

RAPPORTI TECNICI INGV

Misura della potenza elettrica assorbita
da diverse stazioni sismiche



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

460

Direttore Responsabile

Valeria DE PAOLA

Editorial Board

Milena MORETTI - Editor in Chief (milena.moretti@ingv.it)

Raffaele AZZARO (raffaele.azzaro@ingv.it)

Christian BIGNAMI (christian.bignami@ingv.it)

Viviana CASTELLI (viviana.castelli@ingv.it)

Rosa Anna CORSARO (rosanna.corsaro@ingv.it)

Luigi CUCCI (luigi.cucci@ingv.it)

Domenico DI MAURO (domenico.dimauro@ingv.it)

Mauro DI VITO (mauro.divito@ingv.it)

Marcello LIOTTA (marcello.liotta@ingv.it)

Mario MATTIA (mario.mattia@ingv.it)

Nicola PAGLIUCA (nicola.pagliuca@ingv.it)

Umberto SCIACCA (umberto.sciacca@ingv.it)

Alessandro SETTIMI (alessandro.settimi1@istruzione.it)

Andrea TERTULLIANI (andrea.tertulliani@ingv.it)

Segreteria di Redazione

Francesca DI STEFANO - Coordinatore

Rossella CELI

Robert MIGLIAZZA

Barbara ANGIONI

Massimiliano CASCONI

Patrizia PANTANI

Tel. +39 06 51860068

redazione@ingv.it

REGISTRAZIONE AL TRIBUNALE DI ROMA N.174 | 2014, 23 LUGLIO

© 2014 INGV Istituto Nazionale

di Geofisica e Vulcanologia

Rappresentante legale: Carlo DOGLIONI

Sede: Via di Vigna Murata, 605 | Roma



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

RAPPORTI TECNICI INGV

Misura della potenza elettrica assorbita
da diverse stazioni sismiche

*Measurement of electrical power absorption
by different seismic stations*

Paolo Strappaveccia, Sandro Rao

INGV | Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Osservatorio Nazionale Terremoti

Accettato 20 giugno 2022 | Accepted 20 June 2022

Come citare | How to cite Strappaveccia P., Rao S., (2023). Misura della potenza elettrica assorbita da diverse stazioni sismiche. Rapp. Tec. INGV, 460: 1-28, <https://doi.org/10.13127/rpt/460>

In copertina | Visualizzazione al computer di segnali acquisiti mediante il wattmetro digitale WT310E, particolare | Cover Computer visualization of signals acquired using the WT310E digital power analyzer, detail

460

INDICE

Riassunto	7
<i>Abstract</i>	7
Introduzione	7
1. Setup sperimentale	8
2. Determinazione dell'incertezza di misura	9
3. Incertezza tipo composta	10
4. Descrizione e risultati delle prove sperimentali	11
4.1 Atlas-C - prima serie	11
4.2 Atlas-C - seconda serie	12
4.3 Atlas-C - terza serie	13
4.4 GAIA2 - prima serie	14
4.5 GAIA2 - seconda serie	15
4.6 GAIAIV - prima serie	16
4.7 GAIAIV - seconda serie	16
4.8 Centaur - prima serie	17
4.9 Centaur - seconda serie	18
4.10 Quanterra - prima serie	19
4.11 Quanterra - seconda serie	20
4.12 Reftek - prima serie	20
4.13 Reftek - seconda serie	21
4.14 Pegasus - prima serie	21
4.15 Pegasus - seconda serie	22
5. Discussione dei risultati	22
6. Conclusioni	24
Ringraziamenti	24
Bibliografia	25
Sitografia	25

Riassunto

L'utilizzo di acquisitori sismici in una rete di monitoraggio non può prescindere dalla conoscenza di alcuni parametri che caratterizzano gli stessi e che indicano, agli utilizzatori, le prestazioni e, conseguentemente, l'affidabilità delle misure delle grandezze di interesse nei vari ambiti della sismologia sperimentale che essi forniscono. Tali parametri sono normalmente indicati nei *datasheet* (bollettini tecnici) forniti dai produttori, risultando di riferimento per la scelta del registratore che deve soddisfare i requisiti di idoneità per ogni specifica applicazione, sia dal punto di vista tecnico che economico.

Tra i parametri di maggiore interesse si annovera la potenza elettrica assorbita dalle stazioni sismiche. La conoscenza di questo parametro è di supporto al corretto dimensionamento del sistema di alimentazione basato su pannello fotovoltaico, al fine di garantire il continuo funzionamento della stazione sismica remota a prescindere dalle condizioni meteo.

Nel presente lavoro sono state eseguite misurazioni di potenza elettrica assorbita sotto diverse condizioni di utilizzo degli acquisitori, sia per verificare la correttezza dei valori indicati nei *datasheet*, sia per poter confrontare i diversi dispositivi in uso presso il nostro Istituto. La correlazione dei risultati ottenuti con le condizioni del *setup* sperimentale in cui si trovavano gli acquisitori ha consentito inoltre di ottimizzare, nel caso di un registratore da noi sviluppato e attualmente in versione prototipale, le impostazioni a livello *software* che regolano il funzionamento di determinati blocchi funzionali, in modo da limitare il più possibile il consumo di energia.

Abstract

The use of seismic recorders in a monitoring network requires a knowledge of certain characterizing parameters that indicate the performance and consequent reliability of the value measurements provided for various fields of experimental seismology. These parameters are normally indicated in the datasheets drafted by the manufacturers, which are used for reference when choosing a recorder to meet the requirements of each specific application, from both the technical and financial perspectives. Among the parameters of most interest to seismic stations is electrical power absorption. Knowledge of this parameter facilitates appropriate sizing of the photovoltaic panel-based power system in order to ensure continuous operation of remote seismic stations regardless of weather conditions.

The present work involved measuring the electrical power absorption under different recorder operating conditions to verify both the accuracy of the values reported in the datasheets, and to compare the different devices being used at our Institute. Correlation of the results with the experimental setups under which the seismic data loggers operated also made it possible to optimize the software settings for a prototype recorder under development by our team, in order to regulate certain functional blocks with the aim of minimizing power consumption.

Keywords Acquisitori sismici; Caratterizzazione acquisitori | Seismic recorders; Digitizer evaluation

Introduzione

Le misurazioni di potenza elettrica assorbita dagli acquisitori sismici sotto diverse condizioni di utilizzo sono state effettuate utilizzando un wattmetro Yokogawa WT310E [Yokogawa, 2015], dotato di interfaccia ethernet. Lo strumento è stato connesso alla rete dell'istituto al fine di

poter ricavare le misure da remoto attraverso l'applicativo del costruttore WtViewerEfree [Yokogawa, 2020], capace di visualizzare in tempo reale tensione, corrente e potenza assorbita, oltre a salvare i dati direttamente in formato Excel.

Gli acquisitori presi in considerazione sono stati i seguenti:

- Lunitek Atlas-C
- INGV GAIA2
- INGV GAIAIV (prototipo)
- Nanometrics Centaur CTR4-6S
- Quanterra Q330-6CH
- Reftek 130
- Nanometrics Pegasus

Tutti a sei canali e in uso presso la nostra Sezione, ad eccezione del Nanometrics Pegasus, disponibile nella sola versione a tre canali e senza interfaccia ethernet di comunicazione.

1. Setup sperimentale

Sono state eseguite diverse serie di misurazioni, ciascuna relativa ad una particolare condizione di utilizzo di ogni acquisitore. Comunque, al fine di effettuare un confronto tra dispositivi in ogni caso diversi tra loro, sia perché appartenenti a generazioni di acquisitori differenti, sia per la presenza al loro interno di diverse periferiche per la comunicazione, abbiamo selezionato due diverse condizioni di utilizzo nelle quali era possibile settare ognuna delle prime sei stazioni. E precisamente:

- funzionamento della stazione con canali attivati in acquisizione e registrazione, ma senza sensori collegati e nessun collegamento al PC;
- funzionamento come sopra ma con i sensori collegati (un velocimetro e un accelerometro) e comunicazione con il PC per lo streaming dei dati visualizzati in tempo reale.

Nel caso del Nanometrics Pegasus, la seconda condizione di funzionamento consisteva nell'aver un solo sensore collegato anziché due, peraltro diverso rispetto a quelli utilizzati negli altri casi. L'altra sostanziale differenza di questo dispositivo rispetto agli altri sei analizzati sta nel fatto che può funzionare solo come registratore puro da impiegare solamente per campagne di misura mobili, dato che non consente l'invio a un server remoto dei dati salvati.

Nei primi sei casi i sensori utilizzati sono stati sempre gli stessi, e precisamente il velocimetro Lunitek Tellus 5s e l'accelerometro a tecnologia MEMS Lunitek LTME-V2 2g. Per il Pegasus è stato utilizzato un velocimetro triassiale Lennartz LE-3Dlite MkIII-1s.

In particolare abbiamo effettuato undici serie di misurazioni per i primi cinque acquisitori, ciascuna con tre prove della durata di 10 minuti a 10 Hz (dieci misure al secondo), per un totale di 6000 misurazioni ciascuna. Per gli ultimi due acquisitori (Reftek e Pegasus), le prove sono state due con durata di un'ora, per un totale di 36000 misurazioni ciascuna. Trattandosi di un wattmetro è stato possibile ottenere le misure di potenza elettrica in modo diretto, settando in modo opportuno per ciascuna prova il fondo scala di tensione e corrente (V_{fs} e I_{fs}). Il fondo scala della potenza (P_{fs}) si ricavava dal loro prodotto: $P_{fs} = V_{fs}I_{fs}$.

In Figura 1 è visibile lo schema elettrico che mostra il collegamento dei dispositivi. Per alimentare le stazioni è stato utilizzato, in tutti i casi, l'alimentatore da banco a quattro uscite Iso-Tech mod. IPS 4303, settato a 12 Vdc.

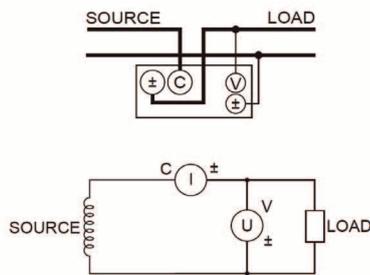


Figura 1 Schema di collegamento tra l'alimentatore (source), il wattmetro (C, V) e l'acquisitore (load).

Figure 1 Connection diagram between the power supply (source), the wattmeter (C, V) and the seismic data logger (load).

2. Determinazione dell'incertezza di misura

Come misura finale della potenza elettrica assorbita abbiamo considerato, in ognuna delle prove, la media aritmetica delle n misurazioni; in tal modo sono stati ridotti al massimo gli errori casuali in ciascuna misura [Hughes, 2010].

Per il calcolo dell'incertezza di misura è stata utilizzata la norma italiana CEI UNI 70098-3:2016, avente per titolo: "Incertezza di Misura - Parte 3: Guida all'incertezza di misura". Tale normativa suddivide le incertezze di misura in due categorie: quelle ricavabili attraverso l'elaborazione statistica di n osservazioni ripetute nelle stesse condizioni sperimentali (incertezza di categoria A), e quelle che si possono determinare attraverso informazioni disponibili a priori e indipendenti dalle osservazioni sperimentali (incertezza di categoria B).

Più precisamente, si considerino n misurazioni indipendenti q_k ottenuti nelle stesse condizioni sperimentali. Il **valor medio** \bar{q} è definito come:

$$\bar{q} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n q_k \quad (1)$$

La varianza sperimentale delle osservazioni $s^2(q_k)$ stima la varianza σ^2 della distribuzione di probabilità di q , ed è data dalla formula [Gupta, 2012]:

$$s^2(q_k) = \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (q_k - \bar{q})^2 \quad (2)$$

Questa stima della varianza e la sua radice quadrata $s(q_k)$, denominata **scarto tipo sperimentale**, caratterizzano la variabilità dei valori osservati q_k , o meglio la loro dispersione intorno al valor medio \bar{q} . La miglior stima di $\sigma^2(\bar{q}) = \sigma^2/n$, cioè la varianza della media, è data da:

$$s^2(\bar{q}) = \frac{s^2(q_k)}{n} \quad (3)$$

La varianza sperimentale della media $s^2(\bar{q})$, e lo scarto tipo sperimentale della media $s(\bar{q})$, pari alla radice quadrata di $s^2(\bar{q})$, quantificano quanto bene \bar{q} stimi il valor atteso del misurando, ed entrambi possono essere considerati come valutazione dell'incertezza sulla misura della grandezza in esame. Talvolta esse sono chiamate rispettivamente **varianza di categoria A** e **incertezza tipo di categoria A**, e saranno da ora in avanti chiamate rispettivamente **Var(cat.A)** e **Inc(cat.A)**.

Per una valutazione della **varianza** e dell'**incertezza tipo di categoria B**, relative alla stima di una grandezza che si intende studiare-nel nostro caso la potenza elettrica assorbita-attribuito attraverso metodi diversi dall'osservazione sperimentale, ci si può riferire in particolare alle specifiche dello strumento utilizzato per misurare la grandezza in esame [Yokogawa, 2019].

Come si nota nella tabella in Figura 2, nelle misure di potenza elettrica in corrente continua il costruttore del wattmetro da noi utilizzato dichiara un'accuratezza $Acc(P)$, entro un anno dalla

produzione dello strumento e nel caso in cui le misure siano effettuate all'interno di un ambiente con temperatura $t = (23 \pm 5)^\circ\text{C}$, pari a:

$$Acc(P) = 0,1\% \text{ val. di lettura} + 0,2\% \text{ val. di fondo scala} \quad (4)$$

Assumendo che $Acc(P)$ rappresenti il limite simmetrico di una correzione additiva ΔP da aggiungere a qualunque valore di lettura P , e in particolare al valor medio di P (nel caso di un campione di n misurazioni), avente valor medio nullo e probabilità di giacere indifferentemente in qualunque punto nell'intorno definito dal limite $Acc(P)$, trattandosi di distribuzione di probabilità uniforme nell'intervallo $(P - Acc(P), P + Acc(P))$, la varianza sarà pari a $Acc(P)^2/3$, e l'incertezza tipo la sua radice quadrata ($sqr(Acc(P)^2/3)$) [Gupta, 2012].

Queste ultime rappresentano rispettivamente la **varianza di categoria B** e l'**incertezza tipo di categoria B**, di seguito chiamate **Var(cat.B)** e **Inc(cat.B)**.

Figura 2 Tabella ricavata dal datasheet del wattmetro, utile per determinare l'incertezza di categoria B.
Figure 2 Table obtained by the wattmeter datasheet and useful for determining category B uncertainty.

WT300E Series

Active Power Accuracy		
Accuracy		
Requirements Same as the conditions for voltage and current.		
• Power factor: 1		
Accuracy (at 12 months)		
(The accuracy shown below is the sum of reading and range errors.)		
*1 is the read error equation is the input signal frequency in kHz.		
	WT310E/WT310EH/ WT32E/WT333E (Current EXT sensor input)	WT310EH (Current Direct Input)
DC	$\pm(0.1\% \text{ of reading} + 0.2\% \text{ of range})$	$\pm(0.3\% \text{ of reading} + 0.2\% \text{ of range})$
0.1 kHz $\leq f < 45$ kHz	$\pm(0.3\% \text{ of reading} + 0.2\% \text{ of range})$	$\pm(0.3\% \text{ of reading} + 0.2\% \text{ of range})$
45 kHz $\leq f < 66$ kHz	$\pm(0.1\% \text{ of reading} + 0.05\% \text{ of range})$	$\pm(0.1\% \text{ of reading} + 0.05\% \text{ of range})$
66 kHz $< f \leq 1$ kHz	$\pm(0.2\% \text{ of reading} + 0.2\% \text{ of range})$	$\pm(0.2\% \text{ of reading} + 0.2\% \text{ of range})$
1 kHz $< f \leq 10$ kHz	$\pm(0.1\% \text{ of reading} + 0.3\% \text{ of range})$ $\pm[(0.067 \times (f - 1))\% \text{ of reading}]$	$\pm(0.13 \times f\% \text{ of reading} + 0.3\% \text{ of range})$
10 kHz $< f \leq 20$ kHz		$\pm(0.13 \times f\% \text{ of reading} + 0.5\% \text{ of range})$
10 kHz $< f \leq 100$ kHz	$\pm(0.5\% \text{ of reading} + 0.5\% \text{ of range})$ $\pm[(0.09 \times (f - 10))\% \text{ of reading}]$	

3. Incertezza tipo composta

Più in generale, nel caso in cui il misurando y sia una funzione di n grandezze variabili tra di loro indipendenti, ciascuna con una incertezza tipo $u(x_i)$ di categoria A o di categoria B, cioè $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$, si può dimostrare [cfr. CEI UNI 70098-3] che la varianza composta $u_c^2(y)$ è data da:

$$u_c^2(y) = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 u^2(x_i) \quad (5)$$

Dove le derivate parziali sono calcolate nei valori medi delle grandezze medesime. L'incertezza tipo composta sarà allora la radice quadrata della varianza composta calcolata mediante la (5), rappresenta uno scarto tipo stimato e caratterizza la dispersione dei valori ragionevolmente attribuibili al misurando y .

Nel nostro caso l'espressione di f è molto semplice in quanto, come già detto, ad ogni misura della potenza elettrica P si deve aggiungere il fattore di correzione ΔP . Pertanto, se si indica con P' la misura della potenza elettrica assorbita ottenuta aggiungendo tale fattore di correzione, si ottiene come espressione esplicita della f

$$P' = P + \Delta P \quad (6)$$

e la (5) si riduce alla somma delle varianze di categoria A e di categoria B, calcolate come descritto nel precedente capitolo. Di seguito l'incertezza tipo composta, usata nell'espressione della misura della grandezza in esame, è indicata con *Inc.comp.*

4. Descrizione e risultati delle prove sperimentali

Nel presente capitolo sono descritte le quindici serie di prove sperimentali effettuate nelle due diverse condizioni di utilizzo degli acquisitori.

Lo scopo di tali misurazioni è stato quello di verificare la compatibilità delle misure di potenza assorbita ottenute con quanto indicato dai produttori dei dispositivi nei datasheet e, al tempo stesso, di fornire dei valori di riferimento per la progettazione di sistemi di alimentazione basati su pannelli fotovoltaici. Per ciascuna prova è stata inoltre rappresentata graficamente la distribuzione delle misure nell'intero range di potenze misurate, al fine di valutare qualitativamente il comportamento del sistema sotto il profilo del consumo energetico.

In Figura 3 e in Figura 4 sono mostrati due banchi di misura allestiti per acquisire, in modo automatico, la potenza elettrica di due diversi registratori sismici connessi ai sensori sopra descritti posti sul pavimento del laboratorio. Per ciascun acquisitore la prima serie di misurazioni è servita a verificare l'assorbimento di potenza elettrica nel caso della stazione funzionante senza sensori e senza essere collegata al computer, ma con i canali attivati e in registrazione. Nella seconda serie lo stesso registratore acquisiva dati reali di velocità e accelerazione, con le opportune velocità di campionamento, e le inviava attraverso un vettore di comunicazione al computer che le visualizzava. Nel caso dell'acquisitore Atlas-C della Lunitek, che a differenza degli altri ha al suo interno una batteria ricaricabile ai polimeri di litio, è stata eseguita una terza serie di misurazioni nelle stesse condizioni di settaggio del registratore relative alla seconda serie, ma con la batteria in ricarica. Come accennato nel capitolo 1, per il Nanometrics Pegasus non è stato possibile eseguire la seconda serie di misurazioni nelle stesse condizioni sperimentali degli altri registratori, in quanto privo di interfaccia di comunicazione con un server remoto.



Figura 3 Banco di misura per la potenza elettrica assorbita con acquisitore INGV GAIA2.

Figure 3 Measuring bench for electrical power absorption with INGV GAIA2 seismic data logger.



Figura 4 Banco di misura per la potenza elettrica assorbita con acquisitore Quanterra Q330.

Figure 4 Measuring bench for electrical power absorption with Quanterra Q330 seismic data logger.

4.1 Atlas-C - prima serie

Condizioni sperimentali

- Settaggio wattmetro: WT310E in autorange ($V_{fs}=15\text{ V}$, $I_{fs}=200\text{ mA}$, $P_{fs}=3\text{ W}$).
- Settaggio acquisitore: no WiFi, no HSPA. Canali attivati e in registrazione entrambi a

- 200S/s, nessun sensore collegato; batteria interna dell'Atlas-C completamente carica.
- Temperatura ambiente pari a circa 21°C.

Sono state eseguite tre prove, ciascuna della durata di 10 min., con il wattmetro che acquisiva e salvava su file excel 10 misure al secondo. Tutte le misure sono state successivamente analizzate in tre distinti file.

Prima prova

$Media=1,98677 \text{ W} - Max=2,5761 \text{ W} - Min=1,7426 \text{ W}$

$Var(cat.A)=6,49E-006 \text{ W}^2 - Var(cat.B) = 2,13E-005 \text{ W}^2$

$Inc.comp. = \text{sqr}(Var(cat.A)+Var(cat.B)) = \text{sqr}(6,49E-006+2,13E-005) = 5,27E-003 \text{ W}$

$Inc.comp. = 5E-003 \text{ W}$

$P = (1,987 \pm 0,005) \text{ W}$

Seconda prova

$Media=1,98767 \text{ W} - Max=2,5864 \text{ W} - Min=1,7424 \text{ W}$

$Var(cat.A)=6,76E-006 \text{ W}^2 - Var(cat.B) = 2,13E-005 \text{ W}^2$

$Inc.comp. = \text{sqr}(Var(cat.A)+Var(cat.B)) = \text{sqr}(6,76E-006+2,13E-005) = 5,29E-003 \text{ W}$

$Inc.comp. = 5E-003 \text{ W}$

$P = (1,988 \pm 0,005) \text{ W}$

Terza prova

$Media=1,99473 \text{ W} - Max=2,5855 \text{ W} - Min=1,7429 \text{ W}$

$Var(cat.A)=6,50E-006 \text{ W}^2 - Var(cat.B) = 2,13E-005 \text{ W}^2$

$Inc.comp. = \text{sqr}(Var(cat.A)+Var(cat.B)) = \text{sqr}(6,50E-006+2,13E-005) = 5,27E-003 \text{ W}$

$Inc.comp. = 5E-003 \text{ W}$

$P = (1,995 \pm 0,005) \text{ W}$

Se si esegue la media dei valori finali di ciascuna prova si ottiene la seguente misura della potenza assorbita dall'acquisitore nell'arco dei 30 min. complessivi:

$$P = (1,990 \pm 0,005) \text{ W}$$

4.2 Atlas-C - seconda serie

Condizioni sperimentali

- Settaggio wattmetro: WT310E in autorange ($V_{fs} = 15 \text{ V}$, $I_{fs} = 500 \text{ mA}$, $P_{fs} = 7,5 \text{ W}$).
- Settaggio acquisitore: no WiFi, si HSPA 4G. Canali attivati e registrazione attivata con velocità di campionamento settata a 200 S/s; batteria interna dell'Atlas-C completamente carica.
- Si sono collegati all'ingresso 1 un Tellus-5s e all'ingresso 2 un accelerometro MEMS LTME-V2, 2g. Canali 0,1,2: parametri velocimetro Gain 2, 20 Vp-p, canali 3,4,5: parametri accelerometro Gain 4, 10 Vp-p. La SIM 4G era presente, per cui ci si trovava in condizioni di acquisizione, registrazione e trasmissione (via 4G).
- Temperatura ambiente pari a circa 22°C.

Sono state eseguite tre prove, ciascuna della durata di 10 min., con il wattmetro che acquisiva e salvava su file excel 10 misure al secondo. Tutte le misure sono state successivamente analizzate in tre distinti file.

Prima prova

Media=4,375488 W - Max=5,1614 W - Min=3,1991 W

Var(cat.A)=1,19E-005 W² - Var(cat.B) W² = 1,25E-004

Inc.comp. = $\text{sqr}(\text{Var}(\text{cat.A})+\text{Var}(\text{cat.B})) = \text{sqr}(1,19\text{E}-005+1,25\text{E}-004) = 1,04\text{E}-002 \text{ W}$

Inc.comp. = 1E-002 W

P = (4,38 ± 0,01) W

Seconda prova

Media=4,393838 W - Max=5,1304 W - Min=3,2026 W

Var(cat.A)=1,07E-005 W² - Var(cat.B) = 1,25E-004 W²

Inc.comp. = $\text{sqr}(\text{Var}(\text{cat.A})+\text{Var}(\text{cat.B})) = \text{sqr}(1,07\text{E}-005+1,25\text{E}-004) = 1,17\text{E}-002 \text{ W}$

Inc.comp. = 1E-002 W

P = (4,39 ± 0,01) W

Terza prova

Media=4,427031 W - Max=3,2357 W - Min=3,2027 W

Var(cat.A)=1,47E-005 W² - Var(cat.B) = 1,26E-004 W²

Inc.comp. = $\text{sqr}(\text{Var}(\text{cat.A})+\text{Var}(\text{cat.B})) = \text{sqr}(1,47\text{E}-005+1,26\text{E}-004) = 1,19\text{E}-002 \text{ W}$

Inc.comp. = 1E-002 W

P = (4,43 ± 0,01) W

Se si esegue la media dei valori finali di ciascuna prova si ottiene la seguente misura della potenza assorbita dall'acquisitore nell'arco dei 30 min. complessivi:

P = (4,40 ± 0,01) W

4.3 Atlas-C - terza serie

Condizioni sperimentali

- Settaggio wattmetro: WT310E in autorange ($V_{fs} = 15 \text{ V}$, $I_{fs} = 2 \text{ A}$, $P_{fs} = 30 \text{ W}$).
- Settaggio acquisitore: no WiFi, si HSPA 4G. Canali attivati e registrazione attivata con velocità di campionamento settata a 200 S/s; batteria interna dell'Atlas-C in ricarica.
- Si sono collegati all'ingresso 1 un Tellus-5s e all'ingresso 2 un accelerometro MEMS LTME-90-V2, 2g. Canali 0,1,2: parametri velocimetro Gain 2, 20 Vp-p, canali 3,4,5: parametri accelerometro Gain 4, 10 Vp-p. La SIM 4G era presente, per cui ci si trovava in condizioni di acquisizione, registrazione e trasmissione via 4G.
- Temperatura ambiente pari a circa 22°C.

Sono state eseguite tre prove, ciascuna della durata di 10 min., con il wattmetro che acquisiva e salvava su file excel 10 misure al secondo. Tutte le misure sono state successivamente analizzate in tre distinti file.

Prima prova

Media=17,332362 W - Max=17,734 W - Min=16,456 W

Var(cat.A)=6,78E-006 W² - Var(cat.B) = 1,99E-003 W²

Inc.comp. = $\text{sqr}(\text{Var}(\text{cat.A})+\text{Var}(\text{cat.B})) = \text{sqr}(6,78\text{E}-006+1,99\text{E}-003) = 4,47\text{E}-002 \text{ W}$

Inc.comp. = 4E-002 W

P = (17,33 ± 0,04) W

Seconda prova

Media=17,399052 W - Max=17,755 W - Min=16,585 W

Var(cat.A)=5,01E-006 W² - Var(cat.B) = 2,00E-003 W²

Inc.comp. = $\text{sqr}(\text{Var}(\text{cat.A})+\text{Var}(\text{cat.B})) = \text{sqr}(5,01\text{E}-006+2,00\text{E}-003) = 4,47\text{E}-002 \text{ W}$

Inc.comp. = 4E-002 W

P = (17,40 ± 0,04) W

Terza prova

Media=17,447083 W - Max=17,79 W - Min=16,717 W

Var(cat.A)=4,51E-006 W² - Var(cat.B) = 2,00E-003 W²

Inc.comp. = $\text{sqr}(\text{Var}(\text{cat.A})+\text{Var}(\text{cat.B})) = \text{sqr}(4,51\text{E}-006+2,00\text{E}-003) = 4,47\text{E}-002 \text{ W}$

Inc.comp. = 4E-002 W

P = (17,44 ± 0,04) W

Se si esegue la media dei valori finali di ciascuna prova si ottiene la seguente misura della potenza assorbita dall'acquisitore nell'arco dei 30 min. complessivi:

P = (17,39 ± 0,04) W

4.4 GAIA2 - prima serie

Condizioni sperimentali

- Settaggio wattmetro: WT310E in autorange ($V_{fs} = 15 \text{ V}$, $I_{fs} = 500 \text{ mA}$, $P_{fs} = 7,5 \text{ W}$).
- Settaggio acquisitore: canali attivati e registrazione attivata con velocità di campionamento settata a 100 S/s per gli ADC della scheda base e 200 S/s per la scheda ext; ethernet non connessa.
- Temperatura ambiente pari a circa 22°C.

Sono state eseguite tre prove, ciascuna della durata di 10 min., con il wattmetro che acquisiva e salvava su file excel 10 misure al secondo. Tutte le misure sono state successivamente analizzate in tre distinti file.

Prima prova

Media=4,777334 W - Max=5,1367 W - Min=4,7404 W

Var(cat.A)=2,38E-007 W² - Var(cat.B) = 1,30E-004 W²

Inc.comp. = $\text{sqr}(\text{Var}(\text{cat.A})+\text{Var}(\text{cat.B})) = \text{sqr}(2,38\text{E}-007+1,30\text{E}-004) = 1,14\text{E}-002 \text{ W}$

Inc.comp. = 1E-002 W

P = (4,78 ± 0,01) W

Seconda prova

Media=4,779143 W - Max=5,1307 W - Min=4,742 W

Var(cat.A)=2,53E-007 W² - Var(cat.B) = 1,30E-004 W²

Inc.comp. = $\text{sqr}(\text{Var}(\text{cat.A})+\text{Var}(\text{cat.B})) = \text{sqr}(2,53\text{E}-007+1,30\text{E}-004) = 1,14\text{E}-002 \text{ W}$

Inc.comp. = 1E-002 W

P = (4,78 ± 0,01) W

Terza prova

Media=4,780788 W - Max=5,1172 W - Min=4,7444 W

Var(cat.A)=2,47E-007 W² - Var(cat.B) = 1,30E-004 W²

Inc.comp. = $\text{sqr}(\text{Var}(\text{cat.A})+\text{Var}(\text{cat.B})) = \text{sqr}(2,47\text{E}-007+1,30\text{E}-004) = 1,14\text{E}-002 \text{ W}$

$$Inc.comp. = 1E-002 W$$

$$P = (4,78 \pm 0,01) W$$

Se si esegue la media dei valori finali di ciascuna prova si ottiene la seguente misura della potenza assorbita dall'acquisitore nell'arco dei 30 min. complessivi:

$$P = (4,78 \pm 0,01) W$$

4.5 GAIA2 - seconda serie

Condizioni sperimentali

- Settaggio wattmetro: WT310E in autorange ($V_{fs} = 15 V$, $I_{fs} = 500 mA$, $P_{fs} = 7,5 W$).
- Settaggio acquisitore: canali attivati e registrazione attivata con velocità di campionamento settata a 100 S/s per gli ADC della scheda base e 200 S/s per quelli della scheda ext.
- Si sono collegati all'ingresso 1 un Tellus-5s e all'ingresso 2 un accelerometro MEMS LTME-90-V2, 2g. Canali 0,1,2: parametri velocimetro Gain 2, 20 Vp-p, canali 3,4,5: parametri accelerometro Gain 4, 10 Vp-p. Scheda ethernet connessa, per cui ci si trovava in condizioni di acquisizione, registrazione e trasmissione.
- Temperatura ambiente pari a circa 22°C.

Sono state eseguite tre prove, ciascuna della durata di 10 min., con il wattmetro che acquisiva e salvava su file excel 10 misure al secondo. Tutte le misure sono state successivamente analizzate in tre distinti file.

Prima prova

$$Media=5,322011 W - Max=5,6557 W - Min=5,274 W$$

$$Var(cat.A)=4,23E-007 W^2 - Var(cat.B) = 1,38E-004 W^2$$

$$Inc.comp. = \sqrt{Var(cat.A)+Var(cat.B)} = \sqrt{4,23E-007+1,38E-004} = 1,18E-002 W$$

$$Inc.comp. = 1E-002 W$$

$$P = (5,32 \pm 0,01) W$$

Seconda prova

$$Media=5,323585 W - Max=5,6672 W - Min=5,2767 W$$

$$Var(cat.A)=4,15E-007 W^2 - Var(cat.B) = 1,38E-004 W^2$$

$$Inc.comp. = \sqrt{Var(cat.A)+Var(cat.B)} = \sqrt{4,15E-007+1,38E-004} = 1,18E-002 W$$

$$Inc.comp. = 1E-002 W$$

$$P = (5,32 \pm 0,01) W$$

Terza prova

$$Media=5,334421 W - Max=5,7823 W - Min=5,2803 W$$

$$Var(cat.A)=7,11E-007 W^2 - Var(cat.B) = 1,38E-004 W^2$$

$$Inc.comp. = \sqrt{Var(cat.A)+Var(cat.B)} = \sqrt{7,11E-007+1,38E-004} = 1,18E-002 W$$

$$Inc.comp. = 1E-002 W$$

$$P = (5,33 \pm 0,01) W$$

Se si esegue la media dei valori finali di ciascuna prova si ottiene la seguente misura della potenza assorbita dall'acquisitore nell'arco dei 30 min. complessivi:

$$P = (5,32 \pm 0,01) W$$

4.6 GAIIV - prima serie

Condizioni sperimentali

- Settaggio wattmetro: WT310E in autorange ($V_{fs} = 15 V$, $I_{fs} = 200 mA$, $P_{fs} = 3 W$).
- Settaggio acquisitore: canali attivati e registrazione attivata con velocità di campionamento settata a 100 S/s per i canali 0,1,2 e 200 S/s per i canali 3,4,5; ethernet non connessa.
- Temperatura ambiente pari a circa 22°C.

Sono state eseguite tre prove, ciascuna della durata di 10 min., con il wattmetro che acquisiva e salvava su file excel 10 misure al secondo. Tutte le misure sono state successivamente analizzate in tre distinti file.

Prima prova

$Media=1,804199 W$ - $Max=2,0602 W$ - $Min=1,7745 W$

$Var(cat.A)=2,79E-007 W^2$ - $Var(cat.B) = 2,03E-005 W^2$

$Inc.comp. = \sqrt{Var(cat.A)+Var(cat.B)} = \sqrt{2,79E-007+2,03E-005} = 4,54E-003 W$

$Inc.comp. = 5E-003 W$

$P = (1,804 \pm 0,005) W$

Seconda prova

$Media=1,800479 W$ - $Max=2,1405 W$ - $Min=1,7748 W$

$Var(cat.A)=2,40E-007 W^2$ - $Var(cat.B) = 2,03E-005 W^2$

$Inc.comp. = \sqrt{Var(cat.A)+Var(cat.B)} = \sqrt{2,40E-007+2,03E-005} = 4,53E-003 W$

$Inc.comp. = 5E-003 W$

$P = (1,800 \pm 0,005) W$

Terza prova

$Media=1,800478 W$ - $Max=2,03 W$ - $Min=1,7748 W$

$Var(cat.A)=2,34E-007 W^2$ - $Var(cat.B) = 2,03E-005 W^2$

$Inc.comp. = \sqrt{Var(cat.A)+Var(cat.B)} = \sqrt{2,34E-007+2,03E-005} = 4,53E-003 W$

$Inc.comp. = 5E-003 W$

$P = (1,800 \pm 0,005) W$

Se si esegue la media dei valori finali di ciascuna prova si ottiene la seguente misura della potenza assorbita dall'acquisitore nell'arco dei 30 min. complessivi:

$P = (1,801 \pm 0,005) W$

4.7 GAIIV - seconda serie

Condizioni sperimentali

- Settaggio wattmetro: WT310E in autorange ($V_{fs} = 15 V$, $I_{fs} = 200 mA$, $P_{fs} = 3 W$).
- Settaggio acquisitore: canali attivati e registrazione attivata con velocità di campionamento settata a 100 S/s per i canali 0,1,2 e 200 S/s per i canali 3,4,5.
- Si sono collegati all'ingresso 1 un Tellus-5s e all'ingresso 2 un accelerometro MEMS LTME-90-V2, 2g. Canali 0,1,2: parametri velocimetro Gain 2, 20 Vp-p, canali 3,4,5: parametri accelerometro Gain 4, 10 Vp-p. La scheda ethernet era connessa, per cui ci si trovava in condizioni di acquisizione, registrazione e trasmissione.
- Temperatura ambiente pari a circa 23°C.

Sono state eseguite tre prove, ciascuna della durata di 10 min., con il wattmetro che acquisiva

e salvava su file excel 10 misure al secondo. Tutte le misure sono state successivamente analizzate in tre distinti file.

Prima prova

Media=2,495299 W - Max=2,8252 W - Min=2,4666 W

Var(cat.A)=2,98E-007 W² - Var(cat.B) = 2,41E-005 W²

Inc.comp. = $\text{sqr}(\text{Var}(\text{cat.A})+\text{Var}(\text{cat.B})) = \text{sqr}(2,98\text{E-}007+2,41\text{E-}005) = 4,90\text{E-}003 \text{ W}$

Inc.comp. = 5E-003 W

P = (2,495 ± 0,005) W

Seconda prova

Media=2,491775 W - Max=2,7993 W - Min=2,4669 W

Var(cat.A)=2,14E-007 W² - Var(cat.B) = 2,40E-005 W²

Inc.comp. = $\text{sqr}(\text{Var}(\text{cat.A})+\text{Var}(\text{cat.B})) = \text{sqr}(2,14\text{E-}007+2,40\text{E-}005) = 4,92\text{E-}003 \text{ W}$

Inc.comp. = 5E-003 W

P = (2,492 ± 0,005) W

Terza prova

Media=2,486284 W - Max=2,7931 W - Min=2,4669 W

Var(cat.A)=1,30E-007 W² - Var(cat.B) = 2,40E-005 W²

Inc.comp. = $\text{sqr}(\text{Var}(\text{cat.A})+\text{Var}(\text{cat.B})) = \text{sqr}(1,30\text{E-}007+2,40\text{E-}005) = 4,91\text{E-}003 \text{ W}$

Inc.comp. = 5E-003 W

P = (2,486 ± 0,005) W

Se si esegue la media dei valori finali di ciascuna prova si ottiene la seguente misura della potenza assorbita dall'acquisitore nell'arco dei 30 min. complessivi:

P = (2,491 ± 0,005) W

4.8 Centaur - prima serie

Condizioni sperimentali

- Settaggio wattmetro: WT310E in autorange ($V_{fs} = 15 \text{ V}$, $I_{fs} = 200 \text{ mA}$, $P_{fs} = 3 \text{ W}$).
- Settaggio acquisitore: canali attivati e registrazione attivata con velocità di campionamento settata a 100 S/s per i canali 0,1,2 e 200 S/s per i canali 3,4,5; ethernet non connessa.
- Temperatura ambiente pari a circa 22°C.

Sono state eseguite tre prove, ciascuna della durata di 10 min., con il wattmetro che acquisiva e salvava su file excel 10 misure al secondo. Tutte le misure sono state successivamente analizzate in tre distinti file.

Prima prova

Media=1,213799 W - Max=1,5581 W - Min=1,1446 W

Var(cat.A)=6,70E-007 W² - Var(cat.B) = 1,73E-005 W²

Inc.comp. = $\text{sqr}(\text{Var}(\text{cat.A})+\text{Var}(\text{cat.B})) = \text{sqr}(6,70\text{E-}007+1,73\text{E-}005) = 4,24\text{E-}003 \text{ W}$

Inc.comp. = 4E-003 W

P = (1,214 ± 0,004) W

Seconda prova

Media=1,355333 W - Max=1,9425 W - Min=1,156 W

$Var(cat.A)=7,34E-006 W^2 - Var(cat.B) = 1,80E-005 W^2$
 $Inc.comp. = \sqrt{Var(cat.A)+Var(cat.B)} = \sqrt{7,34E-006+1,80E-005} = 5,04E-003 W$
 $Inc.comp. = 5E-003 W$
 $P = (1,355 \pm 0,005) W$

Terza prova

$Media=1,209537 W - Max=1,5494 W - Min=1,1512 W$
 $Var(cat.A)=6,00E-007 W^2 - Var(cat.B) = 1,73E-005 W^2$
 $Inc.comp. = \sqrt{Var(cat.A)+Var(cat.B)} = \sqrt{6,00E-007+1,73E-005} = 4,23E-003 W$
 $Inc.comp. = 4E-003 W$
 $P = (1,210 \pm 0,004) W$

Se si esegue la media dei valori finali di ciascuna prova si ottiene la seguente misura della potenza assorbita dall'acquisitore nell'arco dei 30 min. complessivi:

$$P = (1,260 \pm 0,005) W$$

4.9 Centaur - seconda serie

Condizioni sperimentali

- Settaggio wattmetro: WT310E in autorange ($V_{fs} = 15 V, I_{fs} = 200 mA, P_{fs} = 3 W$).
- Settaggio acquisitore: canali attivati e registrazione attivata con velocità di campionamento settata a 100 S/s per i canali 0,1,2 e 200 S/s per i canali 3,4,5.
- Si sono collegati all'ingresso 1 un Tellus-5s e all'ingresso 2 un accelerometro MEMS LTME-90-V2, 2g. Canali 0,1,2: parametri velocimetro Gain 2, 20 Vp-p, canali 3,4,5: parametri accelerometro Gain 4, 10 Vp-p. La scheda ethernet era connessa, per cui ci si trovava in condizioni di acquisizione, registrazione e trasmissione.
- Temperatura ambiente pari a circa 22°C.

Sono state eseguite tre prove, ciascuna della durata di 10 min., con il wattmetro che acquisiva e salvava su file excel 10 misure al secondo. Tutte le misure sono state successivamente analizzate in tre distinti file.

Prima prova

$Media=1,943795 W - Max=2,2735 W - Min=1,868 W$
 $Var(cat.A)=8,54E-007 W^2 - Var(cat.B) = 2,10E-005 W^2$
 $Inc.comp. = \sqrt{Var(cat.A)+Var(cat.B)} = \sqrt{8,54E-007+2,10E-005} = 4,68E-003 W$
 $Inc.comp. = 5E-003 W$
 $P = (1,944 \pm 0,005) W$

Seconda prova

$Media=2,096841 W - Max=2,7152 W - Min=1,8704 W$
 $Var(cat.A)=7,79E-006 W^2 - Var(cat.B) = 2,19E-005 W^2$
 $Inc.comp. = \sqrt{Var(cat.A)+Var(cat.B)} = \sqrt{7,79E-006+2,19E-005} = 5,44E-003 W$
 $Inc.comp. = 5E-003 W$
 $P = (2,097 \pm 0,005) W$

Terza prova

$Media=1,948082 W - Max=2,2788 W - Min=1,8343 W$
 $Var(cat.A)=9,70E-007 W^2 - Var(cat.B) = 2,11E-005 W^2$

$$\text{Inc.comp.} = \text{sqr}(\text{Var}(\text{cat.A}) + \text{Var}(\text{cat.B})) = \text{sqr}(9,70\text{E-}007 + 2,11\text{E-}005) = 4,70\text{E-}003 \text{ W}$$

$$\text{Inc.comp.} = 5\text{E-}003 \text{ W}$$

$$P = (1,948 \pm 0,005) \text{ W}$$

Se si esegue la media dei valori finali di ciascuna prova si ottiene la seguente misura della potenza assorbita dall'acquisitore nell'arco dei 30 min. complessivi:

$$P = (1,996 \pm 0,005) \text{ W}$$

4.10 Quanterra - prima serie

Condizioni sperimentali

- Settaggio wattmetro: WT310E in autorange ($V_{fs} = 15 \text{ V}$, $I_{fs} = 200 \text{ mA}$, $P_{fs} = 3 \text{ W}$).
- Settaggio acquisitore: canali attivati e registrazione attivata con velocità di campionamento settata a 200 S/s per i canali 0,1,2 e 100 S/s per i canali 3,4,5; ethernet e seriale non connesse.
- Temperatura ambiente pari a circa 22°C.

Sono state eseguite tre prove, ciascuna della durata di 10 min., con il wattmetro che acquisiva e salvava su file excel 10 misure al secondo. Tutte le misure sono state successivamente analizzate in tre distinti file.

Prima prova

$$\text{Media} = 1,068185 \text{ W} - \text{Max} = 1,139 \text{ W} - \text{Min} = 1,0562 \text{ W}$$

$$\text{Var}(\text{cat.A}) = 2,62\text{E-}008 \text{ W}^2 - \text{Var}(\text{cat.B}) = 1,67\text{E-}005 \text{ W}^2$$

$$\text{Inc.comp.} = \text{sqr}(\text{Var}(\text{cat.A}) + \text{Var}(\text{cat.B})) = \text{sqr}(2,62\text{E-}008 + 1,67\text{E-}005) = 4,08\text{E-}003 \text{ W}$$

$$\text{Inc.comp.} = 4\text{E-}003 \text{ W}$$

$$P = (1,068 \pm 0,004) \text{ W}$$

Seconda prova

$$\text{Media} = 1,067788 \text{ W} - \text{Max} = 1,1347 \text{ W} - \text{Min} = 1,0571 \text{ W}$$

$$\text{Var}(\text{cat.A}) = 1,86\text{E-}008 \text{ W}^2 - \text{Var}(\text{cat.B}) = 1,67\text{E-}005 \text{ W}^2$$

$$\text{Inc.comp.} = \text{sqr}(\text{Var}(\text{cat.A}) + \text{Var}(\text{cat.B})) = \text{sqr}(1,86\text{E-}008 + 1,67\text{E-}005) = 4,08\text{E-}003 \text{ W}$$

$$\text{Inc.comp.} = 4\text{E-}003 \text{ W}$$

$$P = (1,068 \pm 0,004) \text{ W}$$

Terza prova

$$\text{Media} = 1,067563 \text{ W} - \text{Max} = 1,1247 \text{ W} - \text{Min} = 1,0573 \text{ W}$$

$$\text{Var}(\text{cat.A}) = 1,41\text{E-}008 \text{ W}^2 - \text{Var}(\text{cat.B}) = 1,67\text{E-}005 \text{ W}^2$$

$$\text{Inc.comp.} = \text{sqr}(\text{Var}(\text{cat.A}) + \text{Var}(\text{cat.B})) = \text{sqr}(1,41\text{E-}008 + 1,67\text{E-}005) = 4,08\text{E-}003 \text{ W}$$

$$\text{Inc.comp.} = 4\text{E-}003 \text{ W}$$

$$P = (1,068 \pm 0,004) \text{ W}$$

Se si esegue la media dei valori finali di ciascuna prova si ottiene la seguente misura della potenza assorbita dall'acquisitore nell'arco dei 30 min. complessivi:

$$P = (1,068 \pm 0,004) \text{ W}$$

4.11 Quanterra - seconda serie

Condizioni sperimentali

- Settaggio wattmetro: WT310E in autorange ($V_{fs} = 15 V$, $I_{fs} = 200 mA$, $P_{fs} = 3 W$).
- Settaggio acquisitore: canali attivati e registrazione attivata con velocità di campionamento settata a 200 S/s per i canali 0,1,2 e 100 S/s per i canali 3,4,5.
- Si sono collegati all'ingresso 1 un accelerometro MEMS LTME-90-V2, 2g e all'ingresso 2 un Tellus-5s. Canali 0,1,2: parametri velocimetro Gain 4, 10 Vp-p, canali 3,4,5: parametri accelerometro Gain 2, 20 Vp-p. Il registratore era connesso via seriale 232 attraverso un adattatore USB-232, per cui ci si trovava in condizioni di acquisizione, registrazione e trasmissione.
- Temperatura ambiente pari a circa 22°C.

Sono state eseguite tre prove, ciascuna della durata di 10 min., con il wattmetro che acquisiva e salvava su file excel 10 misure al secondo. Tutte le misure sono state successivamente analizzate in tre distinti file.

Prima prova

$Media=2,141929 W$ - $Max=2,1866 W$ - $Min=2,1317 W$

$Var(cat.A)=9,67E-009 W^2$ - $Var(cat.B) = 2,21E-005 W^2$

$Inc.comp. = \sqrt{Var(cat.A)+Var(cat.B)} = \sqrt{9,67E-009+2,21E-005} = 4,70E-003 W$

$Inc.comp. = 5E-003 W$

$P = (2,142 \pm 0,005) W$

Seconda prova

$Media=2,142037 W$ - $Max=2,214 W$ - $Min=2,1314 W$

$Var(cat.A)=1,78E-008 W^2$ - $Var(cat.B) = 2,21E-005 W^2$

$Inc.comp. = \sqrt{Var(cat.A)+Var(cat.B)} = \sqrt{1,78E-008+2,21E-005} = 4,70E-003 W$

$Inc.comp. = 5E-003 W$

$P = (2,142 \pm 0,005) W$

Terza prova

$Media=2,141309 W$ - $Max=2,2099 W$ - $Min=2,1312 W$

$Var(cat.A)=1,59E-008 W^2$ - $Var(cat.B) = 2,21E-005 W^2$

$Inc.comp. = \sqrt{Var(cat.A)+Var(cat.B)} = \sqrt{1,59E-008+2,21E-005} = 4,70E-003 W$

$Inc.comp. = 5E-003 W$

$P = (2,141 \pm 0,005) W$

Se si esegue la media dei valori finali di ciascuna prova si ottiene la seguente misura della potenza assorbita dall'acquisitore nell'arco dei 30 min. complessivi:

$P = (2,142 \pm 0,005) W$

4.12 Reftek - prima serie

Condizioni sperimentali

- Settaggio wattmetro: WT310E in range manuale ($V_{fs} = 15 V$, $I_{fs} = 500 mA$, $P_{fs} = 7,5 W$).
- Settaggio acquisitore: canali attivati e registrazione attivata con velocità di campionamento settata a 100 S/s per i primi tre i canali e 200 S/s per i canali 4-6. Nessun sensore collegato; Gain 1 (20 Vp-p); 130-WiFi non presente.

- Temperatura ambiente pari a circa 22°C.

In questo caso è stata eseguita una sola prova della durata di un'ora, con il wattmetro che acquisiva e salvava su file excel 10 misure al secondo. Tutte le misure sono state analizzate successivamente.

$Media=1,87542\text{ W} - Max= 2,67890\text{ W} - Min= 0,65950\text{ W}$

$Var(cat.A)= 2,483543E-007\text{ W}^2 - Var(cat.B) = 9,49266E-005\text{ W}^2$

$Inc.comp. = \sqrt{Var(cat.A)+Var(cat.B)} = \sqrt{2,483543E-007+9,49266E-005} = 9,76E-003\text{ W}$

$Inc.comp. = 1E-002\text{ W}$

$P = 1,88 \pm 0,01\text{ W}$

4.13 Reftek - seconda serie

Condizioni sperimentali

- Settaggio wattmetro: WT310E in range manuale ($V_{fs} = 15\text{ V}$, $I_{fs} = 500\text{ mA}$, $P_{fs} = 7,5\text{ W}$).
- Settaggio acquisitore: canali attivati e registrazione attivata con velocità di campionamento settata a 100 S/s per i primi tre i canali e 200 S/s per i canali 4-6.
- Collegato velocimetro Tellus-5s ai canali 1-3 e accelerometro LTME-90-V2 ai canali 4-6; Gain 1 (20 V_{pp}) per tutti e sei i canali; streaming via wifi mediante dispositivo 130-WiFi e visualizzazione dei dati tramite App dedicata su Apple iPad.
- Temperatura ambiente pari a circa 22°C.

In questo caso è stata eseguita una sola prova della durata di un'ora, con il wattmetro che acquisiva e salvava su file excel 10 misure al secondo. Tutte le misure sono state analizzate successivamente.

$Media=2,69082\text{ W} - Max= 3,00380\text{ W} - Min= 2,52840\text{ W}$

$Var(cat.A)= 8,857342E-008\text{ W}^2 - Var(cat.B) = 1,043217E-004\text{ W}^2$

$Inc.comp. = \sqrt{Var(cat.A)+Var(cat.B)} = \sqrt{8,857342E-008+1,043217E-004} = 1,02E-002\text{ W}$

$Inc.comp. = 1E-002\text{ W}$

$P = (2,69 \pm 0,01)\text{ W}$

4.14 Pegasus - prima serie

Condizioni sperimentali

- Settaggio wattmetro: WT310E in autorange ($V_{fs} = 15\text{ V}$, $I_{fs} = 50\text{ mA}$, $P_{fs} = 0,75\text{ W}$).
- Settaggio acquisitore: canali attivati e registrazione attivata con velocità di campionamento settata a 100 S/s per tutti e tre i canali.
- Temperatura ambiente pari a circa 22°C.

In questo caso è stata eseguita una sola prova della durata di un'ora, con il wattmetro che acquisiva e salvava su file excel 10 misure al secondo. Tutte le misure sono state analizzate successivamente.

$Media=0,17881\text{ W} - Max=0,59468\text{ W} - Min=0,16851\text{ W}$

$Var(cat.A)= 1,728264E-008\text{ W}^2 - Var(cat.B) = 9,394665E-007\text{ W}^2$

$Inc.comp. = \sqrt{Var(cat.A)+Var(cat.B)} = \sqrt{1,728264E-008+9,394665E-007} = 9,78E-004\text{ W}$

$Inc.comp. = 1E-003 W$
 $P = (0,179 \pm 0,001) W$

4.15 Pegasus - seconda serie

Condizioni sperimentali

- Settaggio wattmetro: WT310E in autorange ($V_{fs} = 15 V$, $I_{fs} = 50 mA$, $P_{fs} = 0,75 W$).
- Settaggio acquisitore: canali attivati e registrazione attivata con velocità di campionamento settata a 100 S/s per tutti e tre i canali.
- Collegato sensore velocimetro triassiale Lennartz 3Dlite MkIII.
- Temperatura ambiente pari a circa 22°C.

Anche in questo caso è stata eseguita una sola prova della durata di un'ora, con il wattmetro che acquisiva e salvava su file excel 10 misure al secondo. Tutte le misure sono state analizzate successivamente.

$Media=0,24421 W$ - $Max=0,51501 W$ - $Min=0,23643 W$
 $Var(cat.A)= 9,00E-009 W^2$ - $Var(cat.B) = 1,014094E-006 W^2$
 $Inc.comp. = \sqrt{Var(cat.A)+Var(cat.B)} = \sqrt{9,00E-009+1,014094E-006} = 1,01E-003 W$
 $Inc.comp. = 1E-003 W$
 $P = (0,244 \pm 0,001) W$

5. Discussione dei risultati

Le accurate misure di potenza elettrica assorbita durante le due diverse condizioni di utilizzo degli acquisitori studiati hanno mostrato innanzitutto che il valore indicato nei datasheet dei costruttori è corretto nella maggior parte dei casi; si vedano a tal proposito i risultati delle prime serie di misurazioni per ogni acquisitore.

In condizioni di acquisizione su tutti e sei i canali e di registrazione nella memoria di massa, l'acquisitore che assorbe meno potenza elettrica è risultato il Nanometrics Centaur, di poco superiore al valore dichiarato dal costruttore nelle medesime condizioni di utilizzo (circa 1,2 W). Nelle tre prove effettuate per questo dispositivo si è notato un picco di assorbimento durante la seconda prova, di circa 150 mW superiore alle medie registrate nella prima e nella terza prova, dovuto probabilmente all'operazione di scrittura dei dati nella memoria di massa del sistema. Evidentemente i progettisti della Nanometrics hanno ritenuto opportuno far eseguire tale operazione ad intervalli di circa 20 minuti l'una dall'altra, piuttosto che in modalità continua, al fine di ottimizzare l'assorbimento di potenza elettrica. Abbiamo pertanto provato ad implementare tale caratteristica nell'acquisitore GAIAIV notando - di fatto - una diminuzione della potenza elettrica assorbita mediamente di circa il 10% rispetto al caso della scrittura continua nella memoria di massa dei dati acquisiti.

Nel caso della piattaforma INGV GAIA, inoltre, si è notato un notevole miglioramento, per quanto riguarda questo parametro, nel passaggio tra la GAIA2 e la GAIAIV (da 4,78 W a 1,80 W circa). Un discorso a parte meritano il Quanterra Q330 e il Reftek 130. Questi registratori non integrano un SEEDlink server al loro interno e per implementare tale caratteristica presente negli altri acquisitori (e più in generale in ogni registratore di ultima generazione), sarebbe stato necessario aggiungere un dispositivo esterno con un proprio assorbimento di potenza. Abbiamo ritenuto opportuno non farlo, e misurare quindi l'assorbimento dei singoli acquisitori.

Le seconde serie di misurazioni sono state quelle in cui erano connessi agli ingressi analogici

degli acquisitori i sensori. In questo modo è stato possibile misurare l'assorbimento di potenza elettrica di una stazione sismica connessa ai sensori che normalmente vengono installati sul campo (un accelerometro triassiale e un velocimetro triassiale), al fine di riprodurre le condizioni di utilizzo di maggior interesse, e cioè quelle di acquisizione, registrazione e trasmissione di dati fisici reali. Per ogni prova sperimentale si è suddiviso l'intero intervallo di variabilità dei valori misurati della potenza elettrica assorbita in un numero di intervalli di uguale ampiezza, funzione del numero totale di misurazioni, in modo da rappresentare graficamente la distribuzione della frequenza dei valori acquisiti in ciascuno dei suddetti intervalli.

In diversi casi i grafici ottenuti mostrano due o più curve con differente valore massimo. E nelle prove corrispondenti si notavano delle fluttuazioni abbastanza periodiche nell'assorbimento di corrente da parte del dispositivo e, di conseguenza, della potenza elettrica assorbita, che ci hanno confermato la presenza di attività cicliche del sistema quali, ad esempio, il già menzionato accesso alla memoria di massa per il salvataggio dei dati e il controllo del segnale GNSS per la sincronizzazione del clock real-time interno. Per quanto concerne l'ultimo acquisitore analizzato (Pegasus), i bassissimi consumi misurati sono dovuti al fatto che a livello di configurazione hardware si differenzia notevolmente rispetto agli altri dispositivi fin qui trattati, e il motivo è che tale registratore è destinato a tutt'altre applicazioni. In particolare è progettato per essere installato in ambienti ostili e remoti, all'interno dei quali normalmente la rete di alimentazione elettrica pubblica non è disponibile (vulcani, poli, ecc.). In questi casi l'esperimento consiste nel raccogliere i dati mediante un apparato in grado di assorbire pochissima potenza elettrica, in modo da essere autonomo il più a lungo possibile. L'analisi off-line dei dati raccolti rende inutile la connessione costante di tali dispositivi a dei server remoti mediante interfacce di comunicazione, presenti invece in tutti gli altri acquisitori. È proprio l'assenza di tali periferiche che rende il Pegasus assai più parco nel consumo di energia elettrica.

Riassumiamo in Tabella 1 i risultati ottenuti nelle quindici serie di misurazioni.

In Figura 5 e in Figura 6 sono invece mostrate, a titolo di esempio, due diverse distribuzioni dei valori misurati.

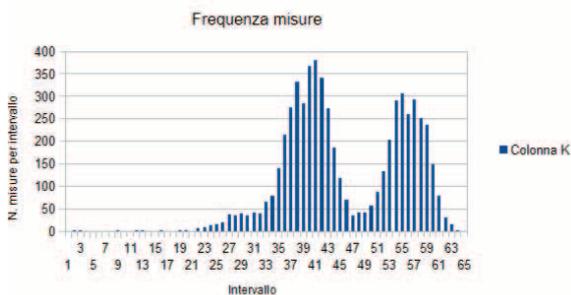


Figura 5 Distribuzione della frequenza delle misure nel caso della seconda prova nella terza serie di misure sull'acquisitore AtlasC.

Figure 5 Frequency distribution of measurements from the second test in the third set of measurements on the Atlas-C seismic data logger.

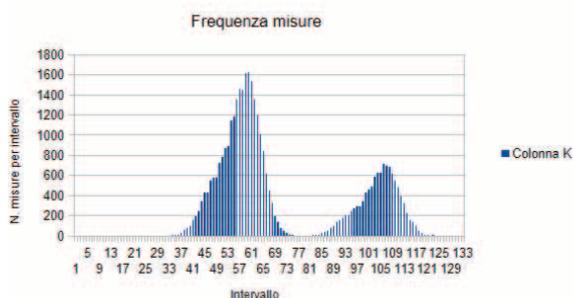


Figura 6 Distribuzione della frequenza delle misure nel caso della seconda serie di misure sull'acquisitore Reftek 130.

Figure 6 Frequency distribution of measurements from the second set of measurements on the Reftek 130 seismic data logger.

Serie	Acquisitore - Condizioni sperimentali	Potenza dichiarata (W)	Potenza misurata (W)
1	Lunitek Atlas-C - canali attivi, registrazione, sensori non collegati, batteria full	< 2	1,990 ± 0,005
2	Lunitek Atlas-C - canali attivi, registrazione e trasmissione dei dati (4G), sensori collegati, batteria full	n.d.	4,40 ± 0,01
3	Lunitek Atlas-C - canali attivi, registrazione e trasmissione dei dati (4G), sensori collegati, batteria in ricarica	n.d.	17,39 ± 0,04
1	INGV GAIA2 - canali attivi, registrazione, sensori non collegati	4,8	4,78 ± 0,01
2	INGV GAIA2 - canali attivi, registrazione e trasmissione dei dati (ethernet), sensori collegati	n.d.	5,32 ± 0,01
1	INGV GAIAIV - canali attivi, registrazione, sensori non collegati	1,8	1.801 ± 0,005
2	INGV GAIAIV - canali attivi, registrazione e trasmissione dei dati (ethernet), sensori collegati	n.d.	2,491 ± 0,005
1	Nanometrics Centaur - canali attivi, registrazione, sensori non collegati	1,2	1,260 ± 0,005
2	Nanometrics Centaur - canali attivi, registrazione e trasmissione dei dati (ethernet), sensori collegati	n.d.	1,996 ± 0,005
1	Quanterra Q330 - canali attivi, registrazione, sensori non collegati, nessun SEEDlink server	< 0,8	1,068 ± 0,004
2	Quanterra Q330 - canali attivi, registrazione, e trasmissione dei dati (seriale), sensori collegati, no SEEDlink server	n.d.	2,142 ± 0,005
1	Reftek 130 - canali attivi, registrazione, sensori non collegati, nessun SEEDlink server	~ 1,7	1,88 ± 0,01
2	Reftek 130 - canali attivi, registrazione e trasmissione dati (wifi), sì sensori, no SEEDlink server	n.d.	2,69 ± 0,01
1	Pegasus - canali attivi (3), registrazione, sensore non collegato	< 0,2	0,179 ± 0,001
2	Pegasus - canali attivi (3), registrazione, sensore collegato (Lennartz 3Dlite), no streaming dati	n.d.	0,244 ± 0,001

Tabella 1 Riepilogo delle misure ottenute per ogni acquisitore nelle diverse condizioni di utilizzo.
Table 1 Summary of measurements obtained for each data logger under different operating conditions.

6. Conclusioni

Conoscere la potenza elettrica assorbita da una stazione sismica può risultare utile per dimensionare il sistema di alimentazione fotovoltaico necessario per il suo continuo funzionamento, a prescindere dalle condizioni meteo. In questo lavoro è stato progettato un banco di misura al fine di misurare questo importante parametro, in genere riportato in modo approssimativo nei datasheet forniti dai produttori degli acquisitori sismici. Le misurazioni sono state effettuate su tutte le stazioni sismiche in dotazione al nostro Istituto. Per la valutazione e l'espressione dell'incertezza di misura è stata utilizzata la normativa CEI UNI 70098-3:2016 - di riferimento nella metrologia - che stabilisce le regole generali che possono essere eseguite, a vari livelli di accuratezza, in molti campi - dal commercio al dettaglio alla ricerca di base.

Ringraziamenti

Eseguire misurazioni di una qualunque grandezza fisica presuppone una cognizione misuristica al passo coi tempi e in linea con l'attuale normativa in materia di calcolo dell'incertezza di misura. A tal proposito, il supporto e i consigli del Prof. Andrea Scorza, titolare dell'insegnamento di

“Misure Industriali” presso la Facoltà di Ingegneria dell’Università Roma Tre, sono risultati utilissimi per il nostro Laboratorio.

Esprimiamo, inoltre, la nostra gratitudine ai colleghi Leonardo Salvaterra e Massimo Perfetti per le informazioni forniteci, rispettivamente, sugli acquisitori GAIAIV e Quanterra.

Ringraziamo altresì il collega William Thorossian per aver realizzato i cavi utilizzati nel banco di misura.

Bibliografia

- Acerra C., Rao S., Salvaterra C., Salvaterra L., Piccolini U., Pintore S., Giovani L., Vallocchia M., Thorossian W., (2019). *Manuale Tecnico e Operativo GAIA2*. INGV
- Gupta S.V., (2012). *Measurement Uncertainties, Physical Parameters and Calibrations of Instruments*. Springer: 342
- Ifan G.H., Hase T.P.A., (2010). *Measurements and their Uncertainties*, Oxford:153
- Manfredini G., (2018). *Atlas Digital Recorder User Guide*, Lunitek srl: 29
- Nanometrics (2019). *Centaur User Guide*: 206
- Nanometrics (2021). *Pegasus Data Acquisition System User Guide*: 114
- Rao S., Salvaterra L., Acerra C., (2010). *Software per l’installazione e la configurazione della stazione sismica GAIA2*, Rapp. Tec. INGV, 130: 1-52,
https://editoria.ingv.it/archivio_pdf/rapporti/129/pdf/rapporti_130.pdf
- Reftek (2011). *130-01 Operations, Startup*: 121
- UNI (2018). *Incertezza di Misura – Parte 3: Guida all’incertezza di misura*. Norma Italiana CEI UNI 70098-3:2016, 128
- Yokogawa, (2019). *Bulletin WT300E Series Digital Power Meter*
- Yokogawa, (2015). *Users manual WT310E*: 143
- Yokogawa, (2020). *WT ViewerEfree Users Manual*: 92

Sitografia

- https://kinemetrics.com/post_products/quanterra-q330s/
- <https://www.nanometrics.ca/products/digitizers/centaur-digital-recorder>
- <https://www.nanometrics.ca/products/digitizers/pegasus-portable-digital-recorder>
- <https://lunitek.it/seismic/seismic-recorders/atlas-c/>
- <https://reftek.com/>
- <https://tmi.yokogawa.com/it/solutions/products/power-analyzers/digital-power-meter-wt300e/>

QUADERNI di GEOFISICA

ISSN 1590-2595

<http://istituto.ingv.it/it/le-collane-editoriali-ingv/quaderni-di-geofisica.html/>

I QUADERNI DI GEOFISICA (QUAD. GEOFIS.) accolgono lavori, sia in italiano che in inglese, che diano particolare risalto alla pubblicazione di dati, misure, osservazioni e loro elaborazioni anche preliminari che necessitano di rapida diffusione nella comunità scientifica nazionale ed internazionale. Per questo scopo la pubblicazione on-line è particolarmente utile e fornisce accesso immediato a tutti i possibili utenti. Un Editorial Board multidisciplinare ed un accurato processo di peer-review garantiscono i requisiti di qualità per la pubblicazione dei contributi. I QUADERNI DI GEOFISICA sono presenti in "Emerging Sources Citation Index" di Clarivate Analytics, e in "Open Access Journals" di Scopus.

QUADERNI DI GEOFISICA (QUAD. GEOFIS.) welcome contributions, in Italian and/or in English, with special emphasis on preliminary elaborations of data, measures, and observations that need rapid and widespread diffusion in the scientific community. The on-line publication is particularly useful for this purpose, and a multidisciplinary Editorial Board with an accurate peer-review process provides the quality standard for the publication of the manuscripts. QUADERNI DI GEOFISICA are present in "Emerging Sources Citation Index" of Clarivate Analytics, and in "Open Access Journals" of Scopus.

RAPPORTI TECNICI INGV

ISSN 2039-7941

<http://istituto.ingv.it/it/le-collane-editoriali-ingv/rapporti-tecnici-ingv.html/>

I RAPPORTI TECNICI INGV (RAPP. TEC. INGV) pubblicano contributi, sia in italiano che in inglese, di tipo tecnologico come manuali, software, applicazioni ed innovazioni di strumentazioni, tecniche di raccolta dati di rilevante interesse tecnico-scientifico. I RAPPORTI TECNICI INGV sono pubblicati esclusivamente on-line per garantire agli autori rapidità di diffusione e agli utenti accesso immediato ai dati pubblicati. Un Editorial Board multidisciplinare ed un accurato processo di peer-review garantiscono i requisiti di qualità per la pubblicazione dei contributi.

RAPPORTI TECNICI INGV (RAPP. TEC. INGV) publish technological contributions (in Italian and/or in English) such as manuals, software, applications and implementations of instruments, and techniques of data collection. RAPPORTI TECNICI INGV are published online to guarantee celerity of diffusion and a prompt access to published data. A multidisciplinary Editorial Board and an accurate peer-review process provide the quality standard for the publication of the contributions.

MISCELLANEA INGV

ISSN 2039-6651

http://istituto.ingv.it/it/le-collane-editoriali-ingv/miscellanea-ingv.html

MISCELLANEA INGV (MISC. INGV) favorisce la pubblicazione di contributi scientifici riguardanti le attività svolte dall'INGV. In particolare, MISCELLANEA INGV raccoglie reports di progetti scientifici, proceedings di convegni, manuali, monografie di rilevante interesse, raccolte di articoli, ecc. La pubblicazione è esclusivamente on-line, completamente gratuita e garantisce tempi rapidi e grande diffusione sul web. L'Editorial Board INGV, grazie al suo carattere multidisciplinare, assicura i requisiti di qualità per la pubblicazione dei contributi sottomessi.

MISCELLANEA INGV (MISC. INGV) favours the publication of scientific contributions regarding the main activities carried out at INGV. In particular, MISCELLANEA INGV gathers reports of scientific projects, proceedings of meetings, manuals, relevant monographs, collections of articles etc. The journal is published online to guarantee celerity of diffusion on the internet. A multidisciplinary Editorial Board and an accurate peer-review process provide the quality standard for the publication of the contributions.

Coordinamento editoriale

Francesca DI STEFANO
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Progetto grafico

Barbara ANGIONI
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Impaginazione

Barbara ANGIONI
Patrizia PANTANI
Massimiliano CASCONI
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

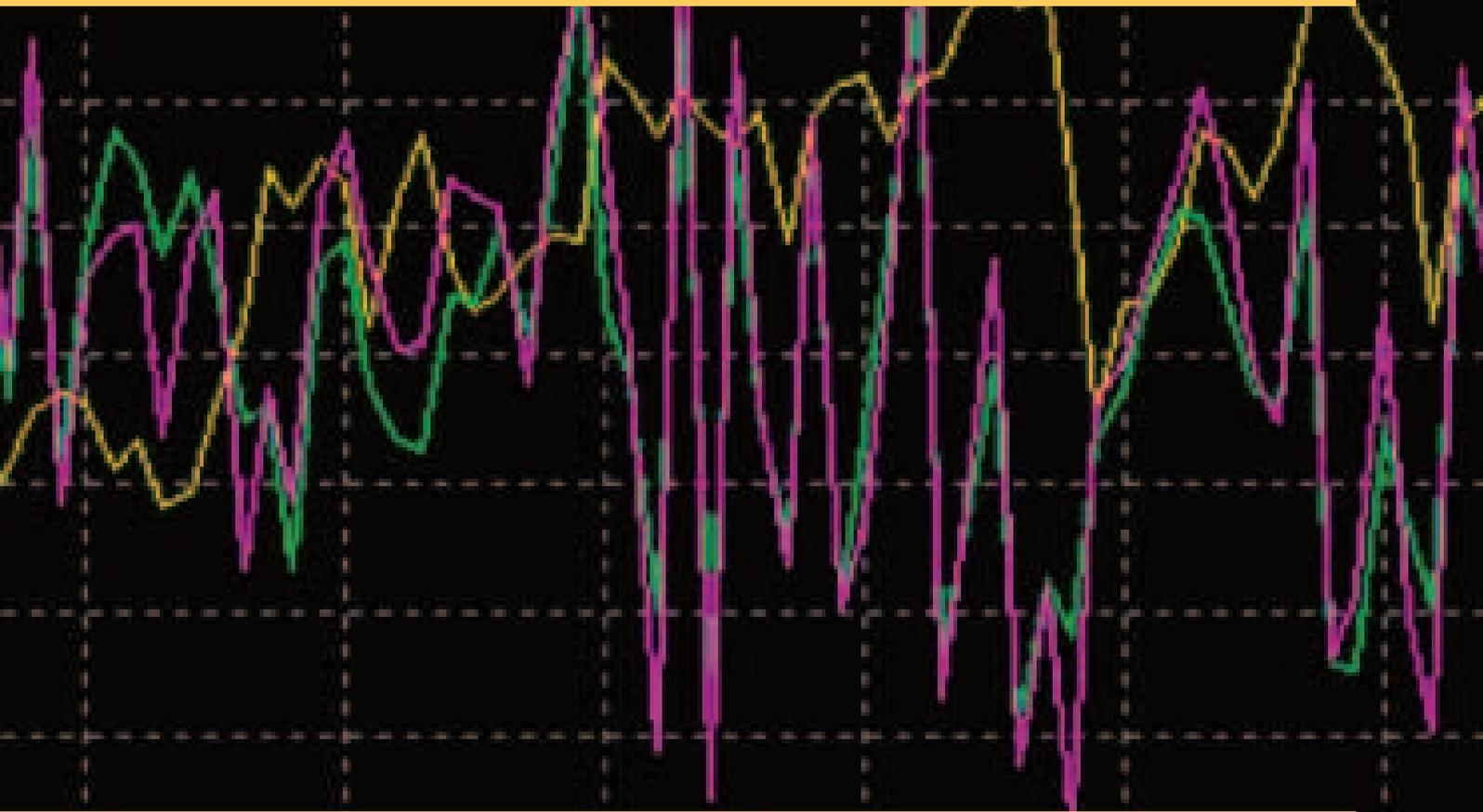
©2023

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
Via di Vigna Murata, 605
00143 Roma
tel. +39 06518601

www.ingv.it



Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA