



IMAGE S.R.L.
Fraz. Combe, 31
10050 Mattie (TO)
p.iva/c.f. 09715950011

Via Riccardo Pitteri, 8
20134 Milano

PH. +39 346 421.66.29
info@imageosrl.com
imageosrl@legalmail.it
www.imageosrl.com

Cliente: TOTAL E&P ITALIA SpA

Oggetto: Monitoraggio spostamenti del suolo mediante stazioni GNSS
presso la Concessione di Gorgoglione
Rapporto di elaborazione dei dati
Aggiornamento al 28 febbraio 2023 – rev01

Ordine: Contratto di SERVIZI di monitoraggio sismico sull'area della
Concessione Gorgoglione
Contratto n° 4600001366 del 09/01/2018
CUP n. F75F07000100007

Note:

N. Pagine: 15

Data: 13 Aprile 2023

Elaborato: Fabio Villa, Andrea Tamburini

Verificato: Andrea Tamburini

INDICE

1. INTRODUZIONE	3
2. DESCRIZIONE DELLA RETE GNSS	4
3. RISULTATI DELLE ELABORAZIONI	8
4. COMMENTI AI RISULTATI.....	14
4.1. Analisi della correlazione tra dati GNSS e dati inclinometrici.....	14

1. INTRODUZIONE

La società IMAGEO SRL è stata incaricata dalla società TOTAL E&P ITALIA SPA, di fornire e installare una rete di monitoraggio degli spostamenti superficiali mediante GNSS presso la concessione Gorgoglione, garantendo l'acquisizione ed elaborazione continua dei dati e l'emissione di rapporti tecnici periodici. La rete, costituita da tre stazioni di misura, ha iniziato ad acquisire dati il 18 settembre 2018.

Nel presente documento vengono riportati i risultati dell'elaborazione semestrale dei dati, aggiornata alla data del **28 febbraio 2023**. In particolare vengono riportate nel documento le seguenti informazioni:

- Descrizione della rete, con le caratteristiche della strumentazione installata e del sistema di acquisizione ed elaborazione dati
- Metodologia di calcolo utilizzata
- Risultati ottenuti e commento alle misure

Viene inoltre aggiunto in questa revisione un paragrafo nel quale si descrive l'analisi di correlazione e successiva correzione dei dati GNSS rispetto alla serie di dati acquisita dall'inclinometro biassiale. In tal modo la serie di dati di spostamento è stata depurata dagli effetti di assestamento del basamento su cui è installata la stazione ed il relativo corner reflector.

2. DESCRIZIONE DELLA RETE GNSS

La rete è costituita da tre stazioni di misura:

ID	Comune	latitudine	longitudine	Quota ortometrica	Data installazione
GNSS 01 (su TR04)	San Mauro Forte	40°29'48.85514"	16°12'56.33187"	616.173	18/09/2018
GNSS 02 (su TR05)	Guardia Perticara	40°22'59.60884"	16°05'42.81581"	712.563	18/09/2018
GNSS 03 (su TR07)	Laurenzana	40°26'42.69723"	15°57'22.40445"	849.775	19/09/2018

Tabella 1 – Coordinate geografiche delle stazioni GNSS

Ciascuna stazione è dotata delle seguenti apparecchiature:

- Ricevitore GNSS Trimble NetR9
- Choke Ring Antenna Trimble GNSS-Ti v2 con cavo 10 m
- Elettrolivella biassiale Earthsystem
- Datalogger Campbell Scientific mod. CR310
- Capsula 230V per protettore EMP
- Router 3G – Net Module
- Antenna esterna con staffa per router 3G
- Pannello fotovoltaico 150W
- Sistema alimentazione con batteria in tampone

L'ubicazione delle stazioni è rappresentata in **Figura 1**.

Le antenne GNSS sono state installate alla sommità dei corner reflector installati nelle relative piazzole; questa soluzione, già adottata in altre aree di produzione o stoccaggio idrocarburi, è stata prescelta al fine di consentire una miglior correlazione tra le due tipologie di misure (**Figura 2**).

Per individuare eventuali deviazioni dalla verticale del corner reflector sul quale è installata l'antenna GNSS, è stato installato su ciascuno di essi un inclinometro biassiale (**Figura 3**).

Per convenzione, gli assi X e Y dell'inclinometro biassiale sono stati orientati rispettivamente verso nord e verso ovest in tutte le postazioni.

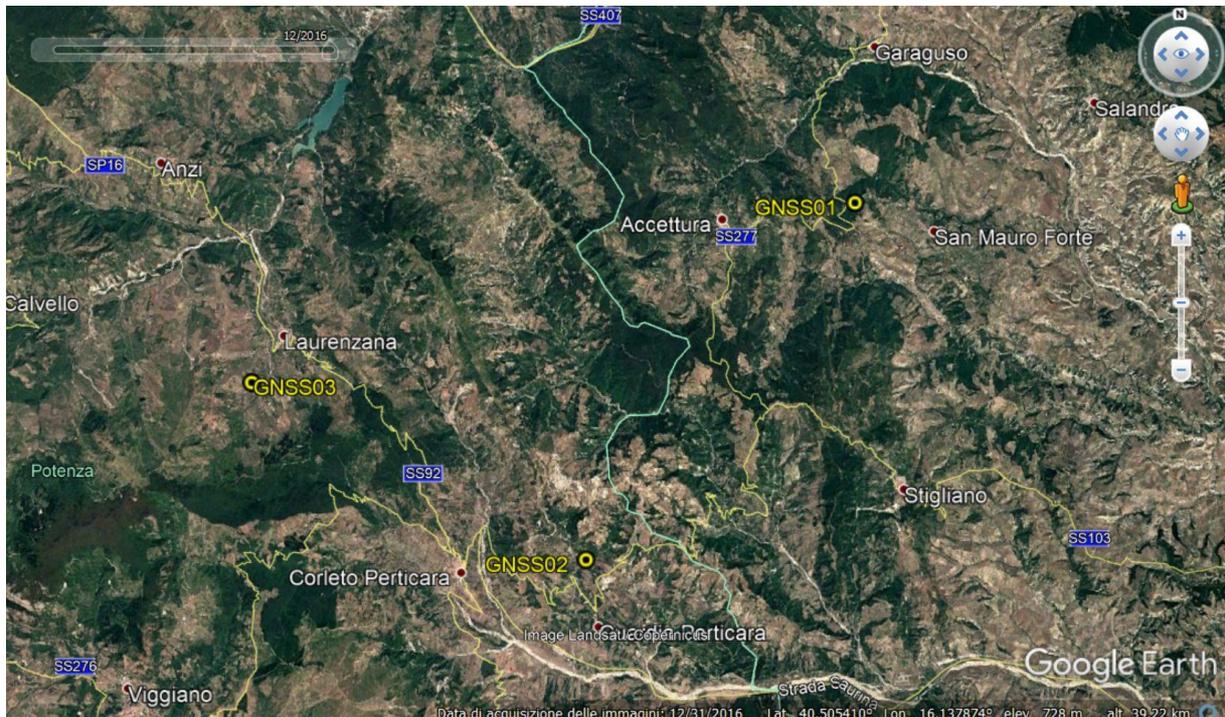


Figura 1 – Ubicazione delle stazioni GNSS.

I dati delle stazioni GNSS vengono registrati su un server ftp in cloud raggiungibile mediante accesso protetto da password. Sul server vengono registrate sessioni di misura orarie in formato RINEX, in un archivio organizzato secondo una struttura ANNO\MESE\GIORNO. Al fine di garantire la ridondanza dell'archivio, nella memoria interna di ciascun ricevitore vengono registrate sessioni giornaliere in formato proprietario (*.TR2), scaricabili manualmente mediante l'interfaccia di accesso al ricevitore.

L'accesso alle stazioni viene effettuato utilizzando un browser, che consente di aprire l'interfaccia di comunicazione con il ricevitore, verificarne lo stato e la configurazione, il livello di carica delle batterie (interna ed esterna), il livello di occupazione della memoria ed altri parametri attraverso un menu intuitivo posto nella parte sinistra del monitor (**Figura 4**)

Gli inclinometri biassiali vengono gestiti attraverso un datalogger Campbell Scientific mod. CR310 dedicato, configurato per acquisire i dati di inclinazione e alimentazione del sensore con periodicità oraria.

E' possibile accedere all'archivio dei dati acquisiti dagli inclinometri sempre attraverso browser, utilizzando un'apposita interfaccia che consente di visualizzare, diagrammare e scaricare i dati acquisiti in formato .CSV (**Figura 5**).

Tutti gli accessi sono protetti da password.



Figura 2 – Antenna Choke Ring installata al centro di un corner reflector.

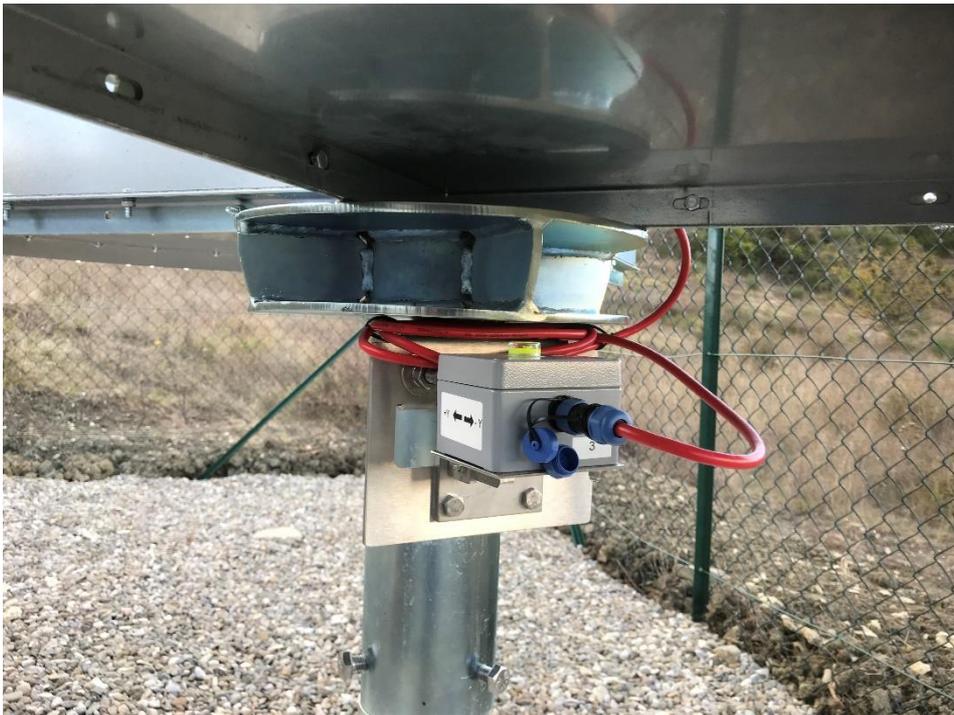


Figura 3 – Inclinometro biassiale installato sul palo di sostegno di un corner reflector dotato di antenna GNSS alla sommità.

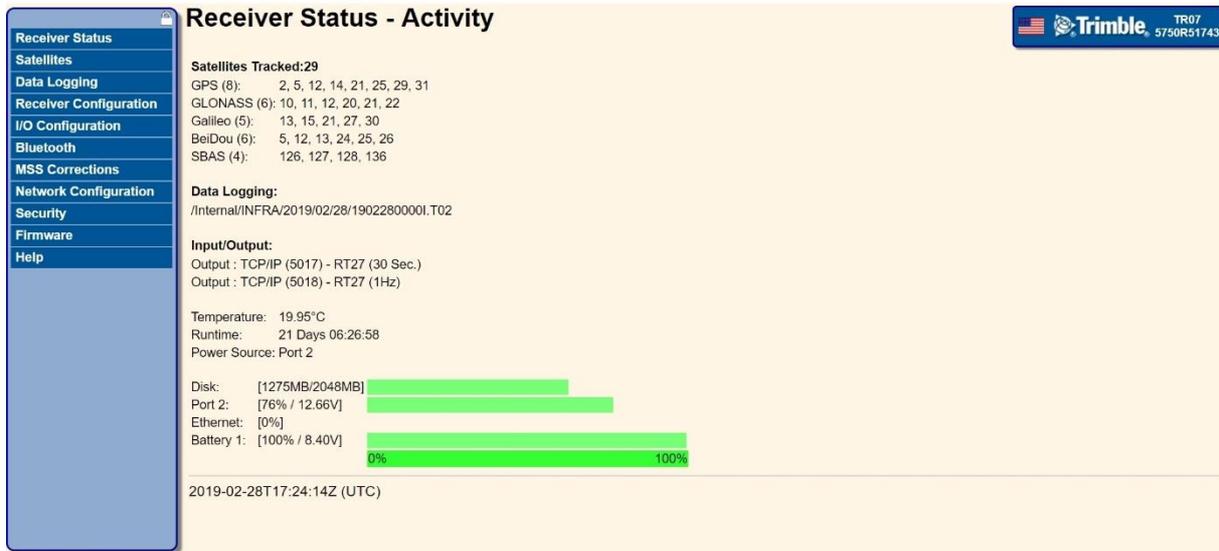


Figura 4 – Interfaccia web di comunicazione con i ricevitori GNSS.

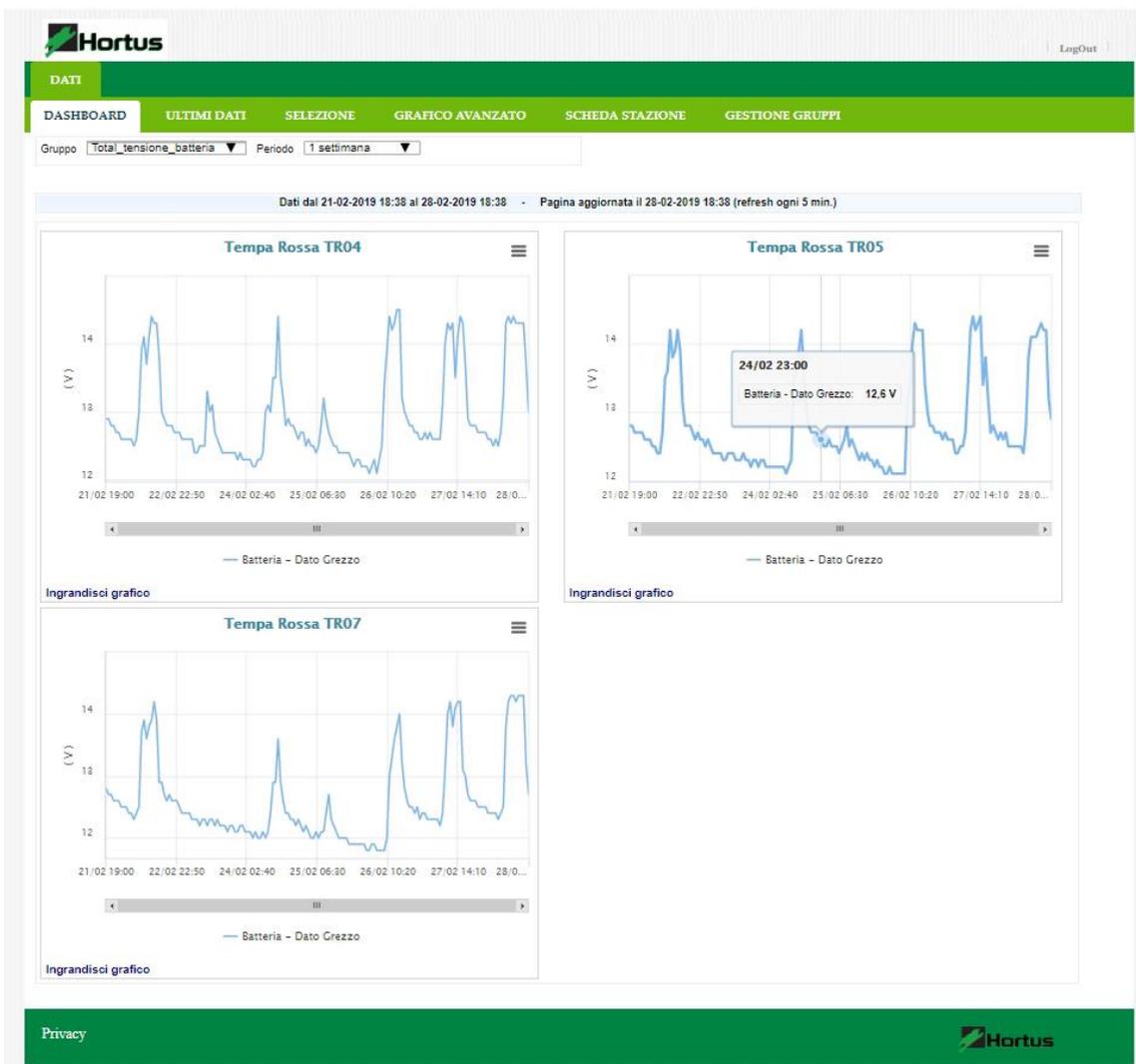


Figura 5 – Interfaccia web di comunicazione con il software di gestione degli inclinometri biassiali.

3. RISULTATI DELLE ELABORAZIONI

I dati delle stazioni GNSS 01, GNSS 02 e GNSS 03 sono stati elaborati utilizzando come base di riferimento la stazione TITO della rete GNSS nazionale RING. La stazione è posizionata in località Tito Scalo (PZ), ed è stata scelta sia per la vicinanza alle stazioni GNSS 01, GNSS 02 e GNSS 03, sia per la stabilità e continuità delle misure nelle serie storiche passate.

A partire dal mese di agosto 2022 la stazione TITO risulta fuori servizio. Sono state utilizzate in alternativa le stazioni RING MCEL (Tramutola) e PTRP (Pietrapertosa) previa verifica della sovrapposibilità delle serie storiche di spostamento su un intervallo temporale di almeno 6 mesi. Le serie di dati parziali sono state riaccolte tra loro al fine di non creare discontinuità.

In **Figura 6** ed in **Figura 7** sono riportate rispettivamente la posizione e la monografia delle tre stazioni.

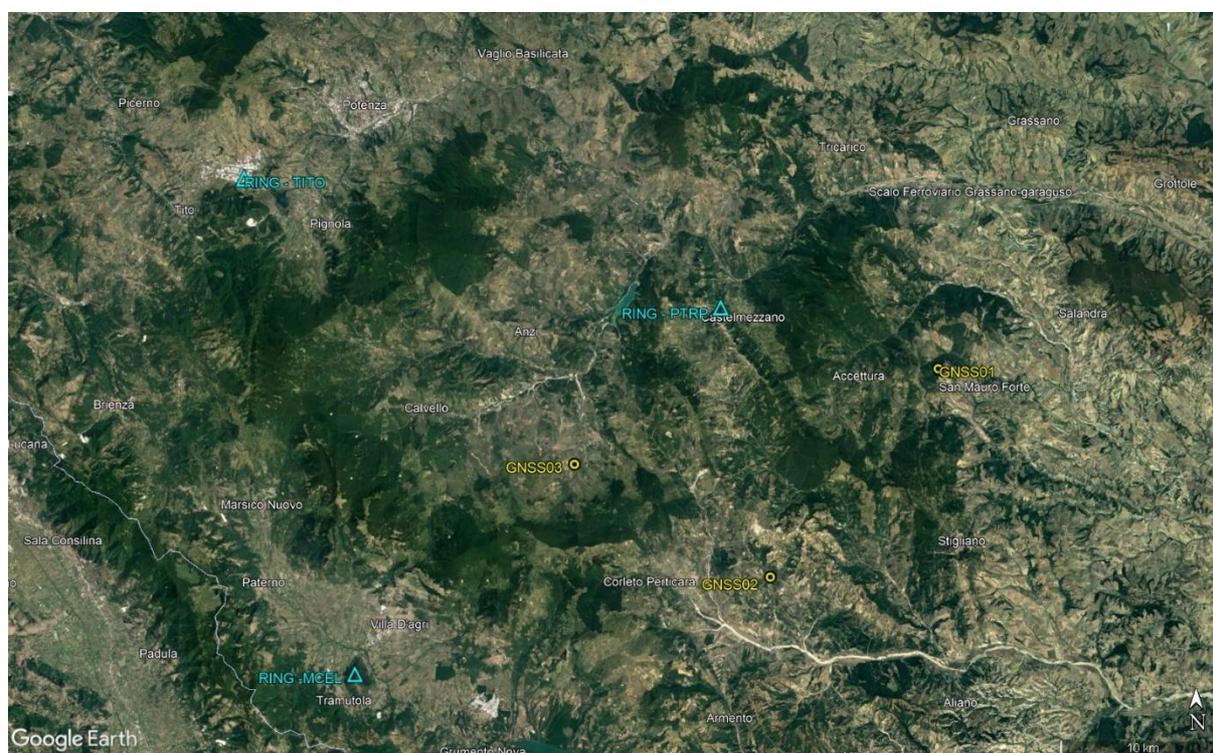


Figura 6 – Posizione delle stazioni di misura, inclusa la stazione di riferimento TITO.

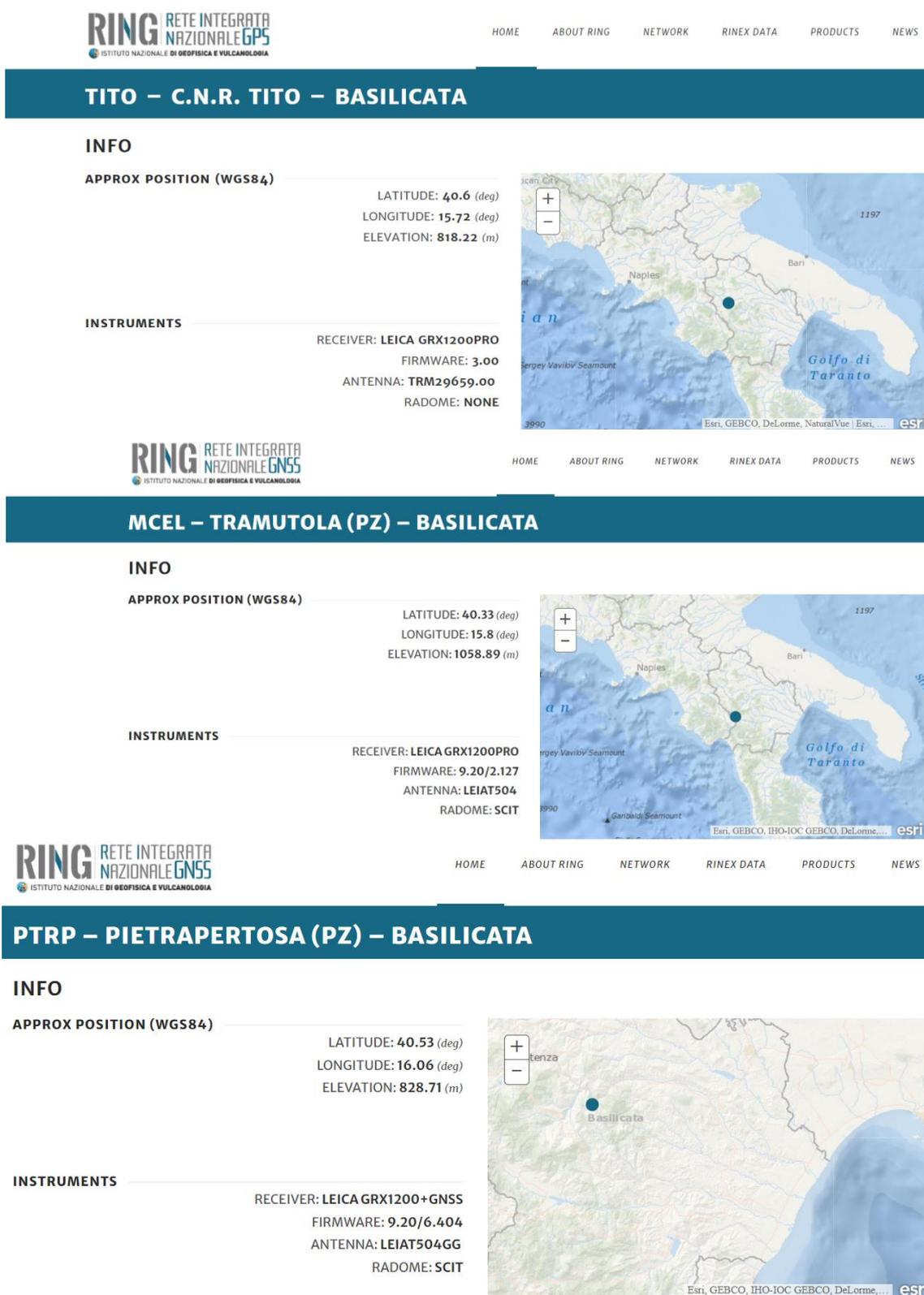


Figura 7 – Monografia delle stazioni TITO, MCEL e PTRP della Rete Integrata Nazionale GPS, gestita dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. Le tre stazioni sono state utilizzate per le elaborazioni in funzione della disponibilità dei dati RINEX.

Per determinare le coordinate delle stazioni GNSS sono state elaborate sessioni di misura della durata di 24 ore, utilizzando i dati delle effemeridi precise scaricabili dal sito web della NASA <https://urs.earthdata.nasa.gov/>

I risultati dell'andamento delle posizioni delle tre stazioni GNSS sono riportati nei grafici seguenti che rappresentano gli scostamenti dalla posizione iniziale nelle tre direzioni x (est), y (nord) e z (quota), dal 19/09/2018 al 28/02/2023.

Sotto al grafico degli spostamenti viene riportato il grafico, relativo allo stesso intervallo temporale, delle misure inclinometriche nelle direzioni x (nord) e y (ovest).

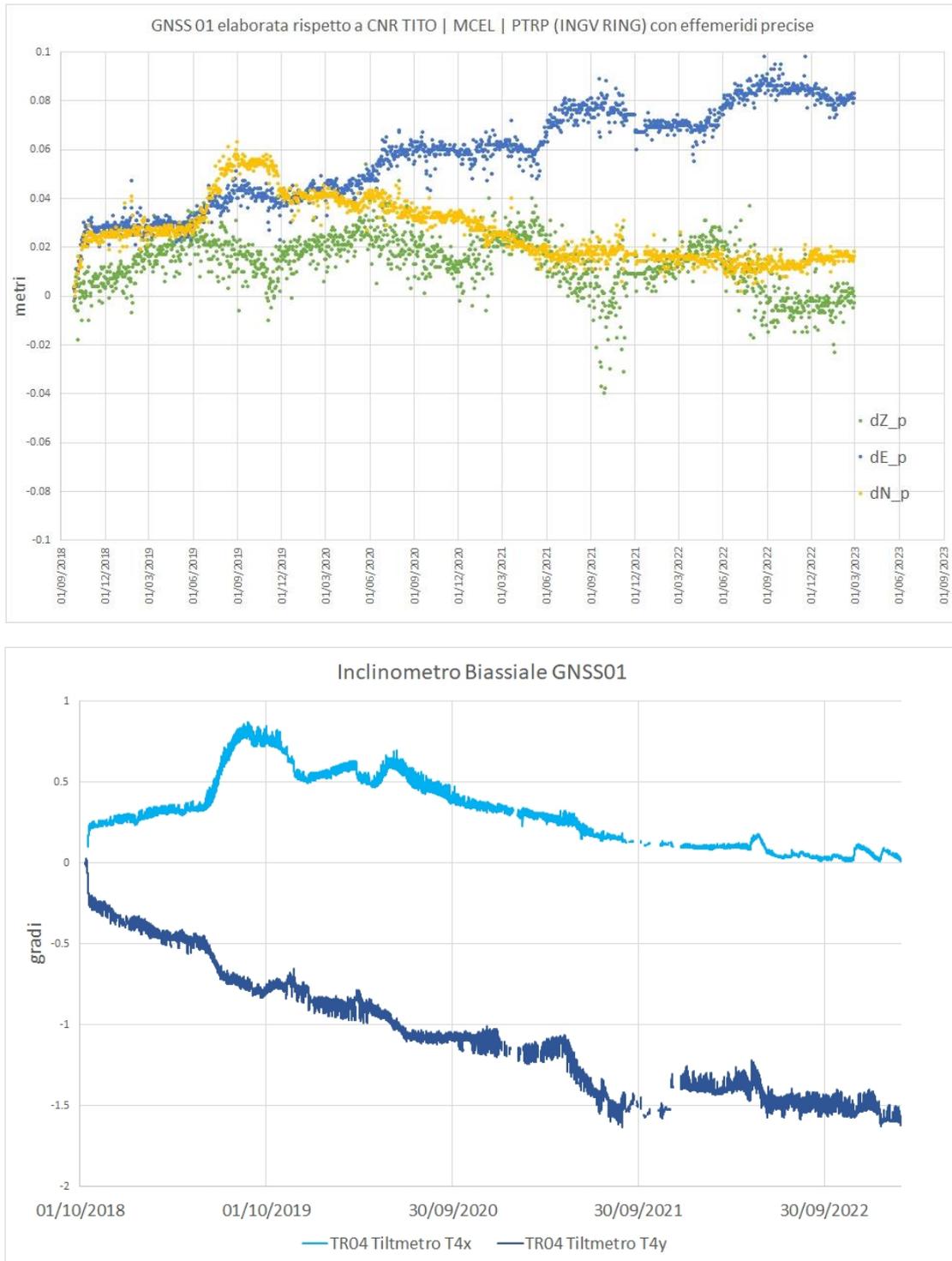


Figura 8 – Stazione GNSS 01: scostamenti dalla posizione iniziale nelle 3 componenti x,y e z (in alto). Serie inclinometrica nelle 2 componenti x e y (in basso)

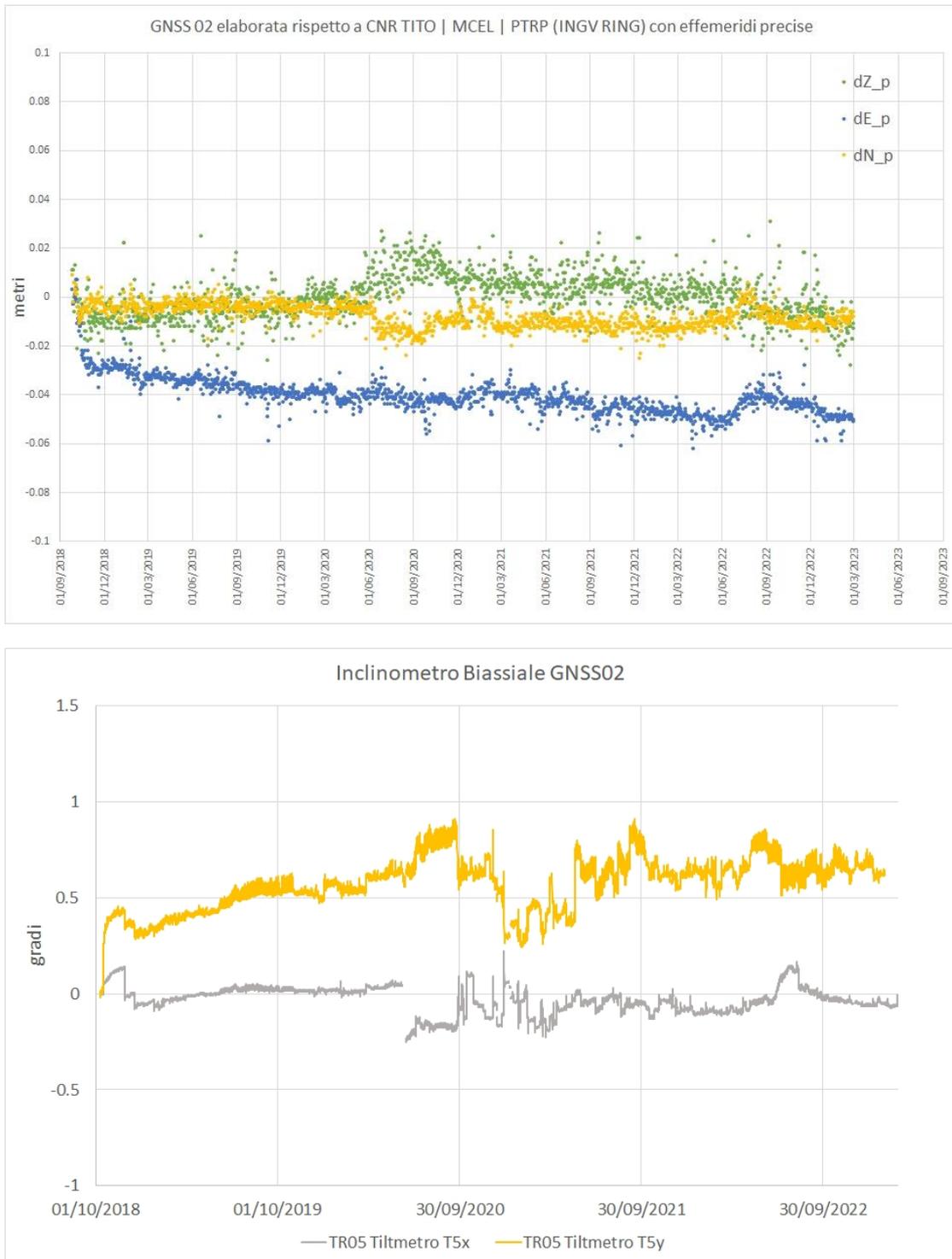


Figura 9 – Stazione GNSS o2: scostamenti dalla posizione iniziale nelle 3 componenti x,y e z (in alto). Serie inclinometrica nelle 2 componenti x e y (in basso)

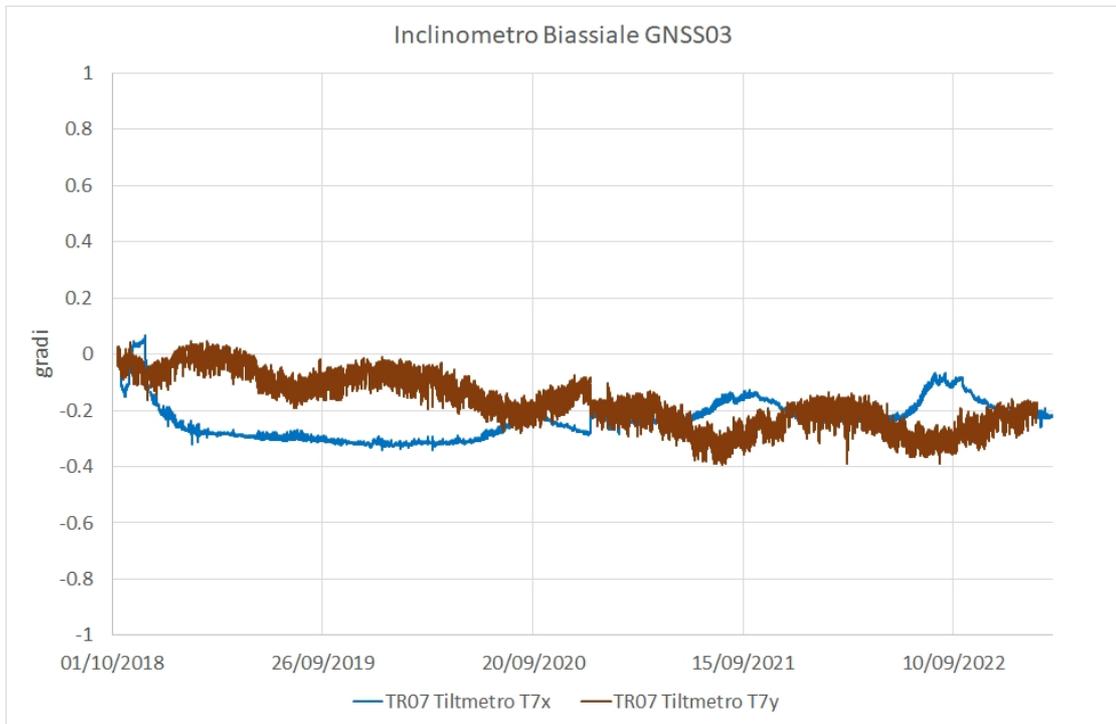
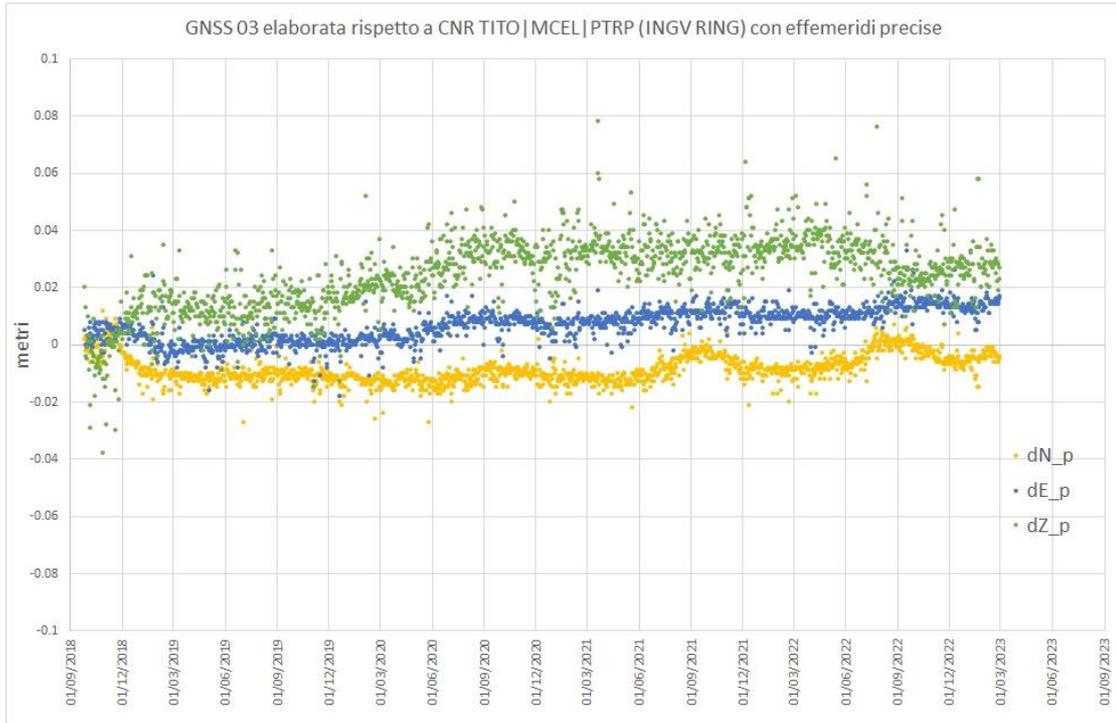


Figura 10 – Stazione GNSS 03: scostamenti dalla posizione iniziale nelle 3 componenti x,y e z (in alto). Serie inclinometrica nelle 2 componenti x e y (in basso)

4. COMMENTI AI RISULTATI

Dopo il periodo di assestamento iniziale, le stazioni non mostrano spostamenti degni di nota e il rumore delle misure è congruente con le prestazioni attese per la strumentazione impiegata.

Per tutte le stazioni si osserva congruenza tra i dati dell'inclinometro biassiale e quelli della relativa stazione GNSS.

Si segnala che dalla seconda metà di agosto 2022 la stazione di riferimento TITO della rete RING è fuori servizio. Non è stato possibile ottenere spiegazioni sul problema e sui tempi di ripristino. Come alternativa sono state utilizzate le stazioni MCEL (Tramutola) e PTRP (Pietrapertosa), facenti parte della stessa rete RING ING V e poste a distanze comparabili dall'area monitorata, che risultano operative per periodi sufficientemente lunghi anche se non continui. Al fine di garantire la continuità delle serie storiche di spostamento sono stati confrontati i risultati ottenuti elaborando le basi di misura con le diverse stazioni di riferimento su intervalli temporali comuni della lunghezza di almeno 6 mesi. Tale verifica ha dato esiti positivi dimostrando l'intercambiabilità delle stazioni di riferimento.

4.1. Analisi della correlazione tra dati GNSS e dati inclinometrici

Per quanto riguarda la stazione GNSS01, stante la deriva di posizione sia in direzione Nord che in direzione Est che ha assunto valori sensibilmente differenti rispetto alle altre due stazioni, si è provveduto ad effettuare una elaborazione aggiuntiva per dimostrare l'effettiva congruenza tra le misure di spostamento planimetrico registrate dal ricevitore GNSS e le misure inclinometriche.

Sono quindi stati aggregati i dati inclinometrici (misurati con cadenza oraria) su medie giornaliere, per poterli comparare con i valori di spostamento relativo ottenuti dalle elaborazioni dei dati GNSS. Una volta allineate le due serie è stato misurato il coefficiente di correlazione di Pearson, che ha dato i seguenti risultati:

Coefficiente di correlazione tra scostamenti dN (NORD) sulle misure GNSS e dx (NORD) sulle misure inclinometriche: 0.931

Coefficiente di correlazione tra scostamenti dE (EST) sulle misure GNSS e dy (OVEST) sulle misure inclinometriche: -0.842

La correlazione risulta marcata in entrambi i casi. Lungo la direzione EST-OVEST il coefficiente è negativo, come da attese, in quanto la misura degli scostamenti misurata dalle elaborazioni GNSS si riferisce alla direzione Est, mentre la misura inclinometrica è eseguita rispetto alla direzione Ovest

A seguito della verifica dell'esistenza della correlazione, è stato applicato alle misure GNSS un coefficiente di correzione, proporzionale alla misura inclinometrica corrispondente, in modo da rimuovere, al netto del rumore, l'effetto dell'inclinazione sullo spostamento. I risultati sono visibili nel grafico sottostante in **Figura 11**, dove viene riportato anche il grafico originale delle misure GNSS già inserito nel paragrafo precedente per facilitare il confronto.

Come si nota dall'immagine, dopo aver applicato la correzione descritta, la componente di deriva dello scostamento è sostanzialmente scomparsa.

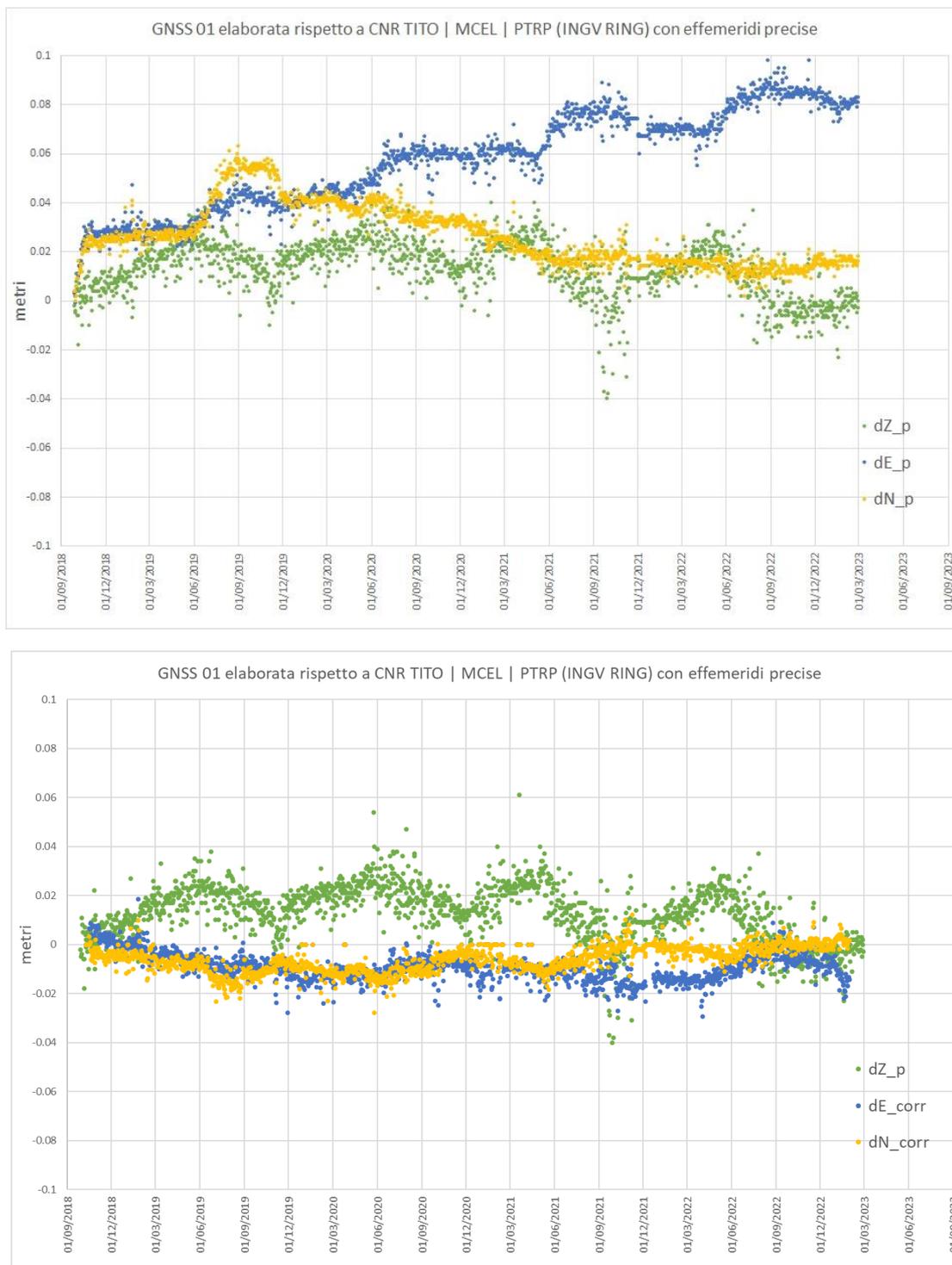


Figura 11 – Stazione GNSS 01: scostamenti dalla posizione iniziale nelle 3 componenti x,y e z (in alto). e scostamenti corretti sulla base dei dati inclinometrici (in basso).