



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Sistemi GNSS e lo strumento LZERO a basso costo

Autori: Lavinia Tunini, Andrea Magrin, David Zuliani



Istituto Nazionale
di Oceanografia
e di Geofisica
Sperimentale





Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Indice (1)

- conoscenze di base sul funzionamento dei sistemi GNSS
 - I sistemi GNSS e la loro struttura
 - Localizzazione di un punto nei sistemi GNSS
 - Il segnale: portanti e modulazione
 - La misure con il codice: il pseudorange
 - Le misure di fase: l'ambiguità intera
 - Errori nella misura GNSS
 - DOP=Dilution of Precision
 - Tipi di posizionamento: Posizionamento assoluto (ricevitore Stand-alone o autonomo)
 - Tipi di posizionamento: Posizionamento relativo (due ricevitori)
 - Tipi di posizionamento: Posizionamento differenziale in tempo reale (due ricevitori)
 - Reti di stazioni permanenti, relativi servizi e protocollo NTRIP
 - Strumentazione



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Indice (2)

- LZERO: uno strumento GNSS multiuso a basso costo
 - LZERO MOB: KIT di campagna
 - LZERO MOB: il dettaglio
 - LZERO MOB: i supporti/monumenti antenna
 - diagramma di flusso del funzionamento
 - configuratore centrale
 - interfaccia di configurazione e di gestione
 - interfaccia di configurazione U-BLOX
 - interfaccia di configurazione RTKLIB
- Bibliografia e sitografia



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIANZA

ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca dell'Ambiente



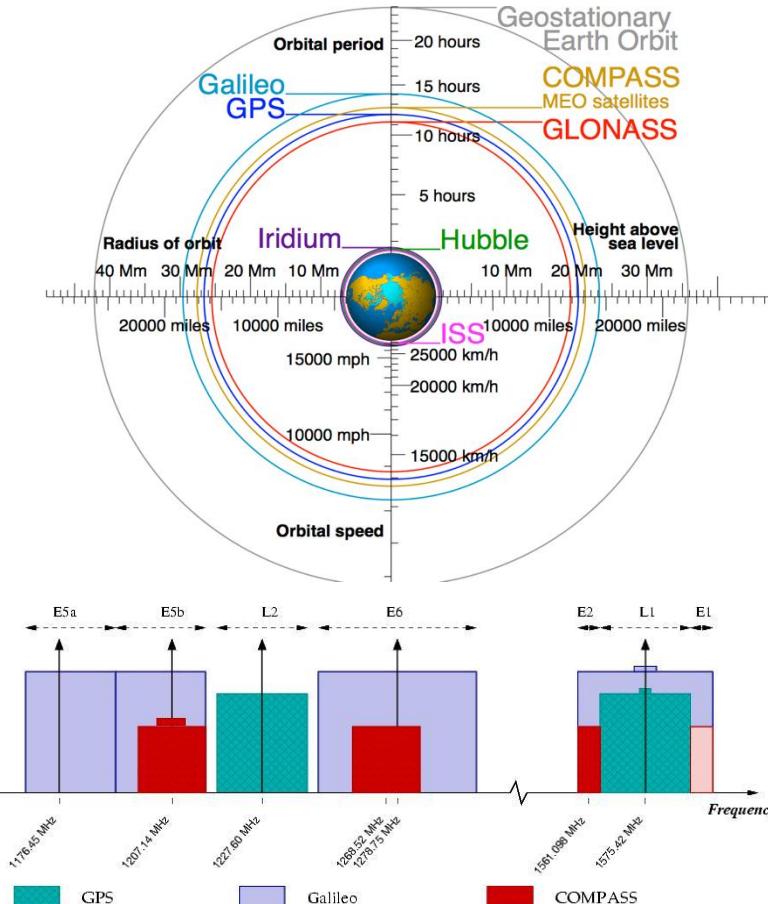
Conoscenze di base sul funzionamento dei sistemi GNSS

I sistemi GNSS e la loro struttura

- GNSS: Global Navigation Satellite Systems
 - GPS → Stati Uniti
 - GLONASS → Russia
 - GALILEO → Europa
 - COMPASS/BEIDOU2 → Cina
- SBAS: Sat-based augmentation system
 - WAAS → Stati Uniti
 - EGNOS → Europa

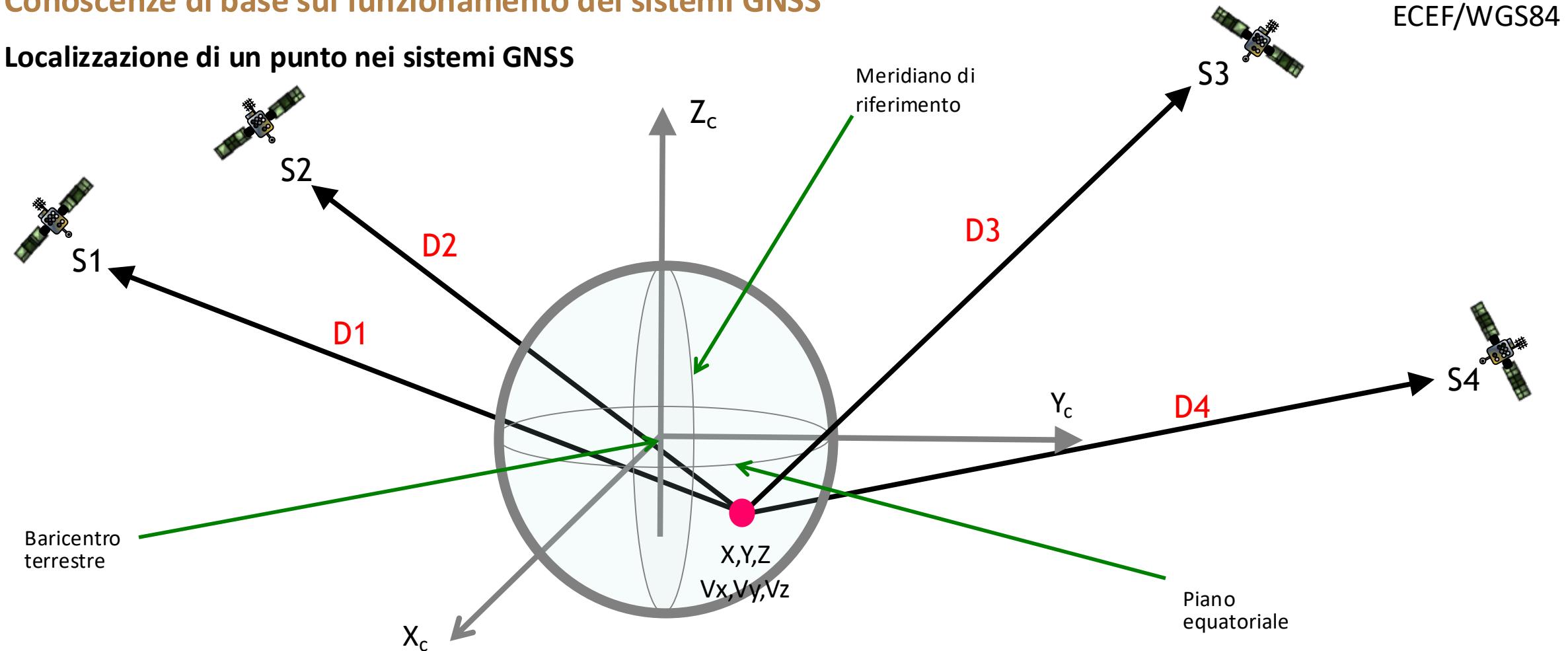
A COSA SERVONO

- Conoscere la **POSIZIONE** in cui ci si trova.
- Conoscere la **VELOCITA'** con la quale ci si muove.



Conoscenze di base sul funzionamento dei sistemi GNSS

Localizzazione di un punto nei sistemi GNSS





Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILLENZA



ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

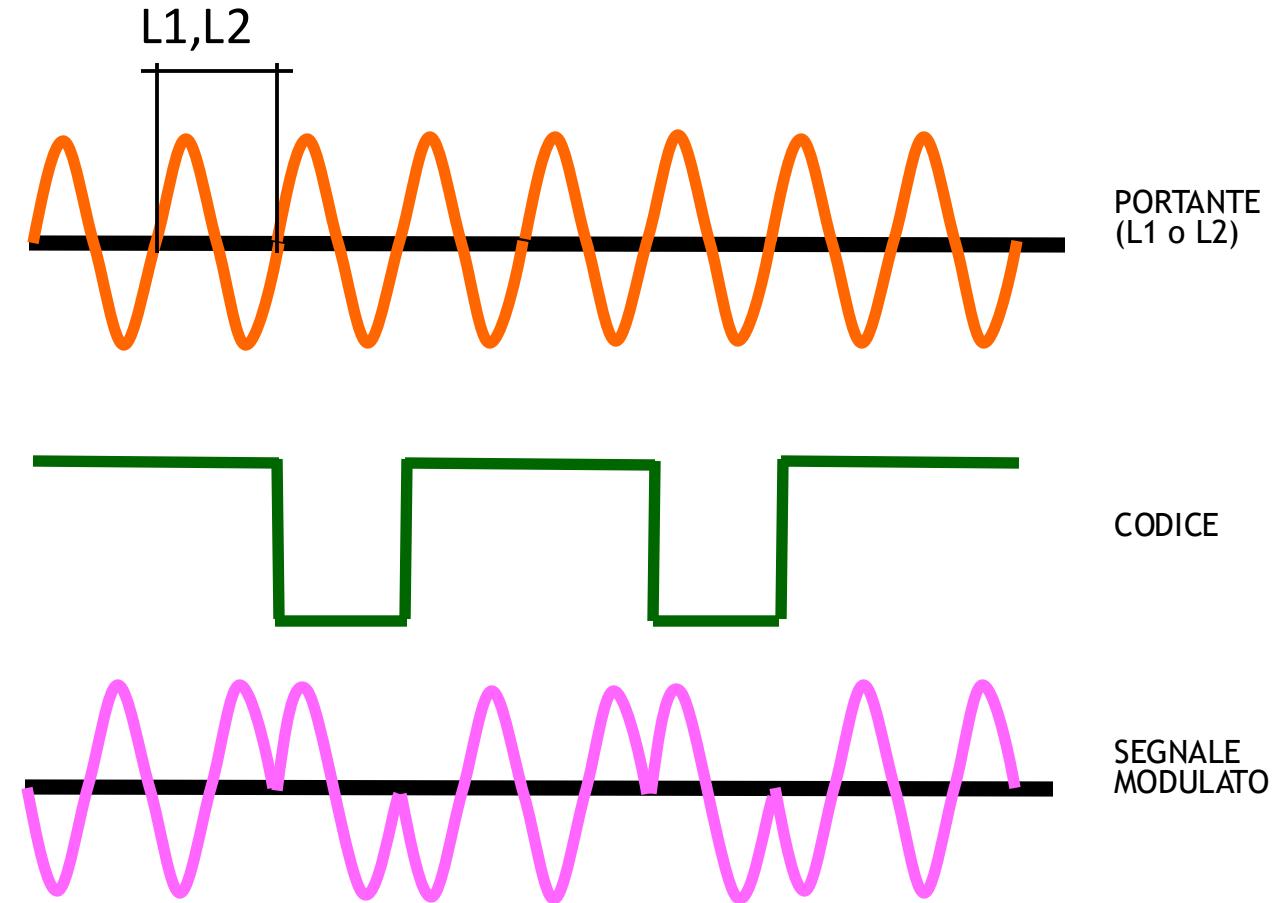


Conoscenze di base sul funzionamento dei sistemi GNSS

Il segnale: portanti e modulazione (ad esempio nel GPS)

Le portanti (o **FASI**) sono onde sinusoidali generate a partire da un segnale con frequenza $f_0 = 10,23 \text{ MHz}$ ($\lambda=30 \text{ m}$)

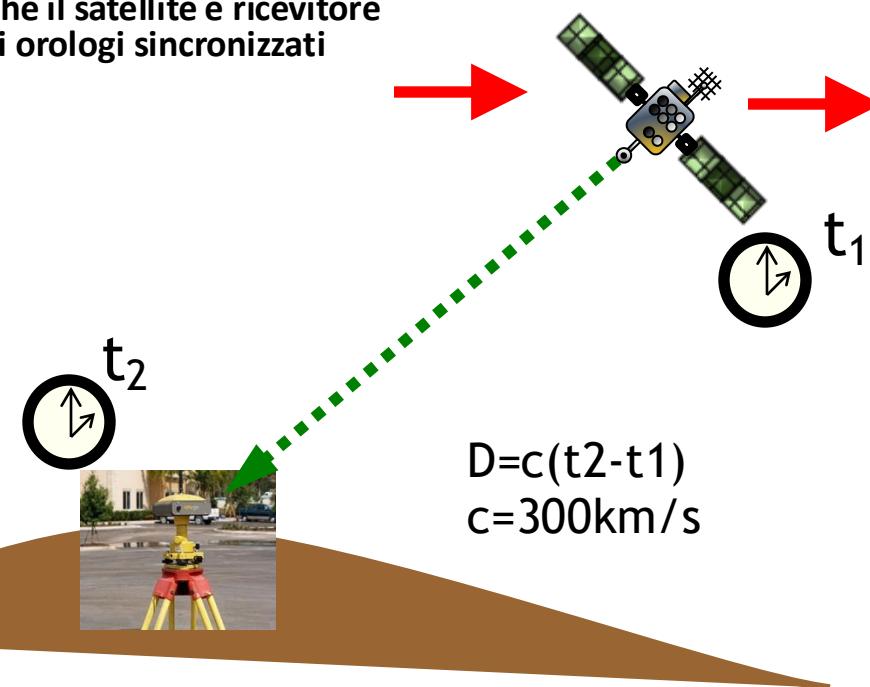
- L1: frequenza $154 f_0 = 1575,42 \text{ Mhz}$ ($L1 = 19 \text{ cm}$)
- L2: frequenza $120 f_0 = 1227,60 \text{ Mhz}$ ($L2 = 24 \text{ cm}$)



Conoscenze di base sul funzionamento dei sistemi GNSS

La misure con il codice: il pseudorange

- Sono misure di distanza (D) tra il satellite e antenna
- PSEUDO** perché il satellite e ricevitore non hanno gli orologi sincronizzati



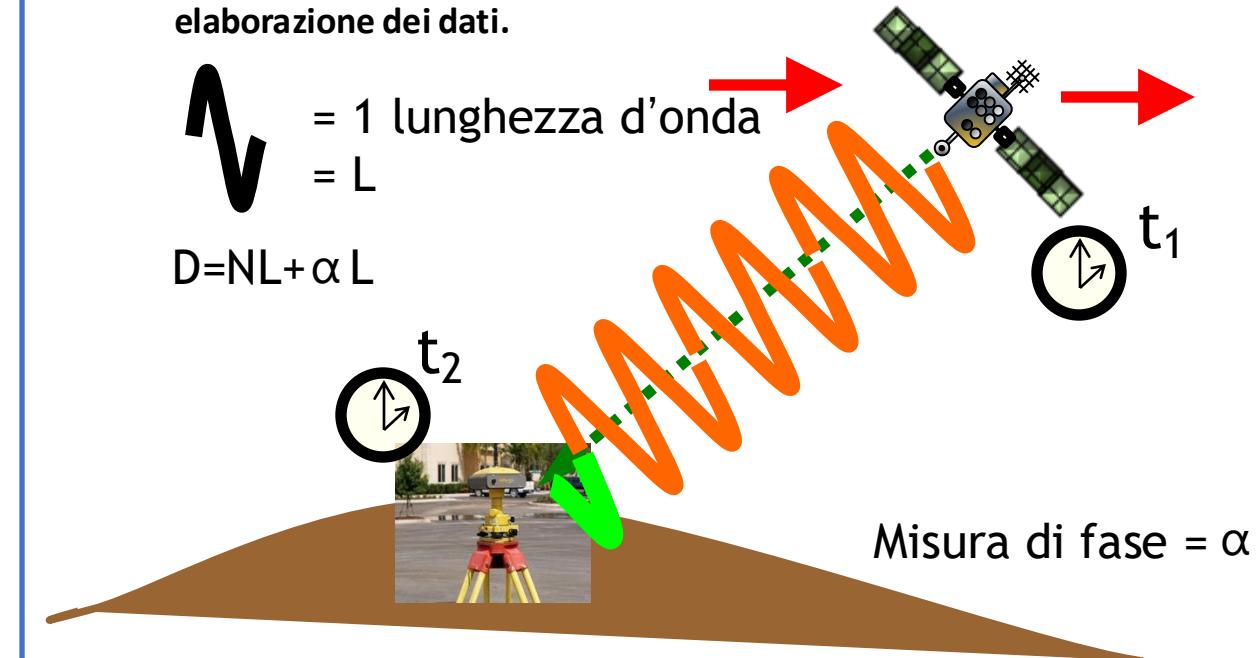
Le misure di fase: l'ambiguità intera

- La distanza è quindi formata da due contributi:
 - la misura di fase α
 - N** (incognito) numero di lunghezze d'onda intere = AMBIGUITÀ'
- la fase viene misurata dallo strumento, N viene stimata dai programmi di elaborazione dei dati.



= 1 lunghezza d'onda
= L

$$D=NL+\alpha L$$





Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIANZA

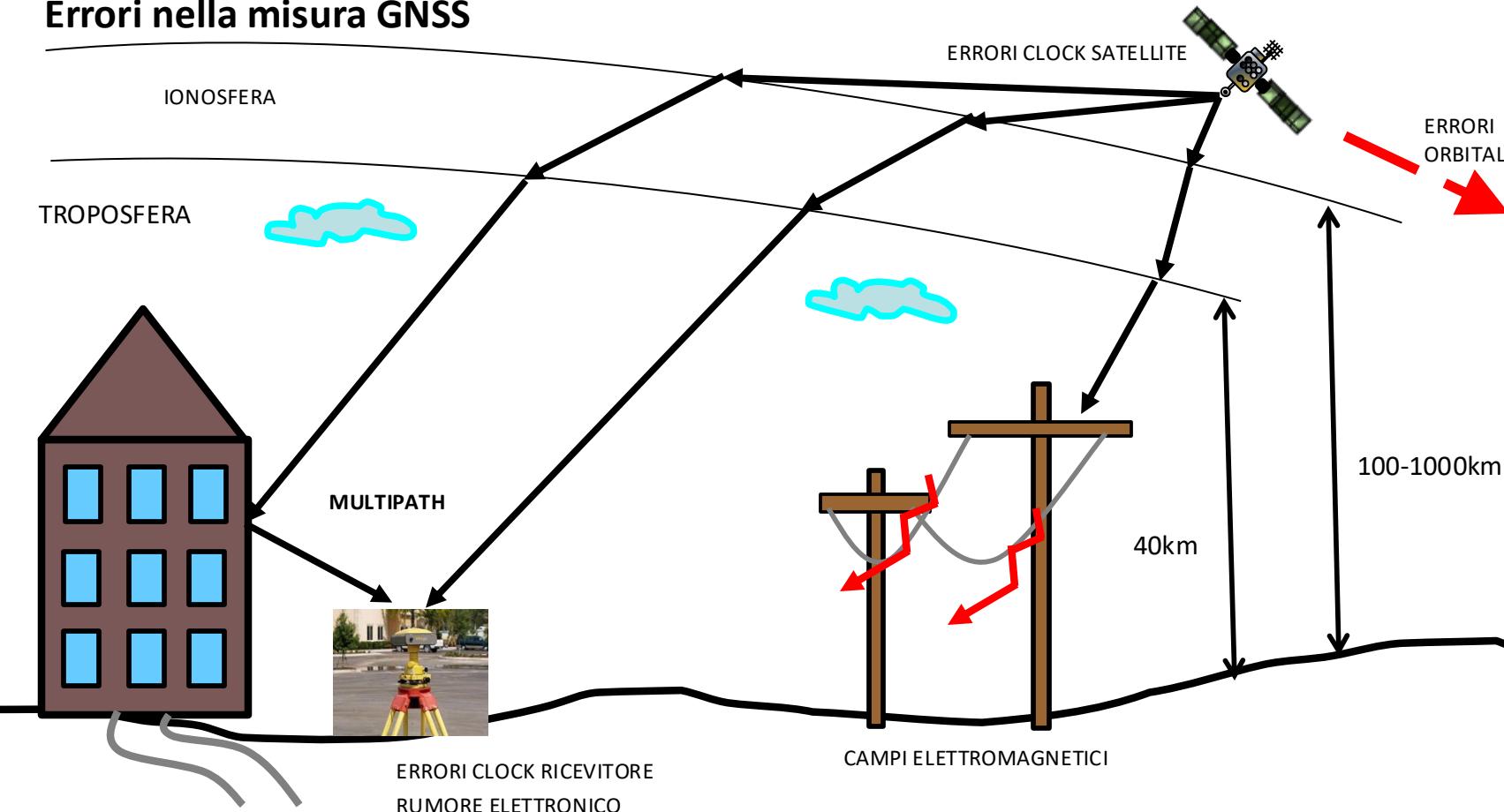


ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Conoscenze di base sul funzionamento dei sistemi GNSS

Errori nella misura GNSS



Precise error model, dual-frequency,
P(Y) code

Error source	One-sigma error, m			
	Bias	Rand.	Tot.	DGPS
Ephemeris data	2.1	0.0	2.1	0.0
Satellite clock	2.0	0.7	2.1	0.0
Ionosphere	1.0	0.5	1.2	0.1
Troposphere	0.5	0.5	0.7	0.1
Multipath	1.0	1.0	1.4	1.4
Receiver measurement	0.5	0.2	0.5	0.5
<hr/>				
User equivalent range error (UERE), rms*	2.6	1.5	3.0	1.5
Filtered UERE, rms	2.6	0.4	2.6	1.4
<hr/>				
Vertical one-sigma errors--VDOP=	2.5		6.5	3.7
Horizontal one-sigma errors--HDOP=	2.0		5.2	3.0



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU

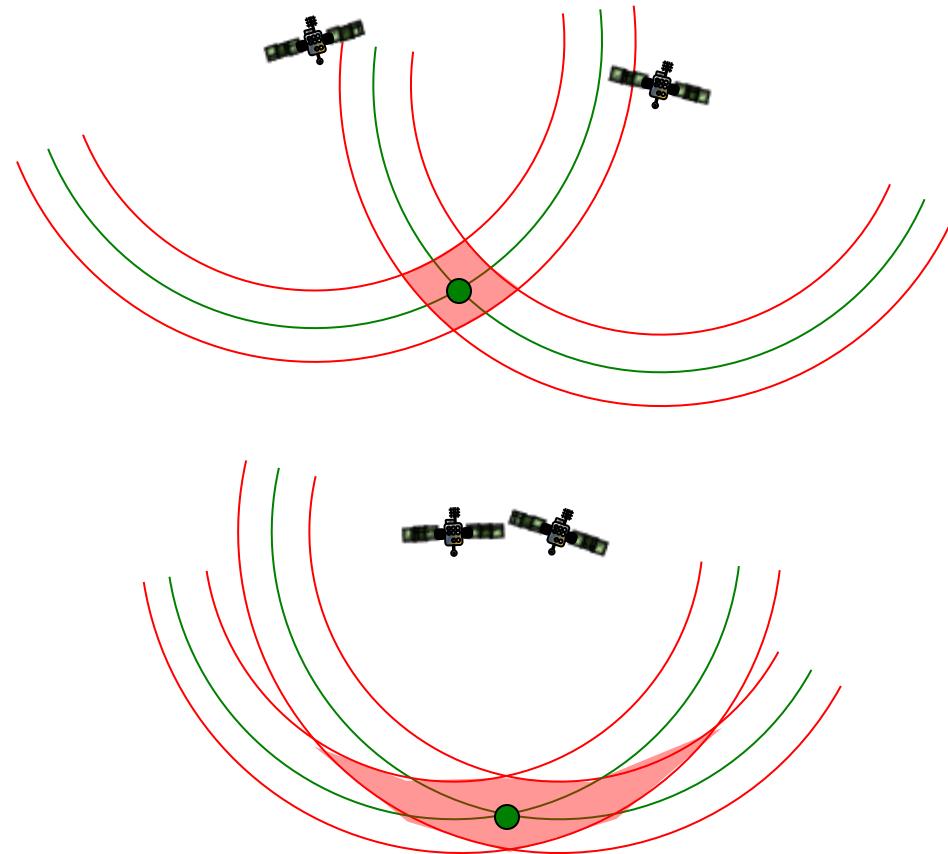


Conoscenze di base sul funzionamento dei sistemi GNSS

DOP=Dilution of Precision

GDOP = Geometric Dilution of Precision

- Misura la bontà geometrica della configurazione satellitare o **SKY PLOT**
- Si può scomporre in:
 - PDOP Positioning Dilution of Precision
 - HDOP Horizontal Dilution of Precision
 - VDOP Vertical Dilution of Precision
 - TDOP Time Dilution of Precision



DOP	VALUTAZIONE
<1	ideale
1-2	ottima
2-5	buona
5-10	moderata
10-20	scarsa
>20	insufficiente

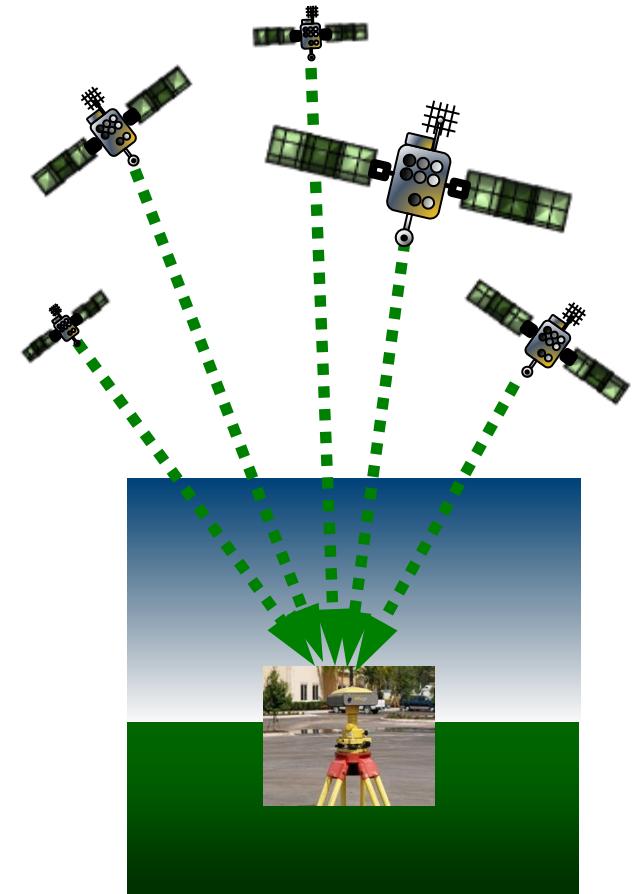
ERRORE DI POSIZIONE = HDOP * UERE

Conoscenze di base sul funzionamento dei sistemi GNSS

Tipi di posizionamento: Posizionamento assoluto (ricevitore Stand-alone o autonomo)

- Solo le misure di codice possono essere utilizzate per determinare la posizione assoluta in tempo reale.
- Le misure di fase richiedono il calcolo dell'ambiguità intera di fase, per la quale sono necessarie più acquisizioni e quindi non è possibile eseguire misure in tempo reale.
- Precisioni tipiche del posizionamento assoluto in tempo reale:
 - con codice C/A l'incertezza è di circa ± 30 m
 - con codice P l'incertezza è circa $\pm 3\text{-}5$ m

precisione metrica



Conoscenze di base sul funzionamento dei sistemi GNSS

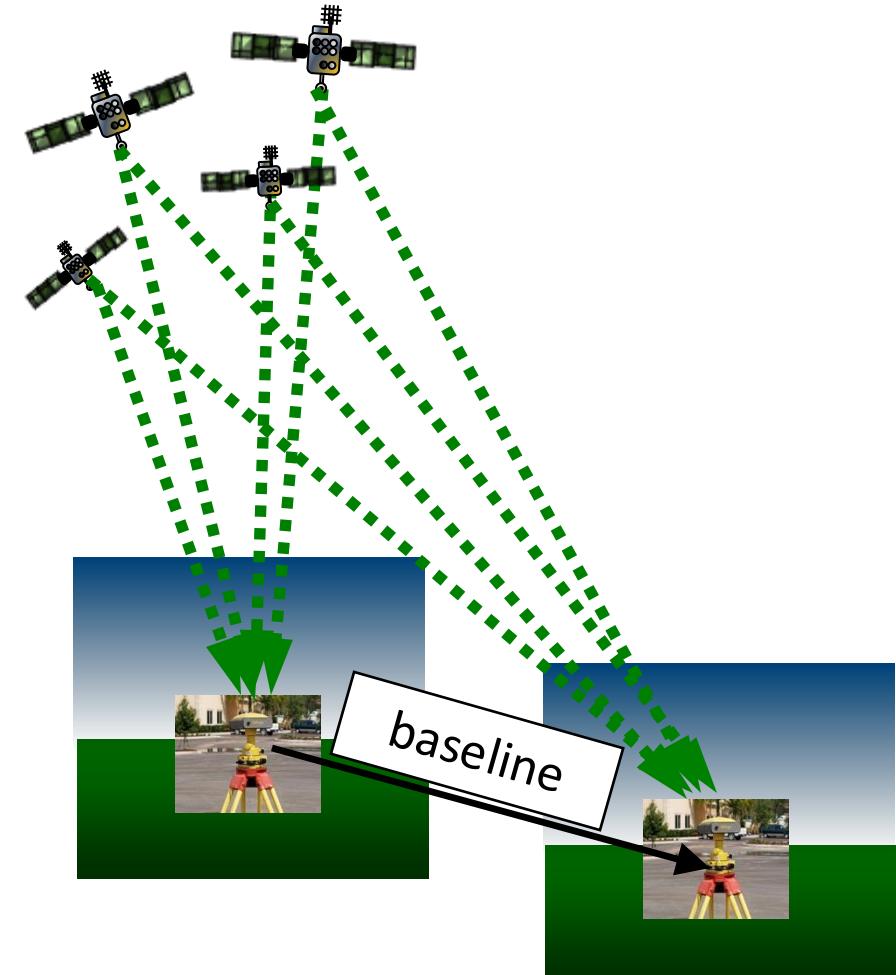
Tipi di posizionamento: Posizionamento relativo (due ricevitori)

- Combinando le misure di fase acquisite contemporaneamente da 2 ricevitori, si possono:
 - Eliminare gli errori di orologio
 - Ridurre l'effetto degli errori spazialmente correlati (ionosfera e troposfera)
 - Risolvere le ambiguità intere di fase
- Non si ottengono più le coord. assolute bensì quelle relative di un punto rispetto all'altro con precisioni spinte e bassi tempi di stazionamento.

TECNICHE DI DIFFERENZIAZIONE:

- **Doppi differenze** per eliminare gli offset degli orologi dei satelliti e dei ricevitori.
- **Triple differenze**, per la stima delle ambiguità.
- Combinazioni **LC** di L1 ed L2, riducono l'effetto della ionosfera.
- Combinazioni **Wide-lane** e **Narrow-lane** per la stima delle ambiguità intere.

precisione centimetrica e sub-centimetrica





Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

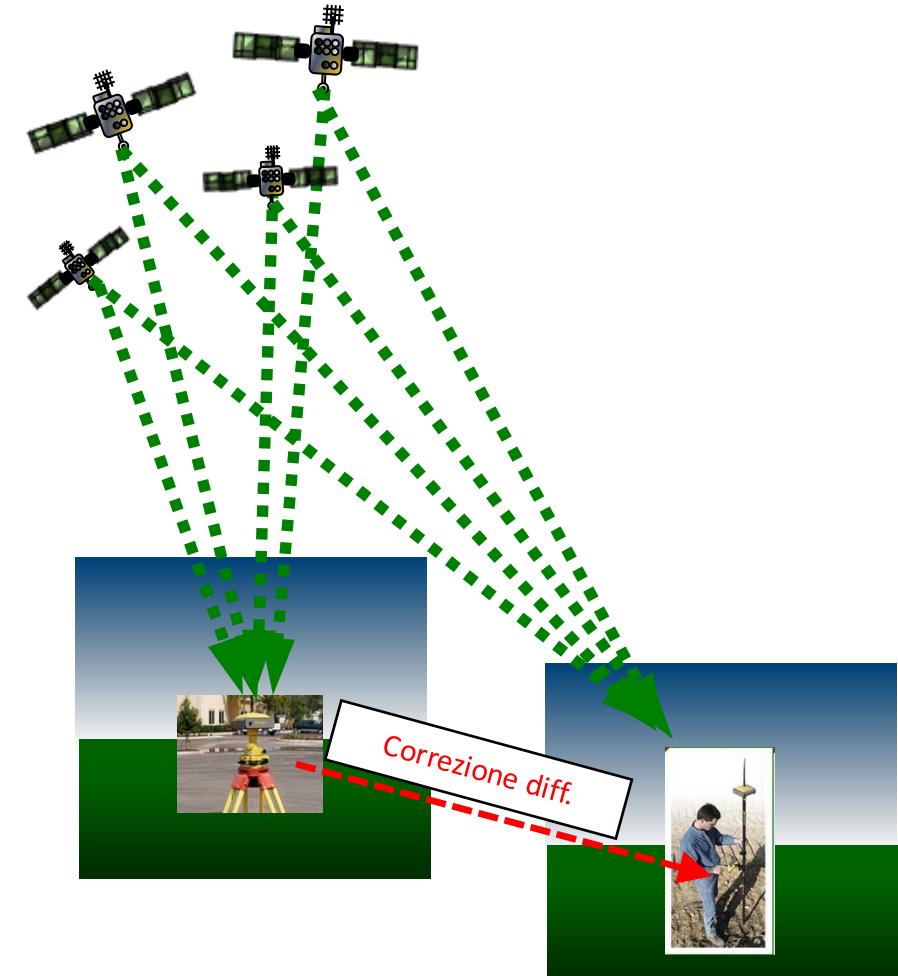


Conoscenze di base sul funzionamento dei sistemi GNSS

Tipi di posizionamento: Posizionamento differenziale in tempo reale (due ricevitori)

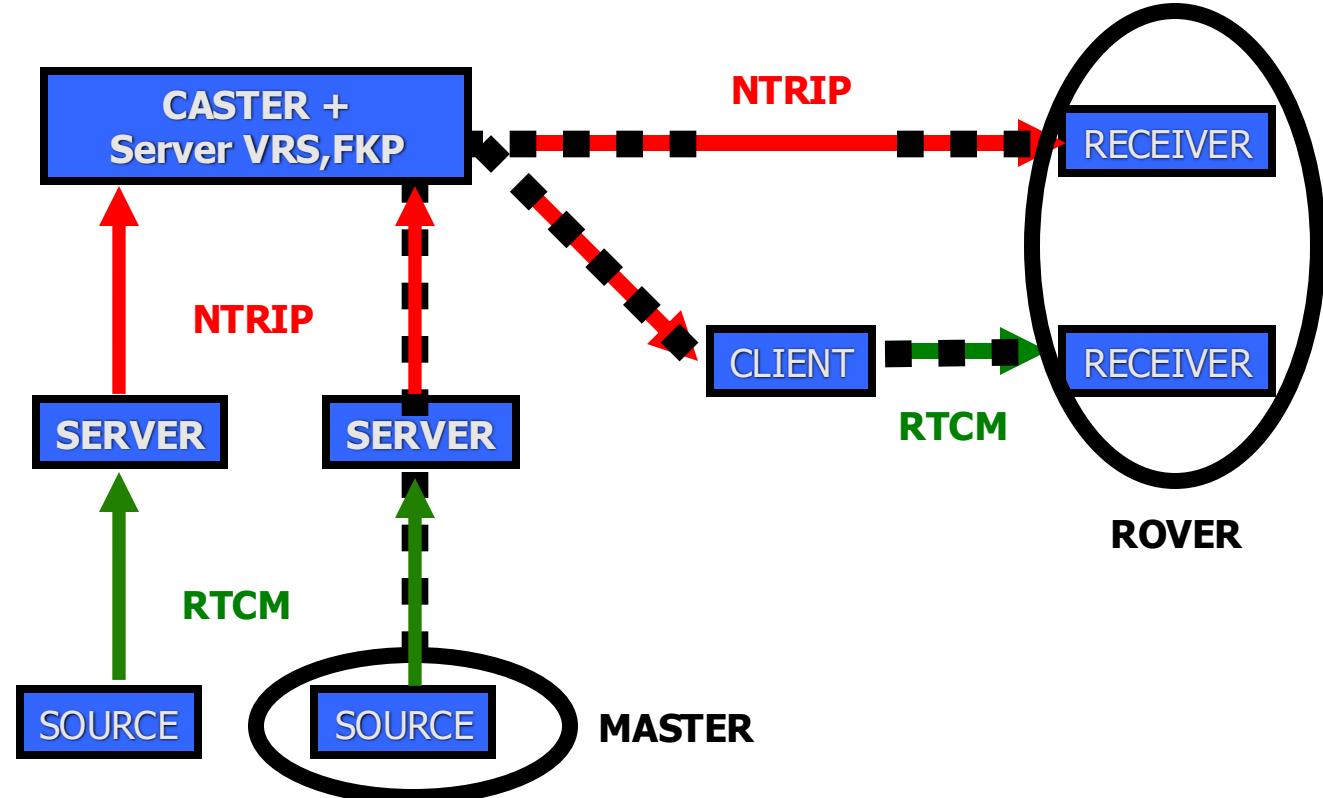
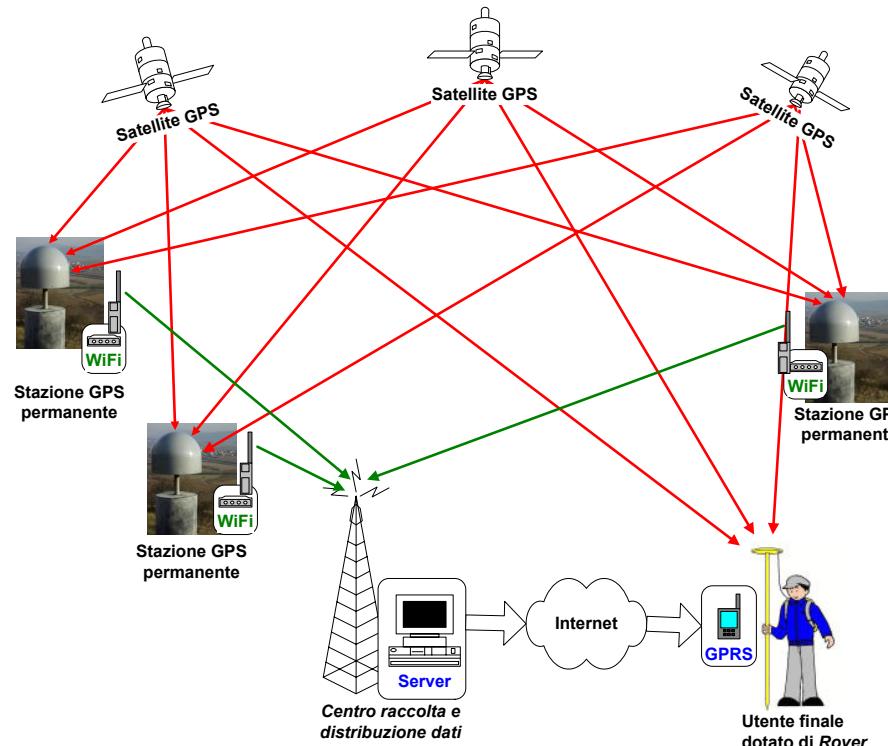
- Il principio è lo stesso del posizionamento relativo
- In questo caso un ricevitore fisso (master) trasmette via radio (o modem GSM o Internet) le correzioni per un ricevitore mobile (modalità cinematica)
- Con misure di fase: RTK (precisione 3-4 cm)
- Con misure di codice: DGPS (precisione sub-metrica)

precisione centimetrica



Conoscenze di base sul funzionamento dei sistemi GNSS

Reti di stazioni permanenti, relativi servizi e protocollo NTRIP





Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



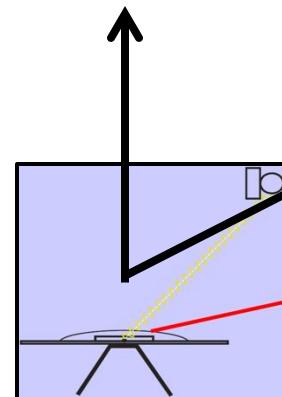
Conoscenze di base sul funzionamento dei sistemi GNSS

Strumentazione

Antenna geodetica



Antenna Choke Ring



Centro di fase



Cupola protettiva



Ricevitore palmare per
applicazioni Rover



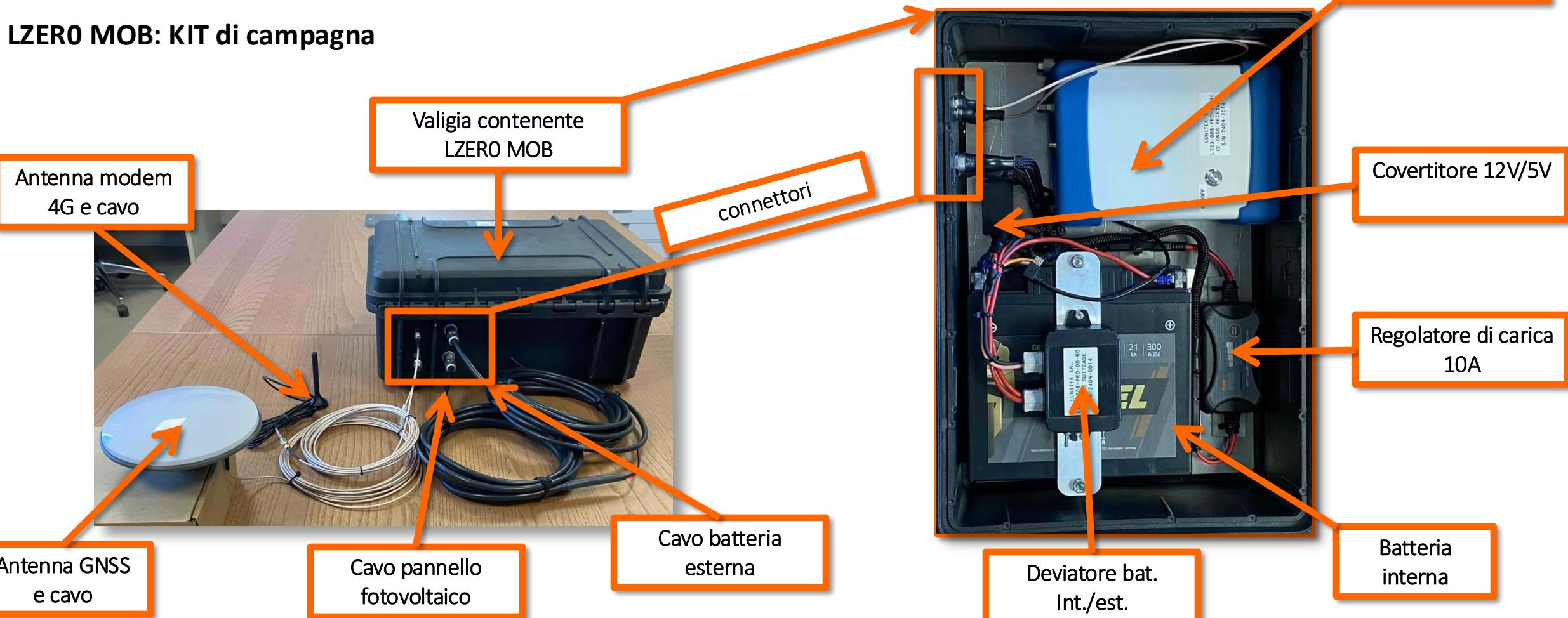
Ricevitore da stazione
permanente o Master



Ricevitore ibrido

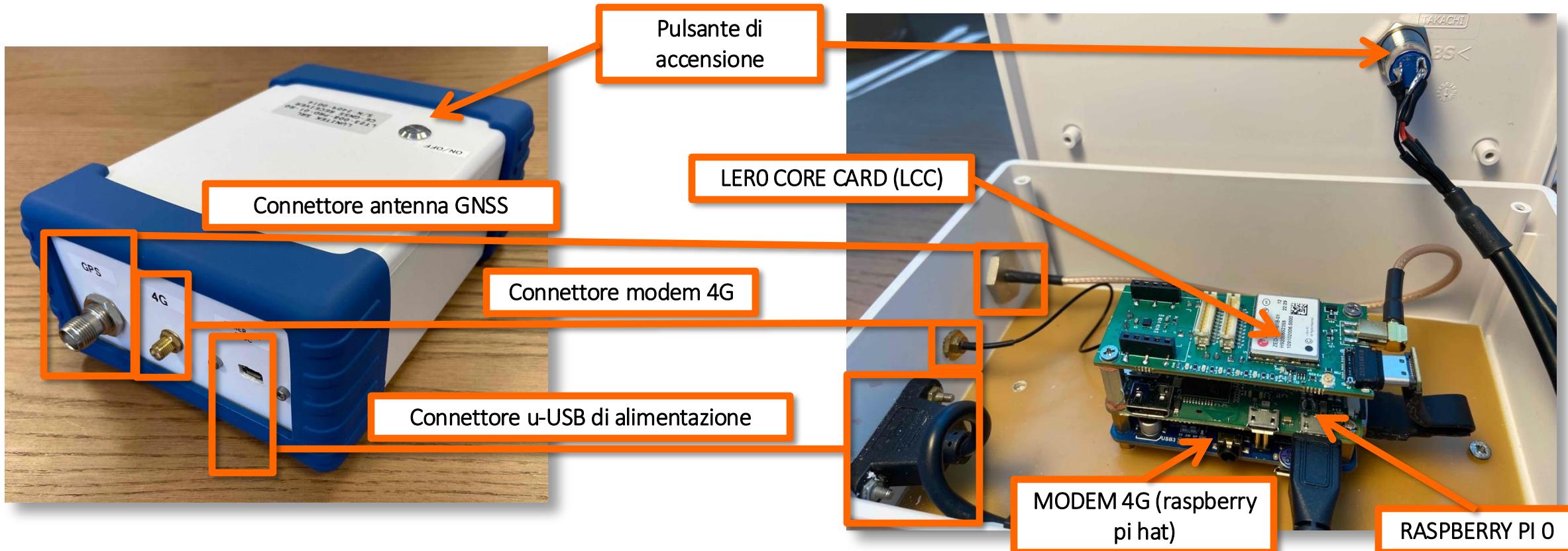
LZERO: uno strumento GNSS multiuso a basso costo

LZERO MOB: KIT di campagna



LZERO: uno strumento GNSS multiuso a basso costo

LZERO MOB: il dettaglio





Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



LZERO: uno strumento GNSS multiuso a basso costo

LZERO MOB: i supporti/monumenti antenna

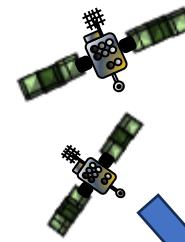


Sistemi di ancoraggio antenne GNSS su terreni rocciosi e su terreni morbidi

LZERO: uno strumento GNSS multiuso a basso costo

Diagramma di flusso del funzionamento

SATELLITI GNSS



ANTENNA
GNSS

LZERO

UBX

CFG

CFG

RTKLIB

RASPBIAN

MEMORIA
INTERNA

POS

TCP connection

NTRIP
CASTER

INTERNET

LZERO: uno strumento GNSS multiuso a basso costo

Configuratore centrale

Diagram illustrating the central configuration interface for the LZERO GNSS multi-use low-cost instrument.

The interface consists of several components:

- Check status of stations**: A button to check the status of configured stations.
- Deselect all**: A button to clear all selected stations.
- Name**: A dropdown list showing the configured station names: LZERO and test2 (no working).
- Status**: A dropdown list showing the current status of the stations: ser2net (LZERO) and unreachable (test2).
- Change status**: A button to change the status of selected stations.
- Current job**: Displays the current job status as '-'.
- URL**: Displays the URLs for the LZERO host: 2.234.152.104:36281 and localhost:9999.
- Apply configuration**: A button to apply the selected configuration file.
- Select file**: A button to select a configuration file. The message "Nessun file selezionato" is displayed.
- Supported formats**: .ubx, .txt
- Gestione Host**: A panel showing the host address 2.234.152.104 and the station name LZERO.
- Real time data**: Buttons to view real-time data from the LZERO host.

Annotations highlight specific features:

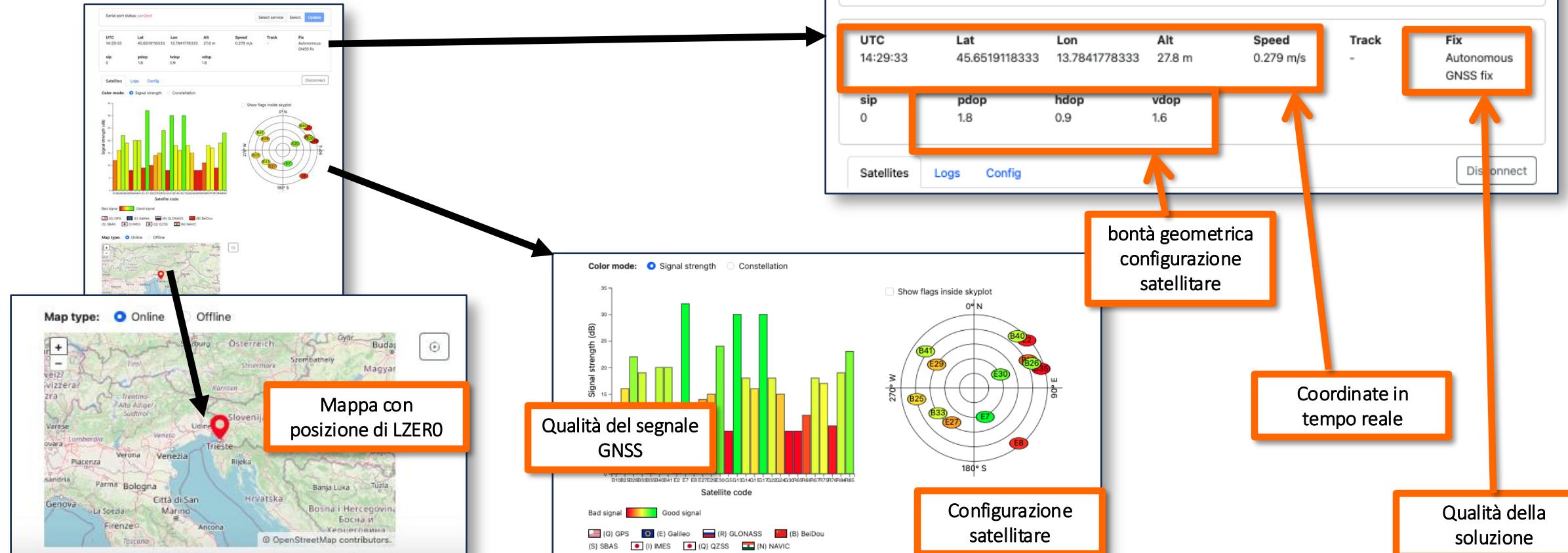
- Aggiornamento stato strumenti (Update instrument status)
- Tipo di accesso al chip U-BLOX (Type of access to the U-BLOX chip)
- Selezione file di configurazione chip U-BLOX per configurazione multipla (Selection of U-BLOX configuration file for multiple configuration)
- Pulsante e check di selezione multipla (Select multiple button and checkbox)
- Lista strumenti configurati (List of configured instruments)
- Stato della strumentazione (Instrument status)
- Indirizzo IP e porta di accesso interfaccia strumento (Instrument interface IP address and port)

Two additional windows are shown on the right:

- Real time data for station LZERO**: A plot showing real-time data for station LZERO, including a map and data tables.
- interfaccia di visualizzazione dati in tempo reale**: Real-time data visualization interface.
- interfaccia di configurazione e di gestione**: Configuration and management interface.

LZERO: uno strumento GNSS multiuso a basso costo

Interfaccia di configurazione e di gestione



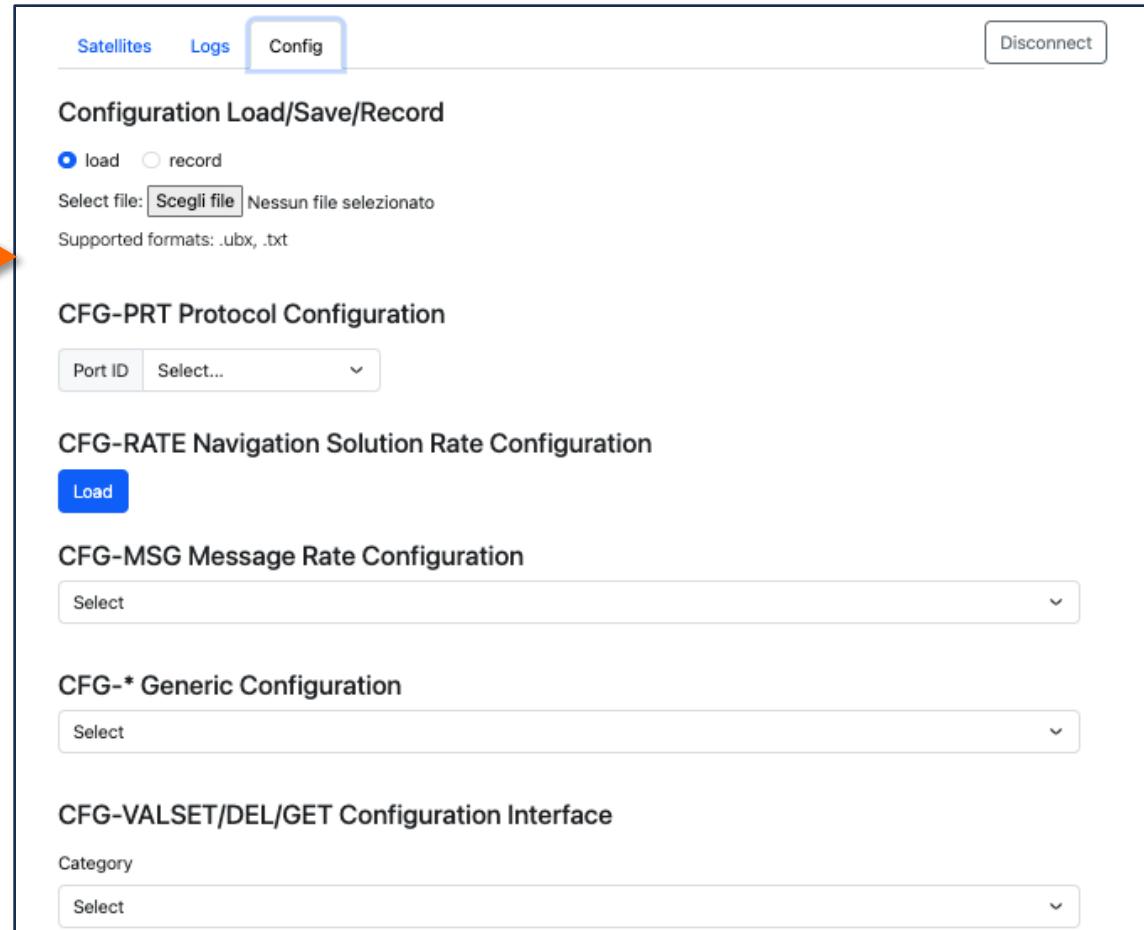
LZERO: uno strumento GNSS multiuso a basso costo

Interfaccia di configurazione U-BLOX



Configuratore U-BLOX

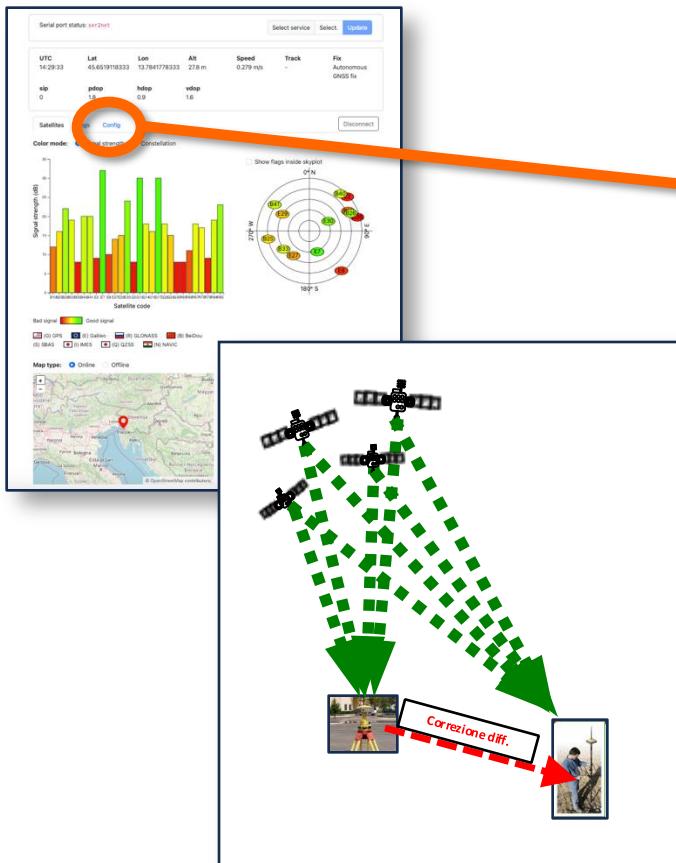
Configurazioni specifiche del
chipset U-BLOX ZED F9P



The figure shows a screenshot of the 'Configuration Load/Save/Record' interface. At the top, there are tabs for 'Satellites', 'Logs', and 'Config', with 'Config' being the active tab. To the right is a 'Disconnect' button. The main area is titled 'Configuration Load/Save/Record' with a radio button for 'load' (selected) and 'record'. It includes a 'Select file:' field with the placeholder 'Scegli file' and the message 'Nessun file selezionato', and a note 'Supported formats: .ubx, .txt'. Below this are several configuration sections: 'CFG-PRT Protocol Configuration' (Port ID dropdown set to 'Select...'), 'CFG-RATE Navigation Solution Rate Configuration' (Load button), 'CFG-MSG Message Rate Configuration' (Select dropdown), 'CFG-* Generic Configuration' (Select dropdown), and 'CFG-VALSET/DEL/GET Configuration Interface' (Category dropdown set to 'Select').

LZERO: uno strumento GNSS multiuso a basso costo

Interfaccia di configurazione RTKLIB



Configurazioni specifiche di RTKLIB



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIANZA



ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Bibliografia e sitografia

- Alberto Cina, GPS Principi, modalità e tecniche di posizionamento, Celid, maggio 2000
- Alberto Cina, Trattamento delle misure topografiche, Teoria ed esercizi, Celid, ottobre 2002
- Ludovico Biagi, I fondamenti del GPS, Geomatics Workbooks, Vol. 8, 2009 ISSN 1591-092X
- Laura Baratin, Vittorio Grassi, TOPOGRAFIA TEORIA APPLICAZIONI ESERCIZI, Pitagora Editrice 2010
- <http://www.navipedia.net>
- Zuliani D., Tunini L., Severin M., Bertoni M., Ponton C., & Parolai S. (2022). LZERO: A Cost-Effective Multi-Purpose GNSS Platform. *Sensors*, 22(21), 8314. <https://doi.org/10.3390/s22218314>
- Tunini L., Zuliani D., and Magrin A. (2022). Applicability of cost-effective GNSS sensors for crustal deformation studies. *Sensors*, 22(1), 350. <https://doi.org/10.3390/s22010350>
- Zuliani D., Tunini L., Di Traglia F., Chersich M., & Curone D. (2022). Cost-effective, single-frequency GPS network as a tool for landslide monitoring. *Sensors*, 22(9), 3526. <https://doi.org/10.3390/s22093526>



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Disclaimer

L'Autore/gli Autori è/sono pienamente responsabile/i di tutti i contenuti inseriti nella presentazione. I contenuti di questa presentazione (testo, grafica, immagini e altri materiali) non violano i diritti di terzi e sono nella piena e libera disponibilità, avendo acquisito da ogni eventuale terzo avente diritto su di essi espressa autorizzazione alla pubblicazione; pertanto saranno utilizzati per le finalità strettamente connesse al progetto GeoSciencesIR.





Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



PNRR "GeoSciences IR" - Missione 4 "Istruzione e Ricerca" - Componente 2 "Dalla ricerca all'impresa"
Linea di investimento 3.1 "Fondo per la realizzazione di un sistema integrato di infrastrutture di ricerca e innovazione"
Finanziato dall'Unione europea NextGenerationEU. CUP: I53C22000800006



Istituto Nazionale
di Oceanografia
e di Geofisica
Sperimentale



Consiglio Nazionale delle Ricerche

