



*Autorità di Bacino  
dei fiumi Liri-Garigliano e Volturno*



Comune di Cervinara  
Provincia di Avellino

## **ACCORDO DI PROGRAMMA**

*Autorità di Bacino dei fiumi Liri-Garigliano e Volturno  
e  
Comune di Cervinara*



## **MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO FINALIZZATO AL GOVERNO DEL TERRITORIO**

*Elaborato:*

<b>C.2.1</b>	<b>RELAZIONE SUL MONITORAGGIO STRUMENTALE</b>
Scala	
Data Giugno 2013	

**AUTORITÀ DI BACINO  
DEI FIUMI LIRI-GARIGLIANO E VOLTURNO  
I R.U.P.**

*Segretario Generale Dott.ssa. Vera Corbelli*

## INDICE

<b>1. PREMESSA</b>	<b>3</b>
<b>2. PIANO DI MONITORAGGIO</b>	<b>3</b>
2.1. Introduzione	3
2.2. Bacini di Studio	5
2.3. Finalità del Piano di monitoraggio	6
2.4. Rete di Monitoraggio: Materiali e Metodi	7
2.5. Stazioni di monitoraggio	8
2.5.1 <i>Tipologia e caratteristiche</i>	9
2.5.2 <i>Configurazione delle stazioni e del sistema centrale di acquisizione</i>	13
2.6. Individuazione delle aree suscettibili e ubicazione dei sensori per il monitoraggio	15
2.6.1. Bacino T. Pirozza	17
2.6.2. Bacino Conca	20
2.6.3. Bacino Renazzo	23
2.6.4. Bacino Remescuso	26
2.6.5. Bacino S. Gennaro	29
2.6.6. Bacino Ioffredo	32
2.6.7. Bacino T. Castello	35
<b>3. PROPOSTA PER LA REALIZZAZIONE DI UN 1° LOTTO FUNZIONALE</b>	<b>38</b>
<b>ALLEGATO I - STRUMENTI DI MISURA DA IMPIEGARE</b>	<b>39</b>
<b>ALLEGATO II - UBICAZIONE DELLA STRUMENTAZIONE</b>	<b>43</b>
<b>4. BIBLIOGRAFIA</b>	<b>46</b>

## **1. PREMESSA**

La presente relazione illustra il Piano di Monitoraggio Strumentale dei fenomeni di instabilità che possono coinvolgere le coperture piroclastiche presenti sui rilievi montuosi che bordano l'area urbanizzata del Comune di Cervinara (AV).

Il *Piano di Monitoraggio Strumentale* costituisce una delle azioni strategiche da porre in essere per qualsiasi strumento di pianificazione e programmazione si voglia sviluppare su un assegnato sistema fisico. Con particolare riferimento al territorio di Cervinara, la presenza di numerose aree urbanizzate potenzialmente interessate dal transito di fenomeni di flusso rapido (colate rapide di fango e/o flussi incanalati iperconcentrati) rende indispensabile la predisposizione e l'adozione del predetto Piano al fine di monitorare le grandezze che presiedono alla generazione del rischio idrogeologico nonché di acquisire informazioni sullo stato evolutivo dei fenomeni oggetto del monitoraggio; elementi, questi, indispensabili per una più avanzata zonazione del rischio oltre che per l'individuazione dei più adeguati interventi di mitigazione. Vale la pena sottolineare che, su area vasta, l'esistenza di una rete di monitoraggio strumentale non può essere disgiunta dalle attività di *presidio territoriale* illustrate in un'apposita relazione – redatta nell'ambito dell'Accordo di Programma – a cui si rimanda.

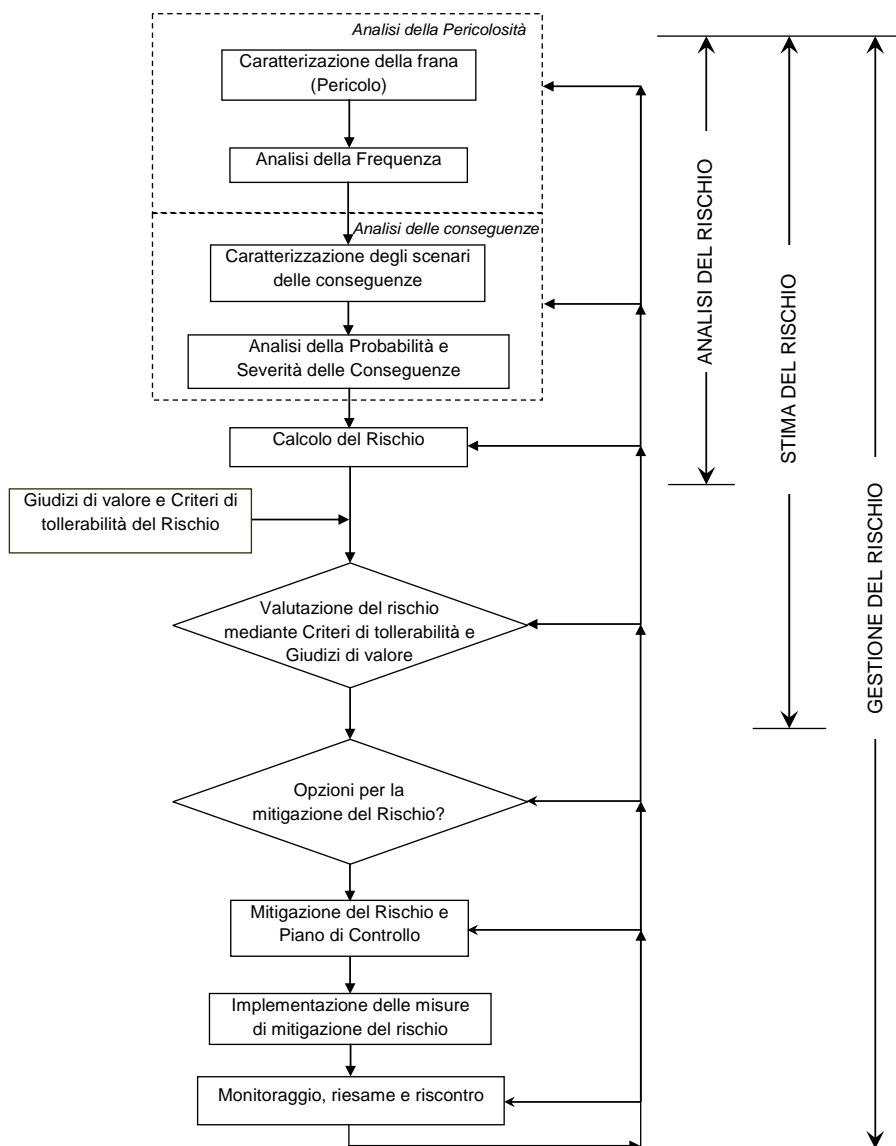
Tutto ciò premesso, la rete di monitoraggio nel seguito illustrata è concepita con il fine di rilevare grandezze per la previsione di eventi meteorologici estremi nonché di acquisire, in modo automatico, elementi e/o grandezze utili alla previsione e/o al controllo dei fenomeni di flusso rapido innanzi richiamati. Costituisce parte integrante di tale Piano di monitoraggio il centro di acquisizione e trasmissione dei dati misurati dai sensori terrestri e di quelli acquisiti attraverso le misure dirette che potrà avere sede, convenientemente, presso gli uffici dell'Autorità di Bacino Nazionale dei fiumi "Liri-Garigliano e Volturno" e/o del Comune di Cervinara.

## **2. PIANO DI MONITORAGGIO**

### **2.1. INTRODUZIONE**

Il monitoraggio di versanti che sono sede di fenomeni di instabilità (in atto e/o potenziali) rappresenta un mezzo fondamentale di approfondimento delle conoscenze sull'evoluzione morfologica del territorio e, quindi, di aggiornamento continuo della classificazione della

pericolosità e del rischio. Il suo impiego, infatti, nel complesso processo di *gestione del rischio* (Fell et al. 2008), può essere utile sia per la *previsione* dei fenomeni di instabilità nell'ambito della fase di *analisi del rischio* che per la *prevenzione* del rischio ad essi associato nell'ambito della fase di *mitigazione del rischio* (Fig. 1).



**Figura 1.** Diagramma di flusso per la gestione del rischio da frana (modificato da Fell et al. 2008).

Il monitoraggio, qualunque sia la sua finalità, per essere proficuo deve contemplare la disponibilità di una dettagliata cartografia di base, oltre che strumenti di adeguate caratteristiche in grado di misurare con elevata precisione grandezze mediante le quali è possibile tenere sotto controllo sia le azioni che si configurano quali cause innescanti l'instabilità che il comportamento dei versanti nel loro complesso.

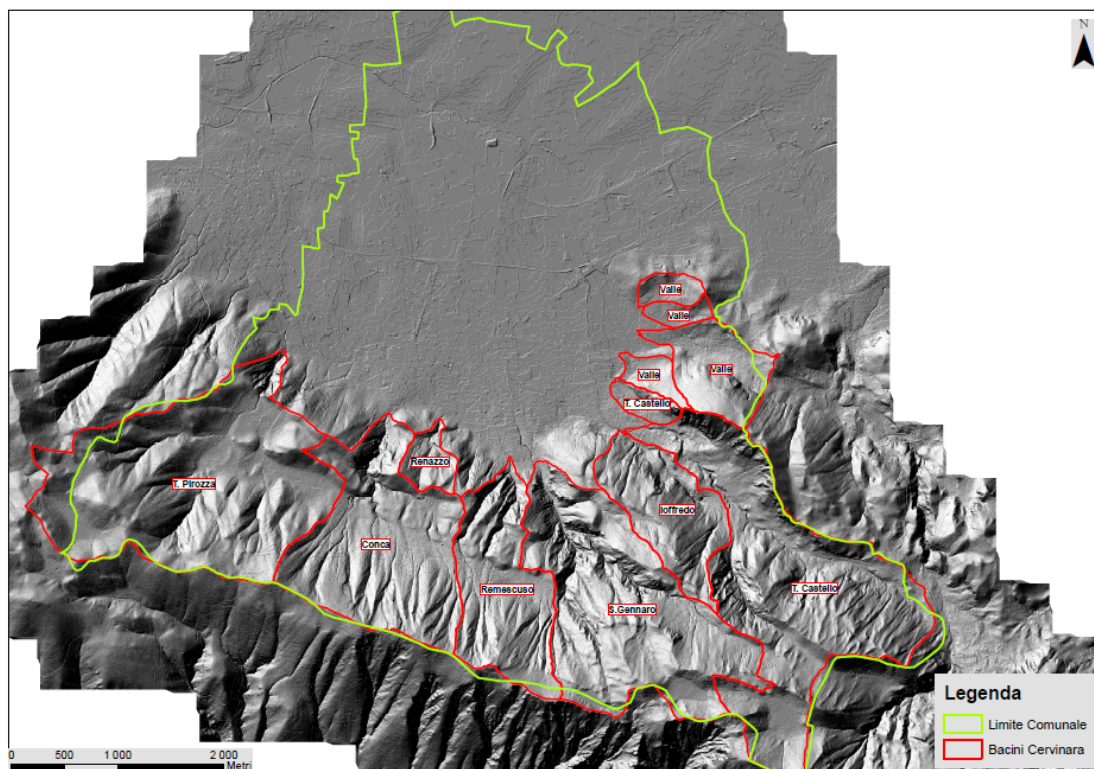


Inoltre, la configurazione del sistema di monitoraggio, in termini anche di tipologia degli strumenti di misura da impiegare, discende dalla scala di studio e dalla estensione dell'area da tenere sotto controllo. Più precisamente, su vasta area ed a *piccola o media scala* (1:150.000; 1:50.000; 1:25.000) occorre far ricorso a reti di sistemi di misura a terra – i cui dati è opportuno trasferire in tempo reale a sale di controllo – ovvero a sistemi, come quelli che si appoggiano a costellazioni di satelliti, che si avvalgono di tecnologie avanzate. In area di ridotta estensione e a *grande scala* (1:5.000; 1:2.000), viceversa, torna utile l'impiego di apparecchiature in grado di rilevare puntualmente i valori assunti dagli specifici indicatori che intervengono nella fenomenologia monitorata.

Il caso in esame riguarda la predisposizione di un Piano di Monitoraggio consistente in una rete di monitoraggio su vasta area e a media scala (1:25.000).

## 2.2. BACINI DI STUDIO

Nel presente lavoro, i bacini montani oggetto di monitoraggio individuati nell'area di studio ricadente all'interno del territorio comunale di Cervinara sono (Fig. 2): *Bacino T. Pirozza; Bacino Conca; Bacino Renazzo; Bacino Remescuso; Bacino S. Gennaro; Bacino Ioffredo; Bacino T. Castello.*



**Figura 2.** Bacini oggetto di monitoraggio.

Essi si sviluppano lungo il versante meridionale del Massiccio del Partenio (territorio della Comunità Montana del Partenio), hanno dimensioni areali che variano da circa 16 ha a 390 ha e presentano caratteristiche morfometriche con quote massime che non superano i 1.475 metri s.l.m. (Tabella 1).

**Tabella 1.** Caratteristiche geometriche e morfometriche dei bacini di studio.

<b>Siti di monitoraggio</b>	<b>Perimetro (km)</b>	<b>Area (ha)</b>	<b>Quota max (m s.l.m.m.)</b>	<b>Quota min (m s.l.m.m.)</b>
<i>Bacino T. Pirozza</i>	9,6	390	983	300
<i>Bacino Conca</i>	7,7	233	1.148	323
<i>Bacino Renazzo</i>	2,2	23	632	310
<i>Bacino Remescuso</i>	6,2	145	1.251	340
<i>Bacino S. Gennaro</i>	9,3	297	1.335	350
<i>Bacino Ioffredo</i>	5,1	106	1.040	325
<i>Bacino T. Castello</i>	14,4	373	1.475	300

I fenomeni di instabilità (frane di primo distacco e/o erosione) che hanno sede nelle coltri piroclastiche presenti sui versanti del territorio di Cervinara possono dare origine a flussi a cinematica rapida classificabili come “colate rapide di fango” o “flussi iperconcentrati” in accordo con le seguenti definizioni:

- colate rapide di fango (“debris flows” in Hungr et al. 2001): *flussi, da molto rapidi ad estremamente rapidi, di detriti saturi non plastici, in canali a forte pendenza.*
- flussi iperconcentrati (“hyperconcentrated flows” in Pierson e Costa 1987; “debris floods” in Hungr et al. 2001): *fenomeni estremamente rapidi, associati a flussi idrici connessi ad eventi di piena e caratterizzati da mobilitazione e trasporto di detriti lungo incisioni ripide.*

Secondo quanto riportato da Costa (1988), alle colate rapide di fango competono concentrazioni in volume di sedimento comprese tra il 47% e il 77% ovvero, per i flussi iperconcentrati, tra il 20% e il 47%.

### **2.3. FINALITÀ DEL PIANO DI MONITORAGGIO**

Il monitoraggio di aree a rischio idrogeologico rappresenta uno strumento fondamentale di conoscenza dell’evoluzione geomorfologica del territorio da utilizzare per:

- a. *la valutazione delle attuali condizioni di stabilità dei versanti e della loro possibile evoluzione;*

*b. L'utilizzazione di sistemi di allerta e di allarme.*

Attraverso la messa in opera di strumenti di monitoraggio di adeguate caratteristiche è possibile tenere sotto controllo sia le azioni capaci di produrre instabilità che i corrispondenti comportamenti dei versanti (finalità **a**). Il controllo "in continuo" di questi ultimi consente, inoltre, di decidere le più opportune azioni da intraprendere per la mitigazione del rischio.

L'adozione di sistemi di allerta o di allarme (finalità **b**) viene effettuata in tutte le situazioni di pericolo imminente in cui non sia possibile la delocalizzazione degli insediamenti e delle infrastrutture e fino a che non siano state realizzate opere definitive di riduzione del rischio. Tali sistemi sono basati sulla misura di alcuni parametri fisici (*intensità di pioggia, livelli idrici, pressioni neutre o suzioni in alcuni punti del sottosuolo, ecc.*) caratteristici dei fenomeni in atto e che si ritiene ne controllino l'evoluzione.

#### **2.4. RETE DI MONITORAGGIO: MATERIALI E METODI**

La progettazione di una rete di monitoraggio è particolarmente complessa essendo strettamente dipendente dalla tipologia di fenomeno, dalla fase attuale di movimento del medesimo (nel caso dei fenomeni di flusso rapido occorre prestare la massima attenzione alle fasi di pre-rottura e di post-rottura) e dalle finalità – richiamate nel paragrafo precedente – che con il monitoraggio si intendono perseguire. Il livello di infittimento delle reti di monitoraggio è, invece, dipendente dal grado di suscettibilità del territorio di interesse a fenomeni di instabilità nonché dalla ripetitività temporale di questi ultimi.

Con riferimento al territorio comunale di Cervinara, la messa a punto di un sistema di monitoraggio di aree potenzialmente sede di fenomeni di flusso rapido ha richiesto la preliminare acquisizione di approfondite conoscenze sulle anzidette aree, sulle proprietà meccaniche dei terreni in posto, sulle proprietà reologiche delle masse in movimento e sulla morfologia dei luoghi.

Nel caso, ad esempio, delle colate rapide di fango la possibilità di prevederne sia l'innescò e sia le aree di transito e di deposito pone, naturalmente, problemi di rilevante portata, la cui risoluzione non può che perseguirsi attraverso l'adozione di strategie che vedano coinvolti, oltre all'ingegneria geotecnica, settori disciplinari afferenti alle scienze geologiche. A tal fine, nell'ambito dell'Accordo di Programma è stato messo a punto un modello geomorfologico di evoluzione dei versanti che, con riferimento a contesti geoambientali omogenei, ha consentito di inquadrare organicamente i fenomeni franosi recenti e passati sulla base di una oculata

intersezione degli aspetti geologici, litostratigrafici, geomorfologici ed idrogeologici caratteristici di quel contesto. Al modello geomorfologico si sono affiancate le modellazioni ingegneristiche della fase di innesco, transito e propagazione per individuare in modo oggettivo le aree potenzialmente coinvolgibili dai predetti fenomeni franosi.

Altrettanto importanti si sono rilevate le informazioni desunte da analisi idrologiche di serie storiche di dati di pioggia, orientate alla stima del periodo di ritorno di eventi estremi che, su area vasta, hanno determinato nel passato l'innesco delle fenomenologie di interesse.

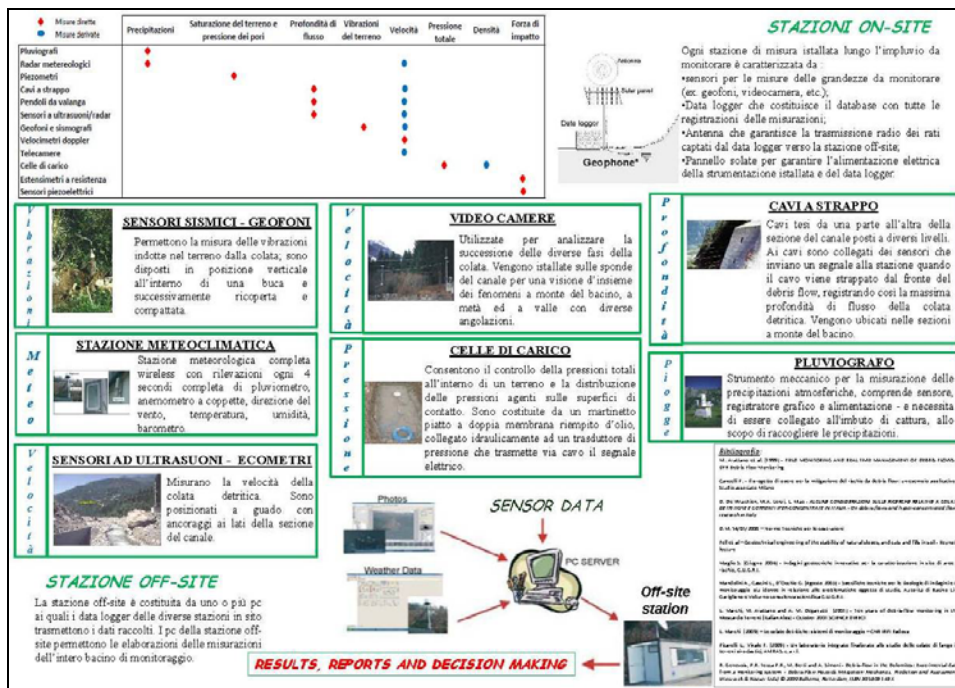
Una volta definiti gli scenari di franosità – comprensivi delle zone di innesco, transito e deposito – si è proceduto alla predisposizione della rete di monitoraggio come nel seguito illustrato.

## **2.5. STAZIONI DI MONITORAGGIO**

La realizzazione di una rete di *monitoraggio strumentale* richiede un apposito progetto che precisi e giustifichi l'estensione dell'area da tenere sotto controllo, il tipo, il numero degli strumenti, oltre che la frequenza e le modalità delle misure.

Con riferimento a fenomeni a cinematica rapida del tipo "*colata rapida di detrito*" e "*flussi incanalati iperconcentrati*" occorre considerare che si tratta di fenomeni caratterizzati da segni premonitori a rapida evoluzione e, pertanto, non facilmente rilevabili. Un ulteriore dato caratterizzante consiste negli elevati valori di velocità attinti dalla miscela acqua-sedimento nella fase parossistica di movimento; come detto nel par. 2.2, tali valori ricadono prevalentemente nella classe VII definita da Cruden e Varnes (1996). La presenza di un tessuto urbano molto prossimo allo sbocco dei valloni nei quali possono incanalarsi i fenomeni di flusso e l'esistenza di una rete infrastrutturale molto vulnerabile (con vie di fuga limitate che rendono difficoltosi i soccorsi e la gestione delle emergenze), evidenzia la complessità di individuare le aree sulle quali esplicitare le azioni di monitoraggio.

Le strategie da porre in essere riguardano essenzialmente l'istituzione e l'attivazione di presidi territoriali le cui attività saranno integrate da stazioni periferiche costituite da apparati locali di gestione dei sensori e delle trasmissioni (Fig. 3).



**Figura 3.** Esempio di strumentazione per la misura e la ricezione di grandezze utili al monitoraggio di fenomeni a cinematica estremamente rapida.

A partire da tale premessa, si elencano nel seguito le principali caratteristiche delle installazioni “on site” previste nel Piano di monitoraggio concepito per il territorio di Cervinara.

### 2.5.1 TIPOLOGIA E CARATTERISTICHE

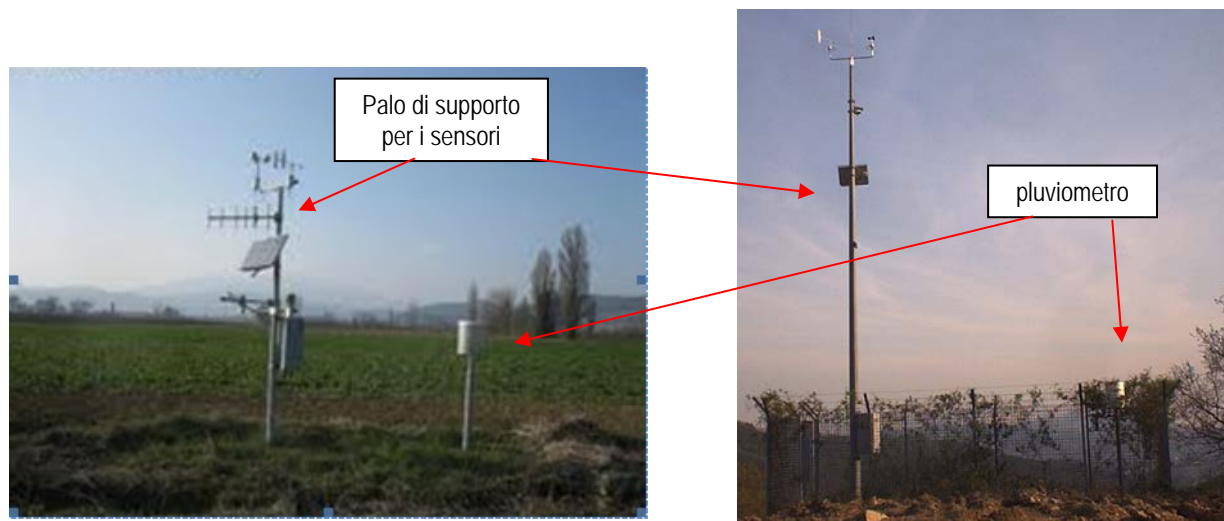
#### Stazione pluviometrica-meteorologica

È preposta al rilievo delle grandezze, sintetizzate in Tabella 2, la cui variazione si associa a contestuali variazioni delle condizioni climatiche, ovvero delle principali cause d’innescio dei fenomeni di flusso rapido. Gli strumenti utilizzati per il rilievo di tali grandezze sono anch’essi sintetizzati in Tabella 2.

**Tabella 2.** Grandezze monitorate e strumentazione adottata in stazioni pluviometriche-meteorologiche.

Grandezza	Strumentazione
precipitazioni	pluviometro
temperatura dell’aria	termometro
umidità relativa dell’aria	igrometro
velocità e direzione del vento	anemometro
intensità e durata giornaliera dell’insolazione	albedometro
pressione atmosferica	barometro

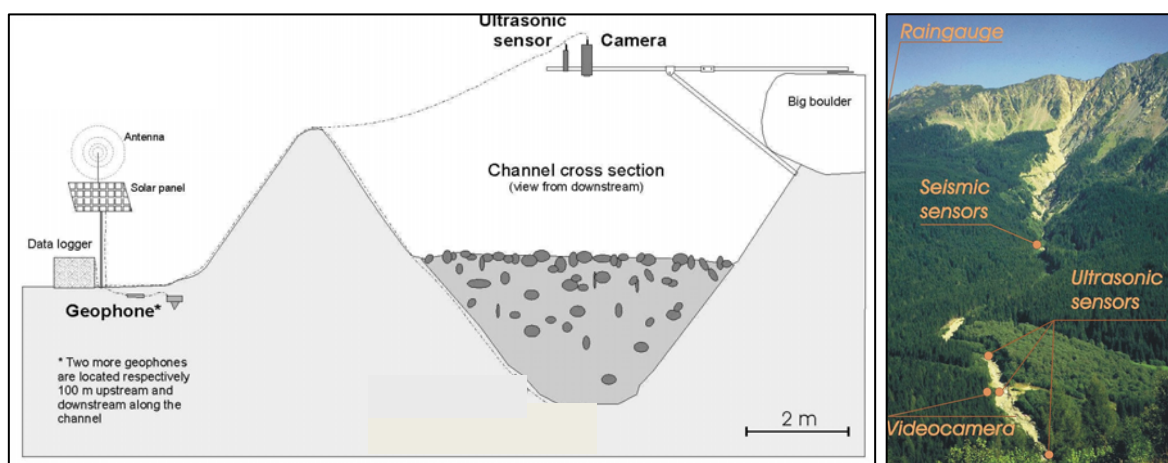
Nella Figura 4 si riportano alcuni esempi di installazione di stazioni pluviometriche-meteorologiche.



**Figura 4.** Esempi installazione di stazioni pluviometriche-meteorologiche.

### Stazione idrogeologica

Contempla strumenti per la misura della suzione (*tensiometri*), grandezza il cui valore condiziona le modalità di infiltrazione degli apporti idrici provenienti dalle precipitazioni all'interno delle aree che possono essere sede di fenomeni di instabilità. *Ecometri e geofoni* (Fig. 5), d'altro canto, contribuiscono alla stima della profondità e della velocità media delle correnti detritiche nel corso della loro propagazione. Infine, l'installazione di *telecamere* consente il monitoraggio in continuo delle traiettorie assunte dalle correnti detritiche (con camere VCR poste lateralmente e/o ortogonalmente alla superficie di flusso).



**Figura 5.** Esempio di una stazione di monitoraggio equipaggiata con geofoni.



## Stazione idrometrica

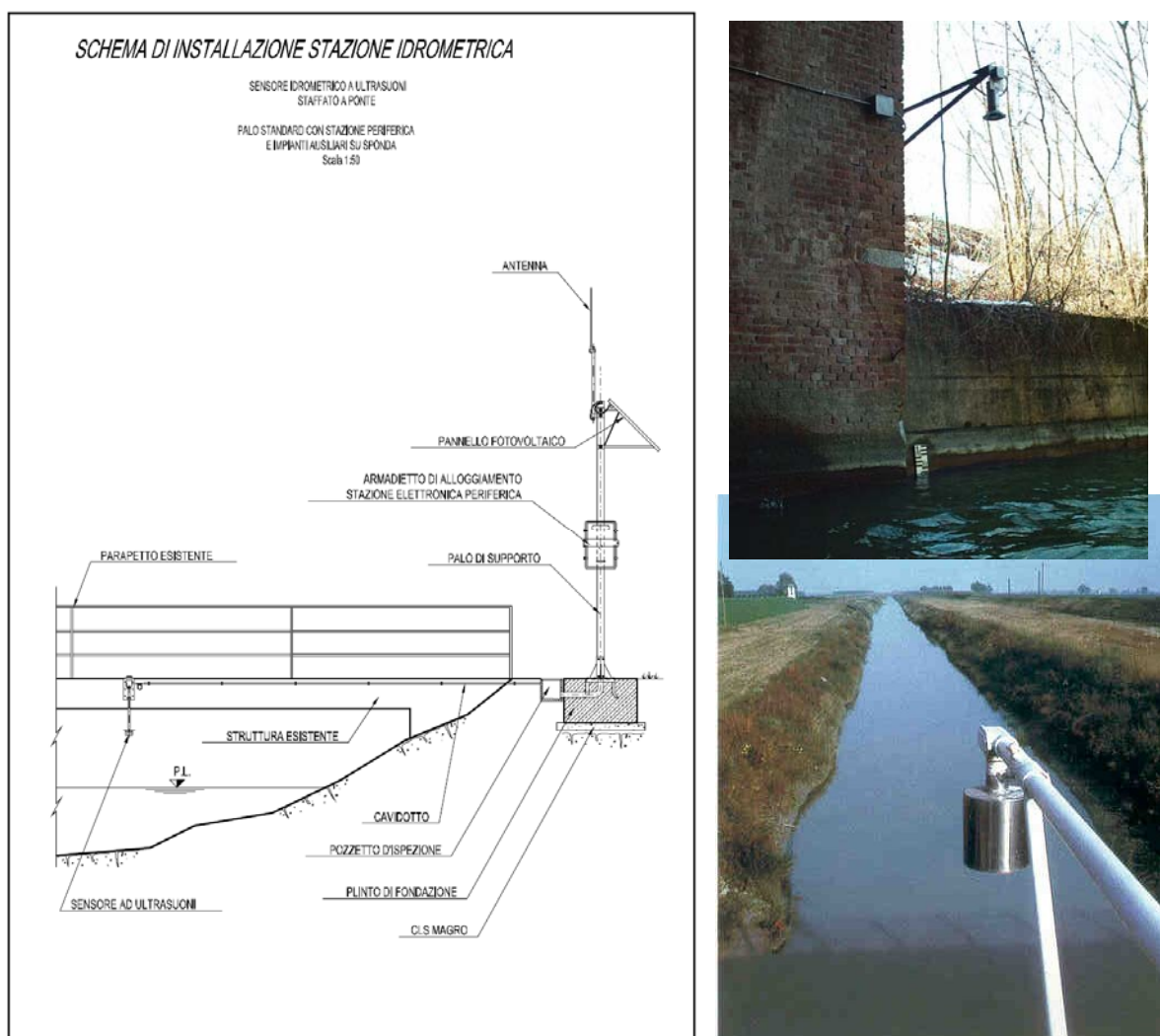
La misurazione in continuo della portata può avvenire mediante il rilievo del livello idrometrico e il successivo calcolo della portata attraverso una scala di deflusso, a sua volta elaborata a partire da almeno cinque misure sperimentali della portata effettuate in condizioni idrologiche differenti.

Nell'ambito del territorio comunale di Cervinara la stazione è preposta alla misura dei deflussi superficiali in corrispondenza del punto di sbocco dei bacini montani; in particolare, ha lo scopo di controllare le variazioni del regime idrologico per la definizione del corrispondente bilancio.

Questa tipologia di stazione è equipaggiata con:

- *sensore di livello idrometrico (ultrasuoni) ed asta idrometrica centimetrata per il controllo della taratura.*

Nella Figura 6 sono riportati schemi ed esempi di installazione.



**Figura 6.** Schema di installazione di stazione idrometrica ed esempi di stazioni esistenti.

### Stazione piezometrica

E' finalizzata alla misura dell'andamento dei livelli piezometrici dell'acquifero freatico e delle sue relazioni con il reticolo idrografico superficiale.

La stazione è dotata di:

- sensore per la misura del livello piezometrico (*sonda pressione*).

Nelle Figura 7 sono riportati alcuni esempi di strumentazione per installazioni in pozzi.



**Figura 7.** Data logger collegato via cavo a sonda posizionata nella falda in un piezometro (a sinistra), pozzo oggetto di monitoraggio nell'area di pianura del Comune di Cervinara (centro) ed esemplificazione di capsule per l'alloggiamento dell'acquisitore e del sistema di teletrasmissione dei dati misurati su pozzo.

### Stazioni di misura delle portate alle sorgenti

E' finalizzata all'analisi dell'andamento del regime idrologico di alcune sorgenti particolarmente rappresentative delle modalità di circolazione idrica; consente anche l'acquisizione di informazioni utili alla valutazione del bilancio idrologico.

La stazione è dotata di:

- sensore per la misura della portata (*idrometro*).

La misurazione in continuo della portata avviene mediante il rilievo del livello idrometrico e il successivo calcolo della portata con un metodo indiretto (scala di deflusso) in corrispondenza di vasche con stramazzo tarato. La dimensione della vasca e la geometria dello stramazzo vanno dimensionate in relazione all'entità dei deflussi.

Nella Figura 8 sono riportati alcuni esempi di installazione.





**Figura 8.** Esempi di installazione di vasca, stramazzo e sensore idrometrico su sorgente.

### **2.5.2 CONFIGURAZIONE DELLE STAZIONI E DEL SISTEMA CENTRALE DI ACQUISIZIONE**

La configurazione delle stazioni di monitoraggio più avanzate (pluviometrica-meteorologica, idrogeologica ed idrometrica) prevede il collegamento via cavo tra i sensori e l'unità di acquisizione locale dei dati (data logger) possibilmente dotata di display per agevolare le operazioni di normale manutenzione. L'alimentazione agli strumenti di campo sarà fornita da una batteria ricaricabile, opportunamente dimensionata, e collegata ad un pannello fotovoltaico. Presso ogni postazione di misura dovrà indicativamente essere predisposta una palina di altezza opportuna sulla quale verranno installati il pannello fotovoltaico ed un armadietto stagno contenente l'acquisitore dati, il sistema di alimentazione, un dispositivo per la regolazione della tensione e della ricarica della batteria, il modem GSM-GPRS per la teletrasmissione dei dati, le protezioni contro le sovratensioni e la batteria ricaricabile di alimentazione. Un cavidotto proteggerà i cavi di collegamento dall'armadietto ai sensori.

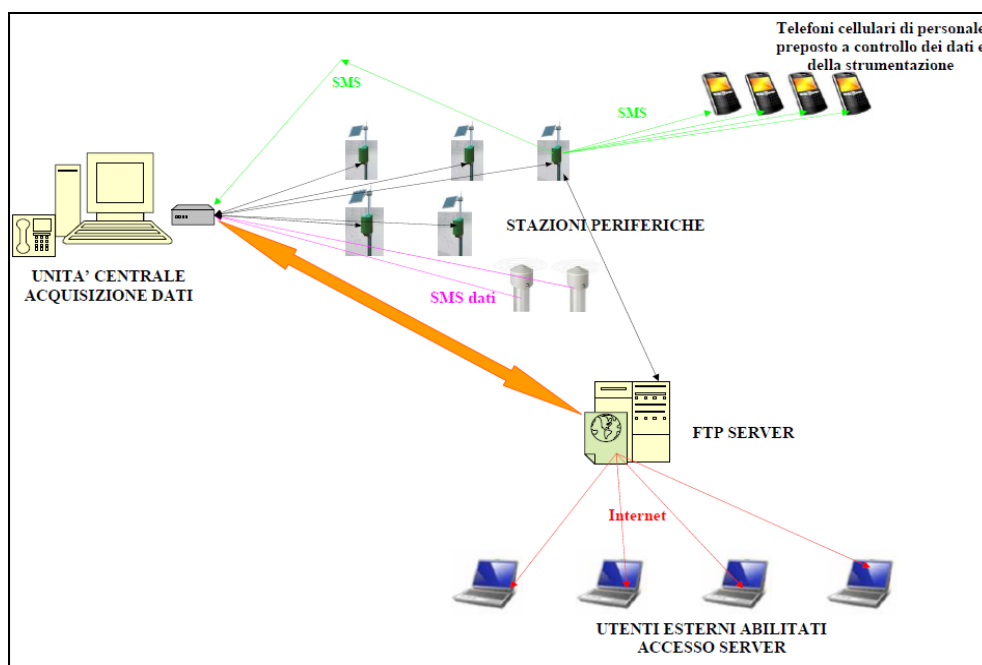
Per le stazioni sulle acque sotterranee (piezometri e sorgenti), preposte ad acquisire un solo parametro con frequenze di misura molto più diradate, la configurazione delle installazioni sarà molto più semplificata; la strumentazione sarà costituita infatti dall'elemento sensore collegato via cavo alla capsula preposta ad acquisizione, alimentazione e teletrasmissione (antenna + modem) dei dati.

L'acquisizione dei dati registrati avverrà in teletrasmissione equipaggiando le centraline in remoto con modem GSM/GPRS e specifico pacchetto software. I dati saranno acquisiti in tempo reale dal sistema centrale di acquisizione installato nella sala operativa (centro off-site), che potrà

essere ubicata presso il Comune di Cervinara e/o presso il Centro Funzionale Regionale (Settore Protezione Civile). Il sistema centrale di acquisizione necessiterà di una postazione dedicata, dotata di pc con software di acquisizione e gestione dei dati, modem GSM/GPRS ed antenna.

Le stazioni periferiche dovranno inoltre essere in grado di inviare eventuali messaggi di allarme via "SMS" al superamento di soglie preventivamente impostate di attenzione, di preallarme e di allarme. L'invio dovrà poter essere effettuato oltre che verso il centro di acquisizione dati anche ai numeri di cellulare del personale operativo nell'ambito del sistema di monitoraggio. I dati acquisiti potranno essere resi accessibili su server ftp con accesso consentito ad utenti abilitati.

Nella Figura 9 è schematizzata una possibile modalità di teletrasmissione dei dati.



**Figura 9.** Schema di teletrasmissione dei dati.

In caso di monitoraggio *preventivo*, le informazioni dovranno essere trasmesse ogni 5 minuti; in fase di *allerta*, ovvero nel caso in cui vengono superate le soglie pluviometriche e le vibrazioni al suolo siano significative, i dati dovranno essere registrati ogni 0,2 sec. Va comunque garantita la possibilità di rimodulare la scansione temporale entro cui registrare i dati.

La rete di monitoraggio dovrà prevedere un adeguato piano di manutenzione / gestione al fine di garantire il corretto funzionamento della strumentazione.

## 2.6. INDIVIDUAZIONE DELLE AREE SUSCETTIBILI E UBICAZIONE DEI SENSORI PER IL MONITORAGGIO

Ai fini della corretta progettazione di un sistema di monitoraggio occorre, innanzitutto, individuare le aree sede di potenziali fenomeni franosi all'interno delle quali dovranno essere condotte le attività di monitoraggio.

Nell'ambito dell'Accordo di Programma, l'individuazione di tali aree si è basata sull'utilizzo di dei seguenti elaborati cartografici:

- *carta delle aree suscettibili all'insacco di fenomeni di flusso rapido redatta sulla base di criteri geomorfologici (scala 1:5.000);*
- *carta delle aree suscettibili all'insacco di colate rapide di fango causate da piogge con periodo di ritorno  $T = 200$  anni (scala 1:5.000) e redatta anche sulla base dei risultati derivanti dall'impiego di modelli fisicamente basati (codice TRIGRS);*
- *carta delle aree potenzialmente interessate dalla propagazione di colate rapide di fango innescate da piogge con periodo di ritorno  $T = 200$  anni (scala 1:5.000) redatta sulla base dei risultati derivanti dall'impiego di modelli numerici (codice FLO-2D).*

In particolare, le aree suscettibili all'insacco (e/o di alimentazione) di fenomeni di flusso rapido individuate sulla base di criteri geomorfologici contemplano uno o più dei seguenti elementi:

- area interessata da ruscellamento diffuso (temporaneo);
- forra o valle fluviale molto incisa;
- fosso con intensa erosione lineare;
- impluvio;
- vallecola;
- vallecola a fondo concavo;
- vallecola a V con depositi in alveo;
- versante di degradazione soggetto a crolli e flussi detritici.

Inoltre, per quanto riguarda gli elementi geomorfologici che possono essere probabili zone di distacco, si possono distinguere i distacchi incanalati (**Di**), se posizionati nell'ambito di un impluvio, e i distacchi di versante (**Dv**), se ubicati in corrispondenza di zone prive di reticolo idrografico. Si può, altresì, operare una distinzione dei distacchi in primari (tipo **p**) e secondari (tipo **s**).

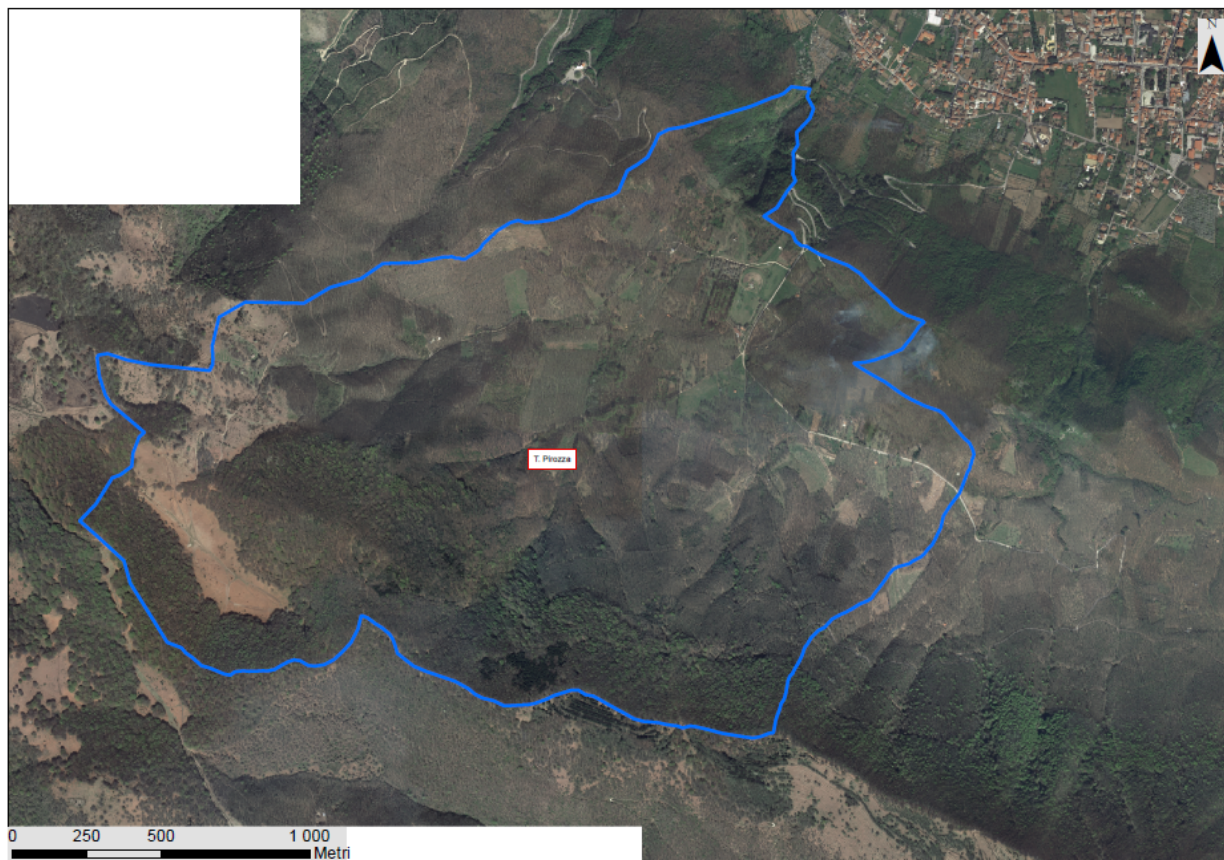
Per l'ubicazione degli strumenti di monitoraggio si è proceduto nel modo seguente:

1. **Stazione pluviometrica-meteorologica.** A fronte dell'estensione del versante e della variabilità delle quote (da 1475 m s.l.m.m a 300 m s.l.m.m) si è prevista l'installazione di due stazioni pluviometriche-meteorologiche poste a quote diverse e ubicate in corrispondenza di punti facilmente accessibili attraverso la rete stradale presente. Al fine di non intaccarne la funzionalità, si è ritenuto di doverle posizionare in luoghi sufficientemente distanti dalle previste zone di innesco. La scelta, pertanto, è ricaduta su una stazione posta nel Bacino Conca (in corrispondenza di un alto topografico) a quota 560 m s.l.m.m. e su un'altra posta nel Bacino S. Gennaro ( in corrispondenza di una piazzola) a quota 1.220 m s.l.m.m.
2. **Stazione idrogeologica (equipaggiata con tensiometri).** Si è ritenuto di posizionare i tensiometri in prossimità delle aree di innesco potenziale di colate rapide di fango causate da piogge con periodo di ritorno  $T = 200$  anni. Per definire il numero di tensiometri da installare lungo una verticale si è fatto ricorso alla carta degli spessori dei depositi piroclastici al di sopra dello strato di pomici, considerando al massimo 4 tensiometri lungo una stessa verticale.
3. **Stazione idrogeologica (equipaggiata con ecometri, geofoni e telecamere).** Al fine di posizionare tali strumenti lungo le aree di transito dei flussi si è fatto ricorso sia alla carta delle zone di innesco redatta sulla base di criteri geomorfologici e sia ai risultati delle analisi di propagazione delle colate rapide di fango innescate da piogge con periodo di ritorno  $T = 200$  anni. Particolare attenzione è stata rivolta alle criticità topografiche (confluenze di più canali) in cui si è ritenuto necessario porre almeno una strumentazione.
4. **Stazione idrometrica.** Al fine di stimare le variazioni del regime idrologico e di calcolare i relativi bilanci, gli idrometri sono stati posizionati in corrispondenza degli sbocchi vallivi dei principali bacini montani.
5. **Stazione piezometrica.** I punti di misura sono ubicati in modo tale da controllare le escursioni sia della falda nella fascia pedemontana (4 stazioni) che l'acquifero freatico dell'area di pianura (altre 4 stazioni).
6. **Stazione su sorgente.** Sono state posizionate in corrispondenza delle sorgenti maggiormente rappresentative delle modalità di circolazione negli acquiferi permeabili per fratturazione e per carsismo.

La possibile ubicazione della strumentazione di monitoraggio è stata sintetizzata nell'elaborato cartografico D.1.2. redatto a scala 1:10.000.

### 2.6.1. Bacino T. Pirozza

Il bacino T. Pirozza ha un'estensione di 390 ha e quote variabili da circa 930 m s.l.m.m a 300 m s.l.m.m. (Fig. 10).

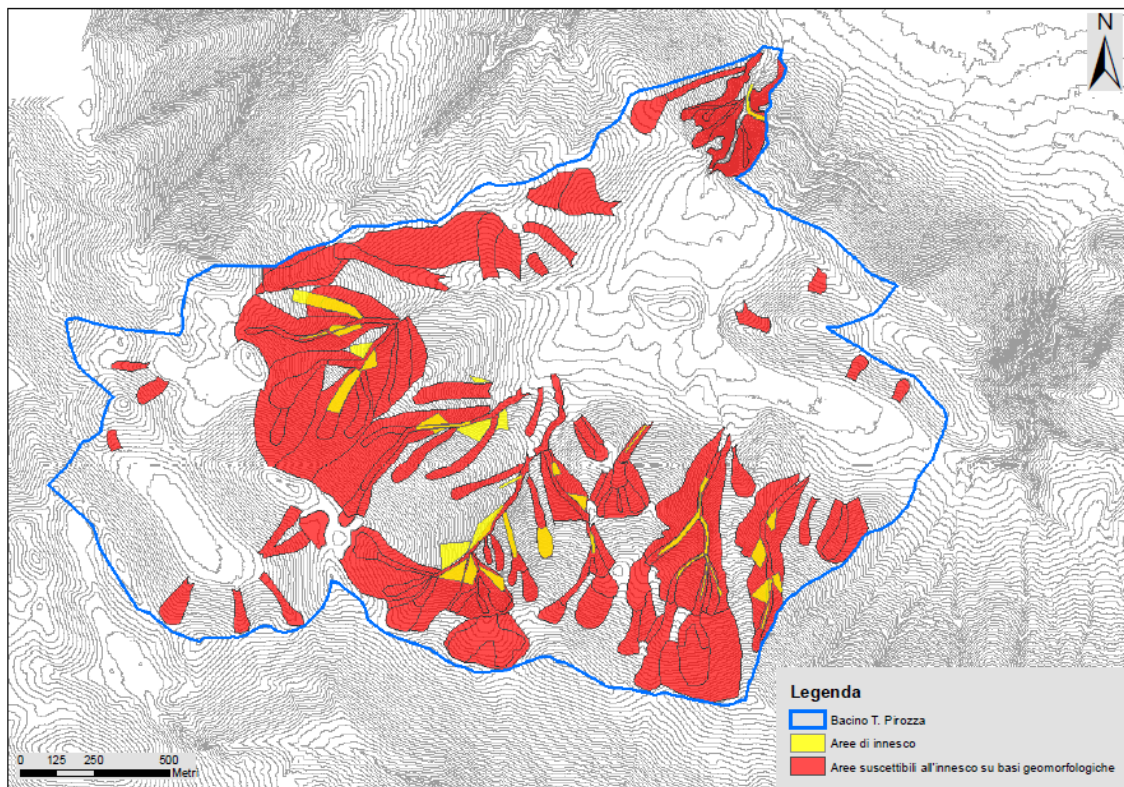


**Figura 10.** Bacino T. Pirozza

Per tale bacino si è adottata la procedura prima descritta per l'individuazione delle porzioni di versante che, essendo state riconosciute quali sede di fenomeni di instabilità potenziale, dovranno essere sottoposte a costanti attività di monitoraggio. A tal riguardo, nella Figura 11 è riportata la Carta delle aree suscettibili all'innesco individuate esclusivamente sulla base di criteri geomorfologici ovvero anche sulla base dell'impiego di modelli fisicamente basati (scala 1:5.000).

Con riferimento alle aree individuate, il Piano di Monitoraggio Strumentale per il Bacino T. Pirozza (Fig. 12) è stato articolato in 5 stazioni di misura (denominate P1, P2, P3, P4 e P5) ciascuna delle quali comprendente: n. 1 videocamera rivolta verso monte e n. 1 rivolta verso valle; n. 1 ecometro; n. 1 geofono. A tali stazioni si aggiungono altre n. 8 postazioni per misure tensiometriche di cui tre ubicate nella parte inferiore del versante tra il Bacino T. Pirozza e il Bacino Conca.





**Figura 11.** Carta delle aree suscettibili all'innesco individuate, per il bacino T. Pirozza, esclusivamente sulla base di criteri geomorfologici (in rosso) ed anche sulla base dell'impiego di modelli fisicamente basati (in giallo).



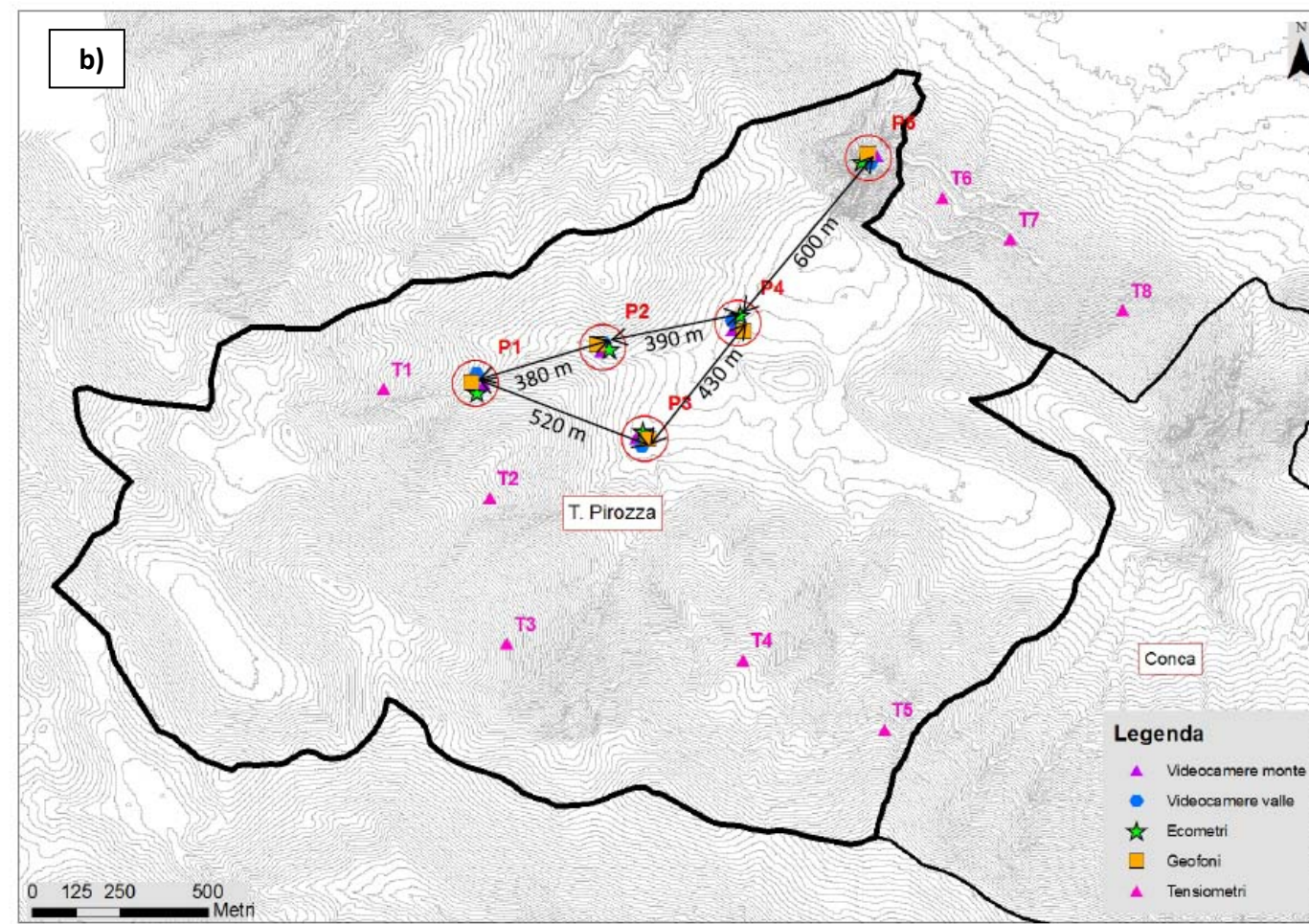
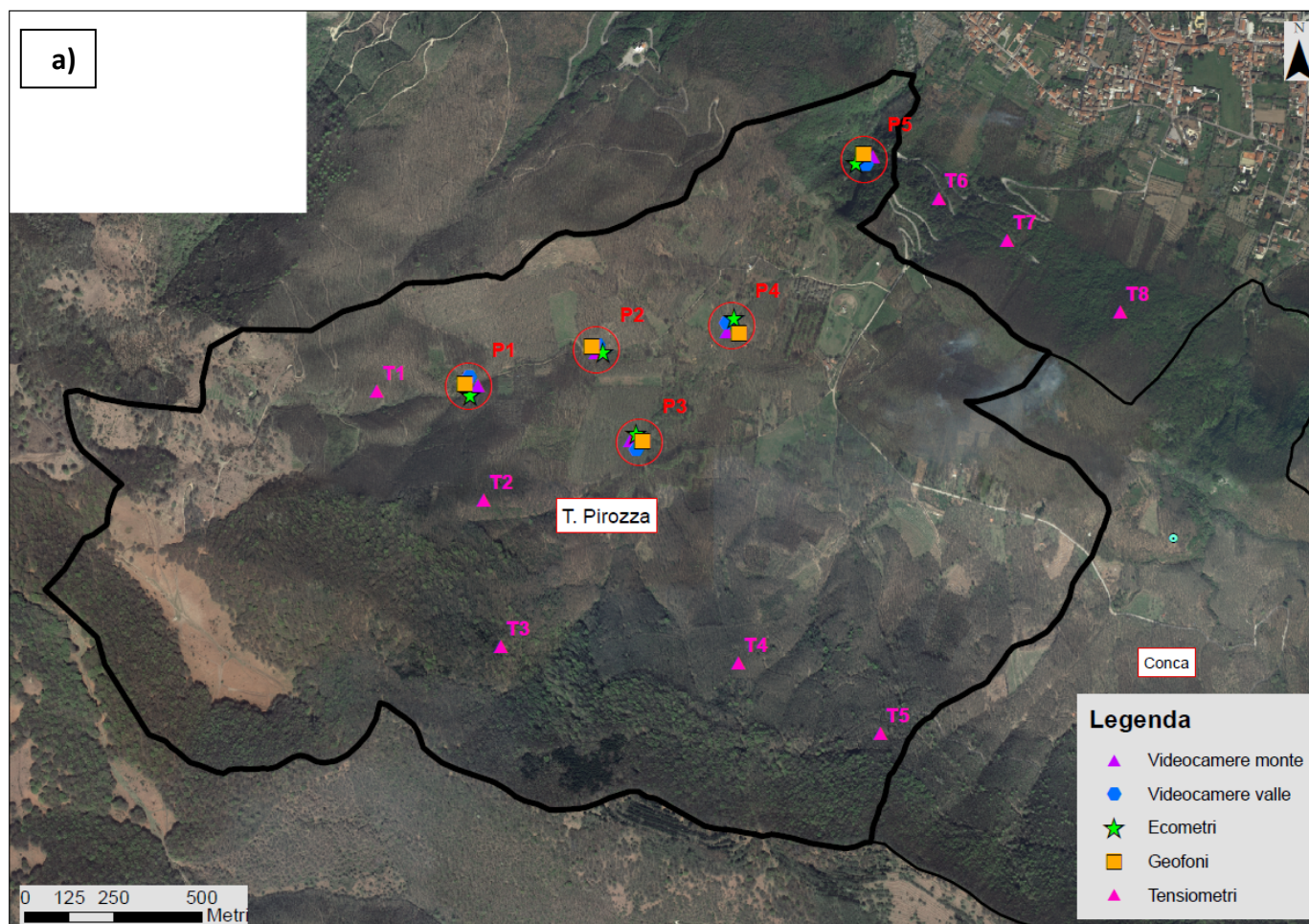


Figura 12. a) Rete di monitoraggio strumentale individuata per il Bacino T. Pirozza; b) distanza tra le stazioni on-site.



### 2.6.2. Bacino Conca

Il bacino Conca ha un'estensione di 233 ha e quote variabili da circa 1.145 m s.l.m.m. a 320 m s.l.m.m. (Fig. 13).



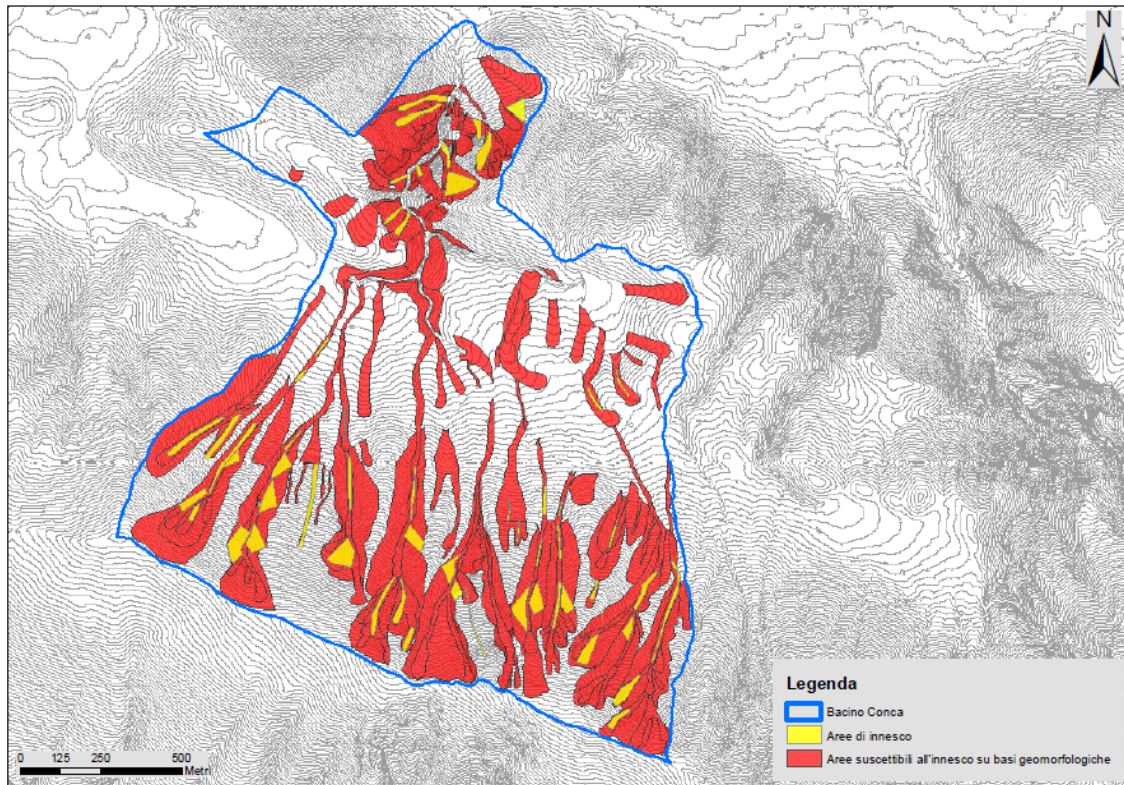
**Figura 13.** Bacino Conca.

All'interno di questo bacino si è adottata la procedura prima descritta per l'individuazione di quelle porzioni di versante che, essendo state riconosciute quali sede di fenomeni di instabilità potenziale, devono essere sottoposte a costanti attività di monitoraggio. A tal riguardo, nella Figura 14 è riportata la Carta delle aree suscettibili all'innescio individuate esclusivamente sulla base di criteri geomorfologici ovvero anche sulla base dell'impiego di modelli fisicamente basati (scala 1:5.000).

Con riferimento alle aree individuate il Piano di Monitoraggio Strumentale per il Bacino Conca (Fig. 15) è stato articolato in 12 stazioni di misura (denominate P6, P7, P8, P9, P10, P11, P12, P13, P14, P15, P16, P17) ciascuna delle quali comprendente n. 1 videocamera rivolta verso monte e n. 1 rivolta verso valle; n. 1 ecometro; n. 1 geofono. A tali stazioni si aggiungono altre n. 8 postazioni

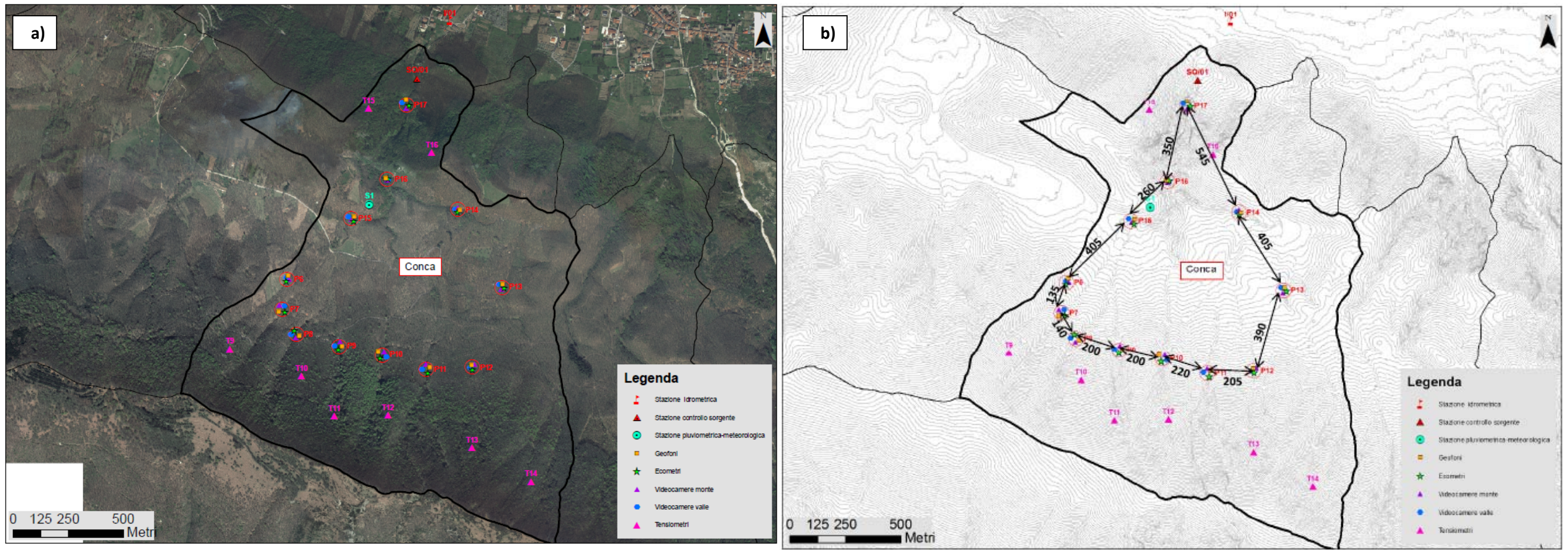


per misure tensiometriche, una stazione pluviometrica-meteorologica, una stazione idrometrica e una stazione di controllo su sorgente.



**Figura 14.** Carta delle aree suscettibili all'innescio individuate, per il bacino Conca, esclusivamente sulla base di criteri geomorfologici (in rosso) ed anche sulla base dell'impiego di modelli fisicamente basati (in giallo).



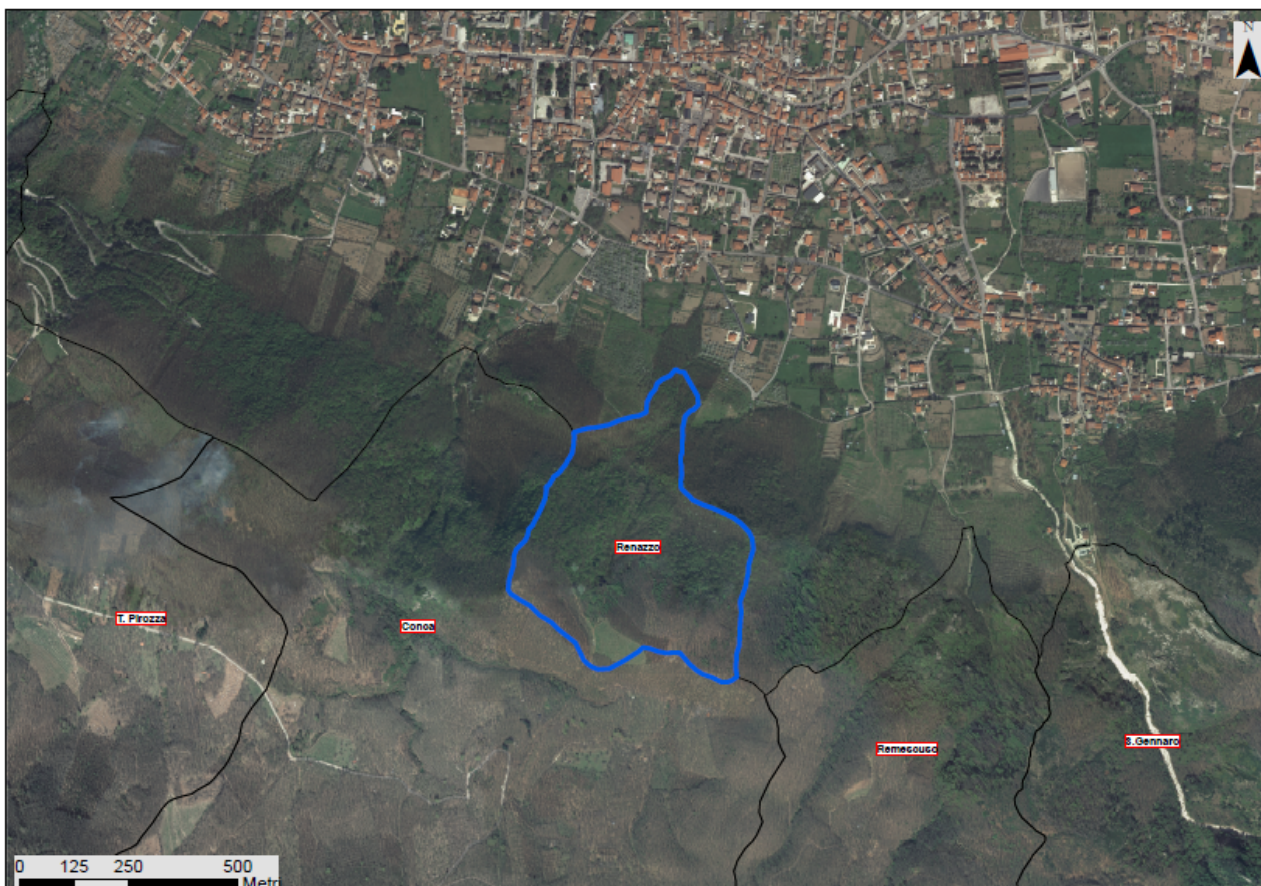


**Figura 15.** a) Rete di monitoraggio strumentale individuata per il Bacino Conca; b) distanza tra le stazioni on-site.



### 2.6.3. Bacino Renazzo

Il bacino Renazzo ha un'estensione di 23 ha e quote variabili da circa 630 m s.l.m.m a 310 m s.l.m.m. (Fig. 16).



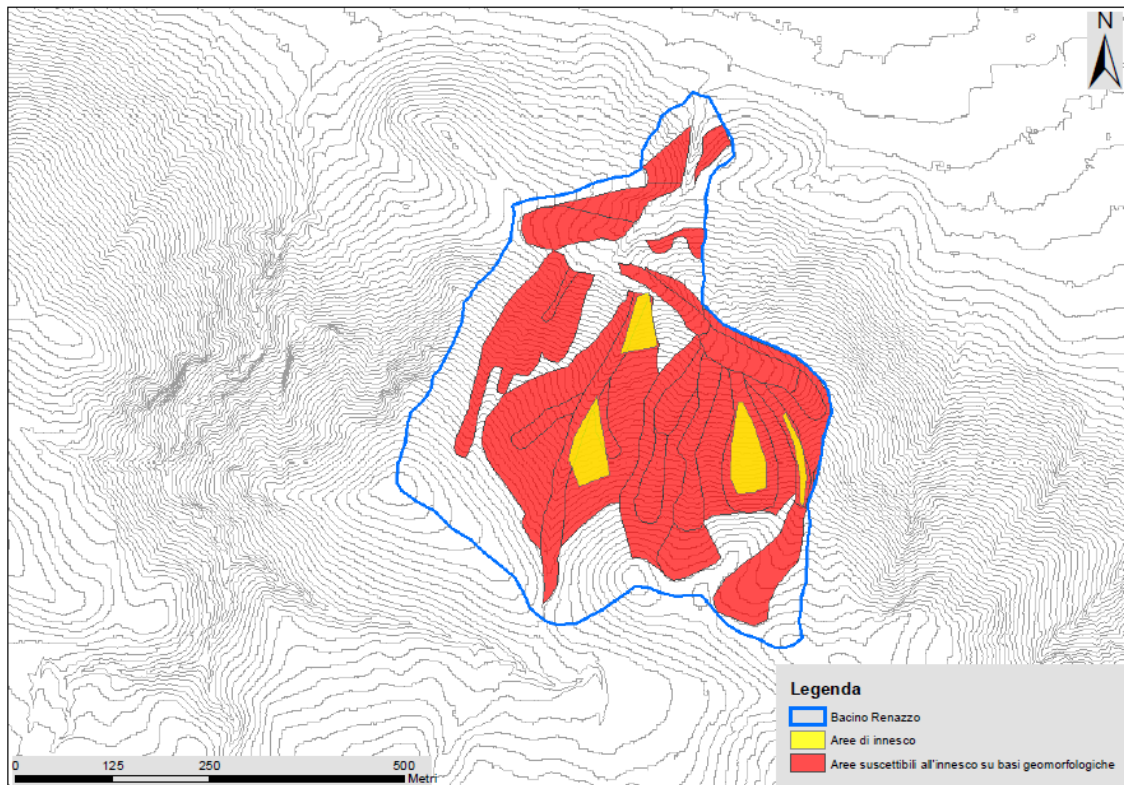
**Figura 16.** Bacino Renazzo.

All'interno di questo bacino si è adottata la procedura prima descritta per l'individuazione di quelle porzioni di versante che, essendo state riconosciute quali sede di fenomeni di instabilità potenziale, devono essere sottoposte a costanti attività di monitoraggio.

A tal riguardo, nella Figura 17 è riportata la Carta delle aree suscettibili all'innesco individuate esclusivamente sulla base di criteri geomorfologici ovvero anche sulla base dell'impiego di modelli fisicamente basati (scala 1:5.000).

Con riferimento alle aree individuate il Piano di Monitoraggio Strumentale per il Bacino Renazzo (Fig. 18) è stato articolato in n. 2 stazioni di misura (denominate P18 e P19) ciascuna delle

quali comprendente: n. 1 videocamera rivolta verso monte e n. 1 rivolta verso valle; n. 1 ecometro; n. 1 geofono. A tali stazioni si aggiungono altre 2 postazioni per misure tensiometriche .



**Figura 17.** Carta delle aree suscettibili all'innesco individuate, per il bacino Renazzo, esclusivamente sulla base di criteri geomorfologici (in rosso) ed anche sulla base dell'impiego di modelli fisicamente basati (in giallo).



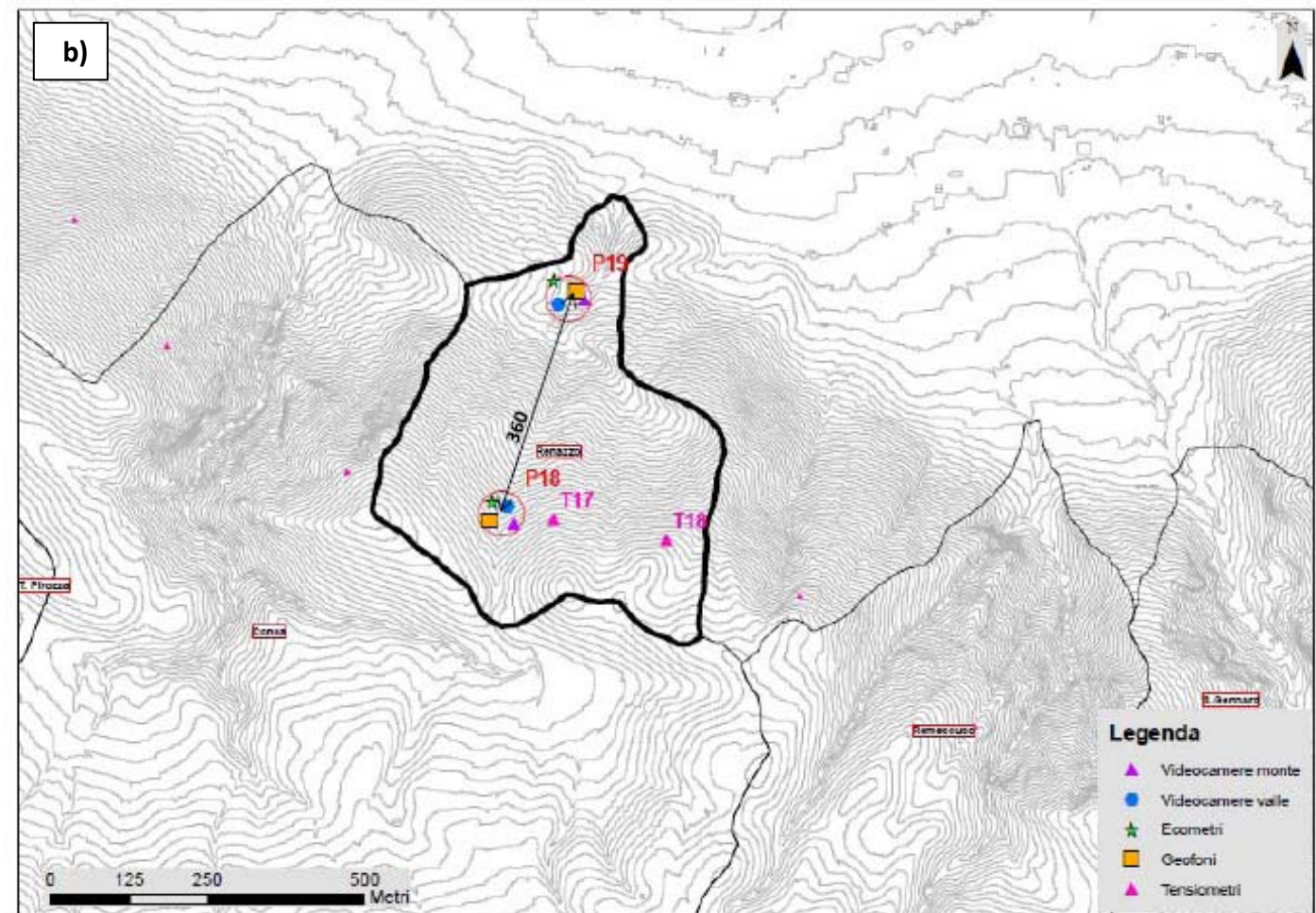
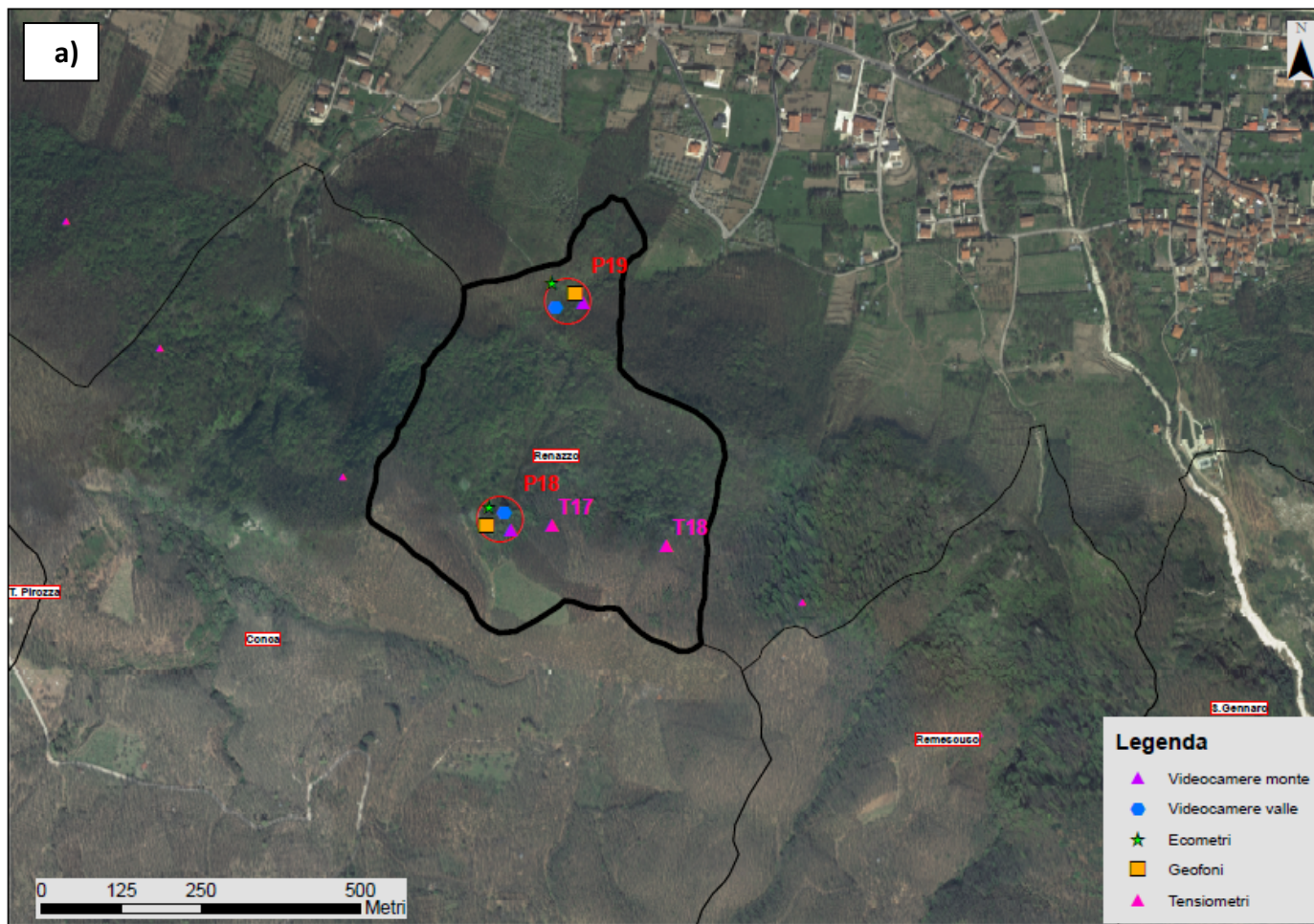


Figura 18. a) Rete di monitoraggio strumentale individuata per il Bacino Renazzo; b) distanza tra le stazioni on-site.



#### 2.6.4. Bacino Remescuso

Il bacino Remescuso ha un'estensione di 145 ha e quote variabili da circa 1250 m s.l.m.m. a 340 m s.l.m.m. (Fig. 19).

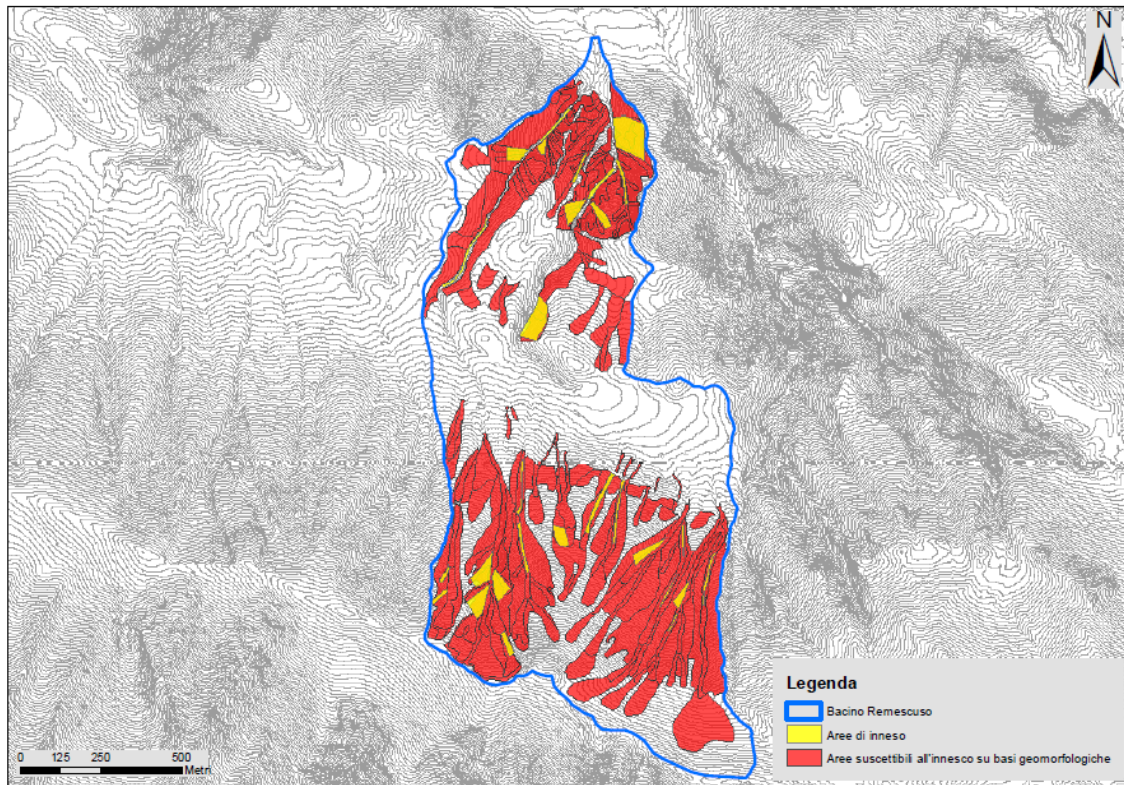


**Figura 19.** Bacino Remescuso.

All'interno di questo bacino si è adottata la procedura prima descritta per l'individuazione di quelle porzioni di versante che, essendo state riconosciute quali sede di fenomeni di instabilità potenziale, devono essere sottoposte a costanti attività di monitoraggio. A tal riguardo, nella Figura 20 è riportata la Carta delle aree suscettibili all'innesco individuate esclusivamente sulla base di criteri geomorfologici ovvero anche sulla base dell'impiego di modelli fisicamente basati (scala 1:5.000).

Con riferimento alle aree individuate il Piano di Monitoraggio Strumentale per il Bacino Remescuso (Fig. 21) contempla n. 6 stazioni di misura (denominate P20, P21, P22, P23, P24 e P25) ciascuna delle quali comprendente: n. 1 videocamera rivolta verso monte e n. 1 verso valle; n. 1

ecometro; n. 1 geofono. A tali stazioni si aggiungono altre n. 6 postazioni per misure tensiometriche di cui n. 1 ubicata nella parte inferiore del versante tra il Bacino Remescuso e il Bacino Renazzo .



**Figura 20.** Carta delle aree suscettibili all'inneso individuate, per il bacino Remescuso, esclusivamente sulla base di criteri geomorfologici (in rosso) ed anche sulla base dell'impiego di modelli fisicamente basati (in giallo).



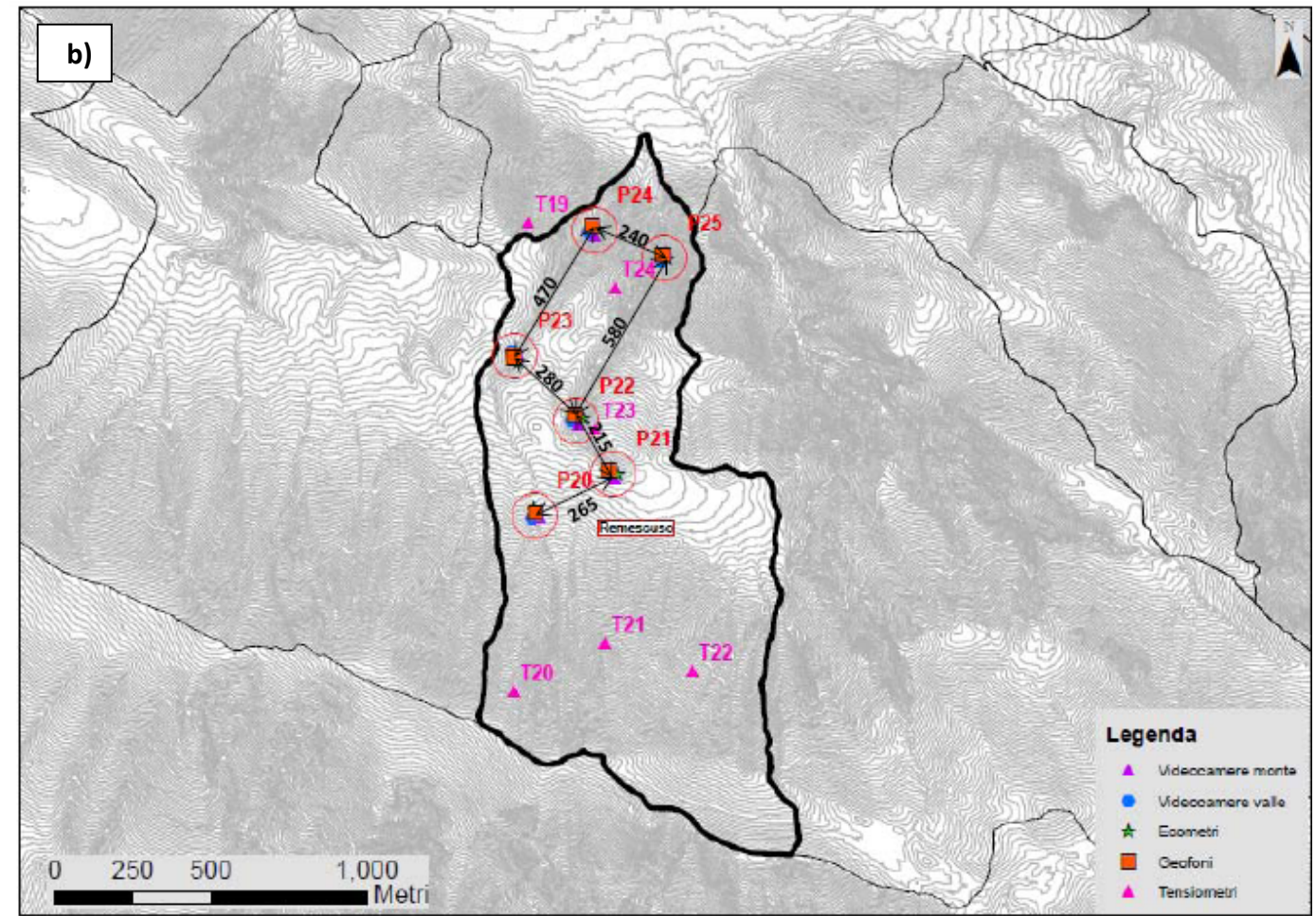
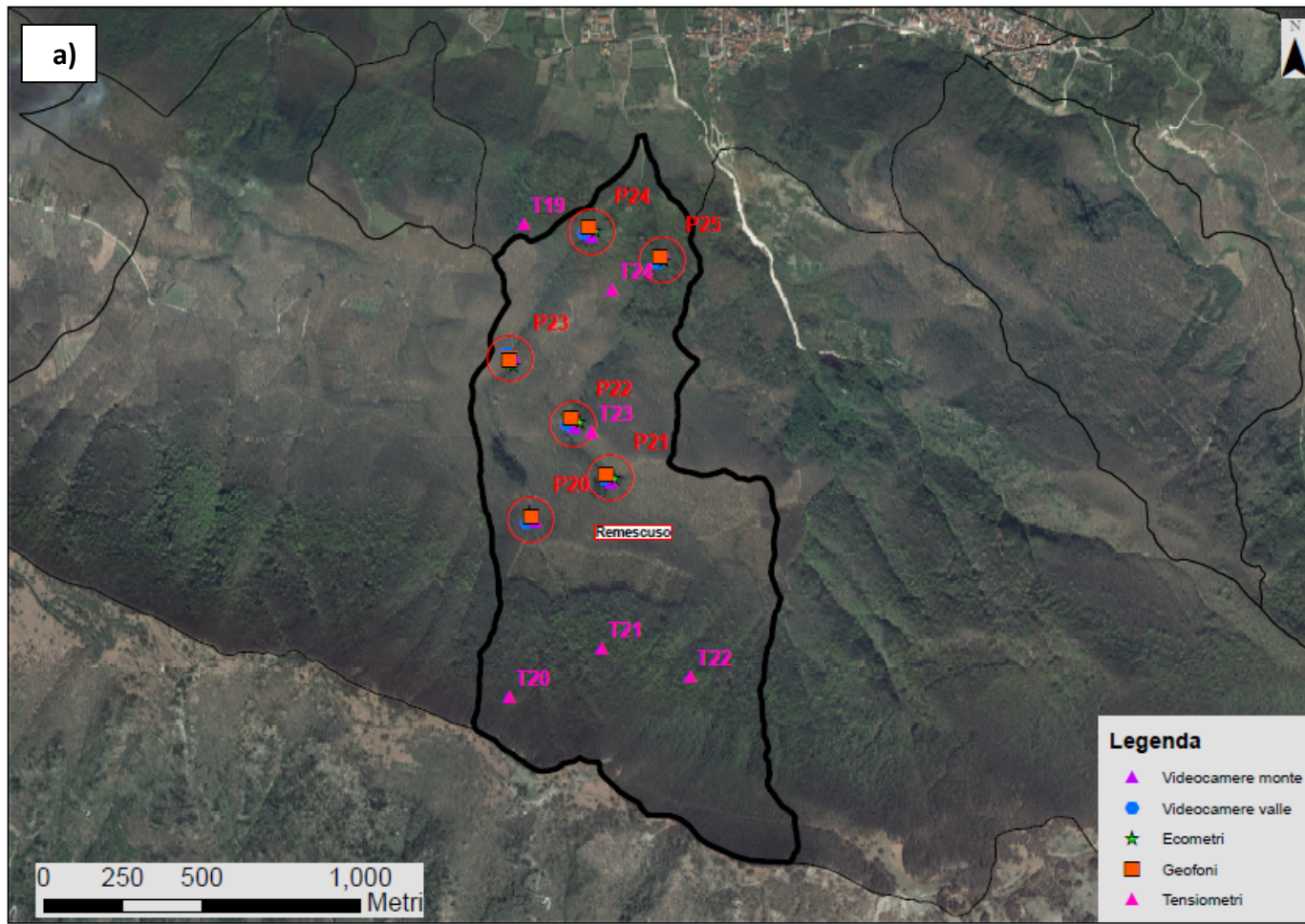


Figura 21. a) Rete di monitoraggio strumentale individuata per il Bacino Remescuso; b) distanza tra le stazioni on-site.



### 2.6.5. Bacino S. Gennaro

Il bacino S. Gennaro ha un'estensione di 297 ha e quote variabili da circa 1335 m s.l.m.m. a 350 m s.l.m.m. (Fig. 22).

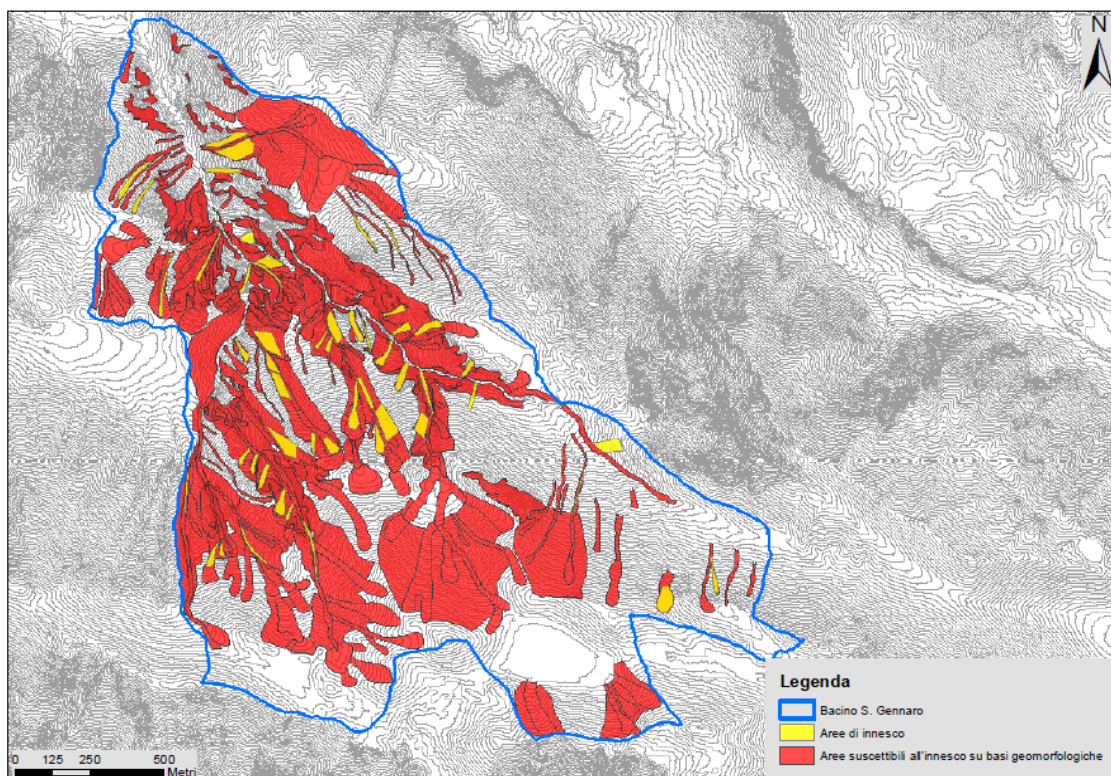


**Figura 22.** Bacino S. Gennaro.

All'interno di questo bacino si è adottata la procedura descritta per l'individuazione delle porzioni di versante che, essendo state riconosciute quali sede di fenomeni di instabilità potenziale, devono essere sottoposte a costanti attività di monitoraggio. A tal riguardo, nella Figura 23 è riportata la Carta delle aree suscettibili all'innesco individuate esclusivamente sulla base di criteri geomorfologici ovvero anche sulla base dell'impiego di modelli fisicamente basati (scala 1:5.000).

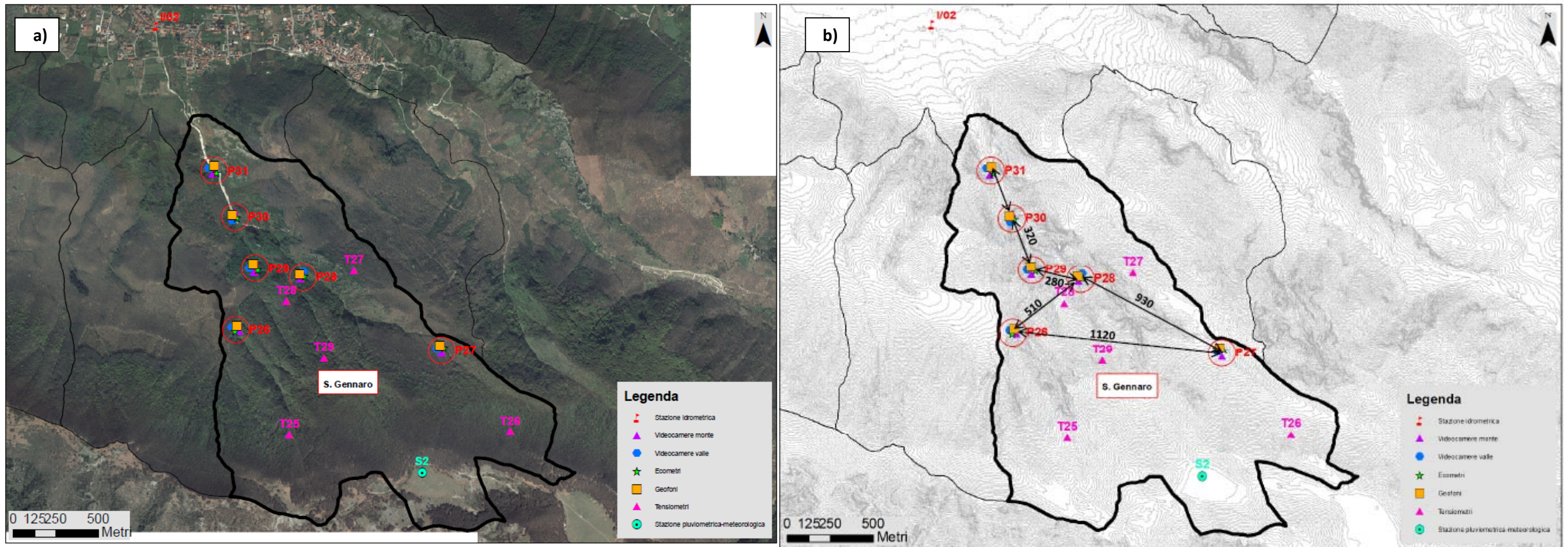
Con riferimento alle aree individuate il Piano di Monitoraggio Strumentale per il Bacino S. Gennaro (Fig. 24) è stato articolato in n. 6 stazioni di misura (denominate P26, P27, P28, P29, P30 e P31) ciascuna delle quali comprendenti: n. 1 videocamera rivolta verso monte e n. 1 rivolta verso

valle; n. 1 ecometro; n. 1 geofono. A tali stazioni si aggiungono altre n. 5 postazioni per misure tensiometriche, una stazione pluviometrica-meteorologica e una stazione idrometrica.



**Figura 23.** Carta delle aree suscettibili all'innesco individuate, per il bacino S. Gennaro, esclusivamente sulla base di criteri geomorfologici (in rosso) ed anche sulla base dell'impiego di modelli fisicamente basati (in giallo).





**Figura 24.** a) Rete di monitoraggio strumentale individuata per il Bacino S. Gennaro; b) distanza tra le stazioni on-site.



### 2.6.6. Bacino Ioffredo

Il bacino Ioffredo ha un'estensione di 106 ha e quote variabili da circa 1040 m s.l.m.m. a 325 m s.l.m.m. (Fig. 25).

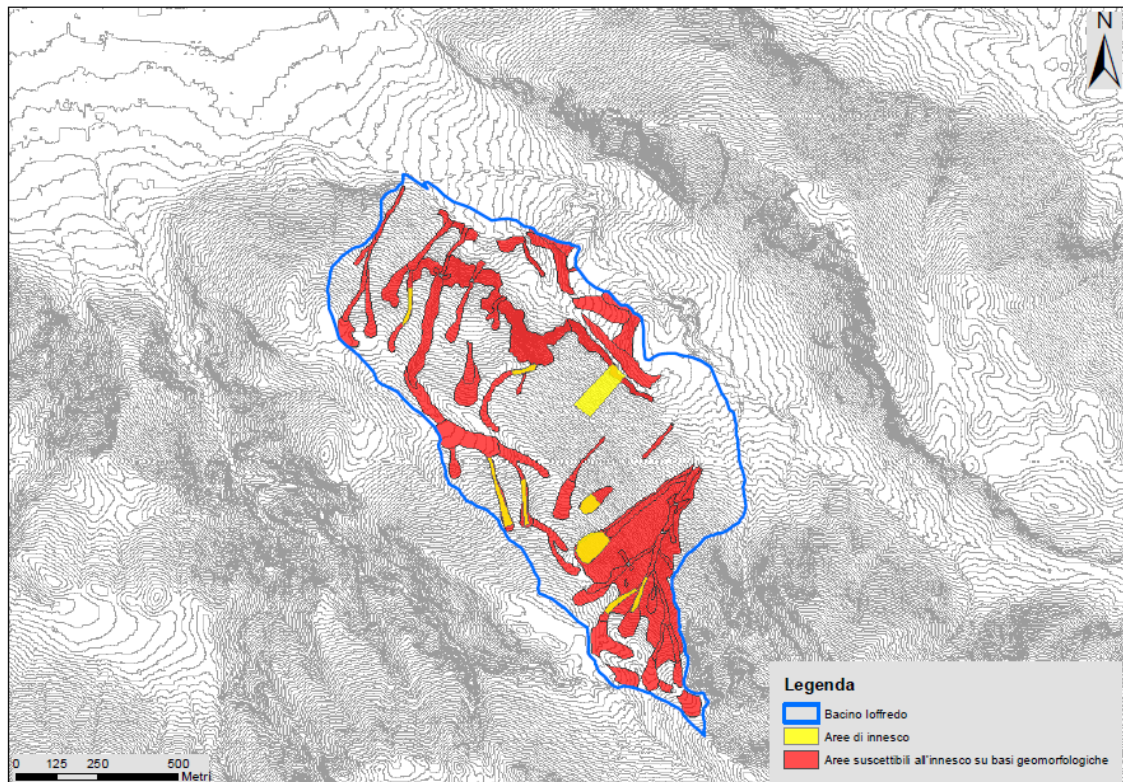


**Figura 25.** Bacino Ioffredo.

All'interno di questo bacino si è adottata la procedura prima descritta per l'individuazione di quelle porzioni di versante che, essendo state riconosciute quali sede di fenomeni di instabilità potenziale, devono essere sottoposte a costanti attività di monitoraggio. A tal riguardo, nella Figura 26 è riportata la Carta delle aree suscettibili all'innesco individuate esclusivamente sulla base di criteri geomorfologici ovvero anche sulla base dell'impiego di modelli fisicamente basati (scala 1:5.000).

Con riferimento alle aree individuate il Piano di Monitoraggio Strumentale per il Bacino Ioffredo (Fig. 27) è stato articolato in n. 2 stazioni di misura (denominate P32 e P33) ciascuna delle quali comprendente: n. 1 videocamera rivolta verso monte e n. 1 rivolta verso valle; n. 1

ecometro; n. 1 geofono. A tali stazioni si associano altre n. 3 postazioni per misure tensiometriche di cui n. 1 ubicata nella parte inferiore del versante tra il Bacino S. Gennaro e il Bacino Ioffredo. E' stata infine ubicata una stazione su sorgente.



**Figura 26.** Carta delle aree suscettibili all'innesco individuate, per il bacino Ioffredo, esclusivamente sulla base di criteri geomorfologici (in rosso) ed anche sulla base dell'impiego di modelli fisicamente basati (in giallo).



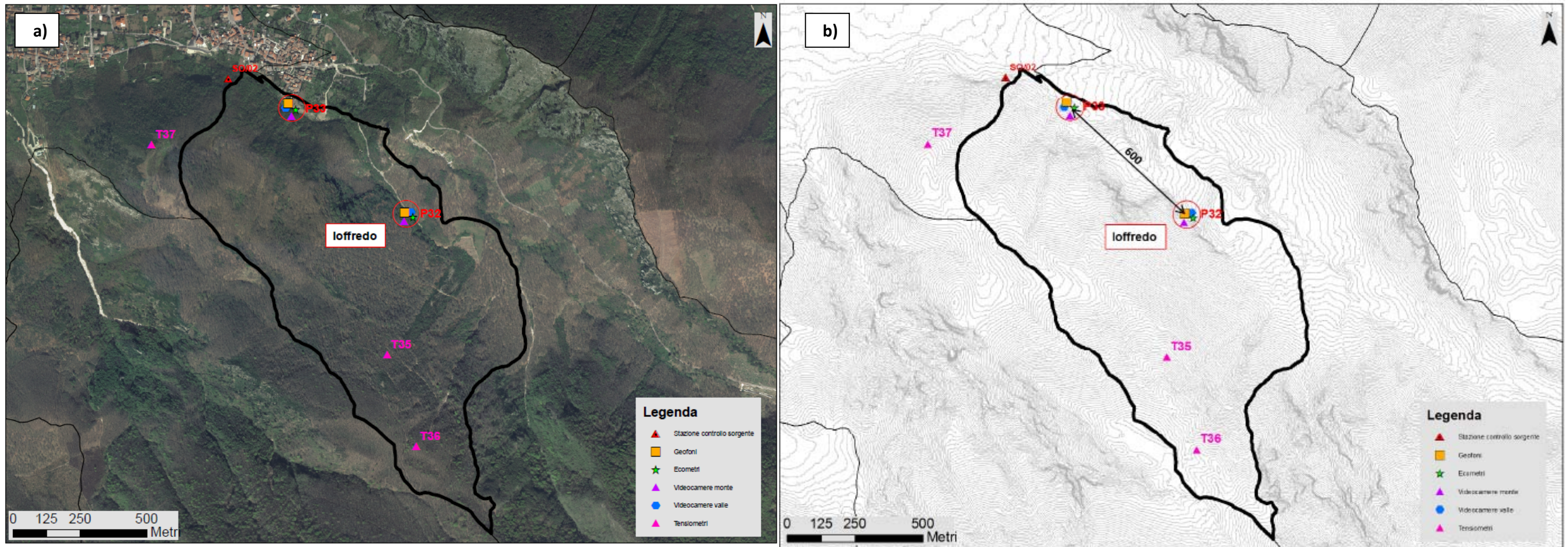


Figura 27. a) Rete di monitoraggio strumentale individuata per il Bacino Ioffredo; b) distanza tra le stazioni on-site.



### 2.6.7. Bacino T. Castello

Il bacino T. Castello ha un'estensione di 373 ha e quote variabili da circa 1475 m s.l.m.m. a 300 m s.l.m.m. (Fig. 28).



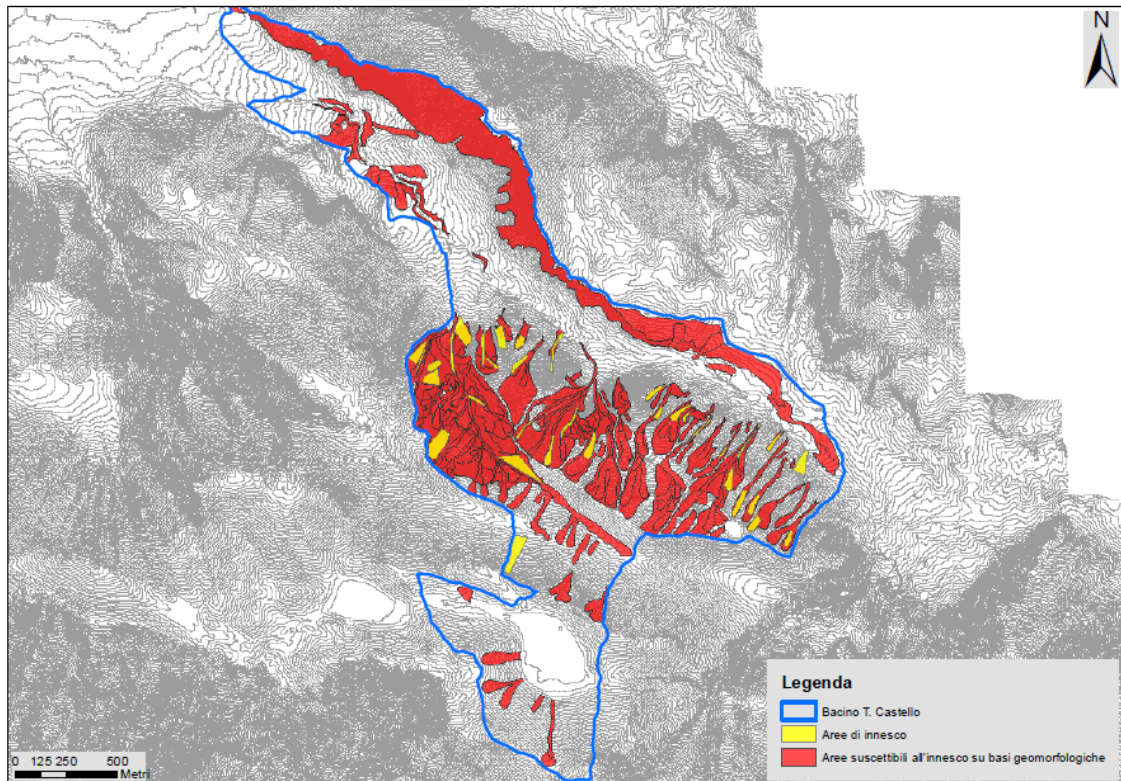
**Figura 28.** Bacino T. Castello.

Per questo bacino si è adottata la procedura prima descritta per l'individuazione di quelle porzioni di versante che, essendo state riconosciute quali sede di fenomeni di instabilità potenziale, devono essere sottoposte a costanti attività di monitoraggio. A tal riguardo, nella Figura 29 è riportata la Carta delle aree suscettibili all'innesco individuate esclusivamente sulla base di criteri geomorfologici ovvero anche sulla base dell'impiego di modelli fisicamente basati (scala 1:5.000).

Con riferimento alle aree individuate il Piano di Monitoraggio Strumentale per il Bacino T. Castello (Fig. 30) è stato articolato in n. 4 stazioni di misura (denominate P34, P35, P36 e P37) ciascuna delle quali comprendente: n. 1 videocamera rivolta verso monte e n. 1 rivolta verso valle;



n. 1 ecometro; n. 1 geofono. A tali stazioni si associano altre n. 5 postazioni per misure tensiometriche, n. 1 stazione idrometrica e n. 2 stazioni su sorgenti.



**Figura 29.** Carta delle aree suscettibili all'innesco individuate, per il bacino T. Castello, esclusivamente sulla base di criteri geomorfologici (in rosso) ed anche sulla base dell'impiego di modelli fisicamente basati (in giallo).

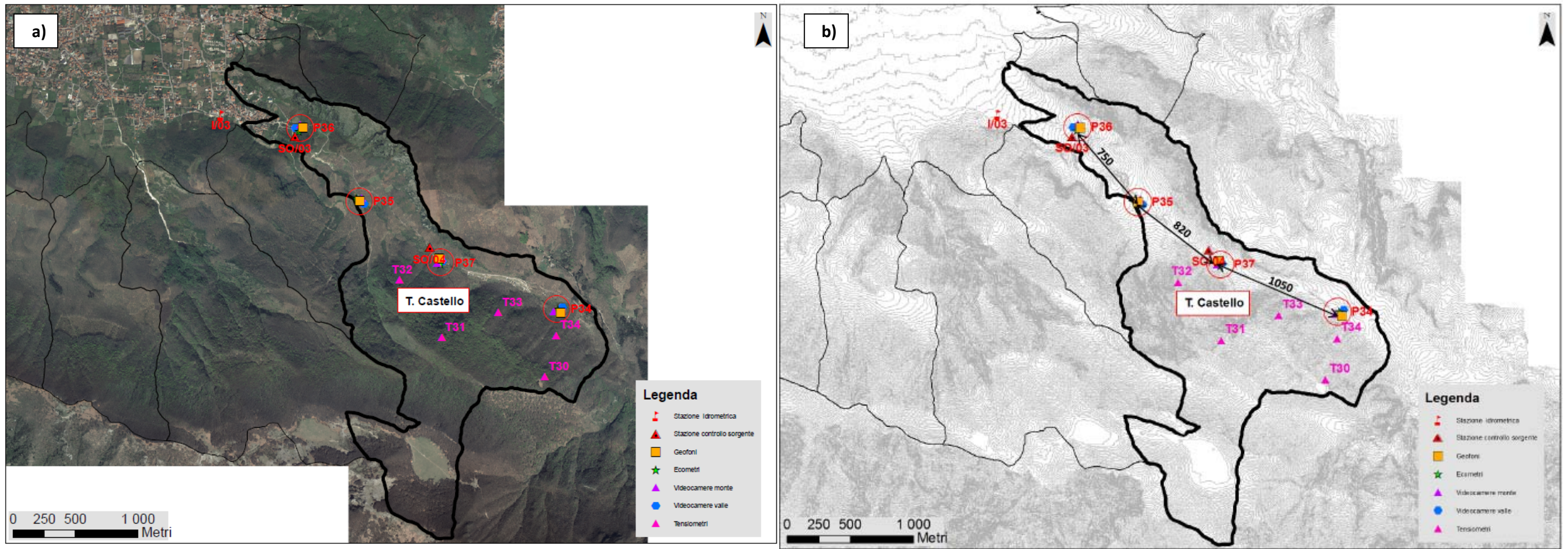


Figura 30. a) Rete di monitoraggio strumentale individuata per il Bacino T. Castello; b) distanza tra le stazioni on-site.



### 3. PROPOSTA PER LA REALIZZAZIONE DI UN 1° LOTTO FUNZIONALE

Dovendo attivare in tempi rapidi un primo lotto funzionale di monitoraggio con finalità di allertamento in caso di eventi estremi e tenendo conto delle limitate disponibilità finanziarie, si propone di integrare l'attuale stazione pluviometrica esistente con le due stazioni pluviometriche-meteorologiche (S1 ed S2) individuate nell'ambito della definizione della rete strumentale di controllo.

Nel Tabella 3 si fornisce una valutazione economica di massima per le attività di installazione, collaudo ed attivazione nonché per le successive fasi di manutenzione. Gli importi in Euro sono considerati IVA esclusa.

**Tabella 3.** valutazione economica di massima (in Euro, IVA esclusa) per le attività di installazione, collaudo ed attivazione nonché per le successive fasi di manutenzione di due stazioni pluviometriche-meteorologiche.

STAZIONI PLUVIO-METERELOGICHE					
Codice	Denominazione	Caratteristiche della strumentazione	Costo fornitura e installazione	Modalità e frequenza attività di manutenzione/gestione	Costo attività di manutenzione su base annua
S1	Bacino del T. Conca, 560 m s.l.m.	Data logger per acquisizione dati Pluviometro elettronico a bascula Sensore termometrico Sensore igrometrico Anemometro Albedometro Barometro Sistema di alimentazione comprensivo di pannello fotovoltaico Sistema di teletrasmissione Staffatura di ancoraggio, armadietto di protezione	€ 12.000 - 15.000	Interventi periodici di pulizia, controllo e taratura (n. 4 interventi/anno)	€ 1.000,00
S2	Bacino del T. S. Gennaro, 1.220 m s.l.m.	Data logger per acquisizione dati Pluviometro elettronico a bascula Sensore termometrico Sensore igrometrico Anemometro Albedometro Barometro Sistema di alimentazione comprensivo di pannello fotovoltaico Sistema di teletrasmissione Staffatura di ancoraggio, armadietto di protezione	€ 12.000 - 15.000	Interventi periodici di pulizia, controllo e taratura (n. 4 interventi/anno)	€ 1.000,00
<b>TOTALE</b>			<b>€24.000-30.000</b>		<b>€2.000,00</b>

CENTRO DI ACQUISIZIONE DATI					
Codice	Denominazione	Caratteristiche della strumentazione	Costo fornitura e installazione	Modalità e frequenza attività di manutenzione/gestione	Costo strumentazione e installazione
CE2	Centro di acquisizione e trasmissione dei dati da implementarsi presso la sede del Comune di Cervinara e/o presso il Centro Funzionale della Regione Campania	Sistema di acquisizione e teletrasmissione dei dati Sistema di alimentazione Software per elaborazione e visualizzazione dei dati	€15.000 - 20.000	N. 1 intervento preventivo/anno più interventi correttivi in caso di malfunzionamento	€ 1.500,00
<b>TOTALE</b>			<b>€15.000 - 20.000</b>		<b>€1.500,00</b>

## ALLEGATO I - STRUMENTI DI MISURA DA IMPIEGARE

Con riferimento a fenomeni di flusso a cinematica rapida, quali colate rapide di fango e flussi incanalati iperconcentrati, appare opportuno riferirsi a reti che si avvalgono prevalentemente degli strumenti di misura di seguito descritti.

**Stazione pluviometrica** – I pluviometri sono strumenti meccanici per la misura delle altezze di pioggia cadute nel corso di eventi meteorici. E' buona norma posizionare almeno un pluviometro in corrispondenza della quota media di un versante in modo tale che le misure possano ritenersi rappresentative di valori medi delle precipitazioni.

**Stazione meteorologica** (Fig. 31) – Sovente può essere opportuno associare alla misura delle precipitazioni la misura della velocità e della direzione del vento mediante anemometri a coppette, specialmente se la morfologia della zona sommitale di un assegnato bacino (forti pendenze, alte pareti rocciose) induce a ritenere che il vento possa avere una rilevante influenza sulla quantità di pioggia che si riversa nel bacino. Ulteriori importanti informazioni possono derivare dalla misura della temperatura tramite termometri. La stazione meteorologica usualmente si completa con nivometro, igrometro, barometro e albedometro.

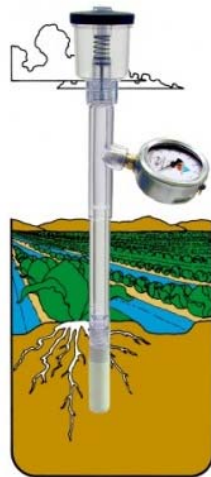


**Figura 31.** Stazione meteorologica.

**Tensiometro** - Con riferimento al regime delle acque sotterranee nelle coltri piroclastiche, normalmente caratterizzate da condizioni di parziale saturazione, si ravvisa la necessità di un



approfondimento delle conoscenze sulla distribuzione delle suzioni; elemento, questo, di fondamentale importanza per la definizione delle modalità di infiltrazione degli apporti idrici provenienti dalle precipitazioni. I rilievi possono avvalersi di apparecchiature tensiometriche sia fisse che portatili, queste ultime da impiegare nell'ambito delle attività di presidio territoriale. Per quanto riguarda la stazione fissa si suggerisce il tensiometro Tipo "JetFill" di cui alla Figura 32. Esso è costituito da un tubo fornito in punta di una capsula porosa, da un manometro inserito quasi alla sommità del tubo, da un tappo a tenuta e di un serbatoio che semplifica le operazioni di spurgo in fase di inserimento o di manutenzione all'estremità superiore. È servito di un sistema automatico di acquisizione dei dati. Le misure di pressioni neutre negative vanno aumentate sulle porzioni medio-alte dei versanti, nell'ambito delle forme deposizionali di genesi colluviale in concavità morfologiche (Zero Order Basins) dalle quali, solitamente, si originano gli eventi franosi.

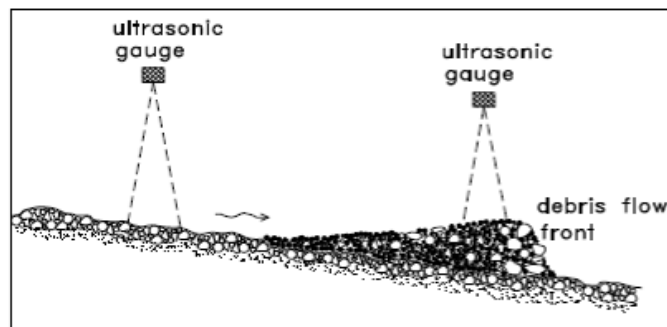


**Figura 32.** Tensiometro Jet-Fill.

**Sensori ad ultrasuoni (ecometri)** - I sensori ad ultrasuoni (Fig. 33) sono fra i dispositivi più frequentemente utilizzati per la misura in continuo delle profondità di flusso delle colate detritiche, ma altrettanto utilizzati per la misurazione della velocità media di propagazione della corrente che indirettamente si può ricavare dalle misurazioni degli idrogrammi conoscendo la posizione degli strumenti e l'intervallo temporale. Devono essere impostati tempi di campionamento molto più brevi (indicativamente  $1 \div 2$  s) di quelli normalmente utilizzati per la misura dei livelli idrometrici di corsi d'acqua non interessati da colate detritiche. La registrazione degli idrogrammi consente di rilevare le varie fasi in cui si articola una colata detritica, evidenziando anche eventuali fasi di erosione e deposito in corrispondenza alla sezione oggetto di monitoraggio. Il monitoraggio di più sezioni lungo il corso dello stesso torrente permette

valutazioni della velocità media di propagazione e consente di riconoscere eventuali variazioni nella forma dell'idrogramma.

La velocità media di una colata detritica in un tratto di asta torrentizia può essere determinata dividendo la distanza fra due sensori in grado di rilevare il passaggio della colata per il tempo intercorso fra il manifestarsi della colata nelle due sezioni.



**Figura 33.** Sensori ad ultrasuoni.

**Sensori sismici (geofoni)** – Una colata detritica è una sorgente di vibrazioni in movimento lungo un percorso stabilito, costituito dal letto del torrente. Pertanto le velocità coinvolte nel processo sono: la velocità con cui la colata scende a valle (velocità media di propagazione ricavata indirettamente da sensori ad ultrasuono) e la velocità di propagazione delle onde sismiche che essa induce nel terreno ( $V_w$ ). Come qualunque altra sorgente di vibrazioni, una colata detritica può dar luogo nel terreno ad onde di compressione.

Le vibrazioni indotte nel terreno dal passaggio delle colate possono essere misurate utilizzando sensori sismici quali geofoni. Il segnale in uscita da questi sensori è costituito da una tensione; nota una costante strumentale, è possibile determinare la velocità di vibrazione del terreno. Una rappresentazione conveniente per l'elaborazione dei dati prevede il calcolo dell'ampiezza  $A$ :

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n |v_i|}{n}$$

dove  $v_i$  indica la velocità di oscillazione del terreno e  $n$  il numero di dati campionati in un secondo (ad es. 100). Possibili alternative:

- determinazione del numero di oscillazioni superiori ad un valore soglia;
- raccolta di un solo valore al secondo, corrispondente alla massima ampiezza: segnale degradato ma file di dati di dimensioni contenute.



**Telecamere** - Per monitorare in tempo reale le modalità con le quali i fenomeni di flusso rapido evolvono lungo i versanti ed i relativi percorsi compiuti si può ricorrere all'impiego di telecamere. In particolare, le telecamere a colori e ad amplificazione di luce notturna permettono una buona qualità delle immagini anche in presenza di scarsa illuminazione e sono dotate di ottiche zoom molto elevate. La registrazione/trasmissione dei dati audio-video rilevati nell'ambiente avviene attraverso la stazione on site.

Le telecamere vengono installate sulle sponde dei canali in corrispondenza di sezioni poste a diverse quote e con diverse angolazioni (visione obliqua: in questo caso la telecamera è preferibilmente installata su una sponda per una visione d'insieme dei fenomeni ed è utilizzabile, con alcune limitazioni, anche per misure di velocità; disposizione verticale: richiede l'installazione della telecamera lungo direzioni ortogonali all'alveo in modo da acquisire misure di dettaglio della velocità superficiale, compresa la distribuzione trasversale della velocità nella sezione di misura).

**Sensori per la misura di livello idrometrico su corso d'acqua** – In considerazione del fatto che per lunghi periodi dell'anno le sezioni fluviali monitorate possono rimanere completamente asciutte e dell'elevato trasporto solido che si verifica nel corso degli eventi di piena si propone l'utilizzo di sensori per la misura ad ultrasuoni in cui tutto l'apparato di misura è racchiuso in un contenitore di alluminio, installato ad un'altezza superiore al massimo livello raggiungibile dai deflussi. La misura si basa sul tempo che un impulso ultrasonico (di piccola intensità) impiega a coprire la distanza esistente tra l'apparato di misura e la superficie del fluido stesso.

**Sensori per la misura di livello idrometrico su pozzo e sorgente** – I sensori solitamente utilizzati per questo tipo di misura sono costituiti da sonde di pressione da immergere in acqua spesso in abbinamento ad un sensore di temperatura, e munite di un acquirente dati e un convertitore A/D del segnale.

Fuori dall'acqua, sulla testa del pozzo, rimane la cosiddetta unità di comunicazione che include le batterie per l'alimentazione e l'apparato (modem ed antenna) per la teletrasmissione dei dati.

La connessione tra la unità di comunicazione e la sonda avviene tramite un cavo immergibile ed inestensibile che racchiude un capillare per la compensazione della pressione atmosferica.

## ALLEGATO II - UBICAZIONE DELLA STRUMENTAZIONE

Di seguito si riporta un quadro di sintesi delle ubicazioni di ciascuna strumentazione per ciascun bacino di studio.

### • STAZIONI PLUVIOMETRICHE-METEOROLOGICHE

ID STAZIONE	BACINO	QUOTA
		m s.l.m.m.
S1	Conca	564
S2	T. S. Gennaro	1222

### • STAZIONI TENSIOMETRICHE

ID	BACINO	SPESSORI COPERTURE SU POMICI	NUMERO TENSIOMETRI LUNGO VERTICALE	PASSO	QUOTA
		[m]		[m]	[m s.l.m.m.]
T1	Pirozza	0.82	4	0.20	705
T2	Pirozza	1.08	3	0.30	731
T3	Pirozza	0.72	3	0.20	826
T4	Pirozza	0.62	3	0.20	798
T5	Pirozza	1.25	4	0.30	827
T6	Faccetta Pirozza - Conca	0.70	3	0.20	436
T7	Faccetta Pirozza - Conca	1.00	3	0.30	453
T8	Faccetta Pirozza - Conca	1.25	4	0.30	495
T9	Conca	0.46	2	0.20	810
T10	Conca	0.75	3	0.20	806
T11	Conca	1.00	3	0.30	885
T12	Conca	0.75	3	0.20	870
T13	Conca	0.75	3	0.20	962
T14	Conca	0.75	3	0.20	991
T15	Conca	0.75	3	0.20	518
T16	Conca	0.75	3	0.20	579
T17	Renazzo	0.95	3	0.30	565
T18	Renazzo	0.92	3	0.30	592
T19	Faccetta Renazzo - Remescuso	1.00	3	0.30	602
T20	Remescuso	0.88	4	0.20	1076
T21	Remescuso	0.75	3	0.20	987
T22	Remescuso	1.39	4	0.30	958
T23	Remescuso	1.63	4	0.30	716
T24	Remescuso	0.75	3	0.20	578

T25	T.San Gennaro	1.25	4	0.30	1112
T26	T.San Gennaro	1.21	4	0.30	1151
T27	T.San Gennaro	0.75	3	0.20	858
T28	T.San Gennaro	1.00	3	0.30	770
T29	T.San Gennaro	1.00	3	0.30	980
T30	T. Castello	0.75	3	0.20	1028
T31	T. Castello	1.00	3	0.30	994
T32	T. Castello	0.75	3	0.20	784
T33	T. Castello	0.42	2	0.20	836
T34	T. Castello	0.75	3	0.20	787
T35	Ioffredo	1.25	4	0.30	824
T36	Ioffredo	1.00	3	0.30	933
T37	Faccetta S. gennaro - Ioffredo	1.30	4	0.30	553

- **STAZIONI DOTATE DI ECOMETRI, GEOFONI E TELECAMERE**

ID	BACINO	QUOTA [m s.l.m.m.]
P1	Pirozza	602
P2	Pirozza	557
P3	Pirozza	545
P4	Pirozza	520
P5	Pirozza	362
P6	Conca	617
P7	Conca	656
P8	Conca	687
P9	Conca	682
P10	Conca	706
P11	Conca	726
P12	Conca	729
P13	Conca	618
P14	Conca	552
P15	Conca	539
P16	Conca	485
P17	Conca	374
P18	Renazzo	537
P19	Renazzo	358
P20	Remescuso	537
P21	Remescuso	358
P22	Remescuso	669
P23	Remescuso	638
P24	Remescuso	478
P25	Remescuso	446
P26	S.Gennaro	720
P27	S.Gennaro	952
P28	S.Gennaro	641



P29	S.Gennaro	568
P30	S.Gennaro	444
P31	S.Gennaro	391
P32	Ioffredo	463
P33	Ioffredo	352
P34	T. Castello	680
P35	T. Castello	509
P36	T. Castello	388
P37	T. Castello	611

- **STAZIONI IDROMETRICHE**

ID	BACINO	QUOTA [m s.l.m.m.]
I1	Conca	298
I2	S.Gennaro	295
I3	Castello	317

- **STAZIONI PIEZOMETRICHE**

ID	BACINO	QUOTA [m s.l.m.m.]
Pz 1	Fascia pedemontana	277
Pz 2	Fascia pedemontana	285
Pz 3	Fascia pedemontana	291
Pz 4	Fascia pedemontana	295
Pz 5	Area Pianura	270
Pz 6	Area Pianura	270
Pz 7	Area Pianura	275
Pz 8	Area Pianura	274

- **STAZIONI SU SORGENTE**

ID	BACINO	QUOTA [m s.l.m.m.]
So 1	Conca	320
So 2	Ioffredo	331
So 3	Castello	430
So 4	Castello	597

#### 4. BIBLIOGRAFIA

- Cruden D.M., Varnes D.J. (1996) Landslides Types and Processes, in: Turner A.K. and Schuster R.L. (eds.), Landslides: Investigation and Mitigation. Washington D.C, Transportation Research Board, National Academy of Sciences. Special Report 247: 36-75.
- Fell R., Corominas J., Bonnard C., Cascini L., Leroi E., Savage W.Z., on behalf of the JTC-1 Joint Technical Committee on Landslides and Engineered Slopes (2008) Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning. *Engineering Geology* 102(3–4):85–98.
- Hungr O., Evans S.G., Bovis M.J., Hutchinson J.N. (2001) A review of the classification of landslides of the flow type. *Environmental and Engineering Geoscience* 7(3):221–238.