

An aerial view of a city with a color-coded deformation map overlaid on a 3D building model. The map uses a color scale from green (low deformation) to red (high deformation) to show areas of ground movement. The buildings are rendered in white and grey, providing a clear view of the urban layout and the specific areas affected by deformation.

Tecnologie digitali basate su dati radar satellitari per l'analisi ed il monitoraggio delle deformazioni di infrastrutture

Riccardo Lanari

Istituto per il Rilevamento Elettromagnetico dell'Ambiente – Consiglio Nazionale delle Ricerche

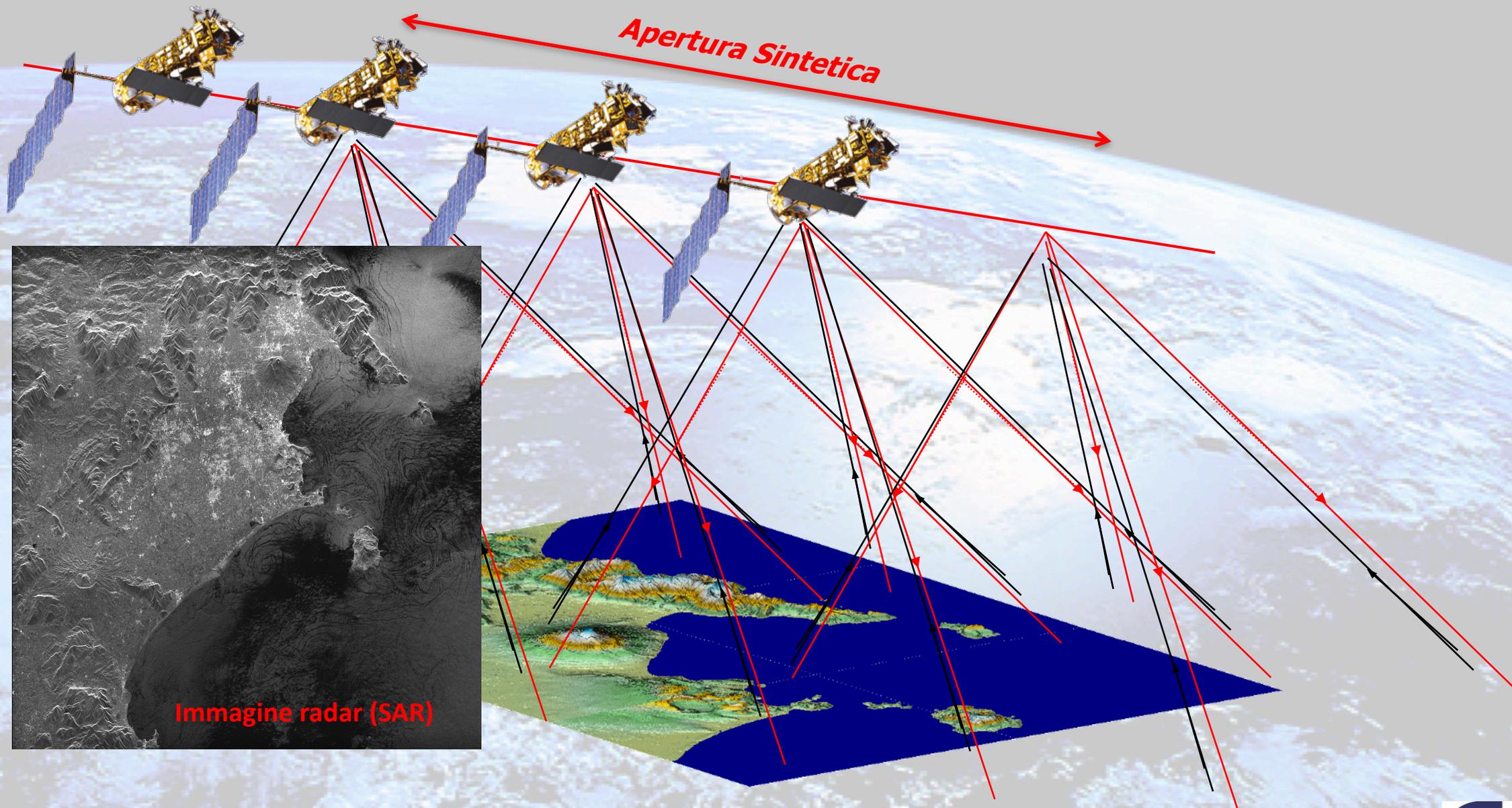
IREA-CNR, Napoli

e-mail: lanari.r@irea.cnr.it

Sommario

- Breve introduzione sul Radar ad Apertura Sintetica (SAR) e sull'Interferometria SAR Differenziale (DInSAR)
- Utilizzo delle tecniche DInSAR satellitari per l'analisi ed il monitoraggio delle deformazioni dell'ambiente costruito, con particolare riferimento alle infrastrutture
- Sviluppi futuri

Radar ad Apertura Sintetica (SAR) satellitare: principio di funzionamento



Caratteristiche principali dei sistemi Radar ad Apertura Sintetica (SAR)

Sensori radar: è necessaria una accurata “*elaborazione digitale*” dei dati acquisiti (echi radar) per generare le immagini delle aree illuminate ed i prodotti da esse derivati

Sensori alle microonde: capacità di “*osservare*” anche in presenza di nuvole

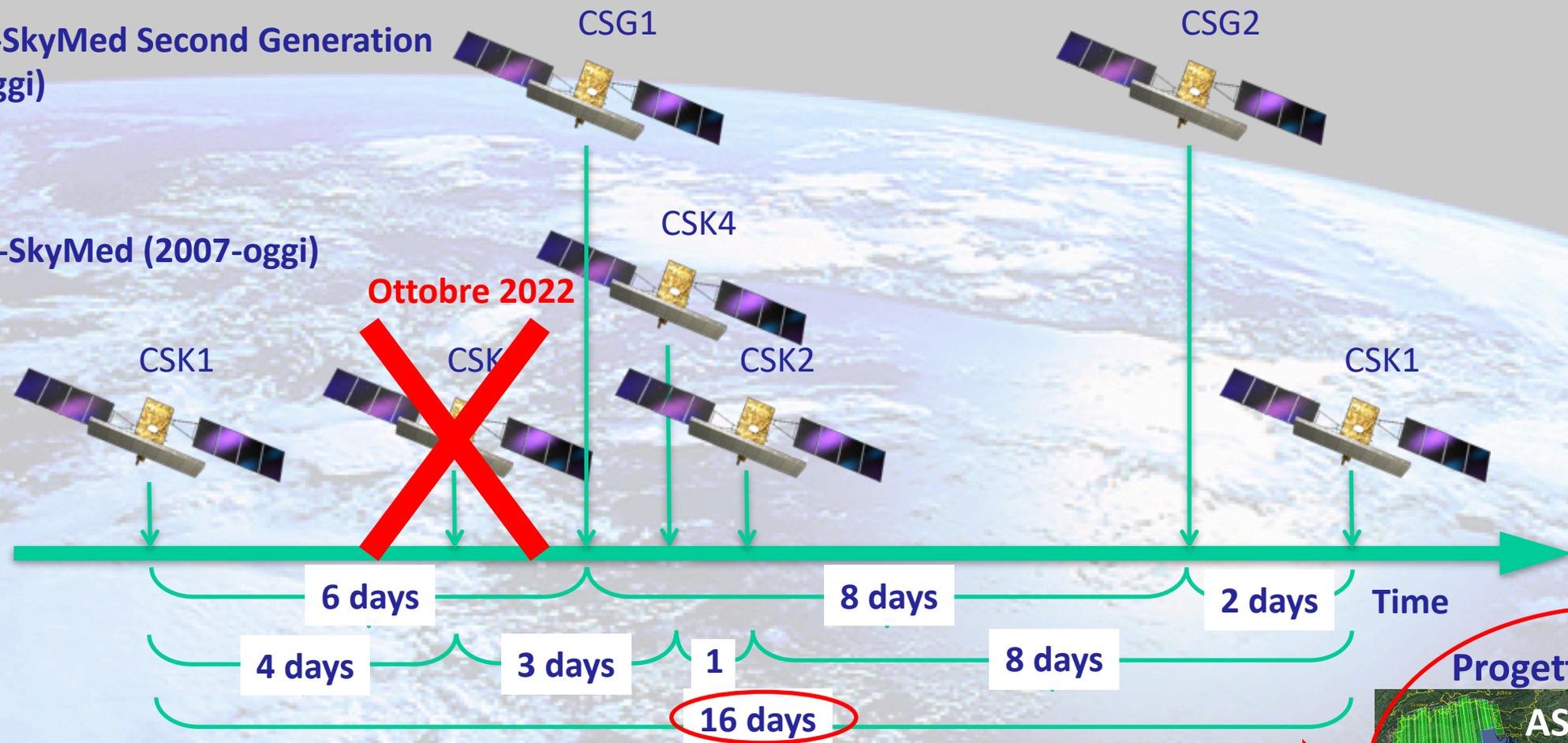
Sensori attivi: capacità di “*osservare*” sia di giorno sia di notte

Sensori coerenti: capacità di preservare informazioni sia di ampiezza sia di fase (tecniche di Interferometria SAR)

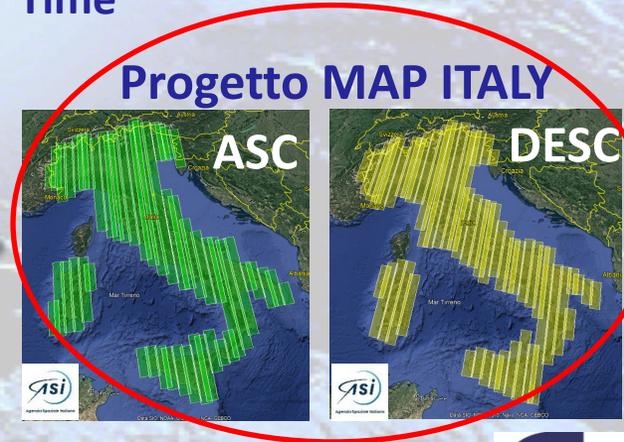
COSMO-SkyMed di Prima e Seconda Generazione (CSK/CSG)

COSMO-SkyMed Second Generation (2019-oggi)

COSMO-SkyMed (2007-oggi)



- Risoluzione spaziale (StripMap): 3 m x 3 m
- Copertura del suolo (StripMap): 40 km
- Banda X ($\lambda \sim 3.1$ cm)
- Missione duale (civile - militare)



Impatto delle risoluzioni spaziali nelle immagini SAR

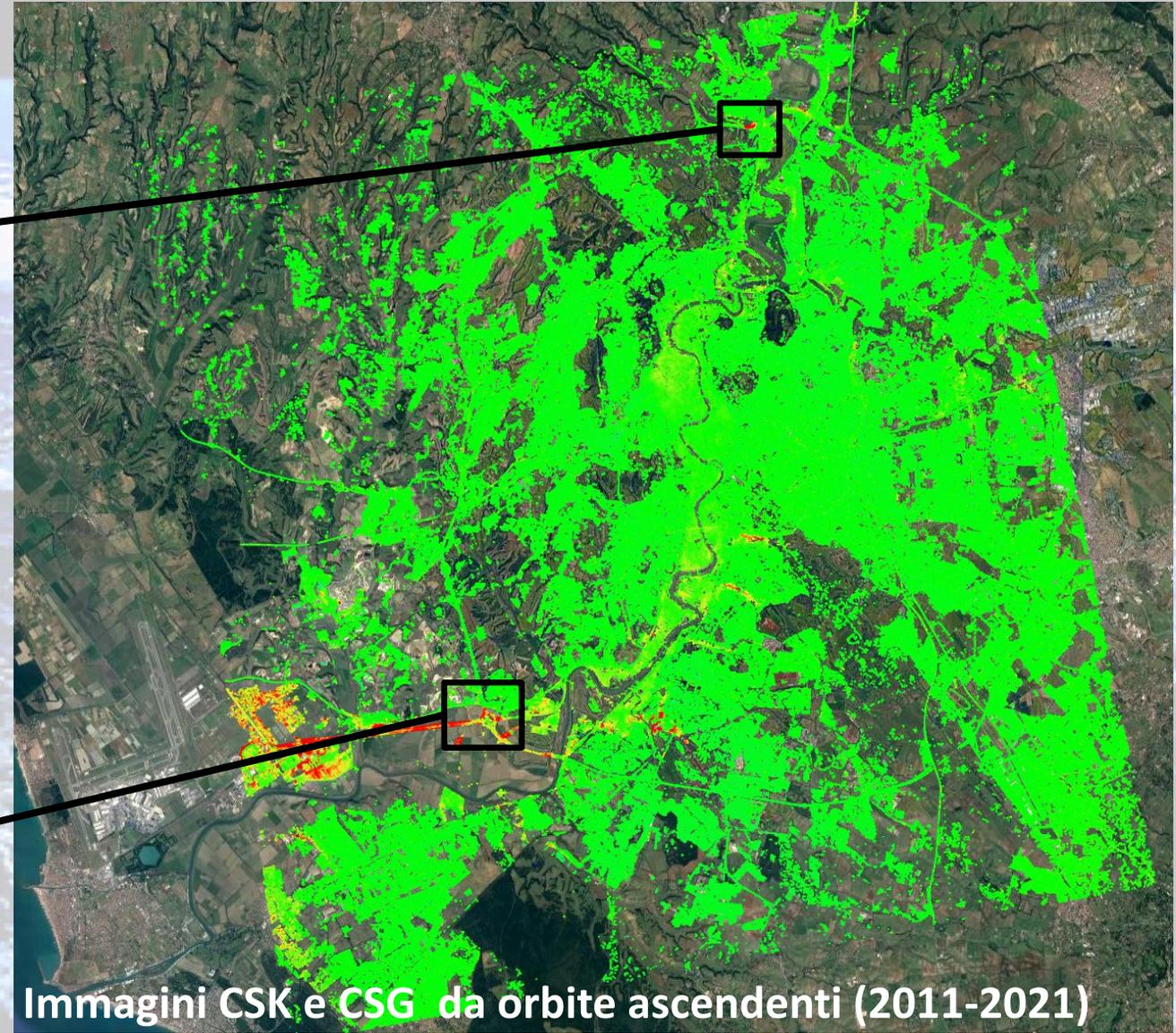
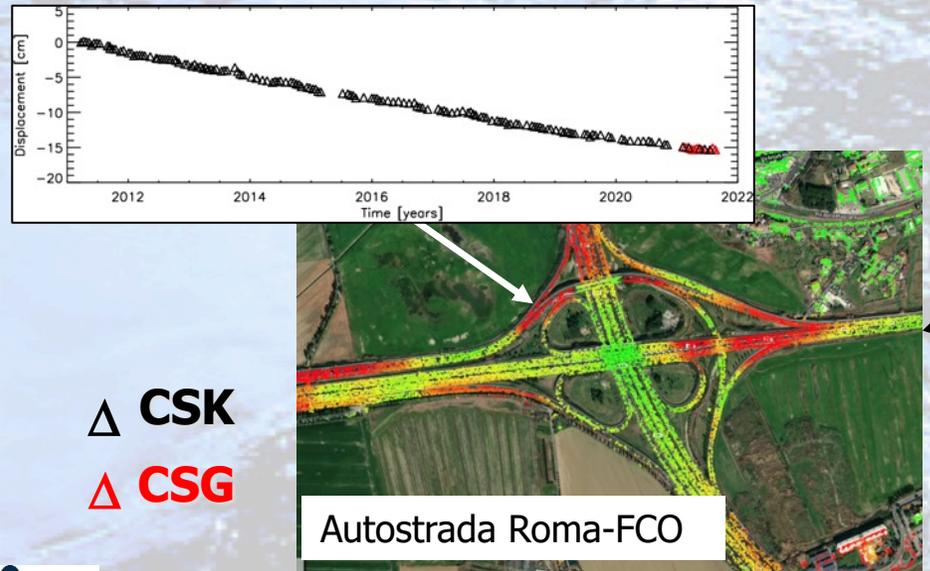
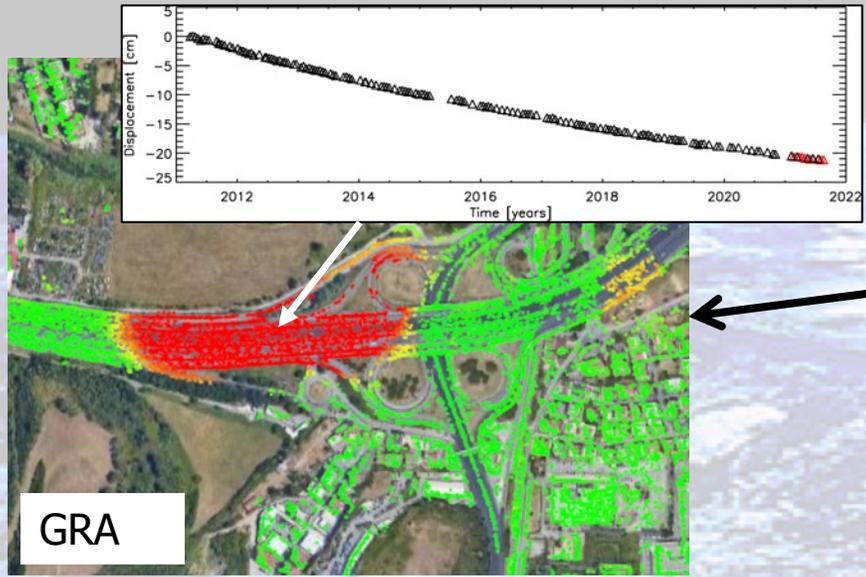


**Risoluzione spaziale: 20 m x 4 m
(Sentinel-1 del programma EU COPERNICUS)**



**Risoluzione spaziale: 3 m x 3 m
(Missione nazionale CSK-CSG)**

Analisi DInSAR delle deformazioni del costruito (CSK+CSG): area di Roma

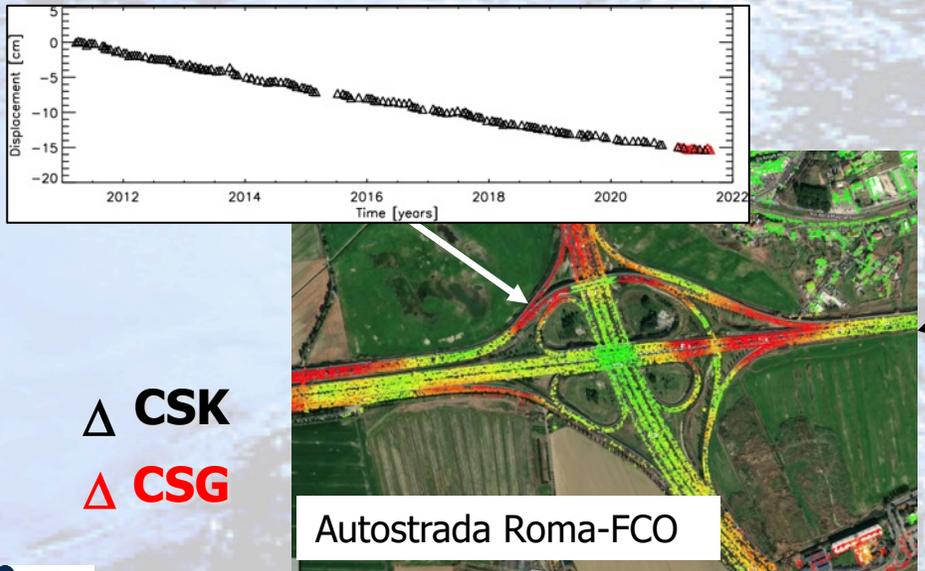
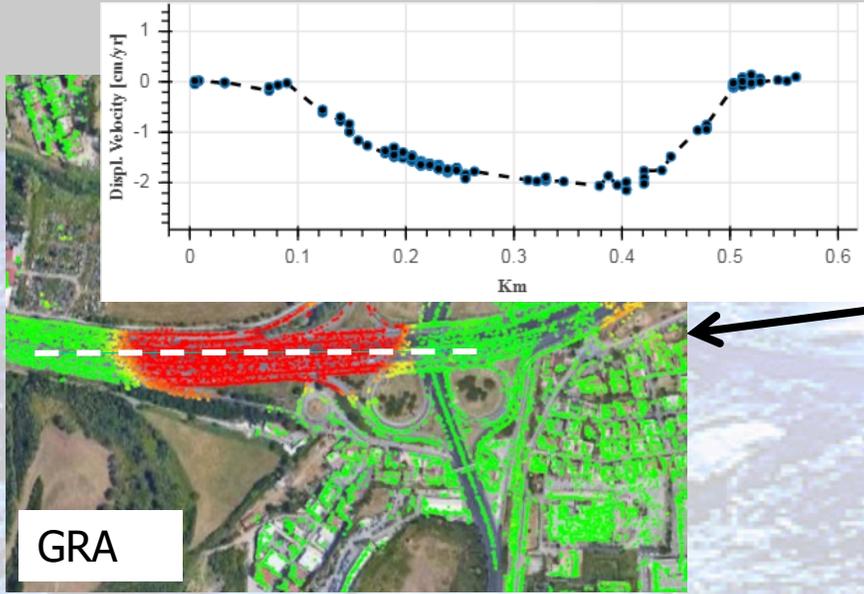


Velocità media di deformazione (LOS) [cm/year]

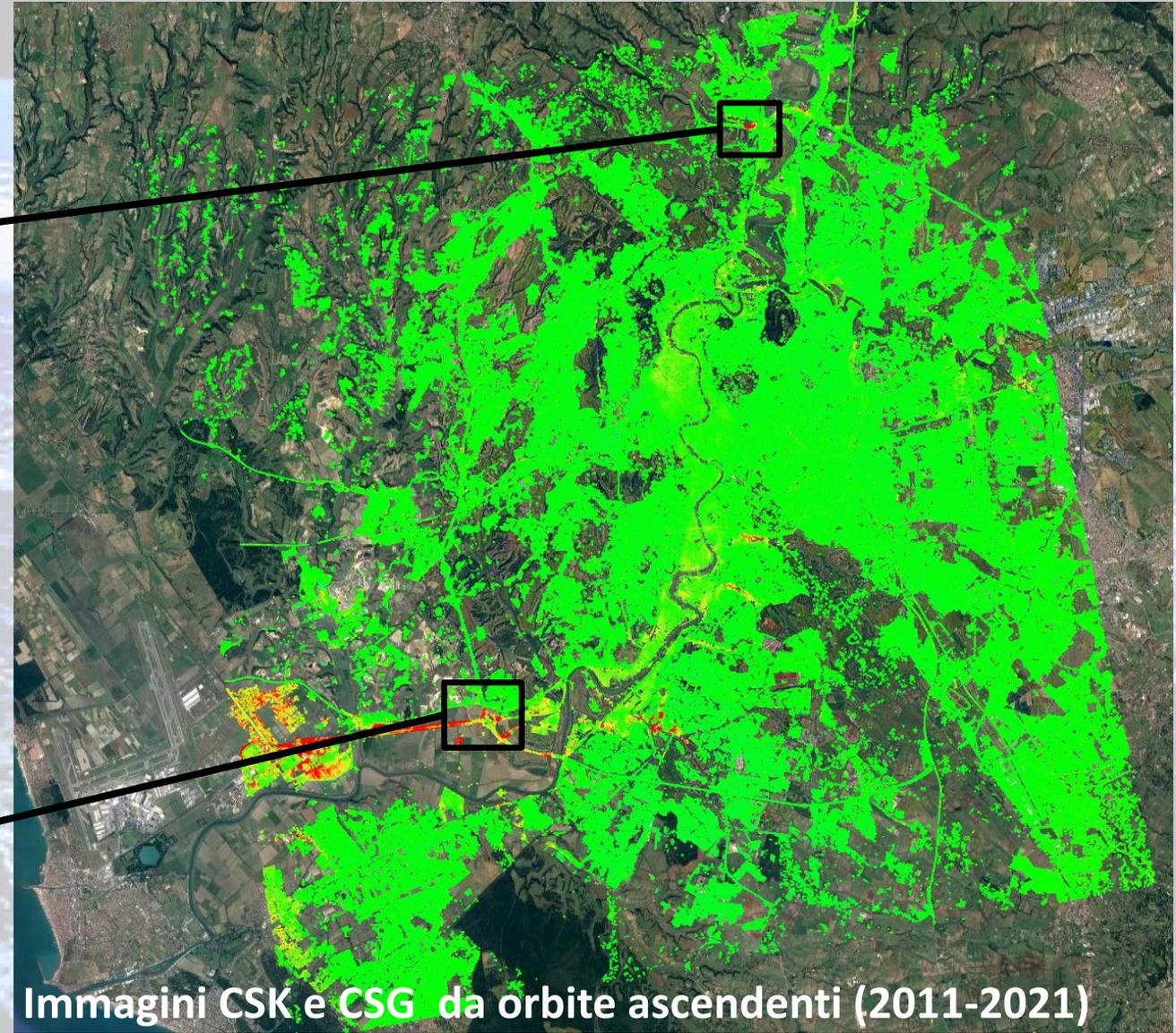
Immagini CSK e CSG da orbite ascendenti (2011-2021)



Analisi DInSAR delle deformazioni del costruito (CSK+CSG): area di Roma



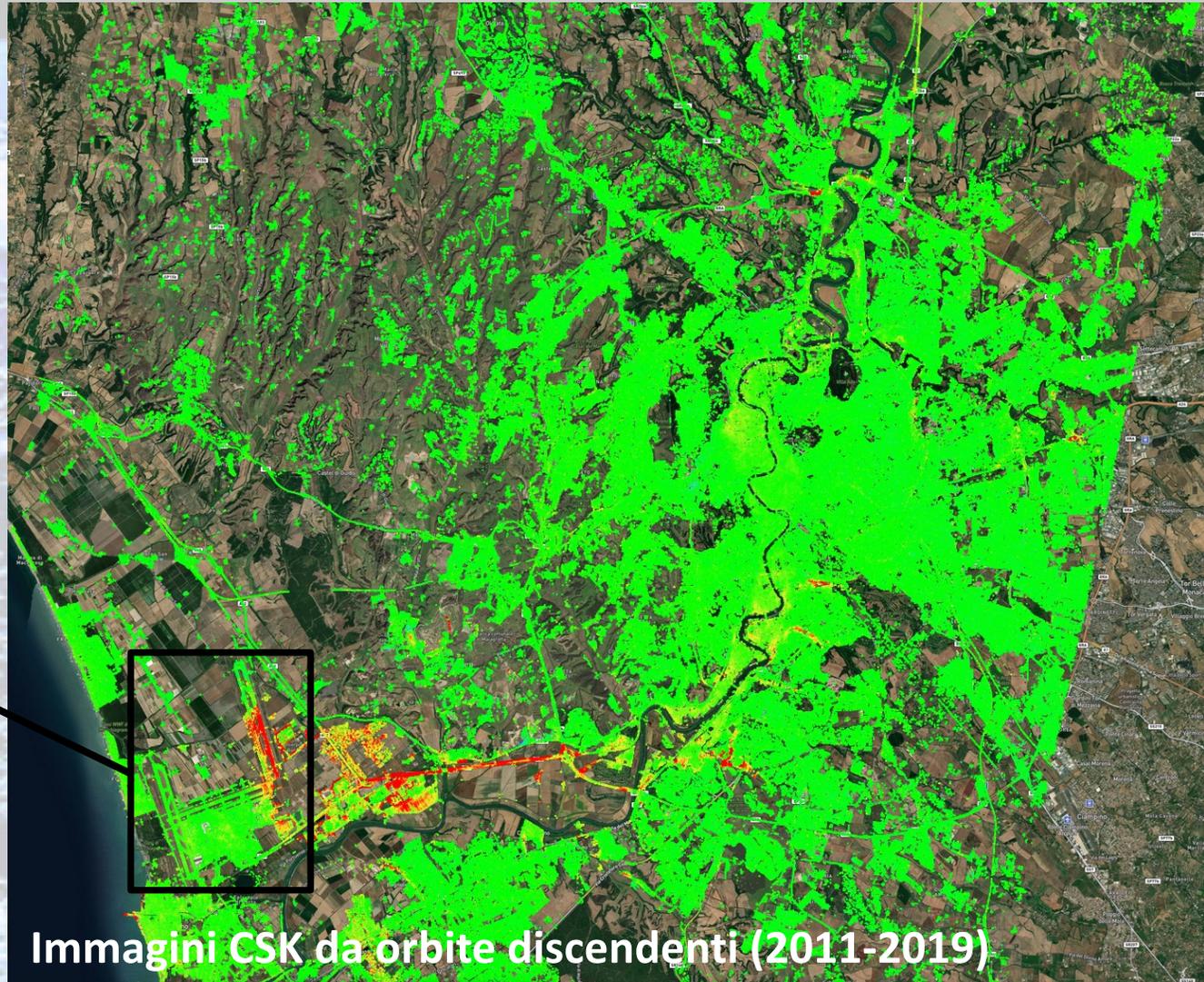
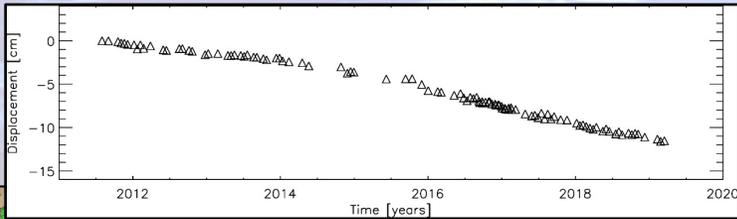
△ CSK
△ CSG



Immagini CSK e CSG da orbite ascendenti (2011-2021)



Analisi DInSAR delle deformazioni del costruito (CSK): area di Fiumicino



Immagini CSK da orbite discendenti (2011-2019)

△ CSK

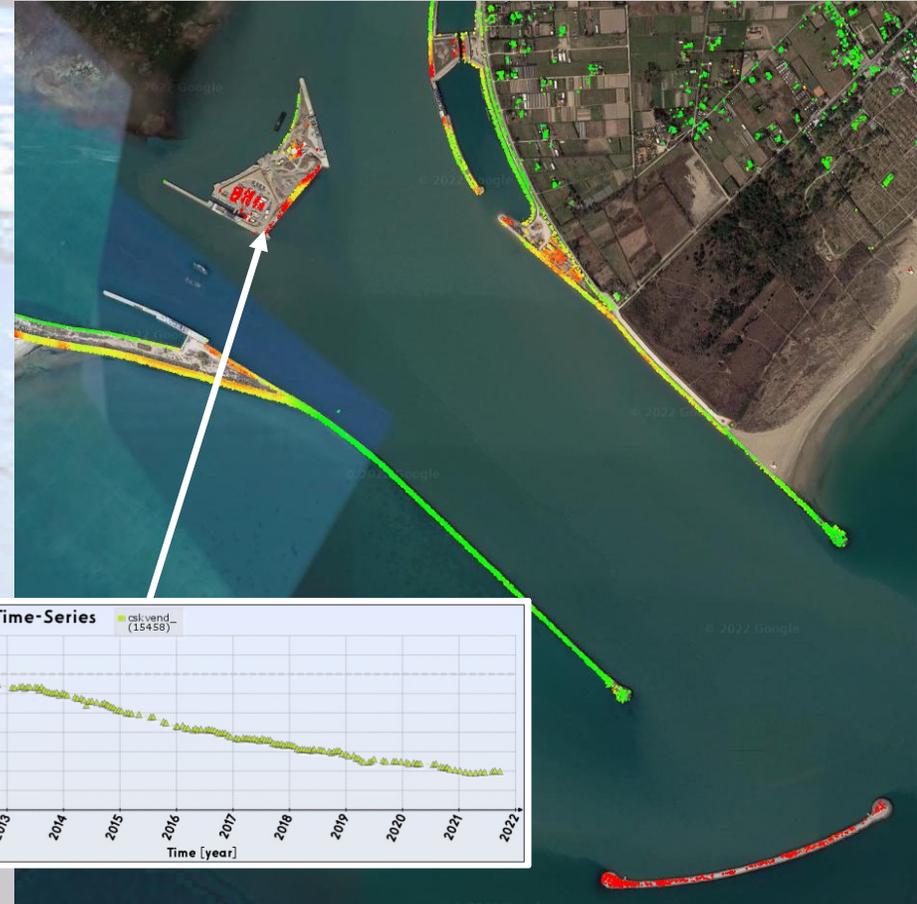
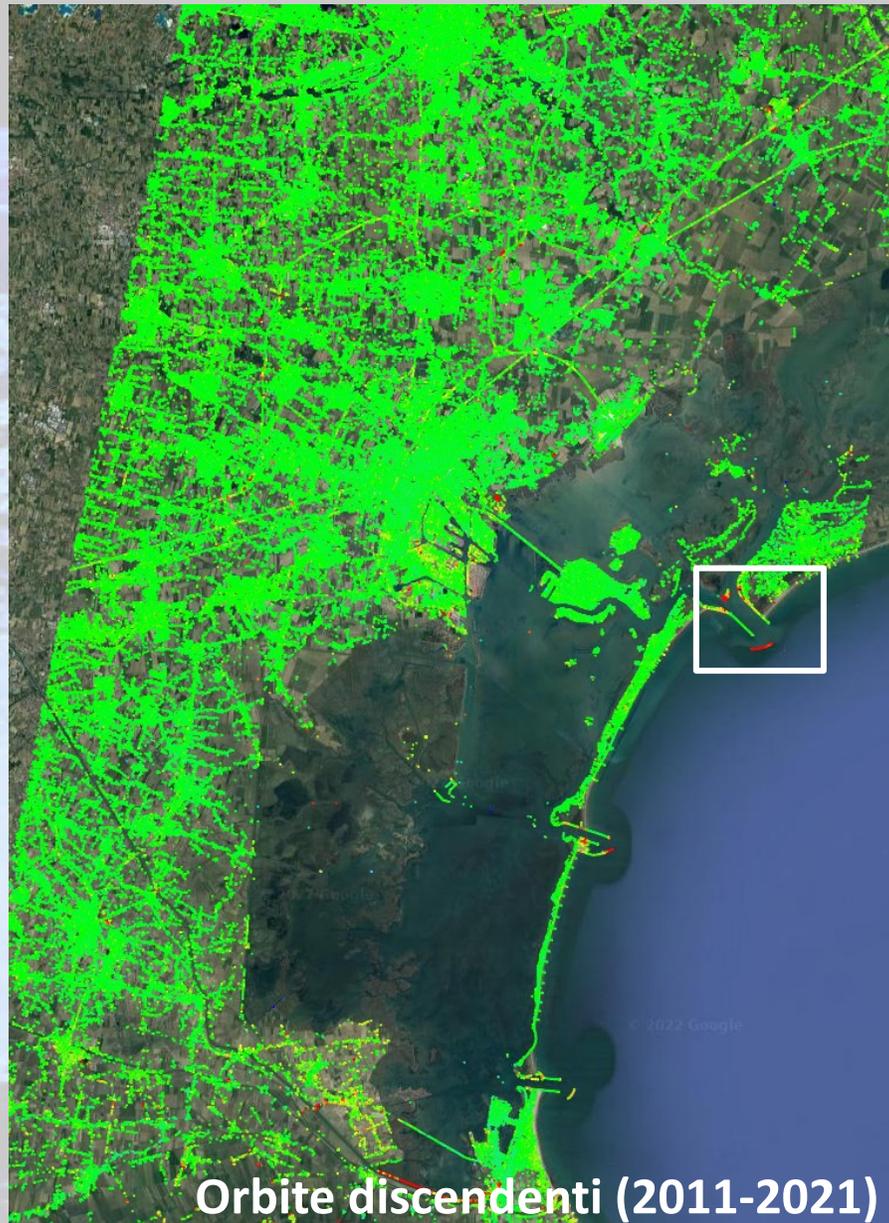


Analisi DInSAR delle deformazioni del costruito (CSK+CSG): area di Venezia

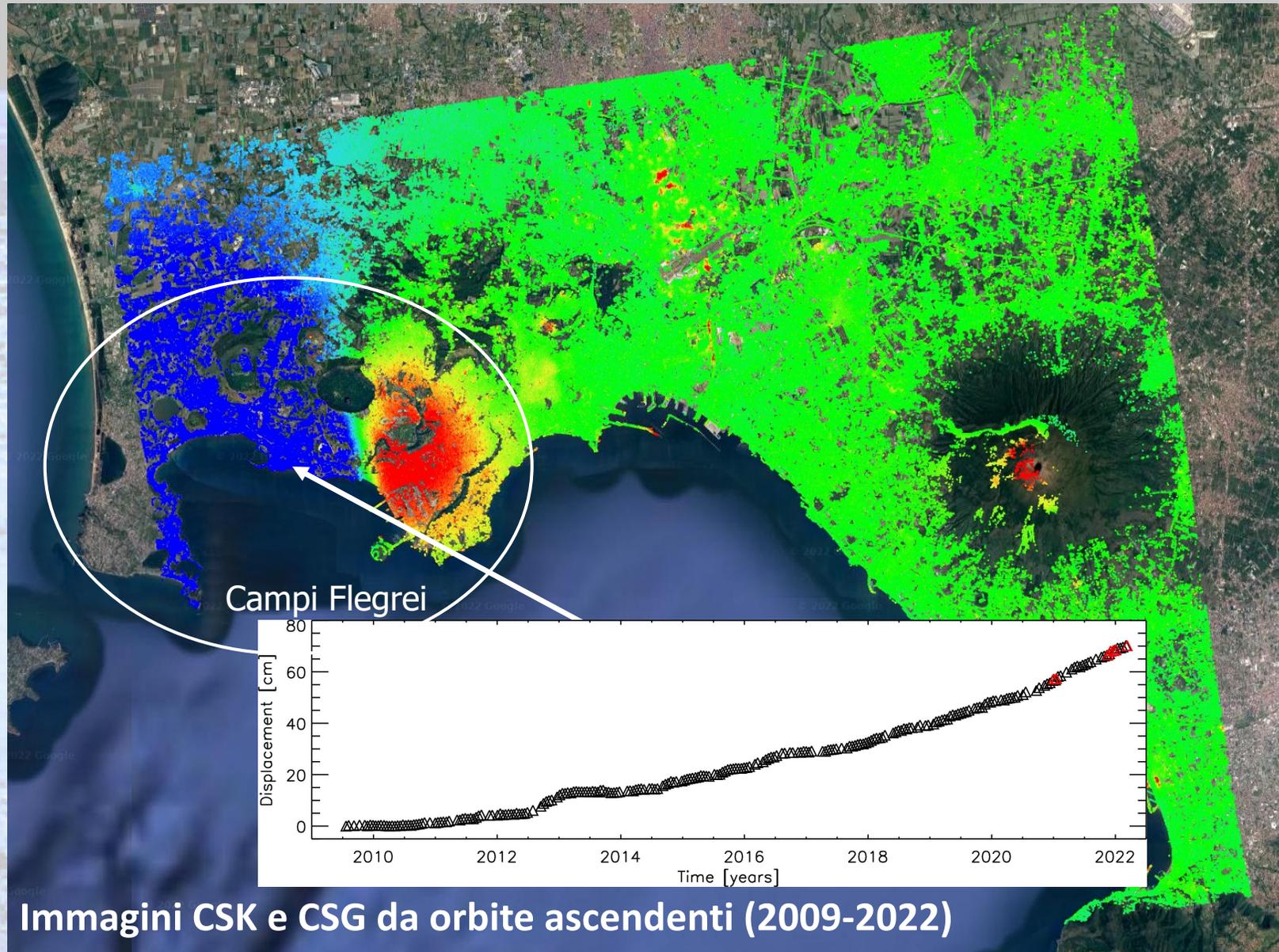
Velocità media di deformazione (LOS)
[cm/year]

> 0.5

< -0.5



Analisi DInSAR delle deformazioni del costruito (CSK+CSG): area di Napoli

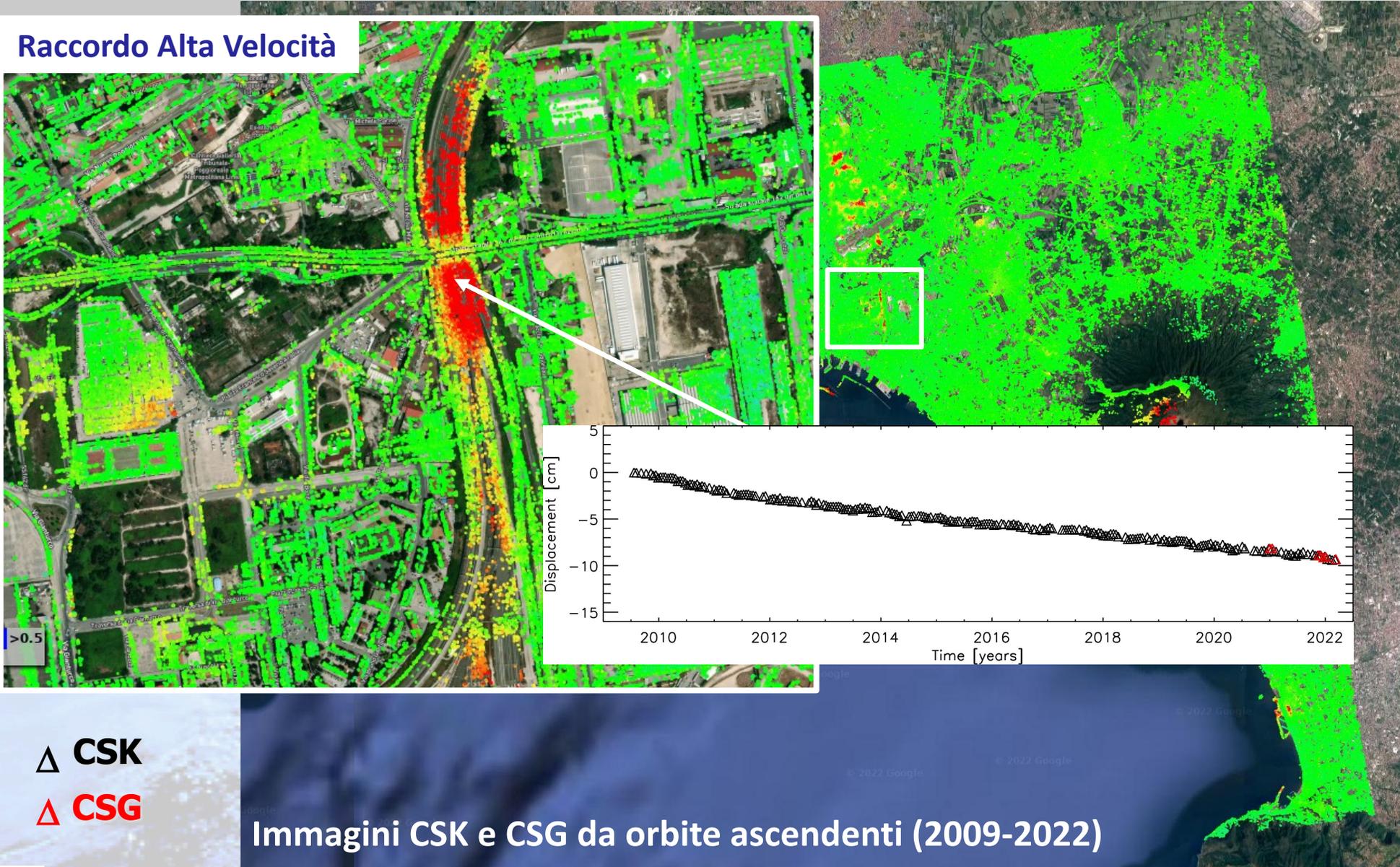


△ CSK
△ CSG

Immagine CSK e CSG da orbite ascendenti (2009-2022)

Analisi DInSAR delle deformazioni del costruito (CSK+CSG): area di Napoli

Raccordo Alta Velocità

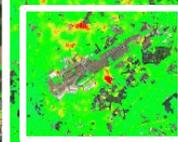
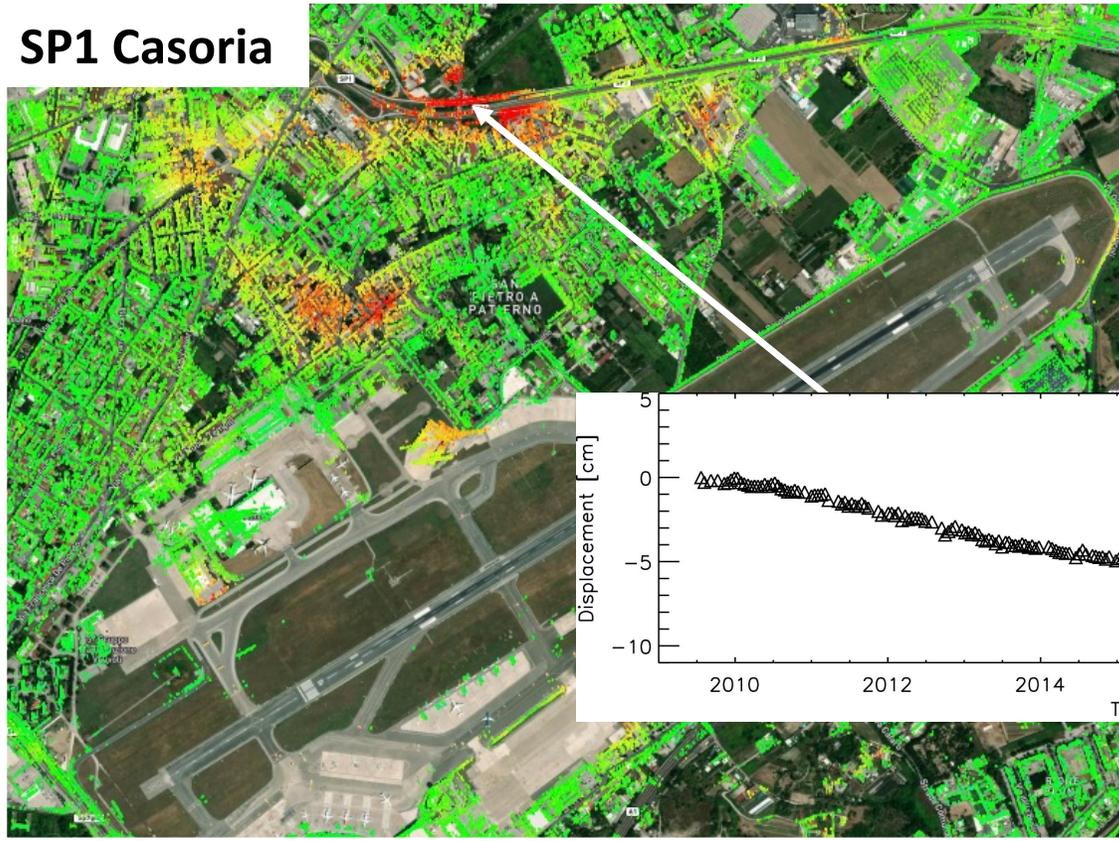


△ CSK
△ CSG

Immagini CSK e CSG da orbite ascendenti (2009-2022)

Analisi DInSAR delle deformazioni del costruito (CSK+CSG): area di Napoli

SP1 Casoria

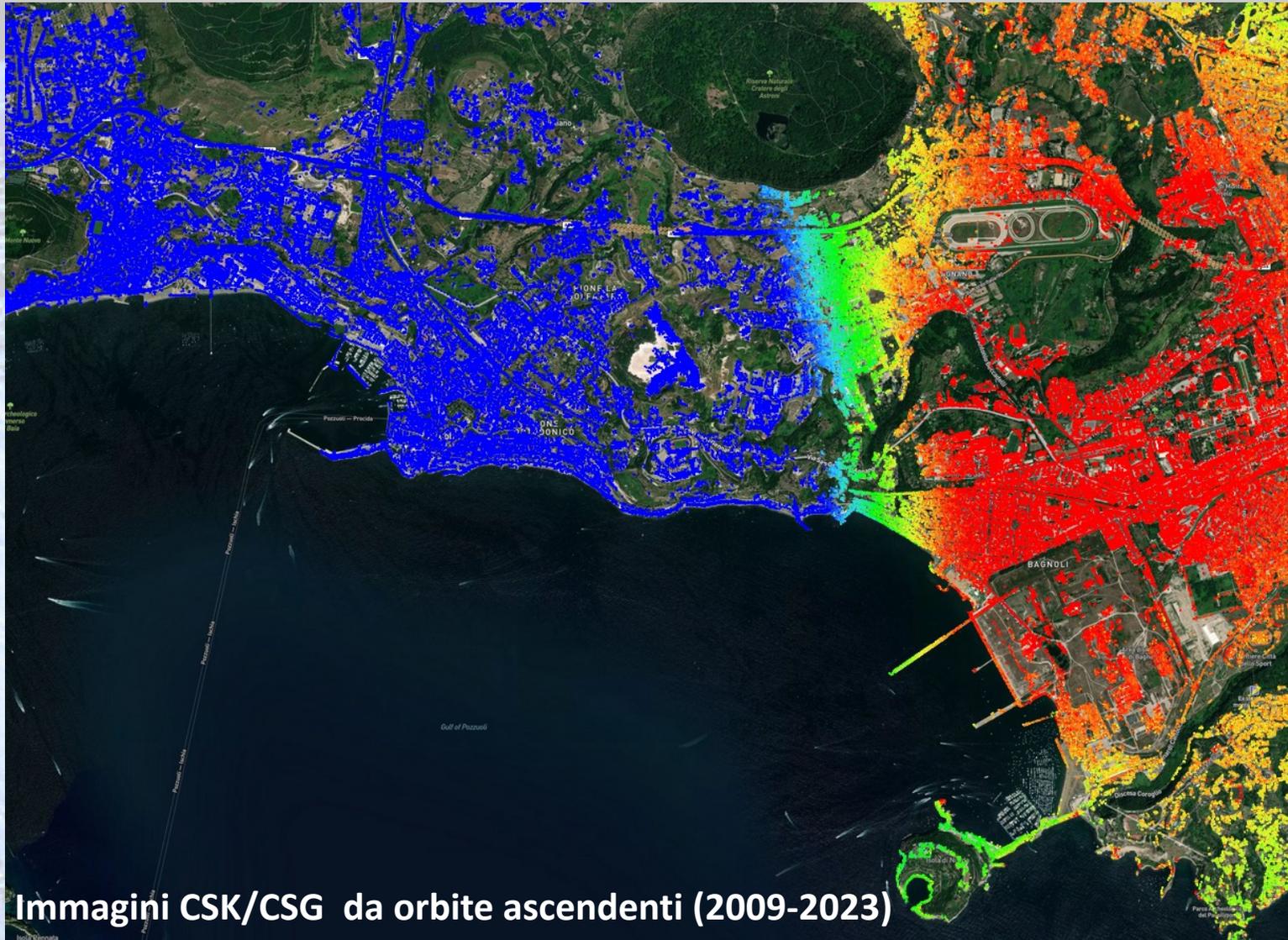


△ CSK
△ CSG

Immagini CSK e CSG da orbite ascendenti (2009-2022)



Analisi DInSAR delle deformazioni del costruito (CSK+CSG): area di Pozzuoli



Immagini CSK/CSG da orbite ascendenti (2009-2023)

Analisi delle componenti di deformazione ad alta frequenza spaziale

Analisi DInSAR delle deformazioni del costruito (CSK+CSG): area di Pozzuoli

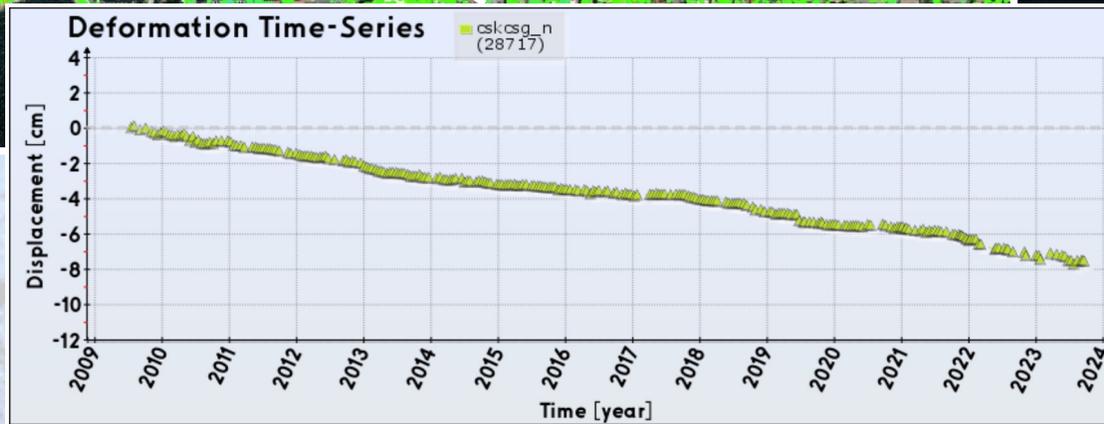


△ CSK
△ CSG

Immagini CSK/CSG da orbite ascendenti (2009-2023)

Analisi delle componenti di deformazione ad alta frequenza spaziale

Analisi DInSAR delle deformazioni del costruito (CSK+CSG): area di Pozzuoli



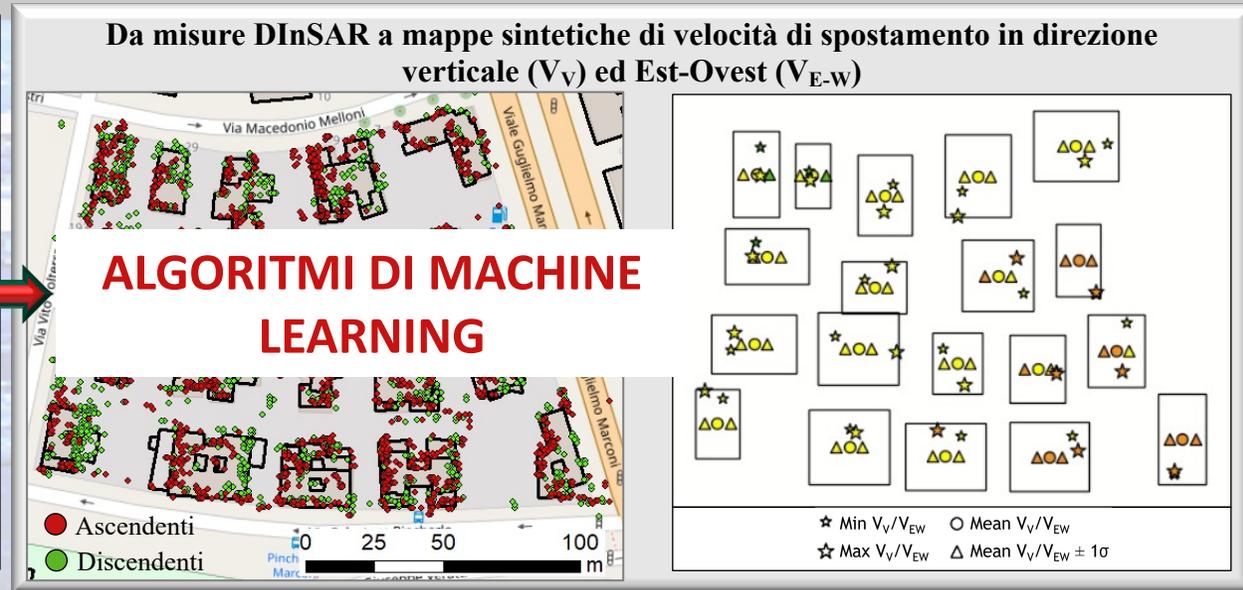
△ CSK
△ CSG

alta frequenza spaziale

Possibile identificazione di condizioni critiche del costruito con tecniche AI e misure DInSAR



Alcune migliaia di pixel per Km²



Utilizzo congiunto di misure DInSAR satellitari e di tecniche di AI (es., DBSCAN) per l'identificazione e la classificazione preliminare di possibili condizioni critiche del costruito.



Utilizzo dei dati interferometrici per l'analisi del costruito



ReLUIIS
Consorzio Interuniversitario
Rete dei Laboratori Universtari
di Ingegneria Sismica e strutturale



CNR-IREA
Consiglio Nazionale delle Ricerche
Istituto per il Rilevamento
Elettromagnetico dell'Ambiente

**LINEE GUIDA PER L'UTILIZZO DEI DATI INTERFEROMETRICI
SATELLITARI AI FINI DELL'INTERPRETAZIONE DEL
COMPORAMENTO STRUTTURALE DELLE COSTRUZIONI**

Ottobre 2023

Documento sottoposto a inchiesta pubblica

Il documento è sottoposto a inchiesta pubblica fino al 15 Novembre 2023

Commenti possono essere inviati all'indirizzo mail: wp6@reluis.it

con il supporto di



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile

Publicato il 10 ottobre 2023 il primo documento complessivo di Linee Guida per l'uso dei dati interferometrici satellitari, frutto della collaborazione tra il Dipartimento della Protezione Civile Italiana e i due Centri di Competenza ReLUIIS ed IREA-CNR.



Sviluppi futuri: la costellazione IRIDE

All'interno del PNRR l'Italia svilupperà la costellazione IRIDE che include una componente SAR operante in banda X.

IRIDE SAR (Sistema NIMBUS):

- 10 Satelliti (6 + 4) con capacità interferometrica.
- Banda X come CSK-CSG ma si tratta di micro-satelliti, quindi con prestazioni più limitate.

L'IREA sta contribuendo allo studio di possibili scenari per un utilizzo interferometrico ottimizzato sul territorio nazionale, sinergico rispetto a quello della costellazione CSK-CSG.

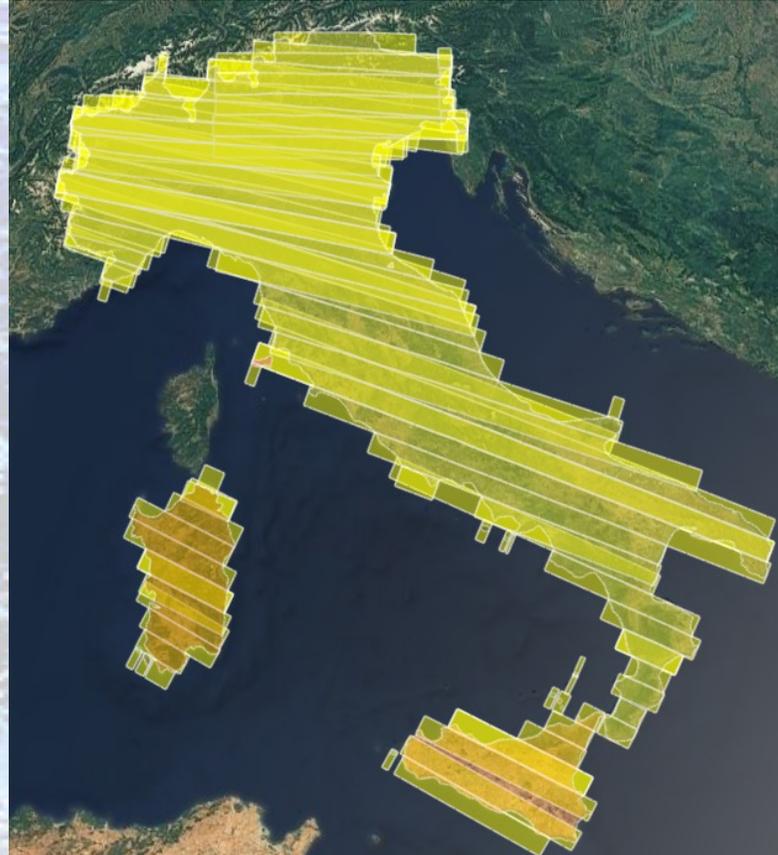


Sviluppi futuri: la costellazione IRIDE

Passaggi ascendenti



Passaggi discendenti



Stiamo analizzando un possibile scenario per:

- mappare il territorio nazionale quasi integralmente ogni 6 giorni;
- investigare anche la componente NORD-SUD delle deformazioni, effettuando quindi, congiuntamente a CSK-CSG, analisi 3D.

A wide-angle, high-altitude photograph of the Earth's surface, showing a vast expanse of blue oceans and white, swirling clouds. The horizon of the planet is visible at the top of the frame, curving away into the distance. The overall tone is bright and clean, with a slight blue tint.

GRAZIE PER L'ATTENZIONE