

## SISTEMA DI MONITORAGGIO GEOMORFOLOGICO-GEOTECNICO

Nell'ambito dei lavori di ripristino della viabilità stradale sul tratto di bretella di collegamento del Viadotto Himera 1 (km 57+500 dell'Autostrada A19 "Palermo-Catania" e adeguamento SP24) a partire da Settembre 2016 è stato realizzato, su incarico di ANAS S.p.A., un sistema di monitoraggio geomorfologico e geotecnico del versante in frana che insiste sull'area del viadotto. Il sistema di monitoraggio in questione comprende una piattaforma web (Maxwell Geosystems© - Figura 1) per la lettura e la gestione automatica dei dati delle stazioni strumentali.

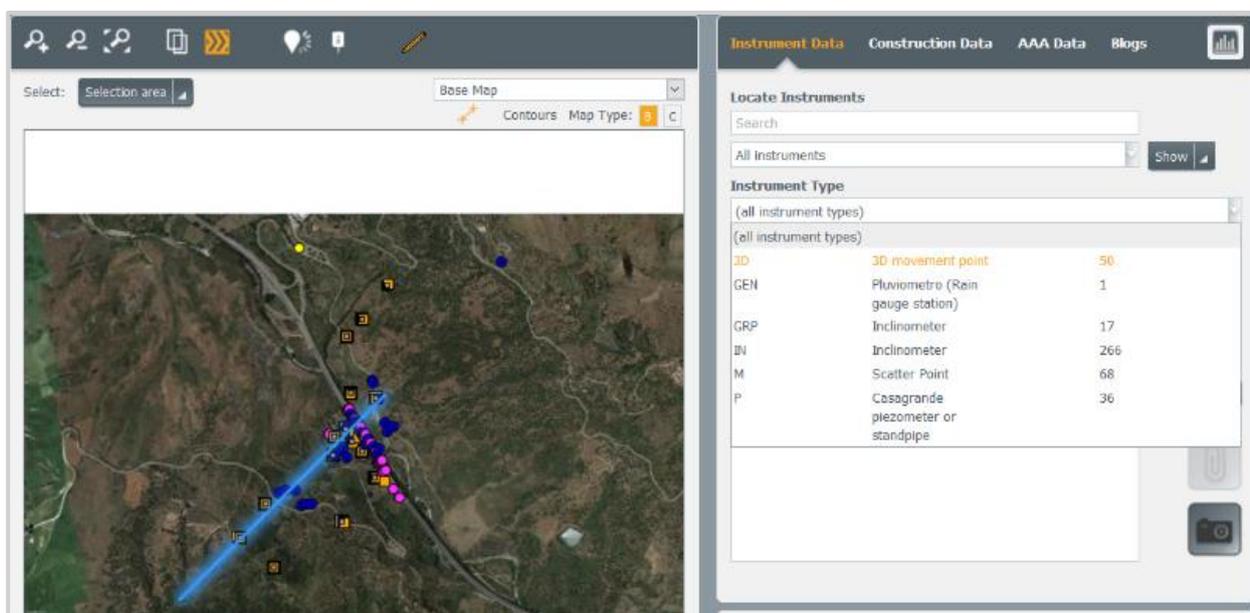


Figura 1 – Sistema di monitoraggio rappresentato sul webGIS dedicato

### MONITORAGGIO INCLINOMETRICO e PIEZOMETRICO

A partire da Luglio 2016 vengono eseguite campagne di lettura manuale in corrispondenza di n. 7 fori di sondaggio attrezzati con **tubi inclinometrici** (profondità massima compresa tra 30 e 40 m), e di n. 7 **piezometri** (fori di profondità massima 15-20 m). Altri 20 fori di sondaggio preesistenti sono stati attrezzati per l'automazione delle letture inclinometriche e piezometriche (paragrafi seguenti).

### MONITORAGGIO AUTOMATIZZATO

**Strumentazione** – L'impianto di monitoraggio automatico installato ha la finalità di approfondire le conoscenze del fenomeno di dissesto attivo, sia in termini di entità che direzione degli eventuali movimenti. Esso comprende:

- n. 1 **stazione pluviometrica** (Figura 2);
- n. 3 stazioni totali di misura geodetica-topografica (**teodoliti**);

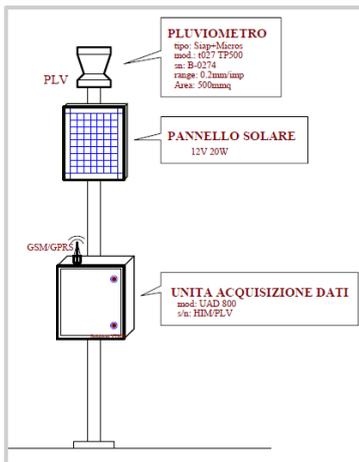


Figura 2 – Stazione pluviometrica

- n. 2 **stazioni interferometriche** per il controllo delle deformazioni superficiali;
- n. 10 inclinometri, dotati di 4-5 **trasduttori di spostamento** ciascuno;
- n. 10 piezometri dotati ciascuno di n. 2 **trasduttori di pressione** per la valutazione di anche minime variazioni nel livello di falda in prossimità del viadotto;
- n. 10 **Unità di Acquisizione Dati** (modulo GPRS), collegate ognuna a una batteria di 4-5 sonde inclinometriche biassiali da foro e a 2 trasduttori di pressione.

**Monitoraggio pluviometrico** – Il pluviometro è ubicato nel settore più a Nord dell’area (giallo in Figura 1). Esso comprende un’area di raccolta e una bascula a doppia vaschetta collegata ad un magnete che genera un impulso in uscita ad ogni commutazione. Quando una vaschetta è piena si innesca la basculazione, scaricando l’acqua e portando l’altra vaschetta nella posizione di raccolta per il ciclo successivo. I dati sono acquisiti con cadenza oraria da una centralina alimentata da pannello solare e trasmessi automaticamente sullo spazio *web* dedicato (Figura 2).

**Monitoraggio topografico e interferometrico** – Le stazioni totali robotizzate rilevano ognuna le coordinate spaziali (E, N e quota) di un totale di n. 50 **prismi** ubicati sulle pile del viadotto. Una volta validati, i parametri topografici di ogni punto vengono restituiti come scarto relativo riferito alla lettura iniziale, per valutare eventuali spostamenti della struttura del viadotto (un esempio in Figura 3A). Sono previsti quattro cicli di misura nell’arco di un’intera giornata (a intervalli regolari di 6 ore), in particolare per evidenziare gli effetti delle variazioni di luce e/o termiche giornaliere sulle misure.

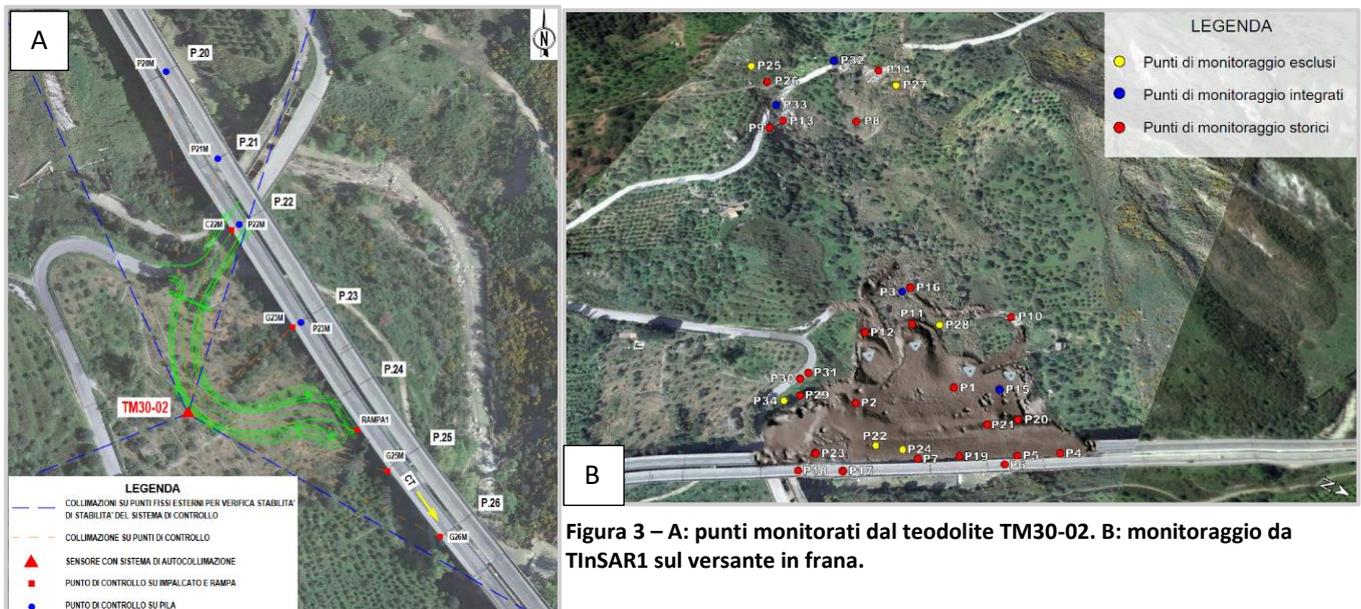


Figura 3 – A: punti monitorati dal teodolite TM30-02. B: monitoraggio da TInSAR1 sul versante in frana.

Gli spostamenti valutati con il metodo interferometrico (cadenza letture: 5’ circa) sono riferiti all’avvicinamento e/o allontanamento relativo, sul piano orizzontale, di ogni punto rispetto alla stazione di misura:

- TInSAR1 monitora una rete di c. n. 28 punti di monitoraggio tra **corner reflectors** e riflettori naturali ubicati sul versante a WSW del viadotto (corpo di frana, in Figura 3B);
- TInSAR2 ha monitorato 16 punti sul versante opposto da Ottobre 2016 a Maggio 2018.

La maggior parte degli spostamenti valutati con stazione totale e/o interferometrica sono stati di modesta entità. Con l’interferometria satellitare sono state riconosciute deformazioni superficiali localizzate nello spazio e nel tempo (p. es. sul versante in frana, nei primi mesi di monitoraggio).

**Monitoraggio inclinometrico** – Il monitoraggio inclinometrico automatizzato è strutturato in:

- 10 colonne inclinometriche automatizzate (tot 48 trasduttori di spostamento biassiali);
- Sensori ubicati a 5, 10, 15, 20 e 25 m di profondità dal p.c. (5, 11, 17 e 23 m nel caso di colonne con 4 sensori);
- Acquisizioni con cadenza oraria.

Salvo episodiche anomalie strumentali, tuttora sotto controllo, gli spostamenti finora registrati non sono stati significativi e/o allarmanti (p. es. in Figura 4).

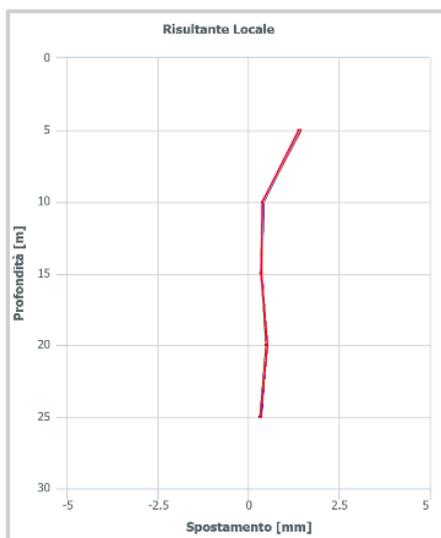


Figura 4 – Inclinometro SD4 - spostamento locale.

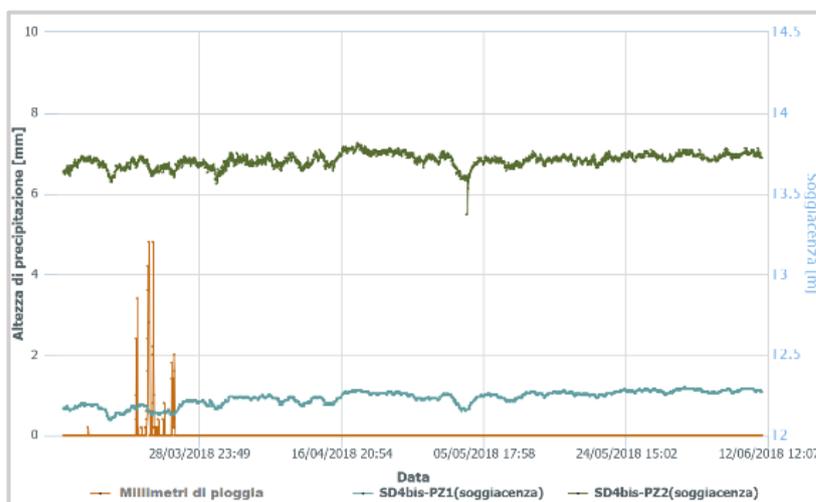


Figura 5 – Piezometro SD4 - soggiacenza vs. precipitazioni.

**Monitoraggio piezometrico** - Il sistema di monitoraggio piezometrico è strutturato in:

- 10 colonne automatizzate (tot 20 trasduttori di pressione);
- Sensori ubicati mediamente a 14 e a 25 m di profondità dal p.c.;
- Acquisizioni con cadenza oraria.

I valori di soggiacenza finora analizzati sono in linea con le variazioni stagionali attese in questa regione e con le precipitazioni verificatesi localmente (p. es. Figura 5)

## PIATTAFORMA DI GESTIONE

I dati raccolti in tempo reale sono messi a disposizione degli utenti abilitati su piattaforma *webGIS* MISSION<sup>OS</sup> di Maxwell Geosystems©. La piattaforma è consultabile all'indirizzo <http://anas.maxwellgeosystems38.com/> ed è opportunamente strutturata, con una interfaccia grafica caratterizzata da una o più basi cartografiche del sito di monitoraggio e una serie di pannelli di controllo e comandi per la consultazione di tutti i dati progettuali (Figura 1).

Le funzionalità della piattaforma consentono:

- L'analisi e la rappresentazione grafica dei dati strumentali;
- La **definizione di soglie** (Allerta, Azione, Allarme o valori AAA) per tipologie di strumento e/o strumenti specifici;
- La visualizzazione degli strumenti in funzione dei loro metadati associati: codice identificativo, posizione in coordinate UTM WGS84, ultima lettura disponibile, valori AAA preimpostati (p.es. Figura 6);
- La **configurazione delle notifiche di superamento delle soglie AAA** tramite portali internazionali per SMS di massa, *e-mail* e/o *blog* personalizzato (se implementato).
- La **definizione di reportistica personalizzata** nella forma di tabulati numerici (CSV), tavole grafiche (*canvas*, v. Figura 7), brevi rapporti con grafici e tabulati (*web reports*) e/o rapporti comprensivi di grafici e dati numerici per periodi di monitoraggio predefiniti (giornalieri, settimanali, mensili, ecc.);

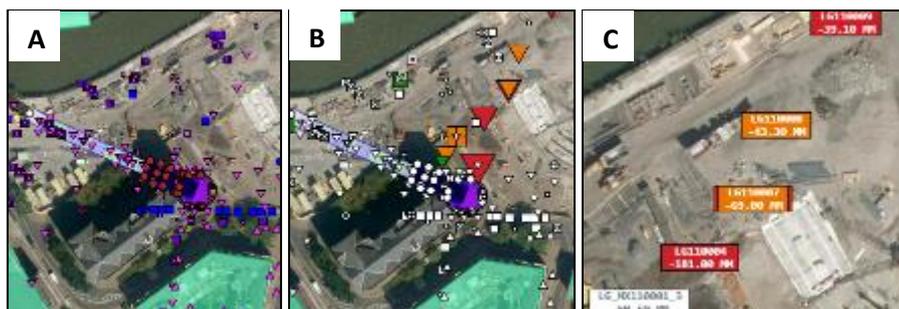


Figura 6 – Modalità di visualizzazione degli strumenti ((A) strumenti; (B) allarmi; (C) etichette).

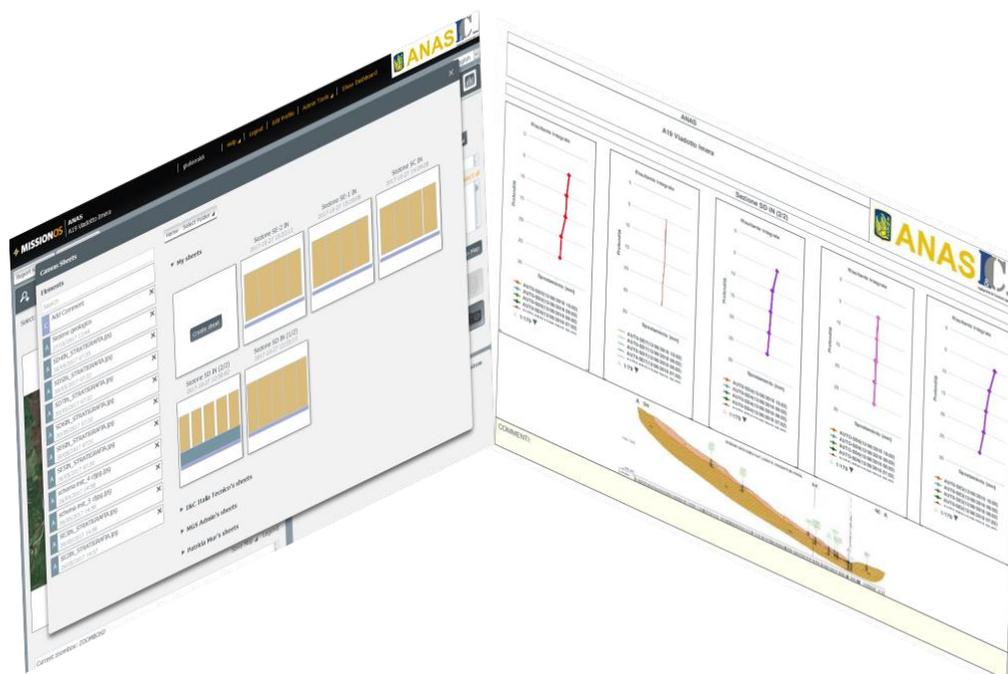


Figura 7 – Pagine per la reportistica *canvas*: a sinistra l'accesso alla libreria, a destra una delle tavole prodotte

- L'archiviazione di documenti di progetto, rapporti tecnici redatti sia esternamente sia internamente alla piattaforma e la strutturazione dell'archivio stesso in modo da essere facilmente consultabile da tutti gli utenti abilitati (Figura 8).

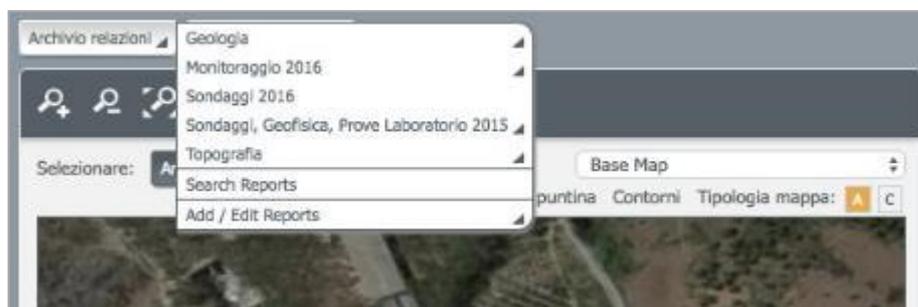


Figura 8 – Finestra di accesso alle aree dell'archivio documentale

## Ingegneria & Controlli Italia s.r.l.

- Sede legale* • TORINO - Via Donati, 14
- Sedi operative* • TORINO - Via G. Agnelli, 71 -10022 Carmagnola – Ph. +39 011 3975311
- BERGAMO - Via Gramsci, 1 - 24042 Capriate San Gervasio - Ph. +39 02 92864185 - Fax 02 92864187