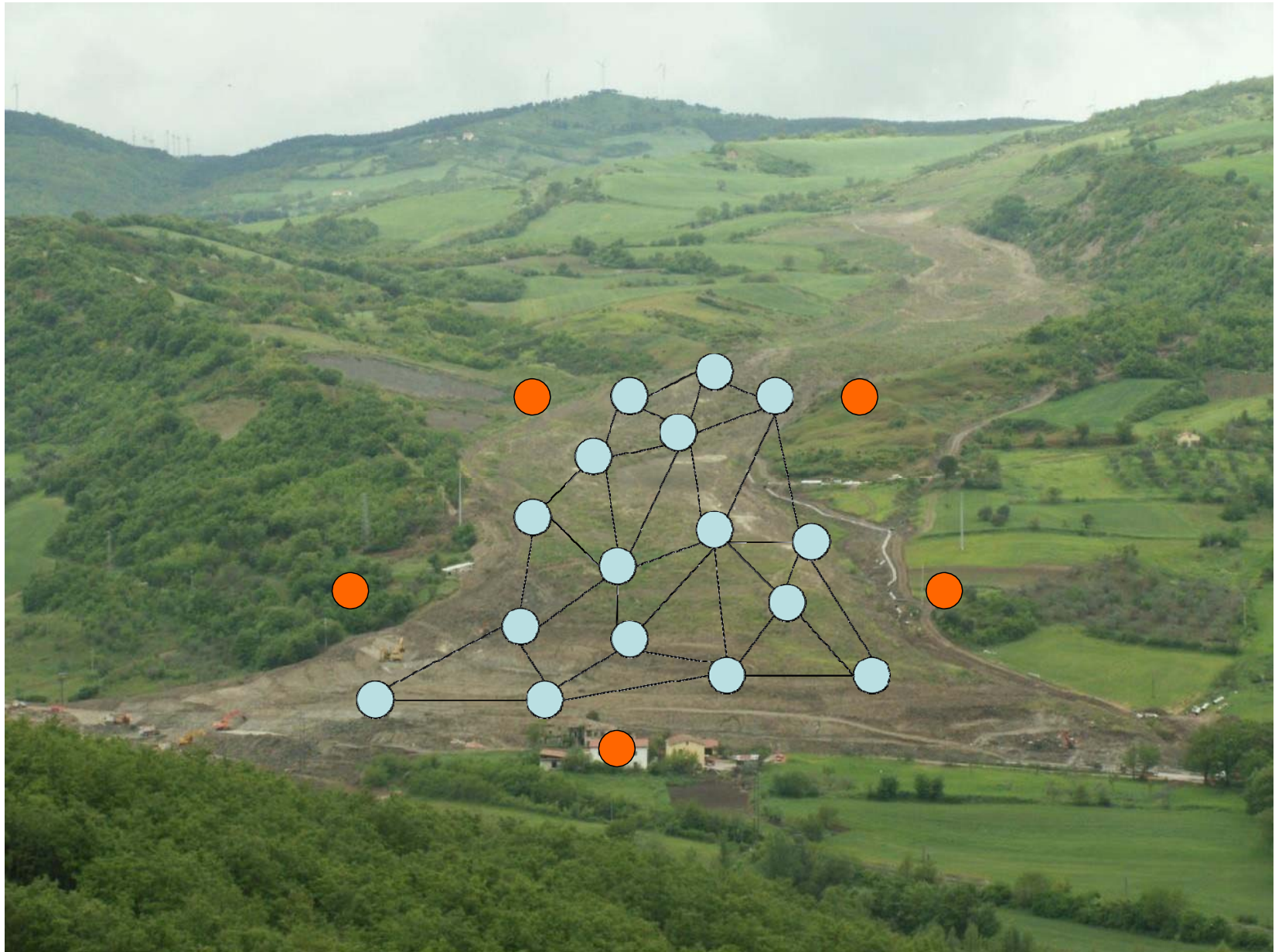
reale (EW)

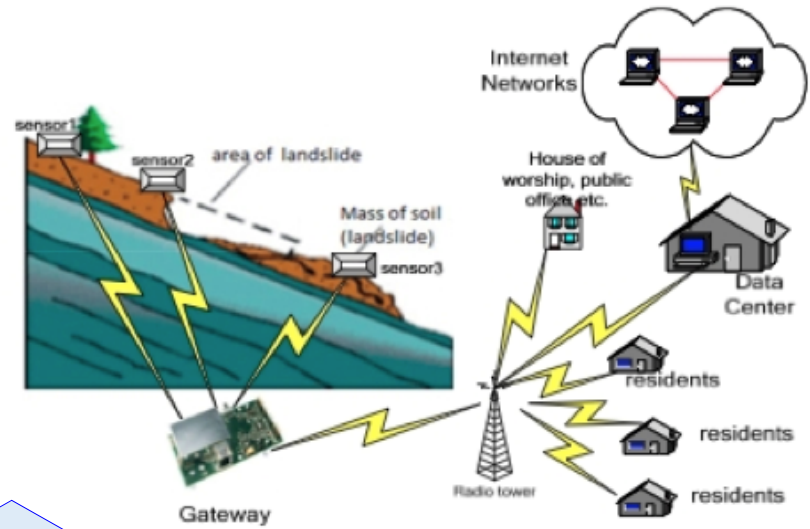
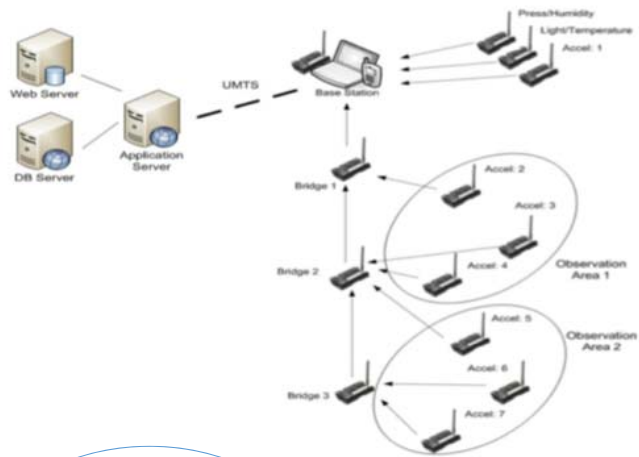
Versatilità

Ri-adattabilità

Bassa vulnerabilità

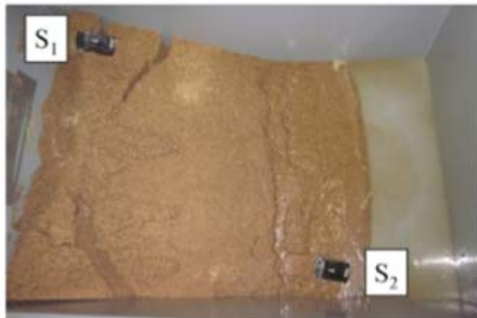
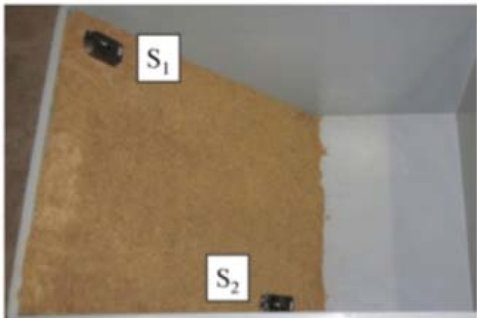
Basso impatto
ambientale





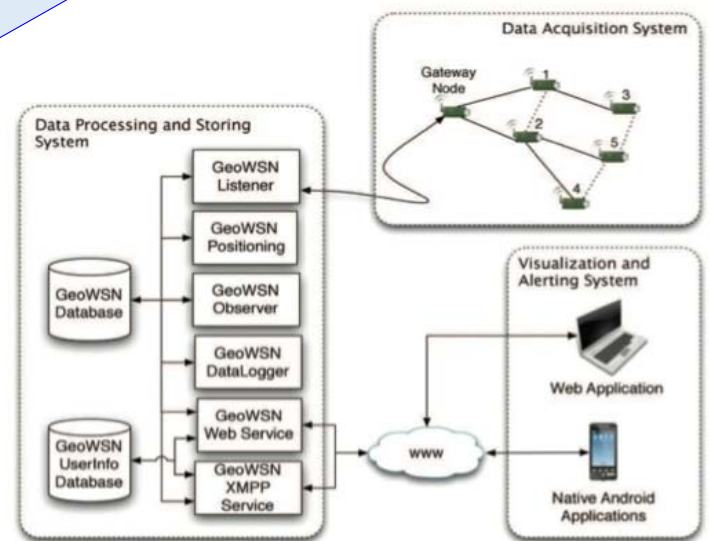
REGGIO 2010

KUPANG 2011



BOCHUM 2012

GRAZ 2013



INNOVAZIONE: USARE ANCHE IL RANGING

TECNOLOGIA IMPLEMENTATA NELLA WSN PER IL MONITORAGGIO
FRANE:



RANGING RADIO



**VANTAGGI DELLA WSN +
MISURA DELLA DISTANZA DEL SENSORE
con tecnologia a radiofrequenza**

Con quale tecnologia di trasmissione posso monitorare la frana?



CSS (Chirp Spread Spectrum)

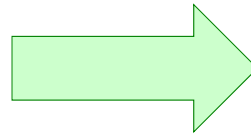
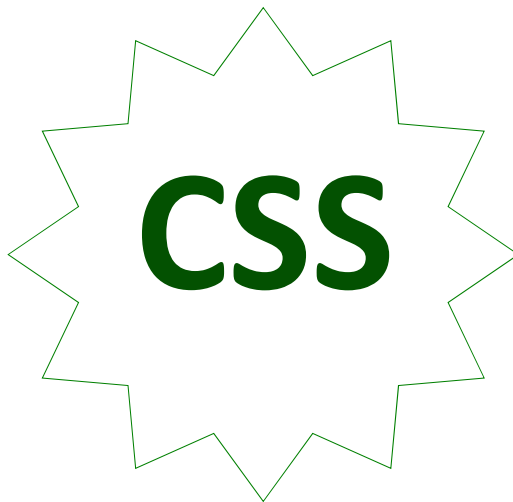
- Presente sul mercato a costi bassi
- Uso efficiente della banda ISM (80 MHz)

UWB (Ultra Wide Band)

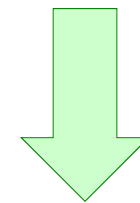
- Banda molto ampia (500MHz)
- Trasmissioni in bassissima potenza
- Non facile da reperire
- Altissimi costi

➤ Sistema UWB molto più accurato del sistema WSN, con tecnologia CSS; ma enormemente più costoso e non programmabile

SCELTA:

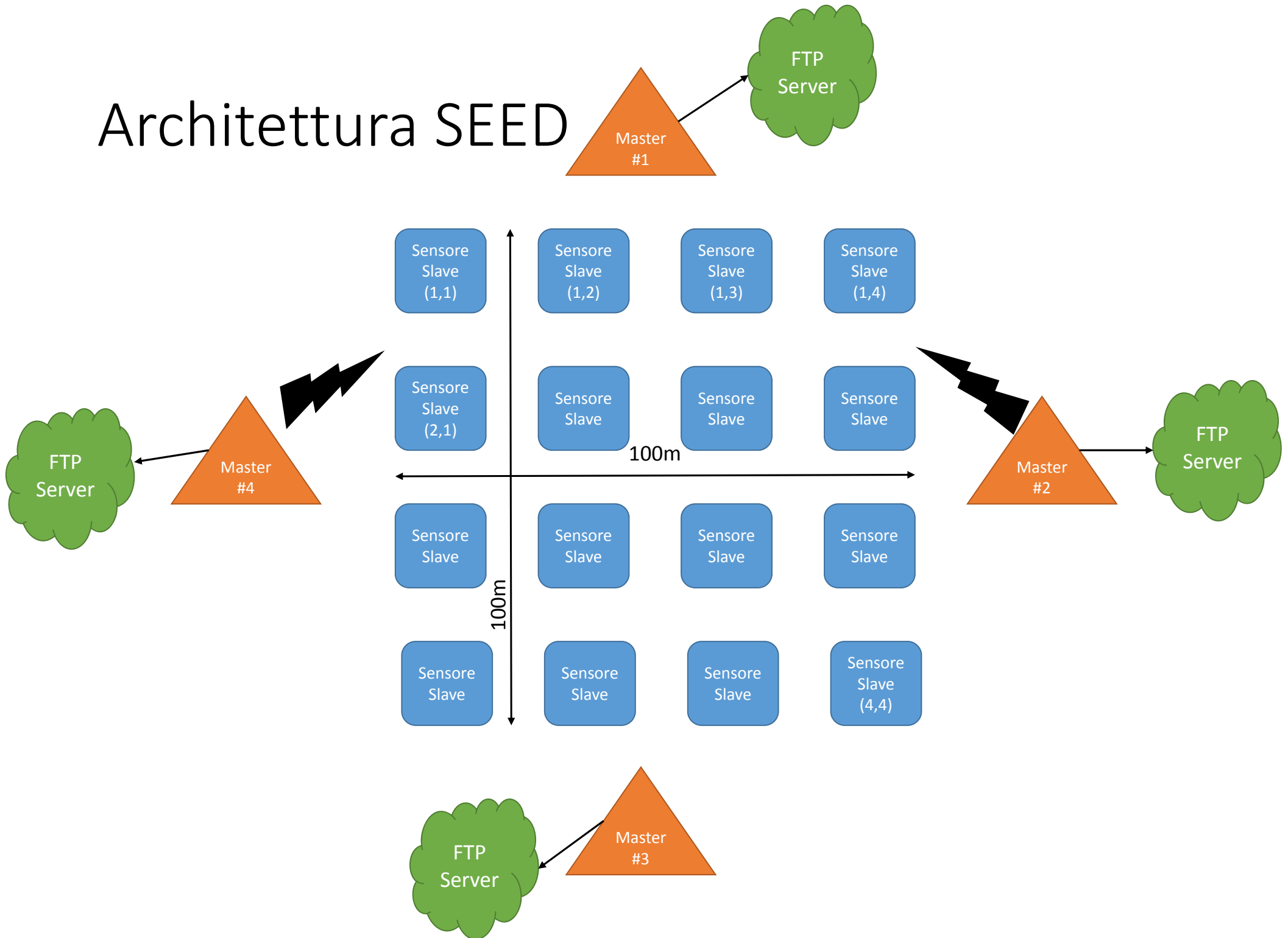


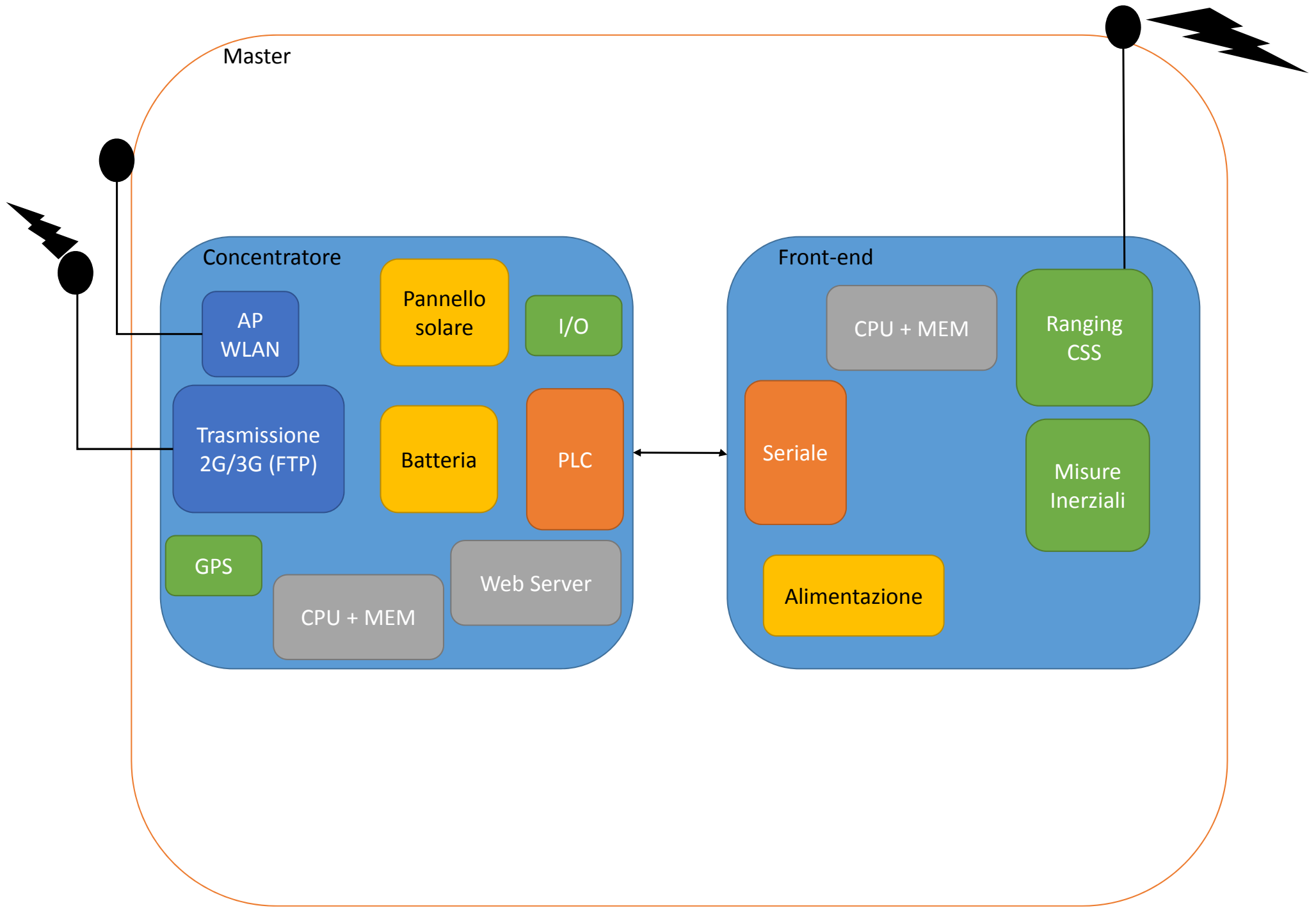
- Costo più basso
- Programmabile
- Meno accurato di UWB



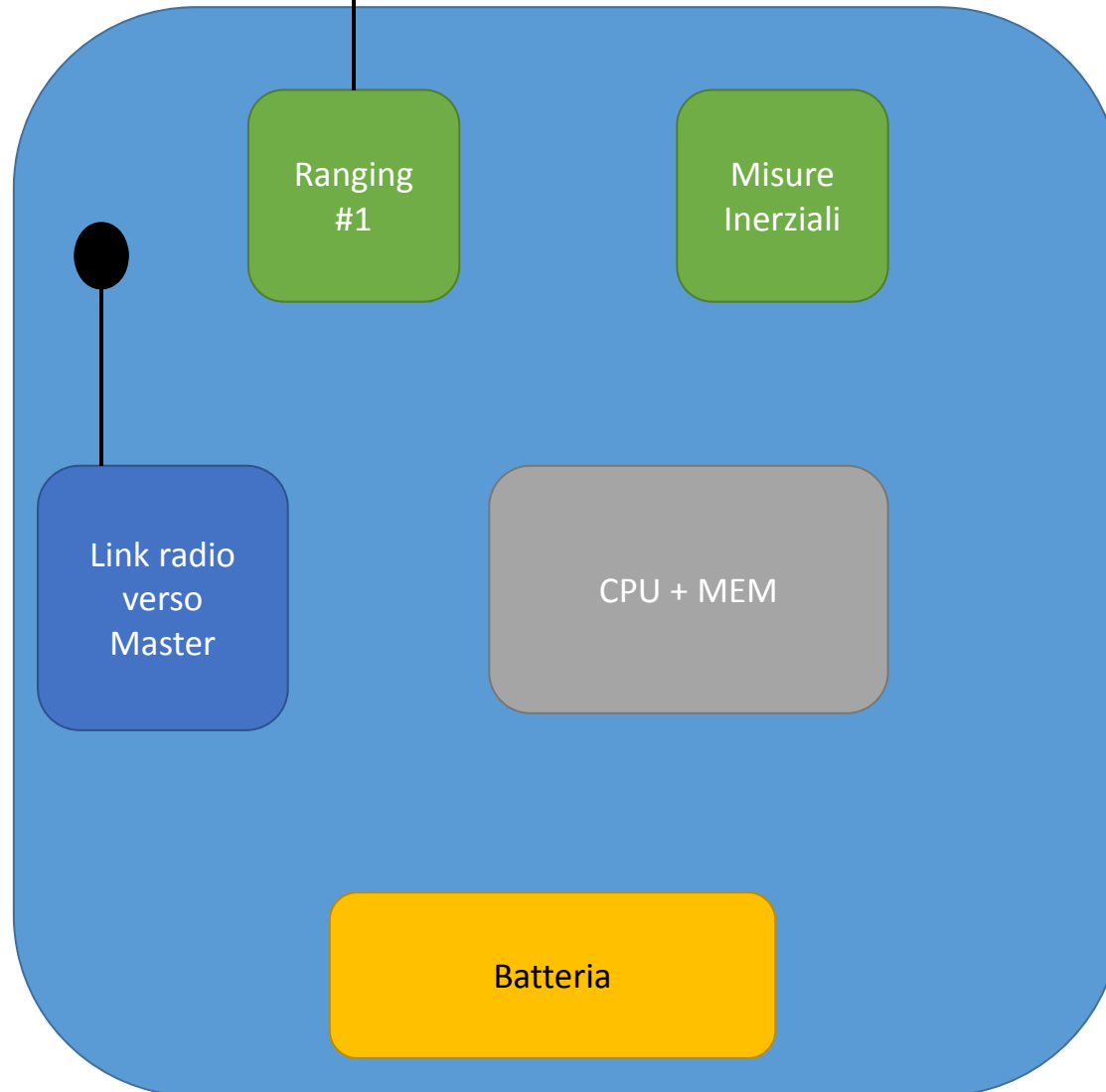
- Filtro EKF per migliorare l'accuratezza

Architettura SEED





Sensore Slave



Procedura di installazione, configurazione ed avvio

- I dispositivi possono essere installati nella zona di interesse senza dover seguire una particolare procedura;
- E' possibile installare prima gli slave o prima i master;
- Terminata l'installazione degli slave sulla frana, il geologo, tramite tablet, si collega via 3G al server centrale e dichiara posizione e ID di ogni slave (coordinate GPS e seriale);
- Anche per ogni master è necessario dichiarare posizione e seriale;
- Attraverso un collegamento diretto tablet <-> master, è possibile controllare che gli slave siano in linea di vista e funzionanti;
- Terminata l'installazione, i geologi possono scegliere un modello di monitoraggio in base al tipo di frana via web;
- Il server centrale crea un file di lavoro per ogni master;

Procedura di installazione, configurazione ed avvio

- Il file di lavoro viene inviato al master tramite 3G;
- Il master esegue i comandi riportati sul file di lavoro;
- I risultati (dati di ranging, inerziali, scanning ed altri dati di controllo) vengono scritto su file;
- Periodicamente il server richiede al master il file con i dati;
- Il master invia al server il file con i dati.

Prototipo sviluppato e funzionante

- Master
 - Concentratore (HW e SW)
 - Pannello solare per ricarica batteria del concentratore
 - Front-end del sensore master (HW e SW)
 - Protocollo di comunicazione/Interfaccia con server ftp
 - Protocollo di comunicazione/Interfaccia con front-end
- Sensore slave
 - Hardware
 - Firmware di controllo e dialogo con il master
 - Versione draft dello chassis
- Server
 - Applicazione per la gestione e la configurazione del sito sotto esame
 - Applicazione per lo scambio dati col concentratore
 - Elaborazione dei dati ricevuti
 - Visualizzazione dati

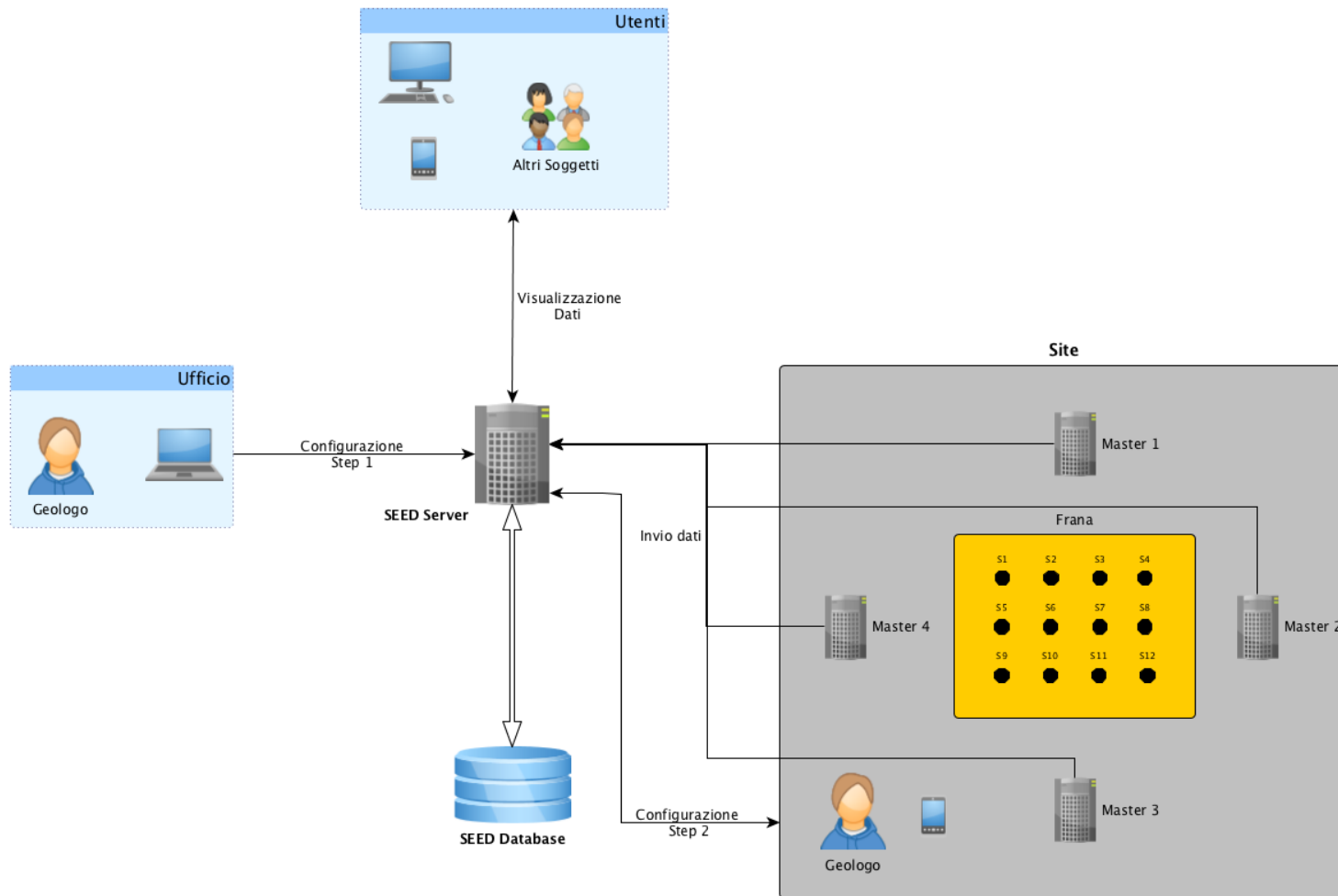
Concentrator







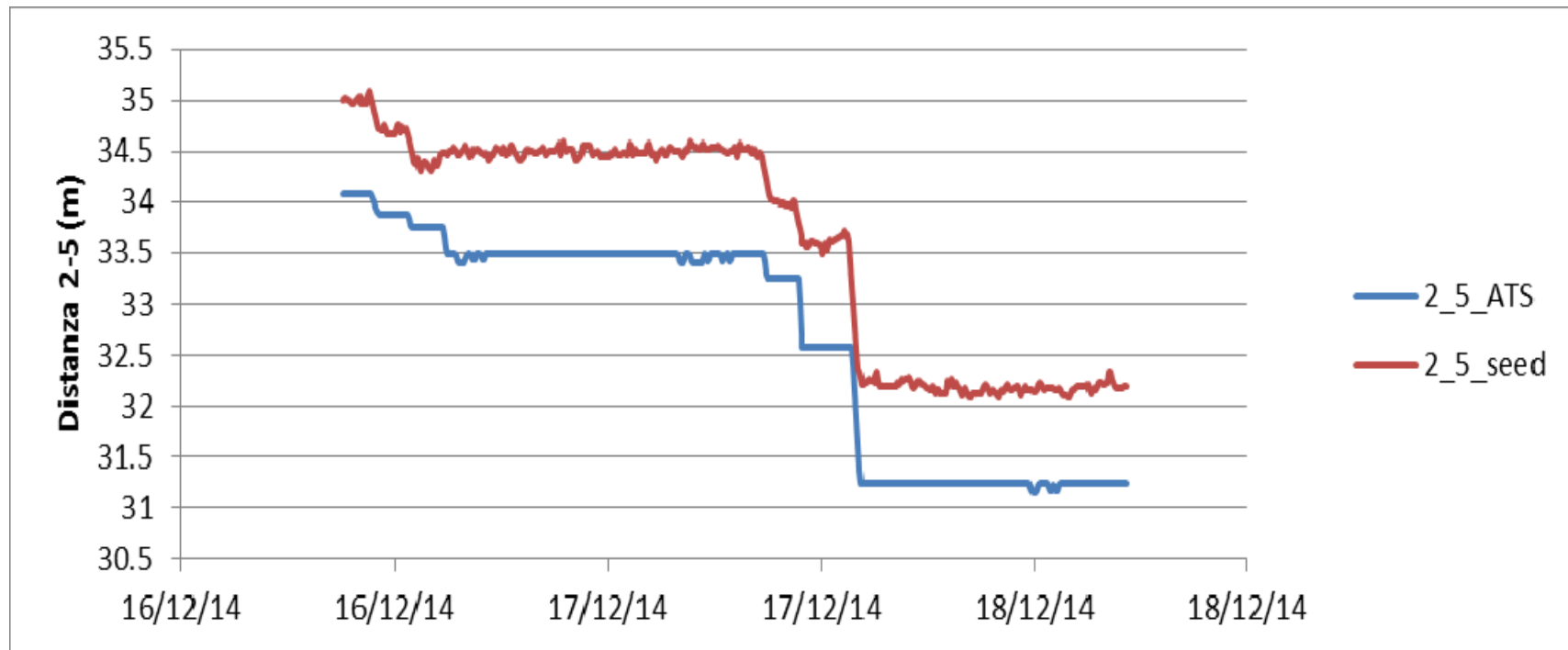
Server

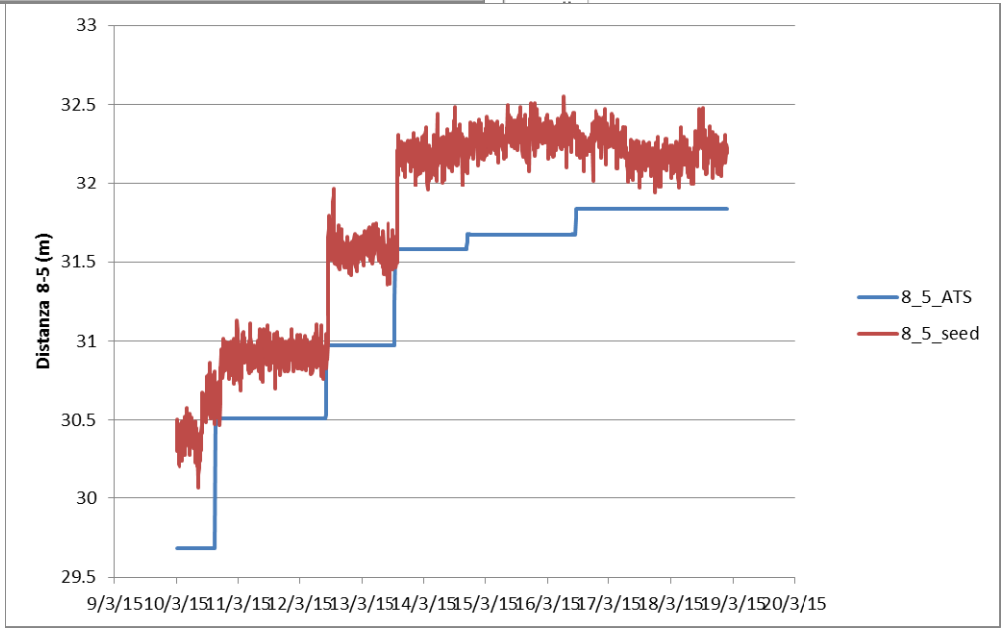
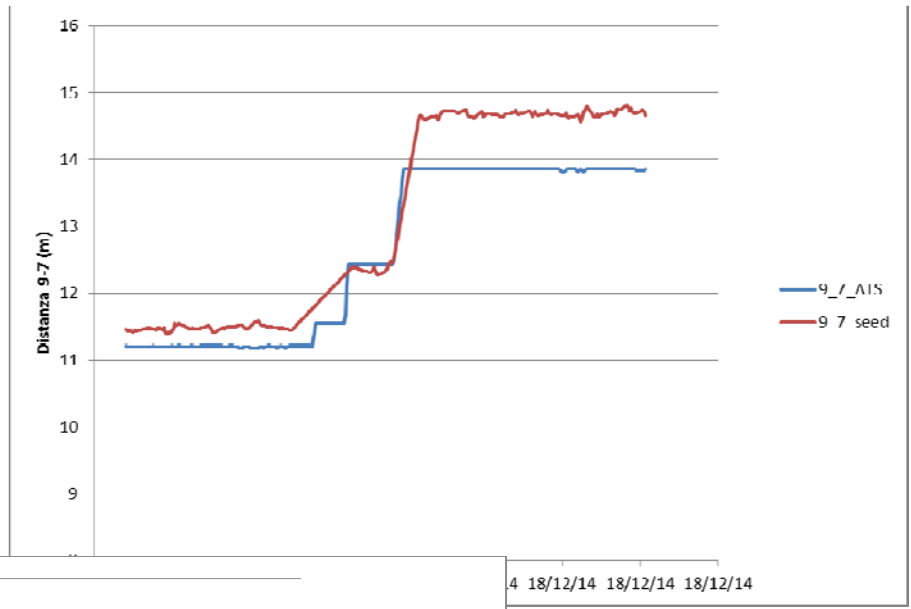
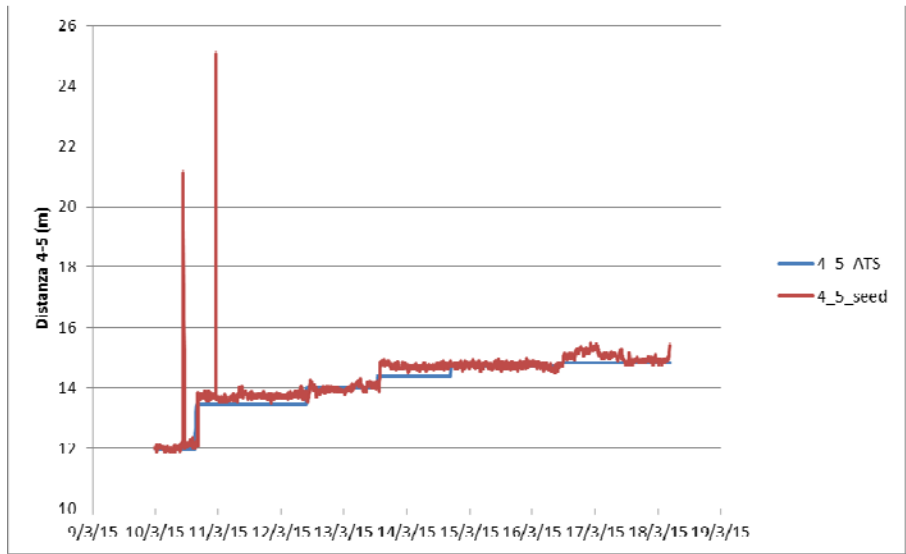


Sito di Arcetri – fase di test



Risultati

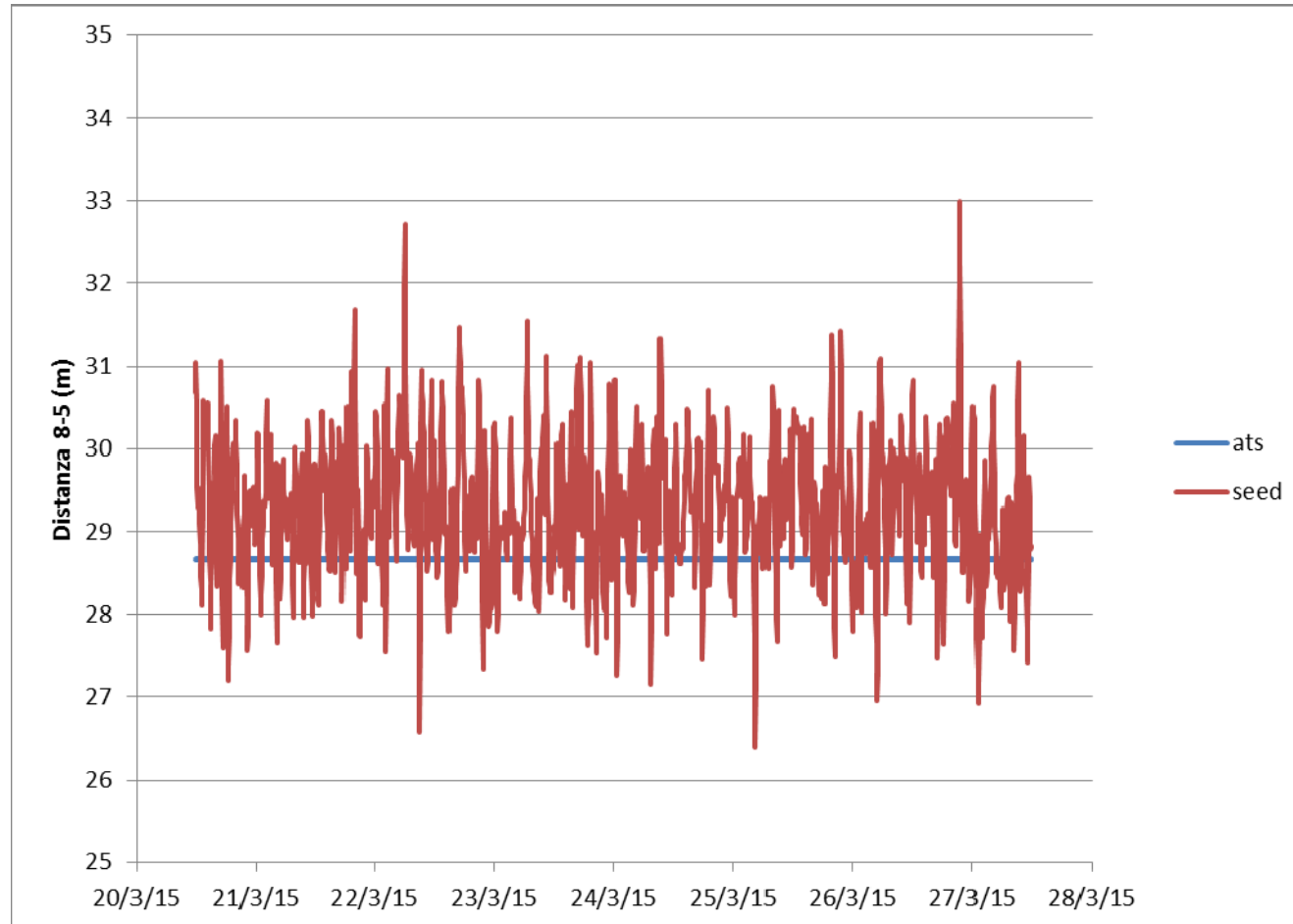




Frana di Ricasoli (Ar)



Risultati



Accuratezza

- Accuratezza (senza elaborazione):
0,08 m \rightarrow 1 m (min \rightarrow max)
- Con elaborazione (filtro di Kalman esteso):
1 cm \rightarrow 80 cm

Il partenariato

- Arsilicii srl
- Ati srl
- Dr.Wolf srl
- Dipartimento di Scienze della terra
- Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione

Consulenza centri di Ricerca

- PIN scrl

Bando Unico POR-CReO 2012
Regione Toscana

