



Rete dei Laboratori Universitari  
di Ingegneria Sismica e Strutturale

## Convegno



# La sperimentazione delle Linee Guida per i ponti esistenti

**Accordo tra il CSLP ed il Consorzio ReLUIS  
attuativo dei DM 578/2020 e DM 204/2022**

**Roma  
24 e 25 ottobre 2023**

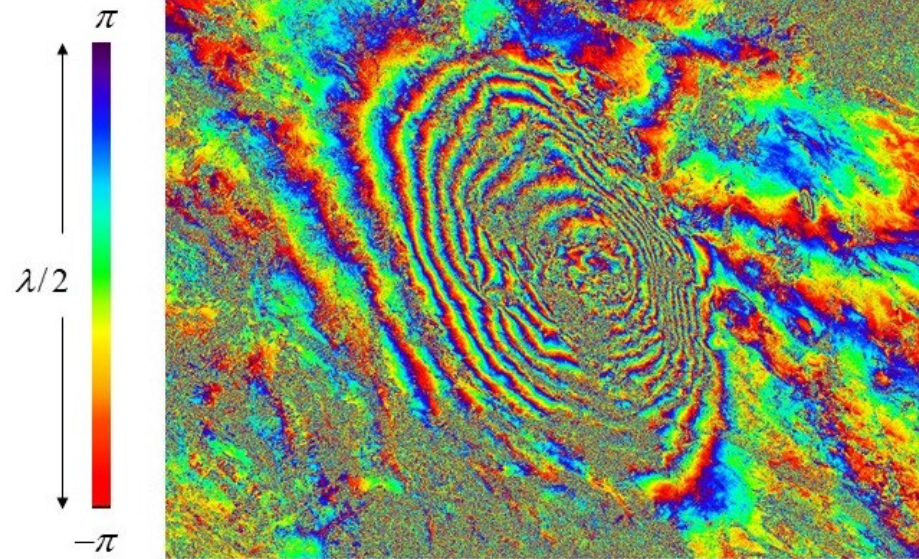
**IL MONITORAGGIO SATELLITARE**  
Anna Saetta, Università IUAV di Venezia

## **SAR SATELLITARE: AMBITI DI APPLICAZIONE CONSOLIDATI (InSAR e MT-InSAR)**

## INTERFEROMETRIA DIFFERENZIALE SAR

Tecnica di telerilevamento che permette di **misurare le deformazioni della superficie terrestre** a partire dalla differenza di fase (interferogramma) tra **due immagini SAR relative alla scena osservata** e acquisite in tempi diversi lungo due orbite sufficientemente vicine

↓ Esempio: post sisma



*Interferogramma co-sismico relativo al terremoto de L'Aquila il 6 aprile SAR COSMO-SkyMed immagini acquisite il 4 ed il 12 aprile 2009 lungo orbite ascendenti.*

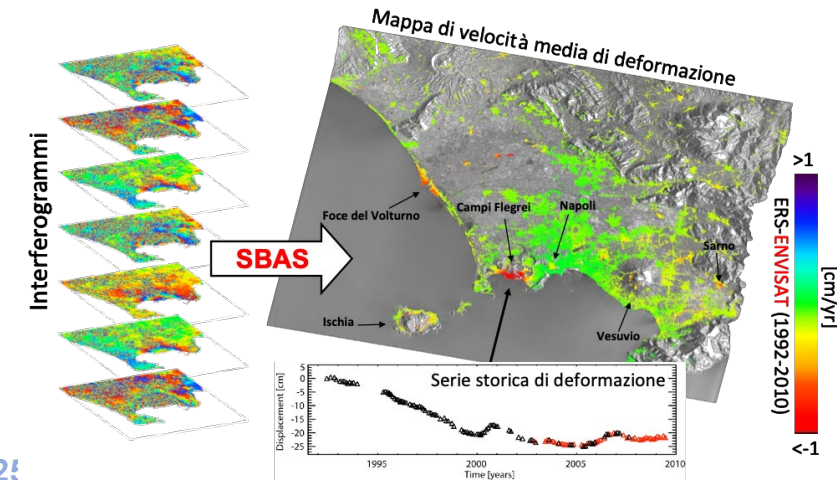
## TECNICHE DI INTERFEROMETRIA SAR MULTI-TEMPORALE

Approcci basati sull'utilizzo di grandi dataset, costituiti da **decine/centinaia di immagini SAR** relative alla stessa area e di altrettanti interferogrammi differenziali, che sono opportunamente combinati per ricavare **informazioni sull'evoluzione temporale degli spostamenti superficiali**.

Tecniche più diffuse:  
**Persistent Scatterer Interferometry (tecniche PSI) e Small Baseline (tecniche SB)**



Utilizzo diffuso per fenomeni a cinematica lenta e a grande scala





## FENOMENI A LARGA SCALA – UTILIZZO A LIVELLO TERRITORIALE

### Subsidenza

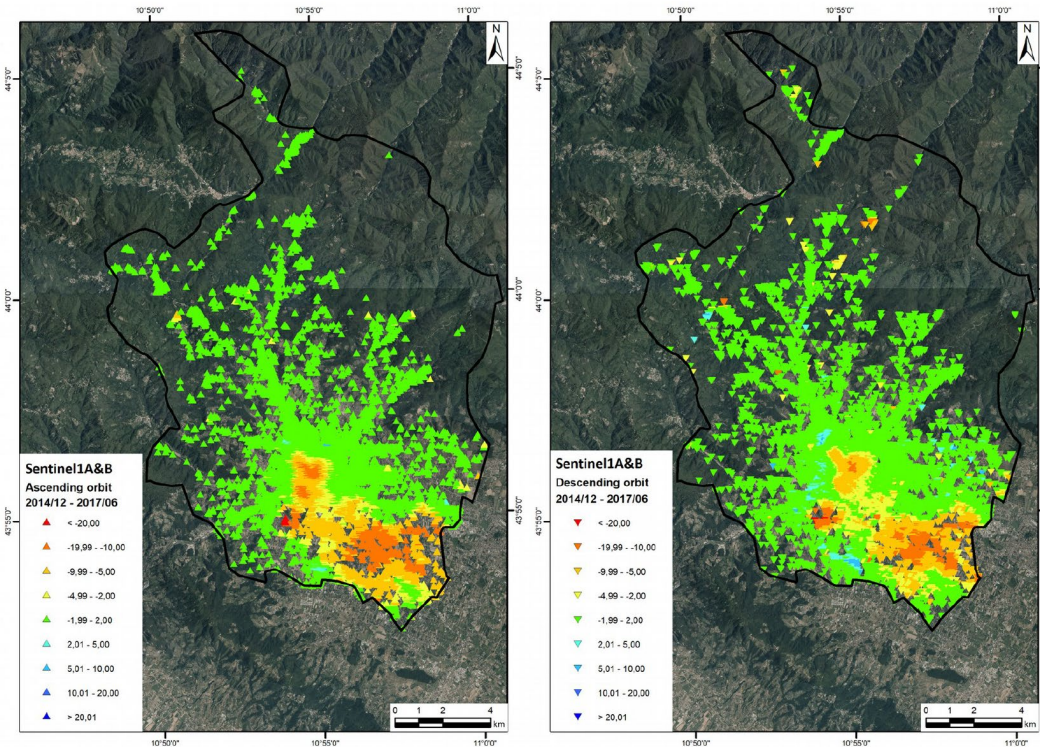


Figura 9 – Esempio di subsidenza. Le velocità in entrambe le orbite hanno lo stesso segno (negativo, movimento in allontanamento rispetto al sensore) e la stessa intensità.

### Frana

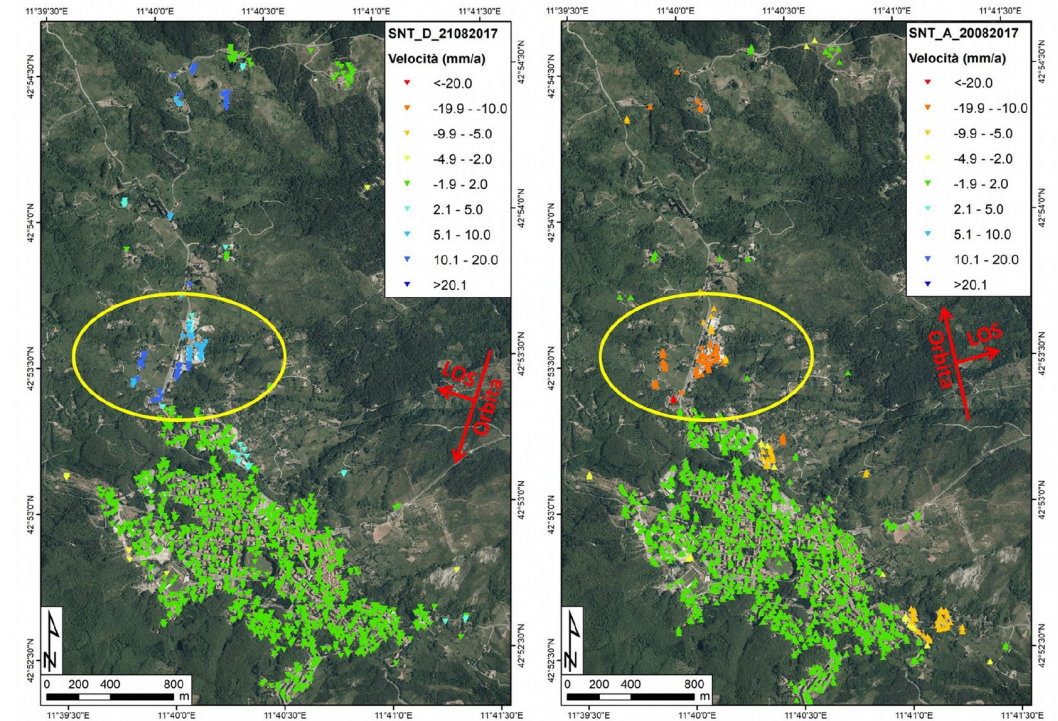


Figura 10 – Esempio di area in frana (elisse gialla). Le velocità hanno segno opposto nelle due orbite. Positivo in orbita discendente (a sinistra) e negativo in orbita ascendente (a destra). Il movimento della frana è verso Est.



**LA SFIDA – PASSARE DALL'UTILIZZO DI QUESTE TECNICHE PER ANALISI TERRITORIALI A LARGA SCALA  
AL LORO UTILIZZO PER L'INTERPRETAZIONE DEL COMPORTAMENTO STRUTTURALE A LIVELLO DI SINGOLA OPERA**





**ReLUIS**  
Consorzio Interuniversitario  
Rete dei Laboratori Universitari  
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](mailto:wp6@reluis.it)*

con il supporto di



PROTEZIONE CIVILE  
Presidenza del Consiglio dei Ministri  
Dipartimento della Protezione Civile



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

WP6 - Progetto Reluis 2019-21

WP6 - Progetto Reluis 2022-24



WP5 - Progetto Reluis Ponti – 2021-2024



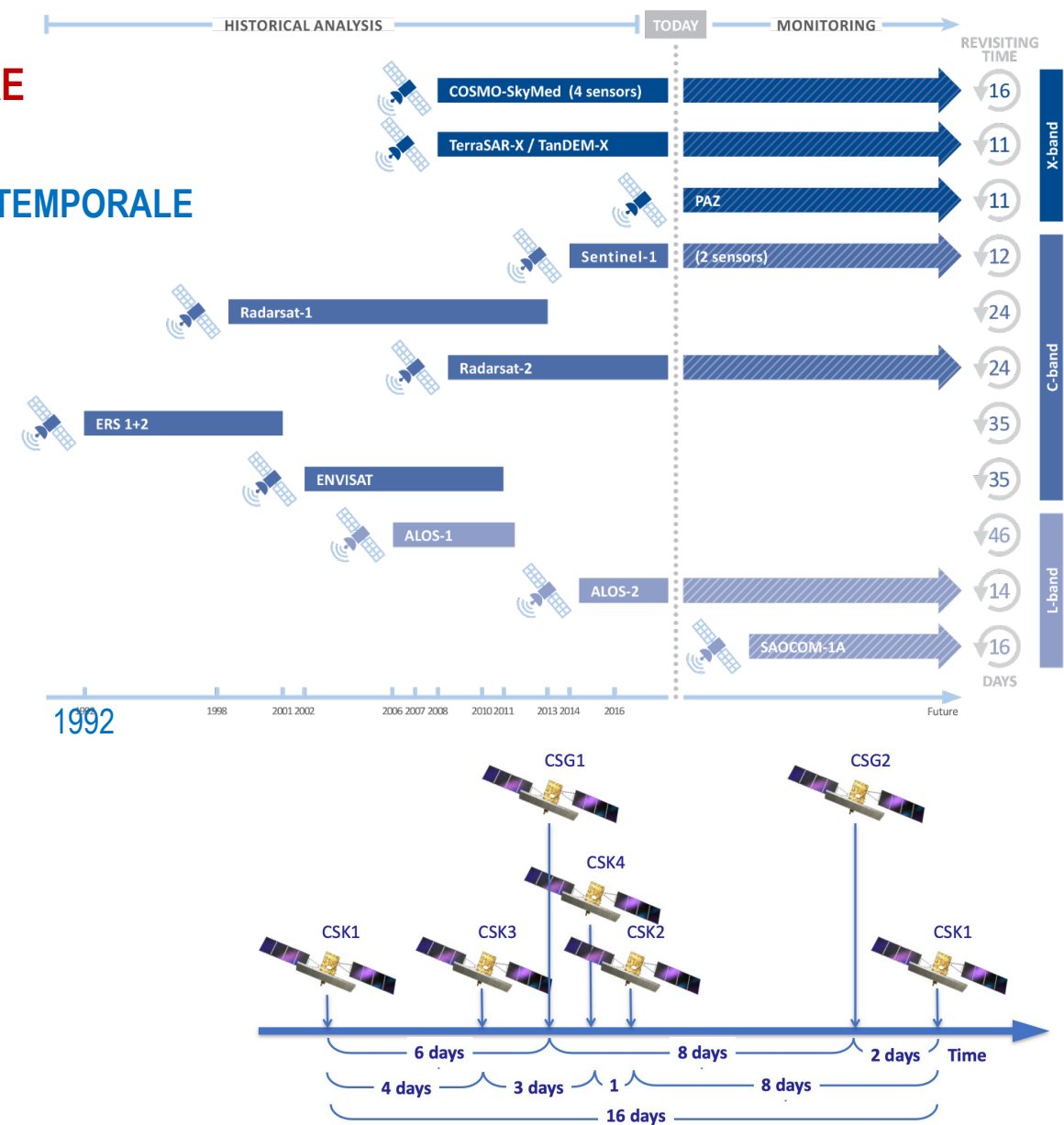
Rete dei Laboratori Universitari  
di Ingegneria Sismica e Strutturale

**Accordo Tecnico tra il CSLP ed il Consorzio ReLUIS**

**LA SFIDA – PASSARE DALL'UTILIZZO DI QUESTE TECNICHE PER ANALISI TERRITORIALI A LARGA SCALA  
AL LORO UTILIZZO PER L'INTERPRETAZIONE DEL COMPORAMENTO STRUTTURALE A LIVELLO DI SINGOLA OPERA**

## POTENZIALITÀ E LIMITI DELLA TECNICA DI INTERFEROMETRIA SAR MULTI-TEMPORALE

- ✓ Una grande mole di dati immagazzinati relativa agli anni passati che possono essere utilizzati per un monitoraggio «ex ante»
- ✓ Dati con una cadenza temporale dell'ordine dei 10-15 gg ma in miglioramento (già oggi siamo mediamente sui 4 gg), quindi una buona continuità ma possibilità di rilevare fenomeni non repentini
- ✓ Importanza della conoscenza delle caratteristiche del dato che viene reso disponibile (dato simile al quanto visto per l'applicazione territoriale: *informazioni sull'evoluzione temporale degli spostamenti superficiali*)
- ✓ Importanza della conoscenza dei limiti e delle potenzialità delle informazioni ottenibili da questi dati per farne un uso corretto



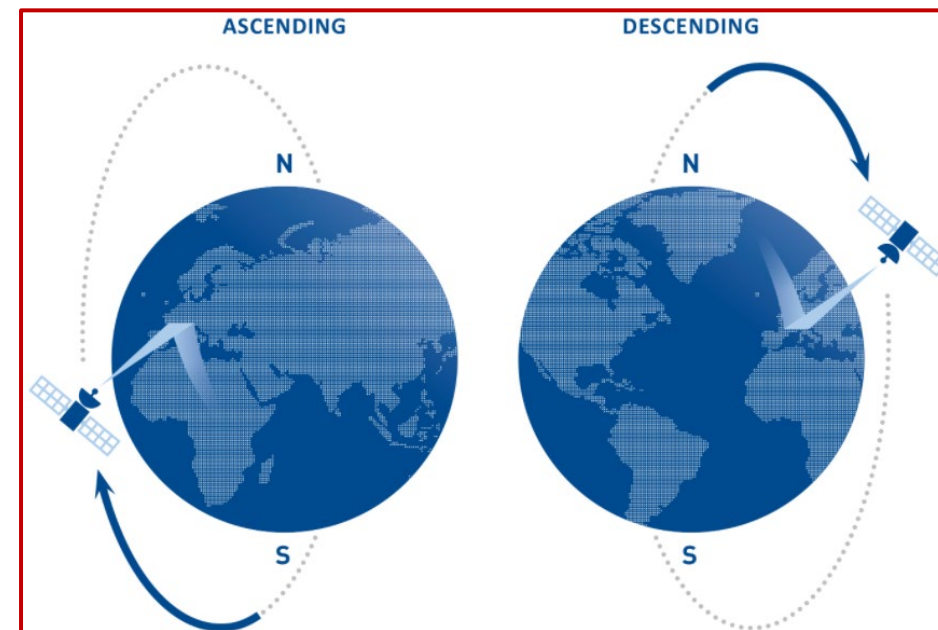
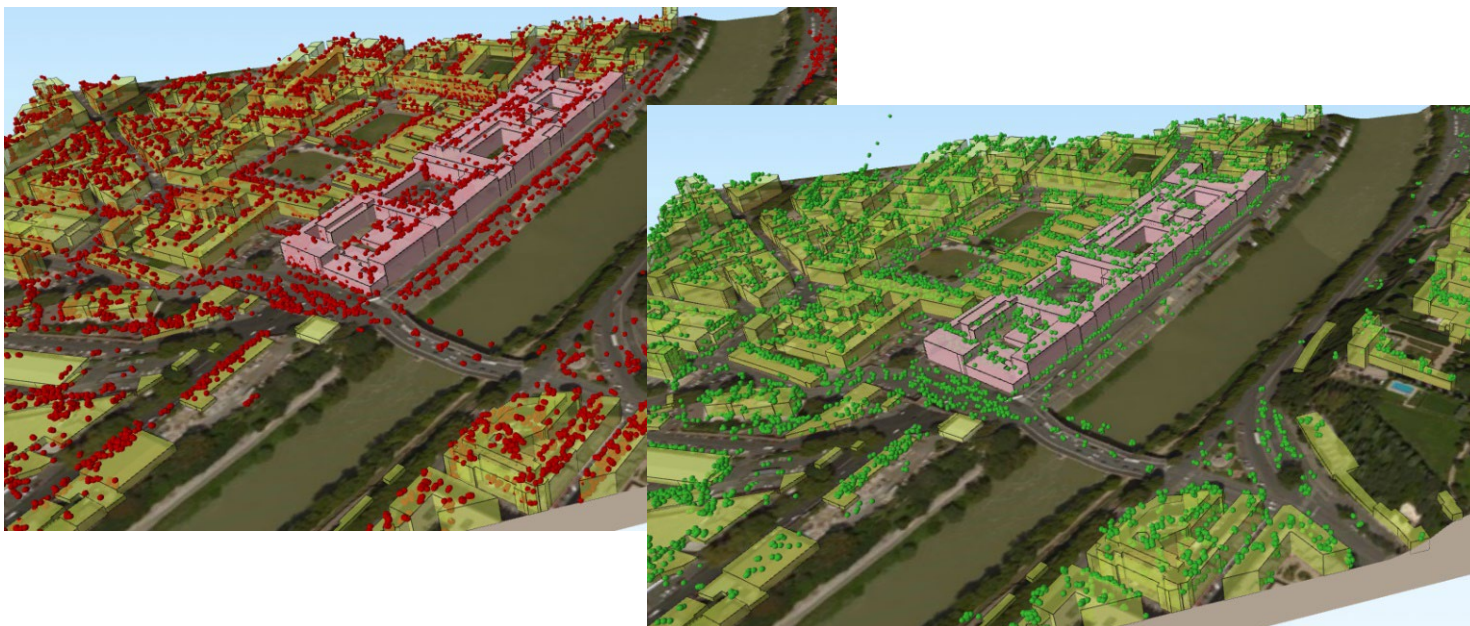
**LA SFIDA – PASSARE DALL'UTILIZZO DI QUESTE TECNICHE PER ANALISI TERRITORIALI A LARGA SCALA  
AL LORO UTILIZZO PER L'INTERPRETAZIONE DEL COMPORTAMENTO STRUTTURALE A LIVELLO DI SINGOLA OPERA**



## **SAR SATELLITARE: CARATTERISTICHE DEI DATI OTTENUTI DAL PROCESSO INTERFEROMETRICO**

## PUNTI DI MISURA DEI DATASET ASCENDENTI E DISCENDENTI

Tradizionalmente, le immagini radar di una zona acquisite dal satellite in orbita ascendente (**ASC**) e in orbita discendente (**DES**) vengono elaborate separatamente e vengono resi disponibili **due datasets di punti di misura** in un certo arco temporale.



Punti di misura osservati dall'orbita ascendente (**ASC**) e discendente (**DES**)



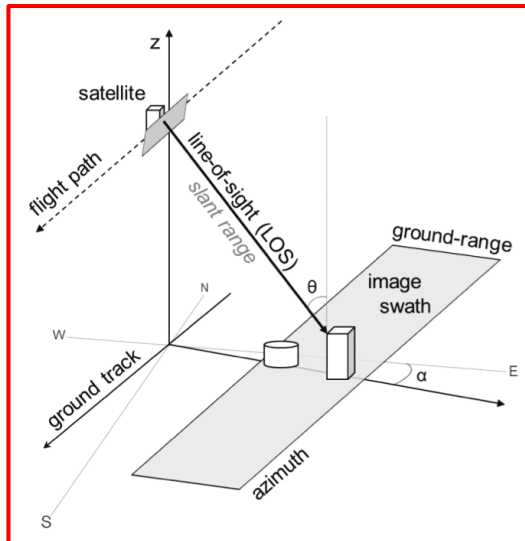
**I punti di misura** ottenuti per le elaborazioni sui dati ascendenti e sui dati discendenti **non sono generalmente coincidenti.**



## PUNTI DI MISURA DEI DATASET ASCENDENTI E DISCENDENTI

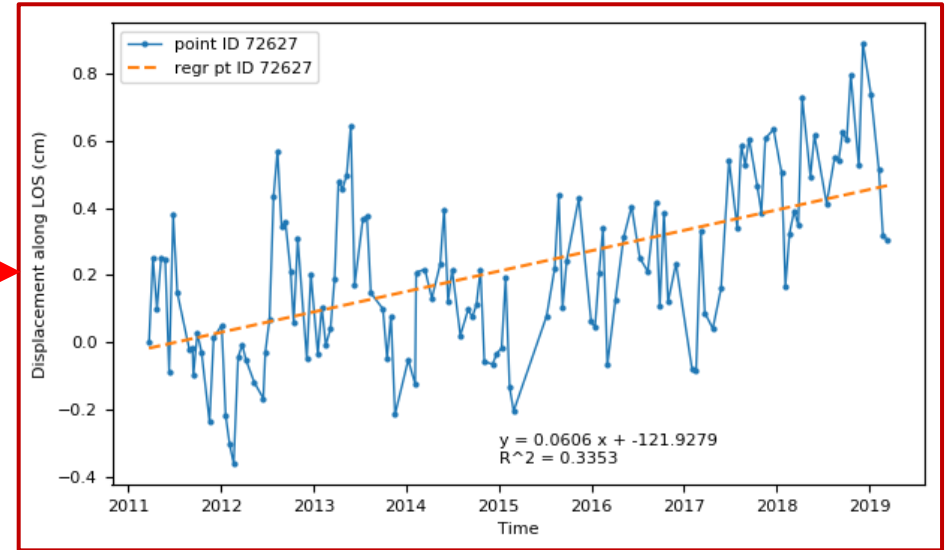


Per ciascun punto di misura viene fornita  
**la storia temporale della componente di spostamento lungo la LOS.**



Spostamenti lungo la linea di vista del satellite (LOS, *Line of Sight*), ovvero la direzione congiungente il sensore con il bersaglio a terra

il piano contenente le due direzioni di vista del satellite (LOS ascendente e LOS discendente) è sostanzialmente ortogonale alla direzione N-S.



Storia temporale della componente di spostamento lungo la LOS dell'orbita discendente (DES) e **retta di regressione lineare**

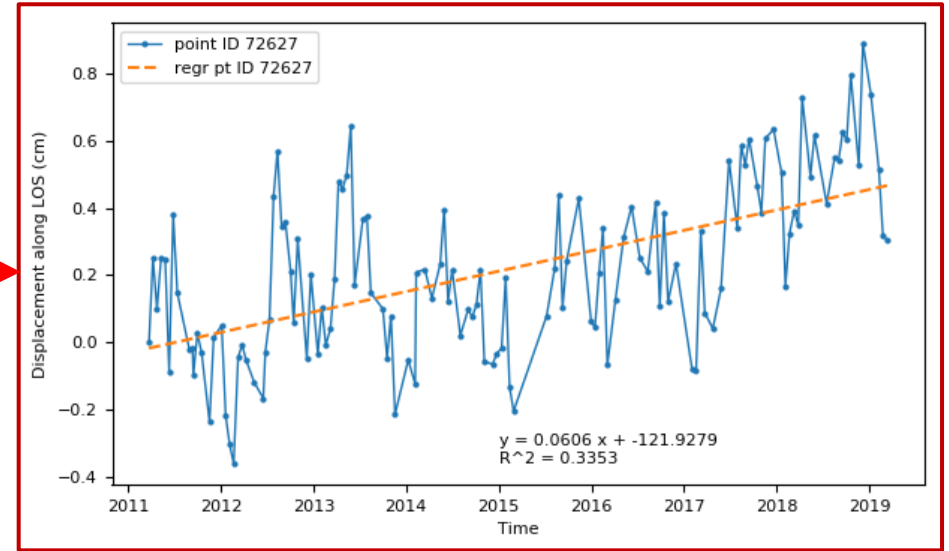
Si tratta di **spostamenti relativi** rispetto al reference point del dataset (**reference point** scelto in generale in una zona ritenuta stabile)

e sono anche **spostamenti relativi** nel tempo rispetto all'istante iniziale dell'acquisizione

## PUNTI DI MISURA DEI DATASET ASCENDENTI E DISCENDENTI



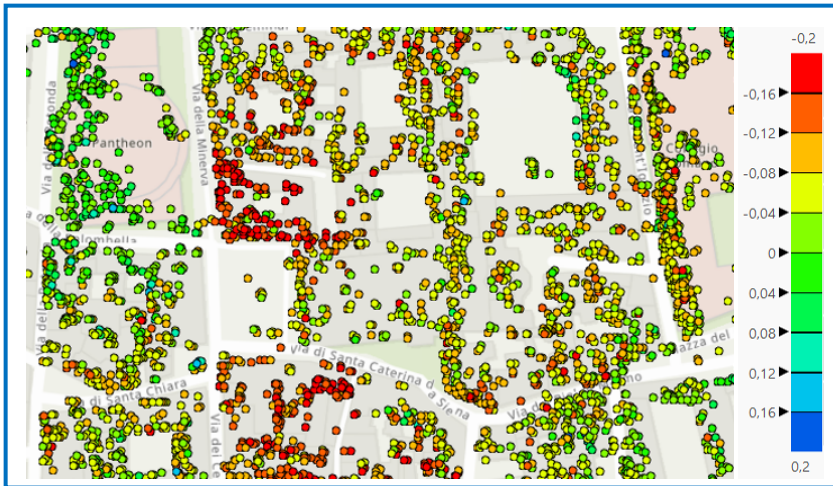
Per ciascun punto di misura viene fornita  
**la storia temporale della componente di spostamento lungo la LOS.**



Storia temporale della componente di spostamento lungo la LOS dell'orbita discendente (DES) e **retta di regressione lineare**

la pendenza della retta di regressione lineare dei valori di spostamento (linea rossa), fornisce **la velocità media lungo la LOS** con cui il punto di misura si è spostato nell'intervallo temporale analizzato.

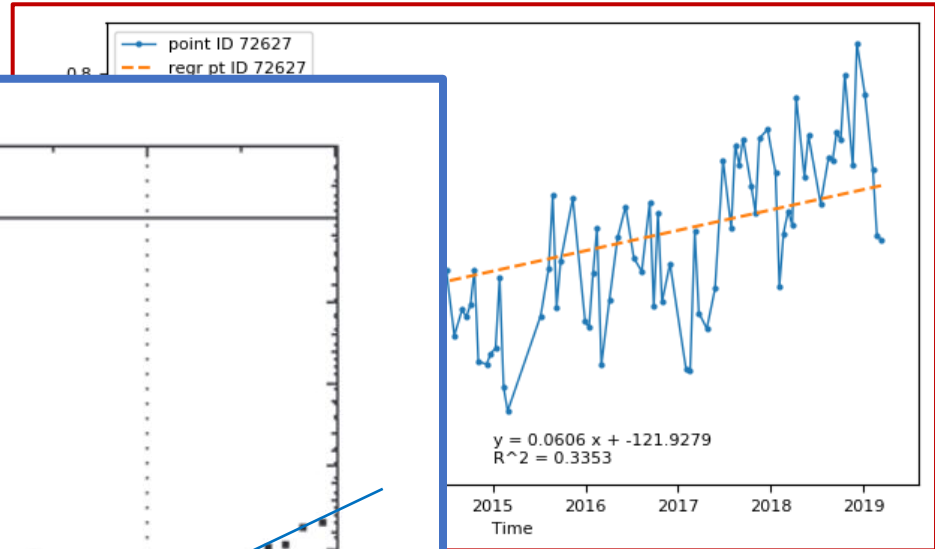
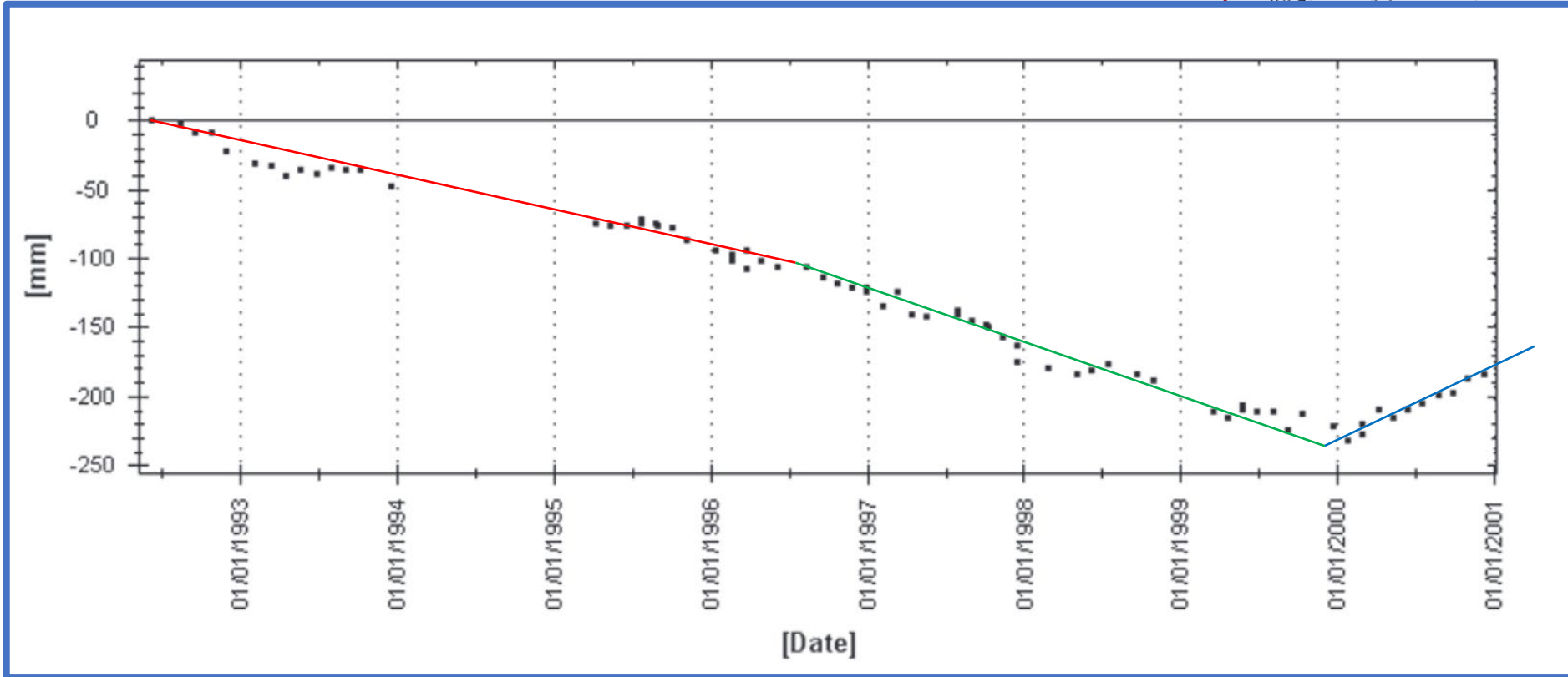
È possibile realizzare **mappe di velocità media**.  
Ad ogni punto di misura è associato un colore che indica **la velocità media lungo la LOS**.



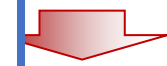
Punti di misura colorati a seconda del valore di velocità media lungo la LOS



## PUNTI DI MISURA DEI DATASET ASCENDENTI E DISCENDENTI



nte di spostamento lungo la LOS  
 e **retta di regressione lineare**



i di spostamento (linea rossa), fornisce  
 sura si è spostato nell'intervallo

Si può valutare **la velocità media** come regressione eseguita  
 «a tratti» su intervalli temporali diversi

ca **la velocità media** lungo la LOS.

## Tecnica SBAS-DInSAR e dati COSMO-SkyMed (CSK)

Precisione delle misure lungo la linea di vista (LOS) del satellite:

Velocità media:  $\pm 1-2$  mm/anno

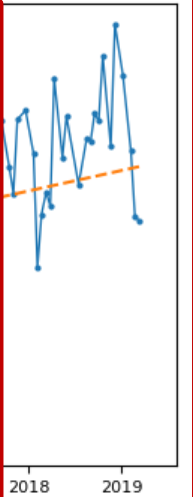
Spostamento:  $\pm 5-10$  mm

Precisione del posizionamento dei singoli punti:

Lungo direzione N-S  $\pm 1.5-2$  m

Lungo direzione Verticale  $\pm 1.5-2$  m

Lungo direzione E-W  $\pm 2-3$  m



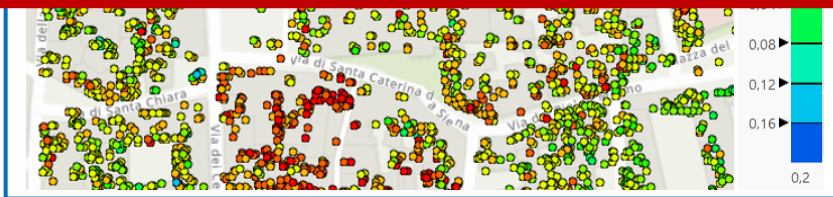
lungo la LOS  
e lineare

linea rossa), fornisce  
nell'intervallo

temporale analizzato.

È possibile realizzare mappe di velocità media.

Ad ogni punto di misura è associato un colore che indica la **velocità media lungo la LOS**.



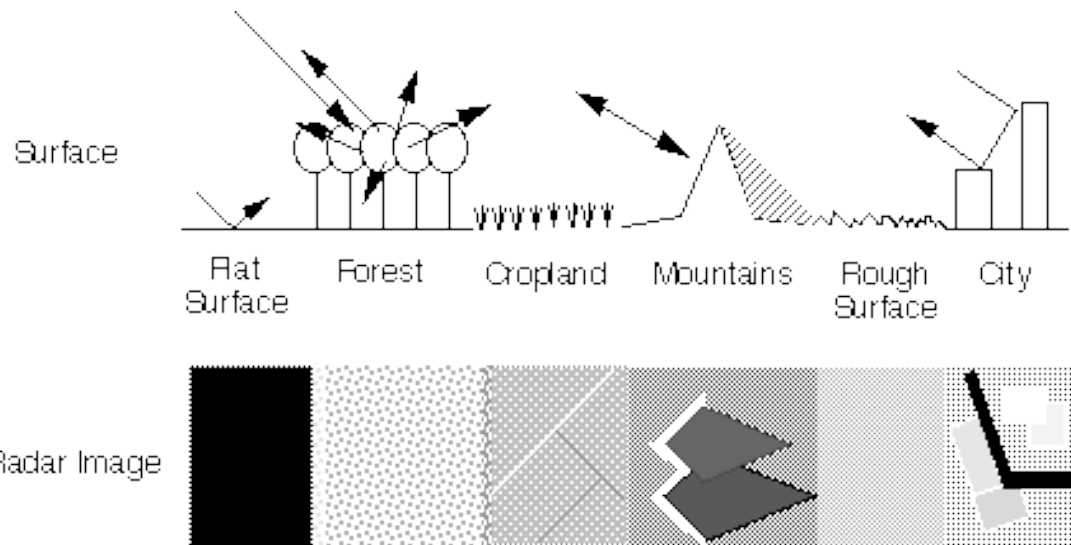
Punti di misura colorati a seconda del valore di velocità media lungo la LOS



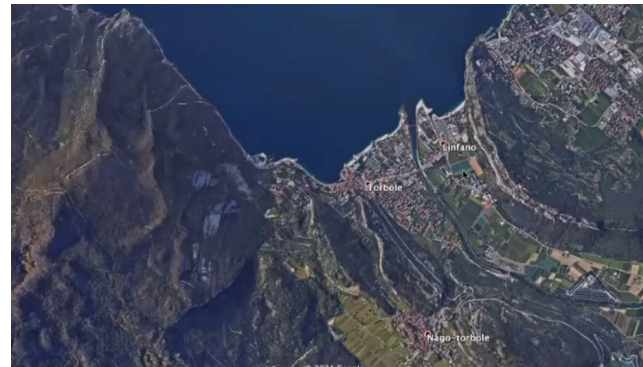
## DISTRIBUZIONE SPAZIALE DEI PUNTI DI MISURA

Osservando la distribuzione dei PS è abbastanza comune identificare **alcune aree prive di punti di misura**.

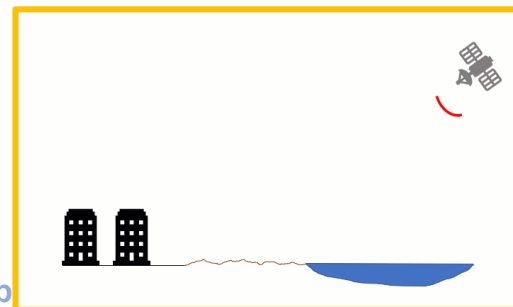
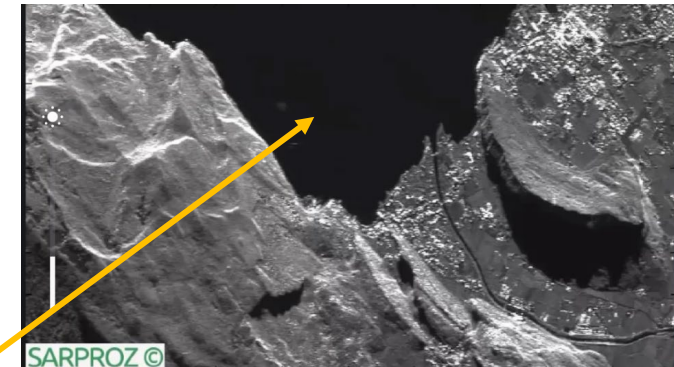
Le motivazioni alla base di tali osservazioni non risultano sempre univocamente identificate.



Optical Image (Google)



SAR Image (Ampiezza)



Se una superficie è totalmente riflettente il segnale non torna al satellite e l'immagine è nera  
Specchi d'acqua e superfici lisce orizzontali (e.g. un parcheggio) non danno una buona risposta.

## DISTRIBUZIONE SPAZIALE DEI PUNTI DI MISURA

Osservando la distribuzione dei PS è abbastanza comune identificare **alcune aree prive di punti di misura**.

Le motivazioni alla base di tali osservazioni non risultano sempre univocamente identificate.



Assenza di oggetti sufficientemente retrodiffondenti, ad esempio **aree verdi - aree marine - superfici piate**



In certe opere (tra cui certe **infrastrutture**) si può verificare la presenza di fenomeni tempo-varianti di deformazione delle strutture, di ampiezza significativa rispetto alla lunghezza d'onda del segnale radar utilizzato

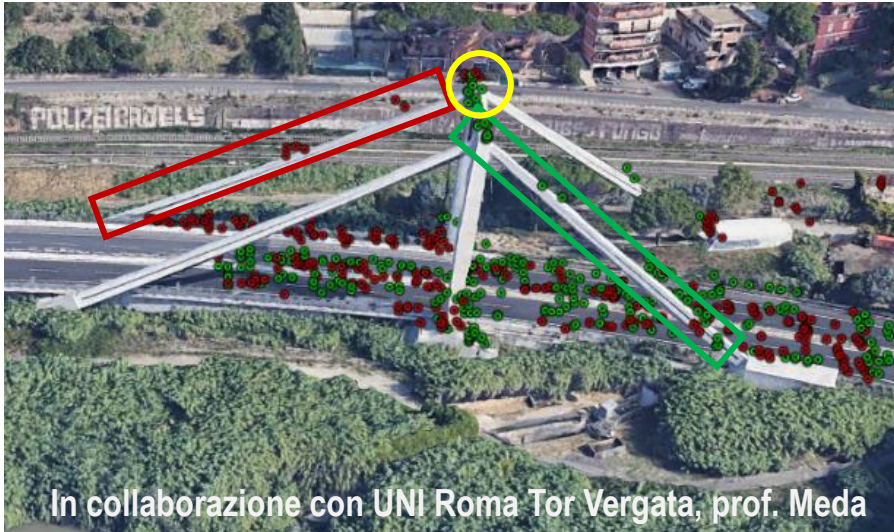


# SAR SATELLITARE: ELABORAZIONE E USO DEI DATI SATELLITARI IN AMBITO STRUTTURALE



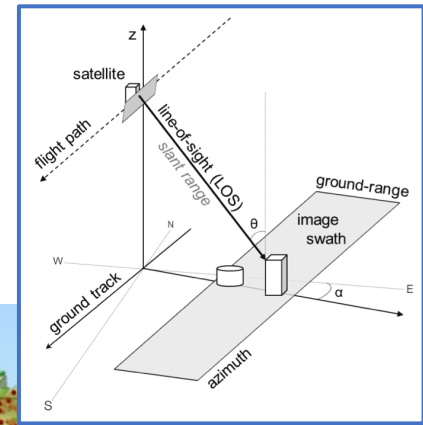
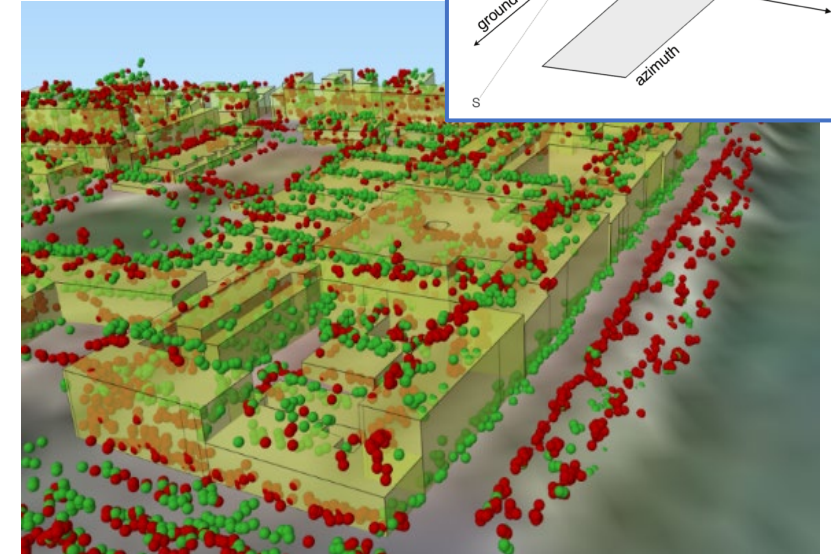
## USO DI UN SINGOLO DATASET

Vi possono essere situazioni in cui per un certo "oggetto" (edificio, ponte, etc) si hanno a disposizione prevalentemente punti di misura di un solo dataset (ascendente o discendente).

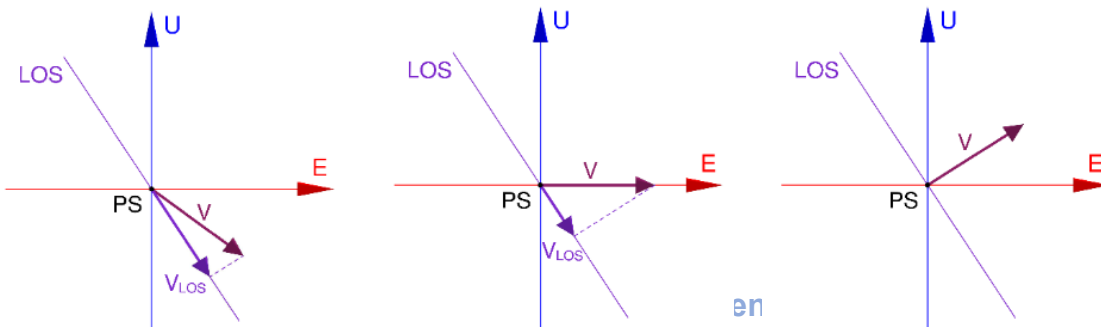


Stralli del **Ponte Morandi**:  
in uno si hanno solo dati dell'orbita  
ascendente (ROSSO) nell'altro  
dell'orbita discendente (VERDE)

**Edifici**: spesso si hanno punti delle due  
orbite solo sul tetto e su poche altre parti



$$V_{LoS} = \text{vel misurata lungo LoS} - V = \text{vel reale}$$



Se la direzione del vettore di spostamento/velocità reale si discosta dalla  
linea di vista, la componente rilevata dal satellite è minore



**Nel caso in cui la direzione del vettore di spostamento/velocità reale sia  
perpendicolare alla LOS, la componente misurata dal sensore risulta essere nulla**

una elevata deformazione lungo la LOS è segnale di un processo deformativo in atto;  
**viceversa non è vero il contrario**, una bassa deformazione lungo la LOS non è garanzia della  
assenza di fenomeni deformativi in atto.

## USO DI DUE DATASET, ASCENDENTE E DISCENDENTE

Il piano contenente le due direzioni di vista del satellite (LOS ascendente e LOS discendente) è sostanzialmente ortogonale alla direzione N-S.

Note le componenti di velocità media ovvero di spostamento (indicate con  $\delta$ ) lungo la LOS delle due orbite ASC e DES in un punto



Non si possono avere informazioni sulla componente di velocità/spostamento in direzione N-S

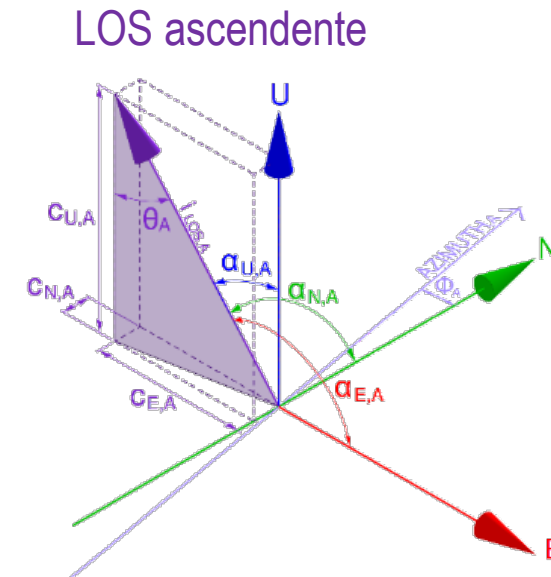
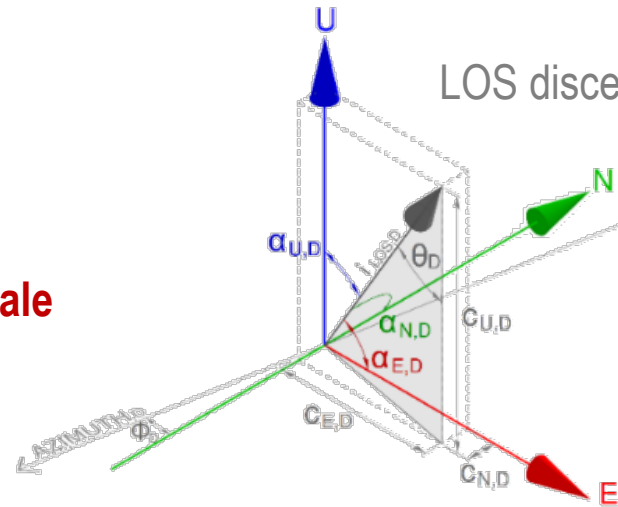


È possibile il calcolo

- ✓ della componente di velocità/spostamento verticale
- ✓ e della componente lungo la direzione E-W

$$\delta_{LOS,A} = \delta_E \cdot c_{E,A} + \delta_N \cdot c_{N,A} + \delta_U \cdot c_{U,A} \cong \delta_E \cdot c_{E,A} + \delta_U \cdot c_{U,A}$$

$$\delta_{LOS,D} = \delta_E \cdot c_{E,D} + \delta_N \cdot c_{N,D} + \delta_U \cdot c_{U,D} \cong \delta_E \cdot c_{E,D} + \delta_U \cdot c_{U,D}$$





## USO DI DUE DATASET, ASCENDENTE E DISCENDENTE

### Velocità Medie lungo la LOS ASCENDENTE

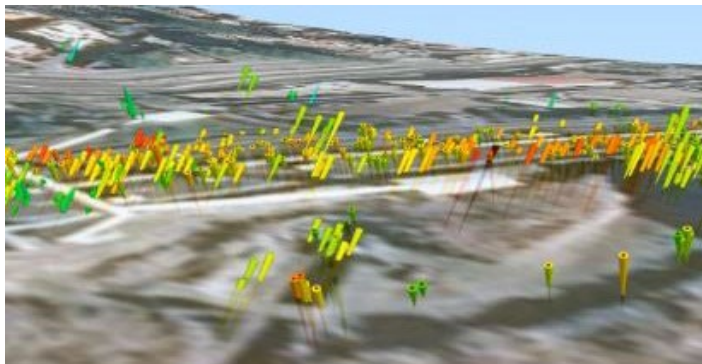


In collaborazione con UNI Roma Tor Vergata, prof. Meda

### Velocità Medie lungo la LOS DISCENDENTE



In collaborazione con UNI Roma Tor Vergata, prof. Meda



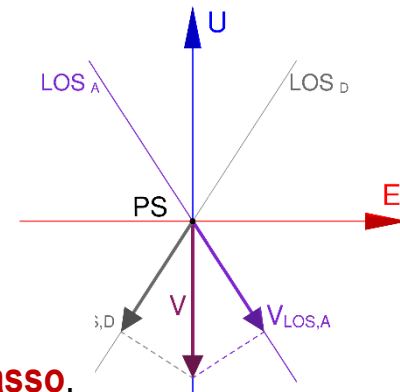
Rappresentazione vettoriale delle velocità

### USO DI DUE DATASETS: INFORMAZIONI PRELIMINARI



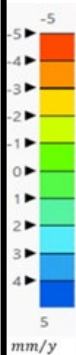
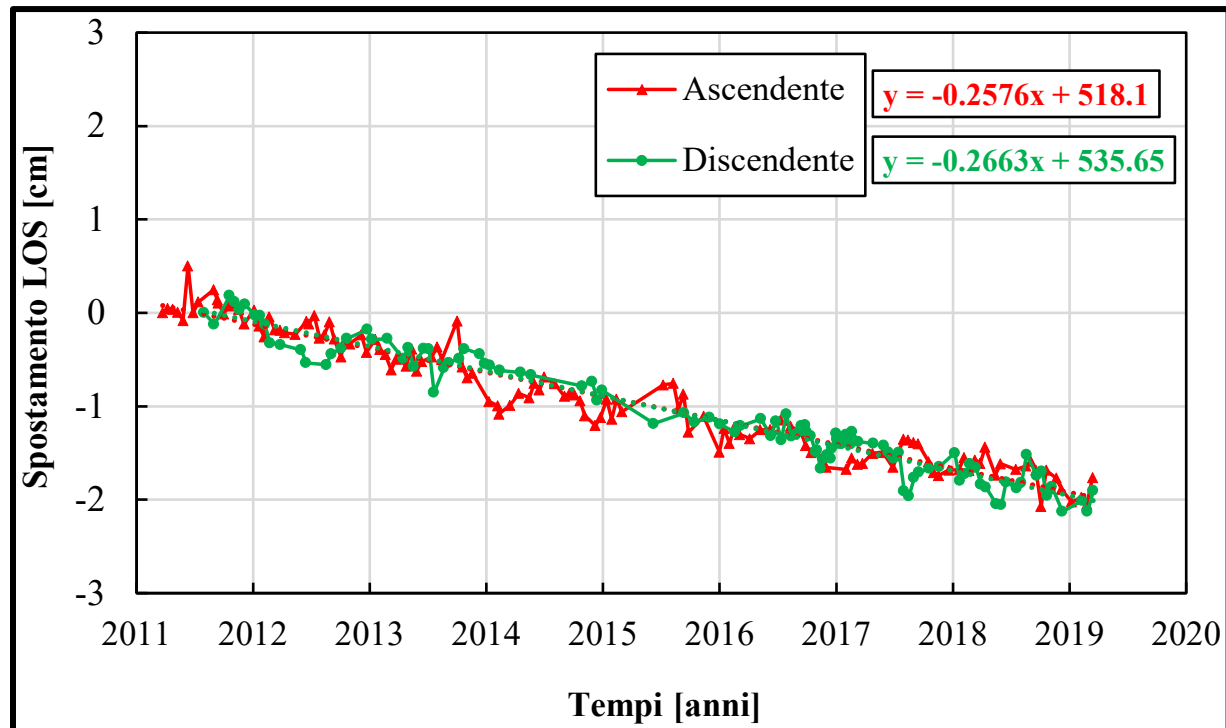
Dai due datasets si ricava per due punti molto vicini una **velocità media annua molto simile** (+2.58 mm/anno e +2.66 mm/anno rispettivamente per ASC e DES),

Questo **è indice che il movimento reale ha direzione prevalentemente verticale e rivolta verso il basso.**

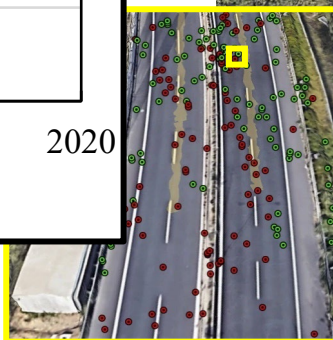




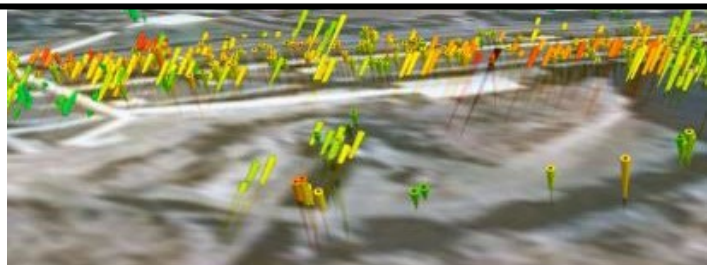
## USO DI DUE DATASET, ASCENDENTE E DISCENDENTE



### Velocità Medie lungo la LOS DISCENDENTE



In collaborazione con UNI Roma Tor Vergata, prof. Meda



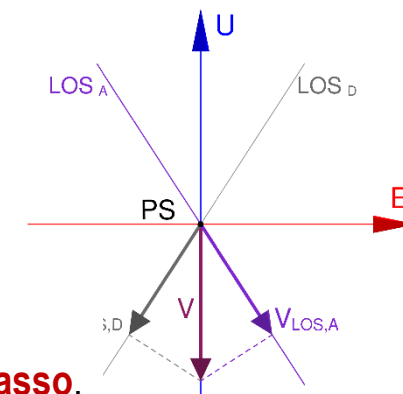
Rappresentazione  
vettoriale delle velocità

### USO DI DUE DATASETS: INFORMAZIONI PRELIMINARI



Dai due datasets si ricava per due punti molto vicini una **velocità media annua molto simile** (+2.58 mm/anno e +2.66 mm/anno rispettivamente per ASC e DES),

Questo **è indice che il movimento reale ha direzione prevalentemente verticale e rivolta verso il basso.**



## RICAMPIONAMENTO SPAZIALE

### Problema:

La combinazione delle velocità medie ovvero degli spostamenti dai datasets **ASC** e **DES** per ottenere le componenti verticale e orizzontale è complicata dal fatto che **difficilmente si hanno gli stessi punti di misura** nei due datasets.



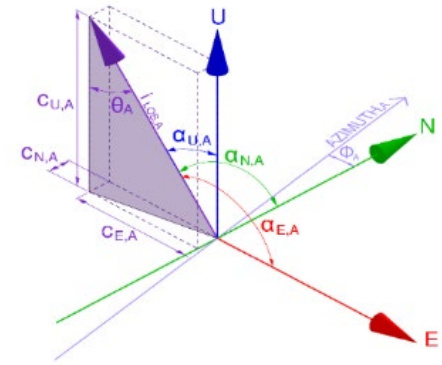
### Ricampionamento spaziale

Le tecniche di ricampionamento spaziale possono essere impiegate per ottenere un insieme di punti referenziati spazialmente, cui sono associate le informazioni sugli spostamenti lungo la LOS per entrambe le geometrie di acquisizione, al fine di eseguire combinazioni successive.

Lavorare con tecniche di interpolazione ha il vantaggio di fornire mappe continue, sebbene sia più difficile dar conto della natura tridimensionale dei dati DInSAR.

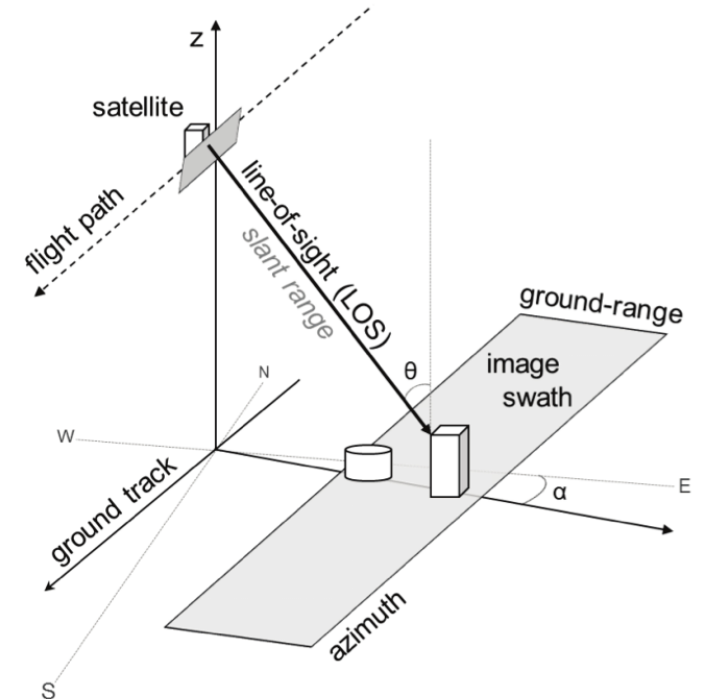
### Tecniche esistenti:

- Nearest neighbors
- Tecniche di sottocampionamento
- Tecniche di interpolazione
- Clustering



$$\delta_{LOS,A} \cong \delta_E \cdot c_{E,A} + \delta_U \cdot c_{U,A}$$

$$\delta_{LOS,D} \cong \delta_E \cdot c_{E,D} + \delta_U \cdot c_{U,D}$$



## RICAMPIONAMENTO SPAZIALE

**Combinazione di punti “sufficientemente” vicini. Approccio Nearest Neighbours**



Restando nello spazio vettoriale, si selezionano solo i punti sufficientemente vicini (entro un valore soglia). Si combinano le velocità ASC e DES lungo la LOS in tutti i punti sufficientemente vicini

**Si mantengono le informazioni sulla quota**, quindi la reale natura 3D del dato, combinando punti che sono vicini non solo in pianta, ma anche in quota  
*(semplice estendere al caso delle storie di spostamento: ricampionamento temporale)*

**Tecniche di sottocampionamento**



Restando nello spazio vettoriale, si sottocampionano i punti su una griglia regolare.

- ✓ Si sceglie una griglia regolare comune ai due dataset
- ✓ ad ogni cella (che rappresenta un punto di misura sintetico) viene assegnata una velocità di spostamento pari alla media dei valori di velocità dei punti di misura che ricadono nella cella

**Si perdono le informazioni sulla quota**, quindi la reale natura 3D del dato  
*(semplice estendere al caso delle storie di spostamento: ricampionamento temporale)*

**Tecniche di interpolazione**  
*(deterministica, e.g. IDW, ovvero probabilistica, e.g. Kriging)*



Si lavora nello spazio raster, si interpolano i punti con una tecnica e poi si combinano le velocità ASC e DES lungo la LOS in tutti i pixel ottenendo una mappa praticamente continua

**Si perdono le informazioni sulla quota**, quindi la reale natura 3D del dato  
Importante la densità di punti nella zona: interpolazione non estrapolazione  
*(meno semplice estendere al caso delle storie di spostamento)*



## RICAMPIONAMENTO TEMPORALE

### Problema:

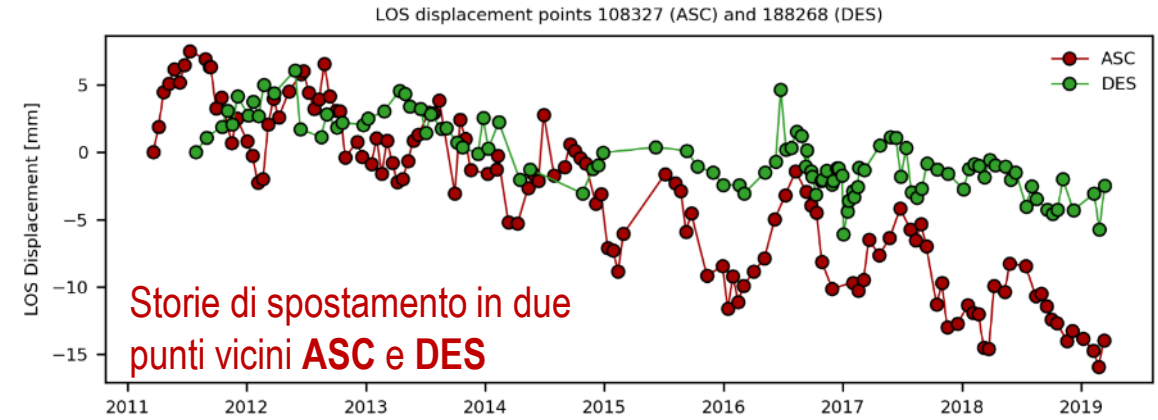
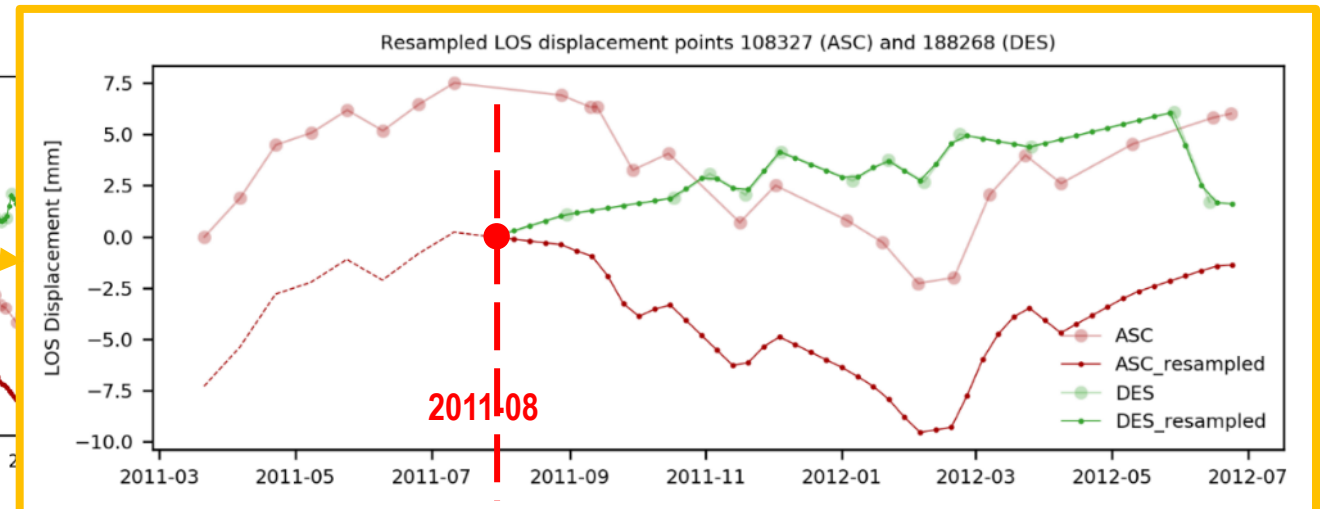
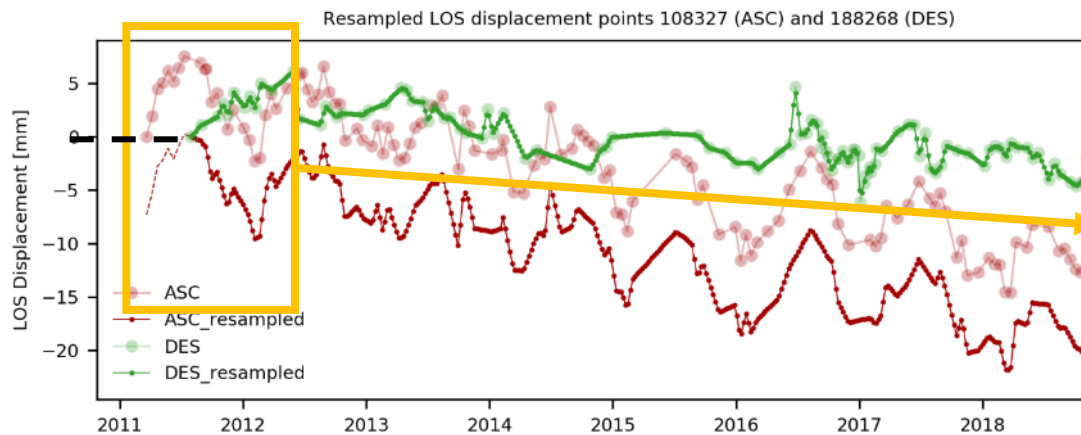
La combinazione delle **STORIE DI SPOSTAMENTO** dai datasets ascendente e discendente è complicata dal fatto che:

- I datasets **non hanno la stessa frequenza di campionamento**
- I datasets **non hanno lo stesso istante iniziale**



### Ricampionamento temporale

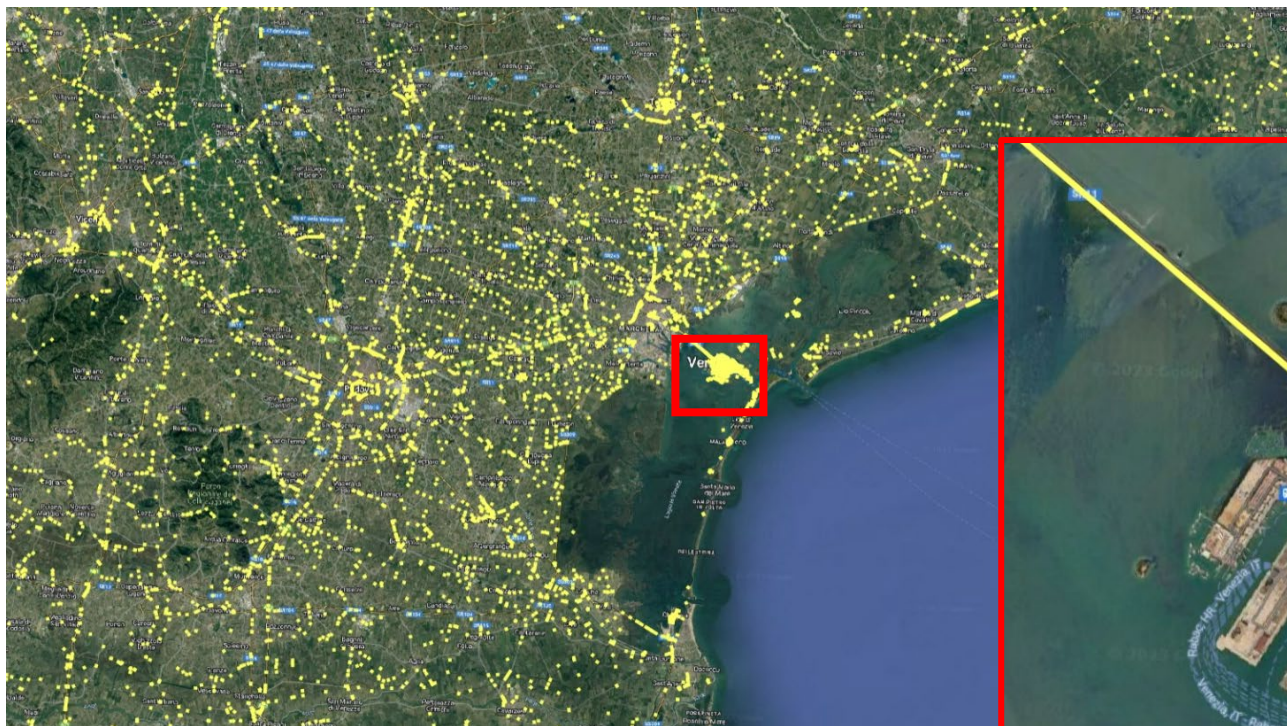
Storie di spostamento in due punti vicini **ascendente e discendente** ricampionate e ri-allineate:



## SAR SATELLITARE: QUALCHE APPLICAZIONE PRELIMINARE AI PONTI

## UTILIZZO DI UN DATABASE CON TUTTI I PONTI DEL VENETO

Sono presenti tutti i ponti, autostradali e non

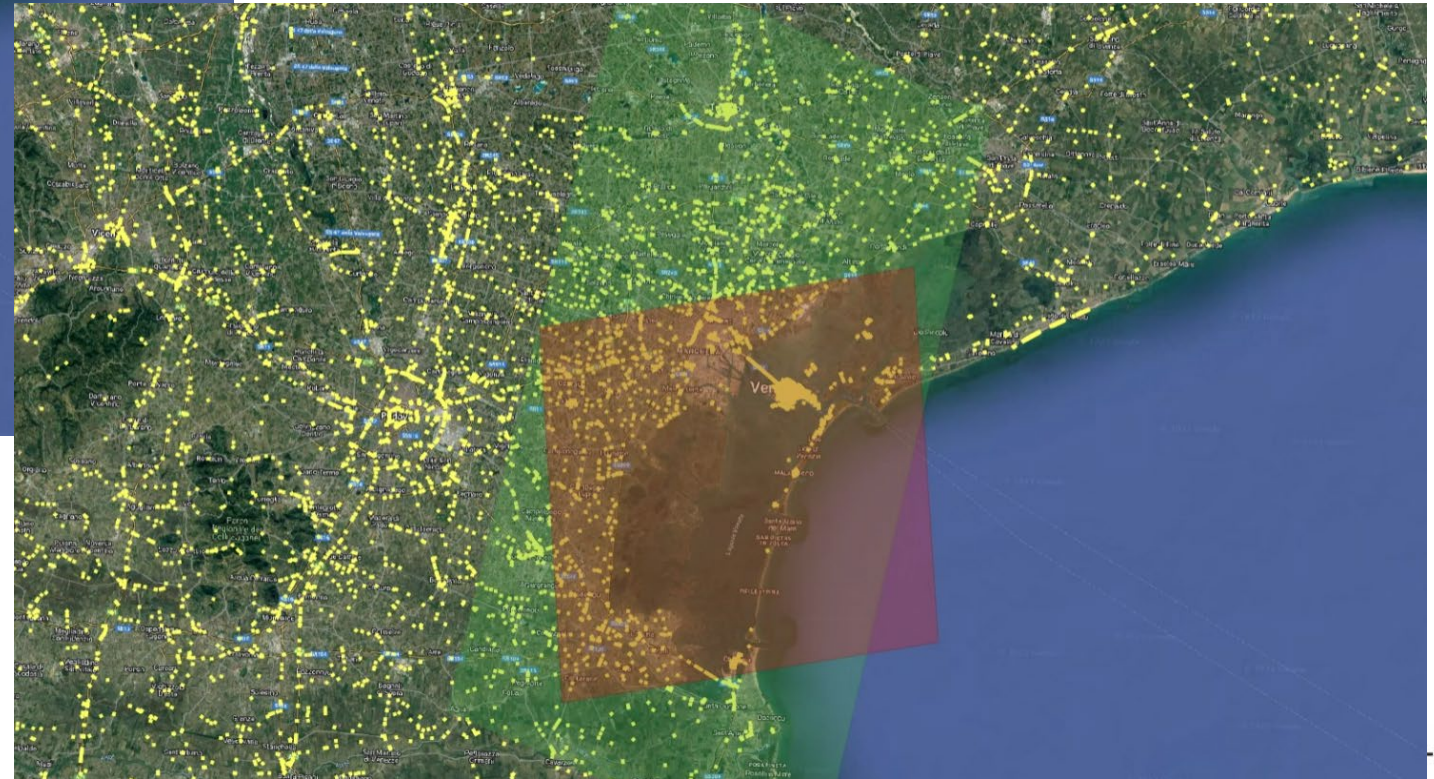
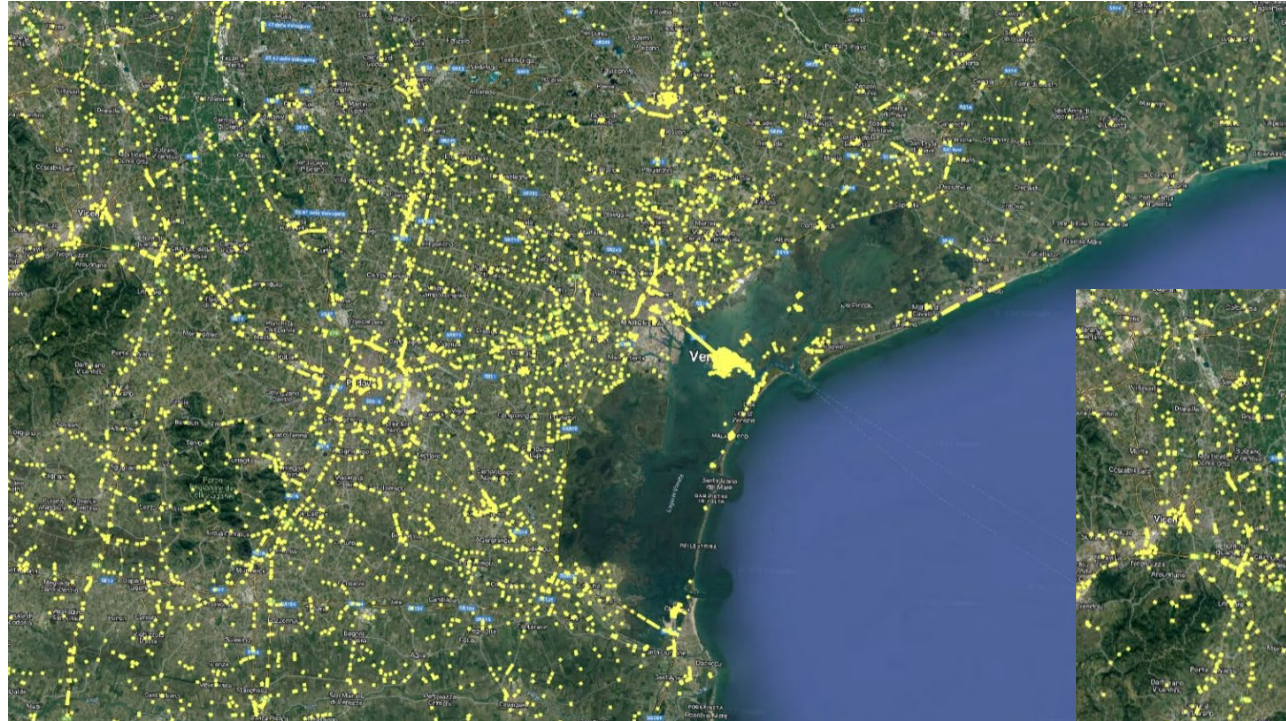


Repository open con mappe create dagli utenti della comunità OpenDataSicilia: mappa dei ponti a partire dalle informazioni di OpenStreetMaps divisi per regione:

<https://github.com/SiciliaHub/mappe/tree/gh-pages/pontieviadotti>



## UTILIZZO DI UN DATABASE CON TUTTI I PONTI DEL VENETO: DATI SAR



Dati CSK Utilizzati (periodo 2011-2021):  
In rosso Quadrante dataset ASC  
In verde Quadrante dataset DES  
(in collaborazione con CNR – IREA Riccardo Lanari)



## UTILIZZO DI UN DATABASE CON TUTTI I PONTI DEL VENETO: DATI SAR

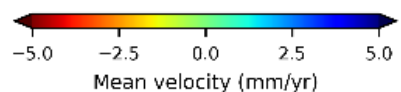
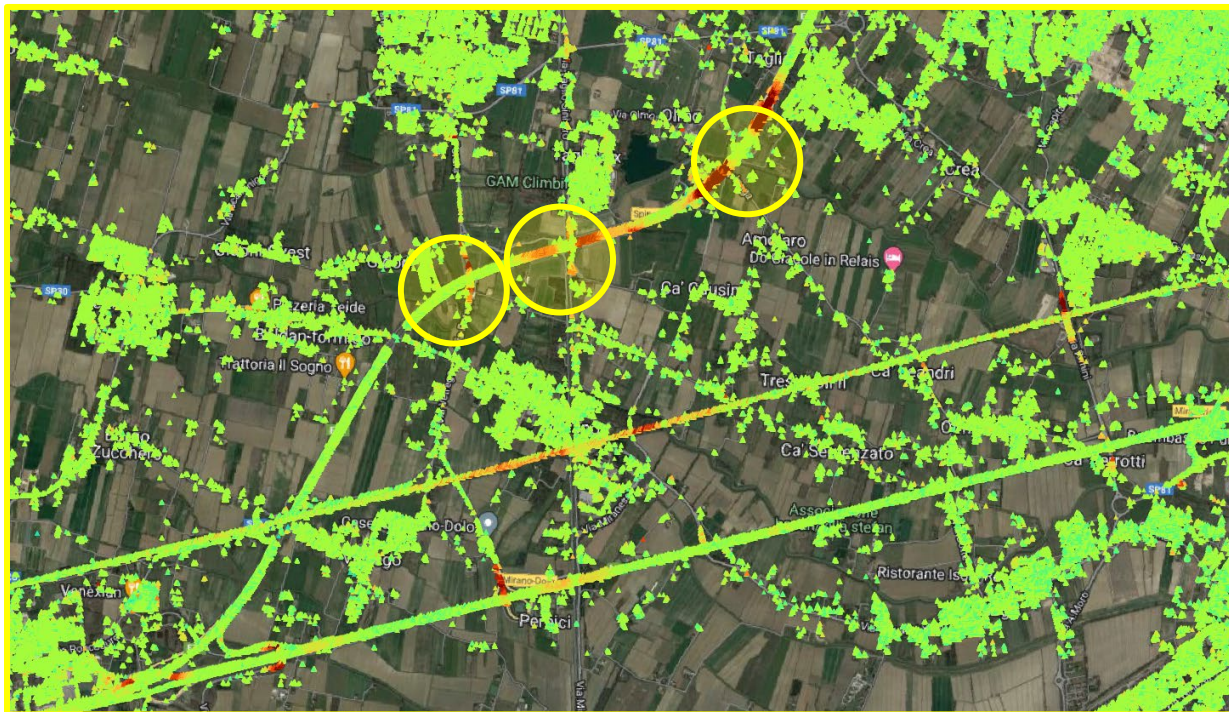
Ingrandimento di una zona del Passante (CAV)



Dati CSK Utilizzati (periodo 2011-2021):  
In rosso Quadrante dataset ASC  
In verde Quadrante dataset DES

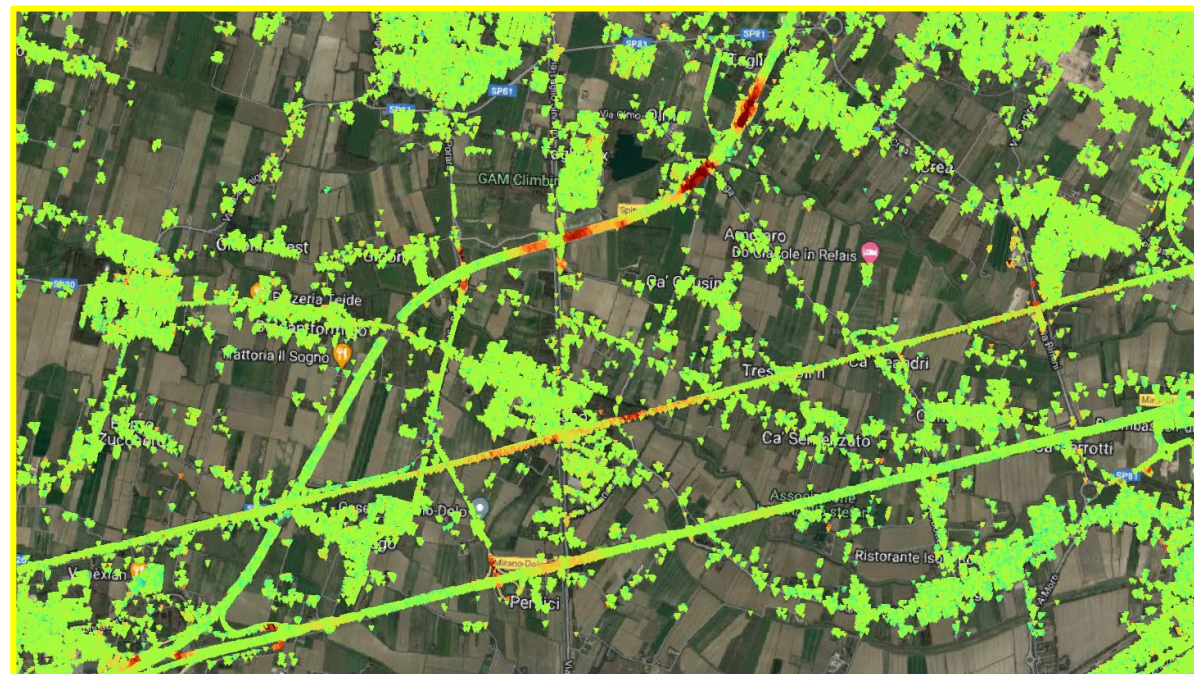


## UTILIZZO DI UN DATABASE CON TUTTI I PONTI DEL VENETO: DATI SAR



## DATASET DES TRIANGOLI CON PUNTA VERSO IL BASSO

## DATASET ASC TRIANGOLI CON PUNTA VERSO L'ALTO

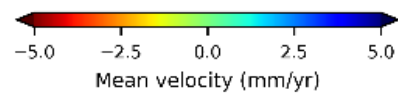
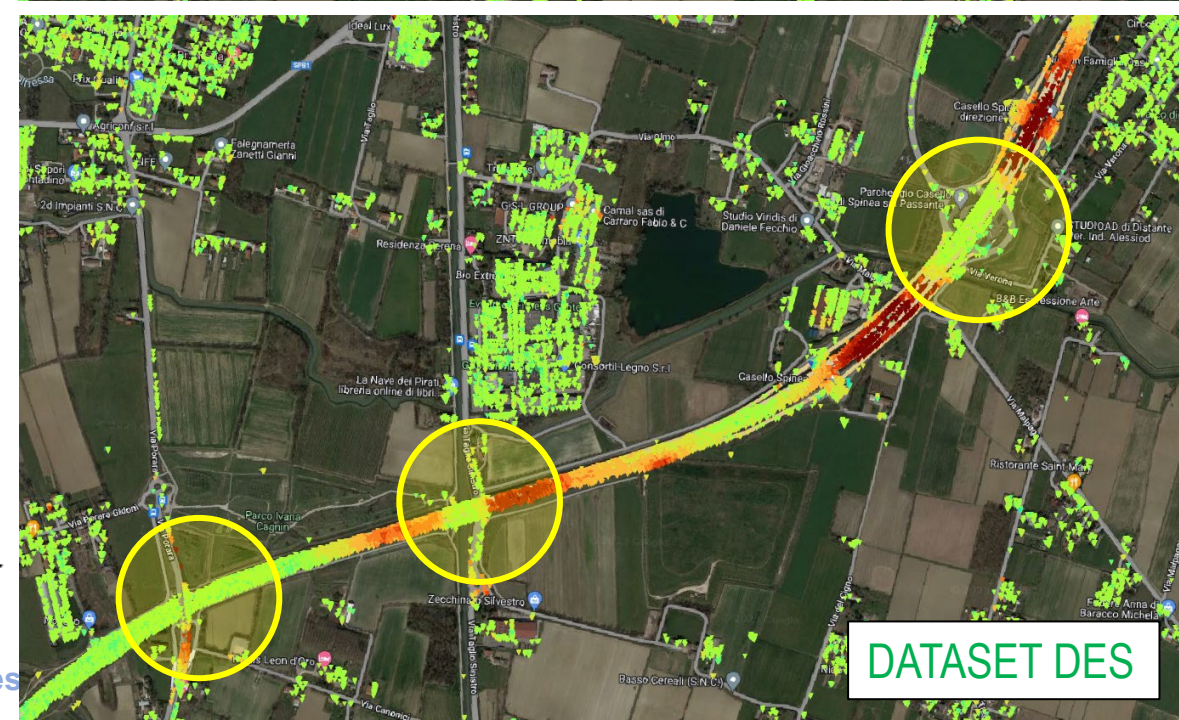
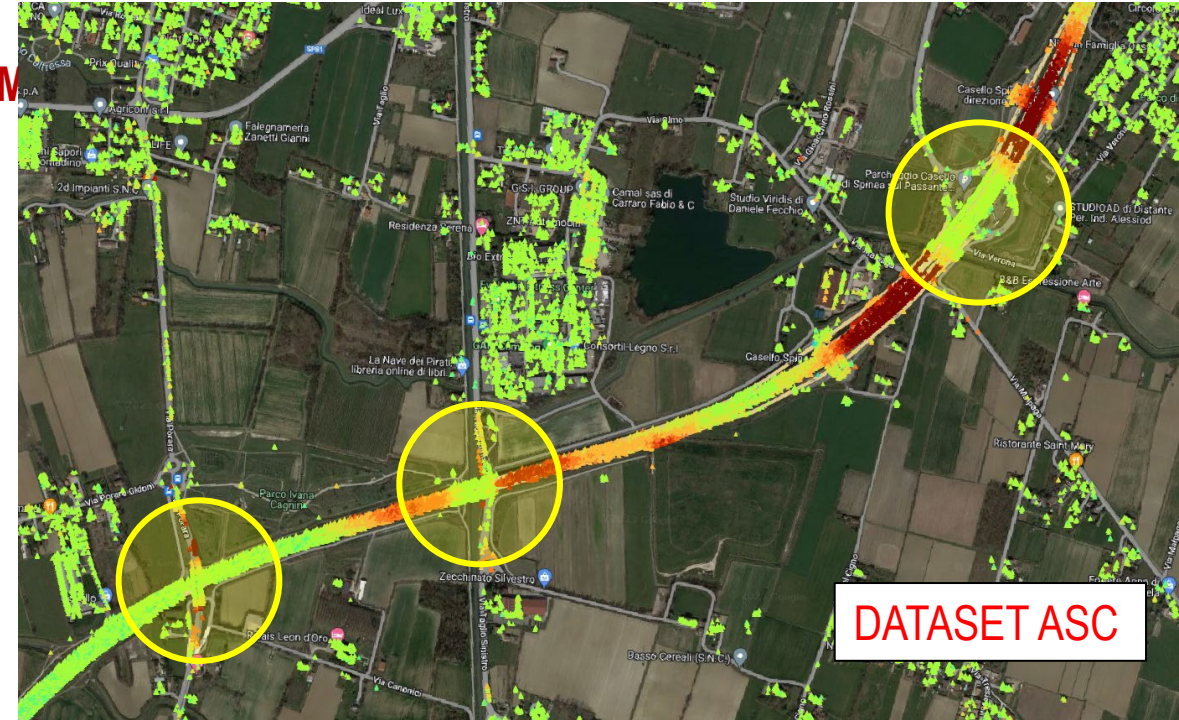




## UTILIZZO DI UN DATABASE CON TUTTI I PONTI DEL VENETO: DATI SAR



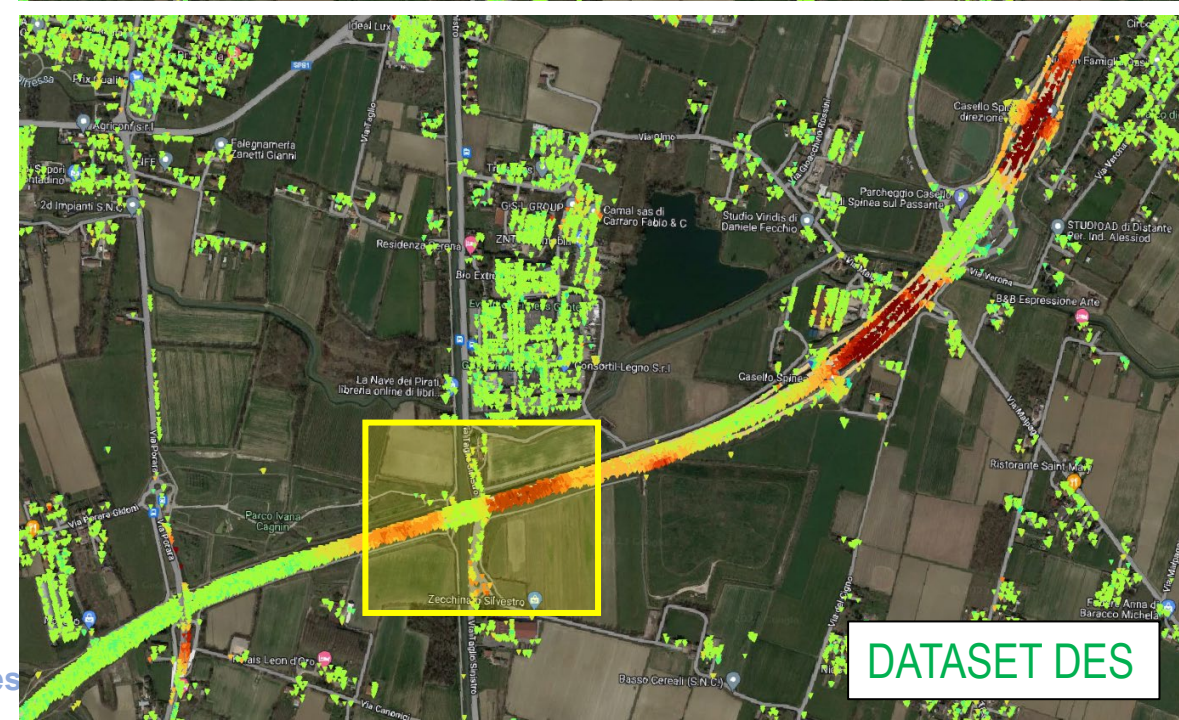
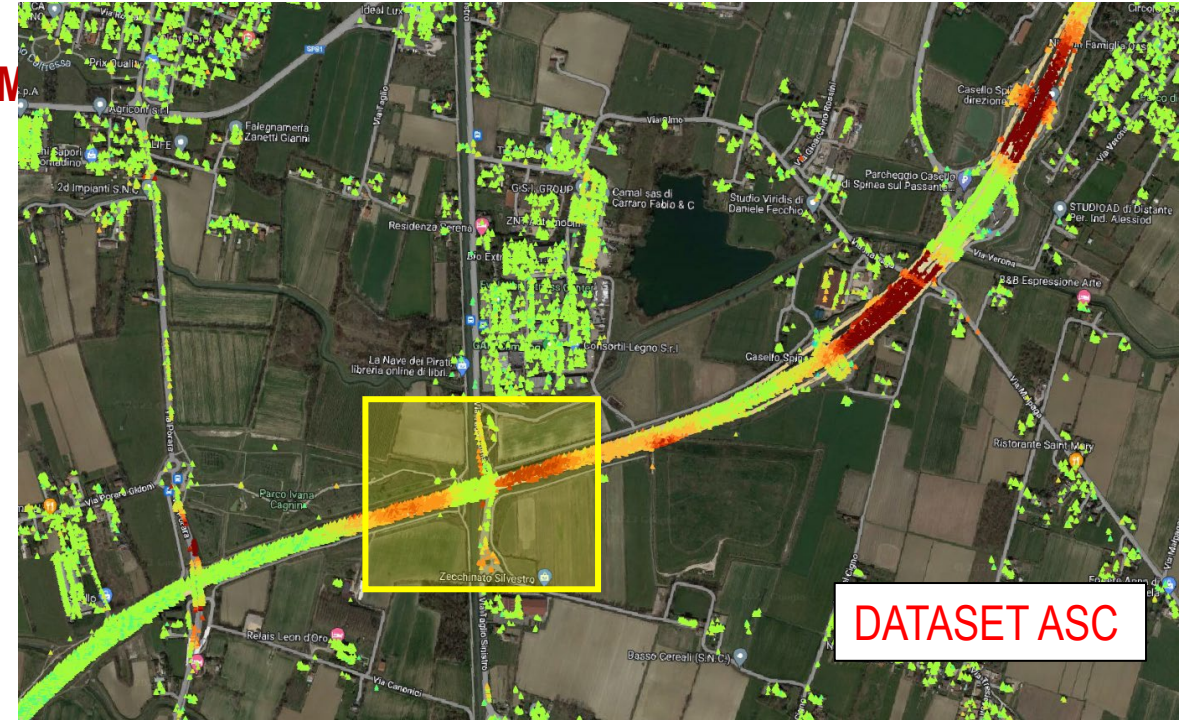
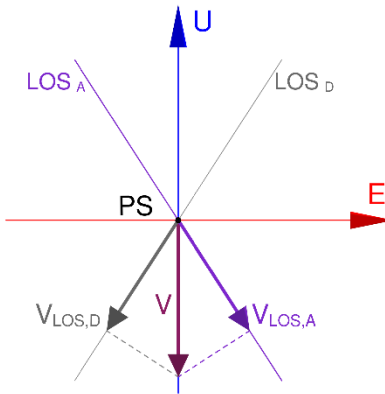
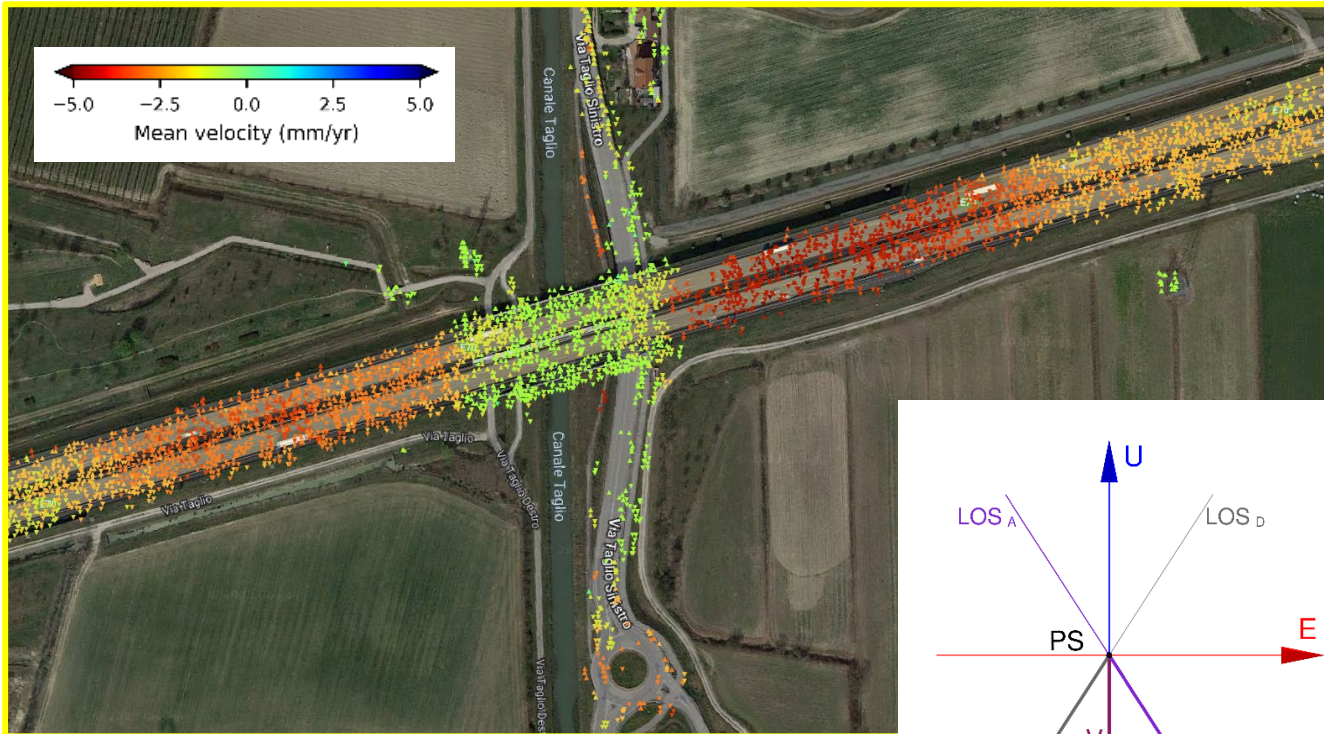
Ingrandimento di una zona del Passante (CAV)



La sperimentazione delle Linee Guida per i ponti es

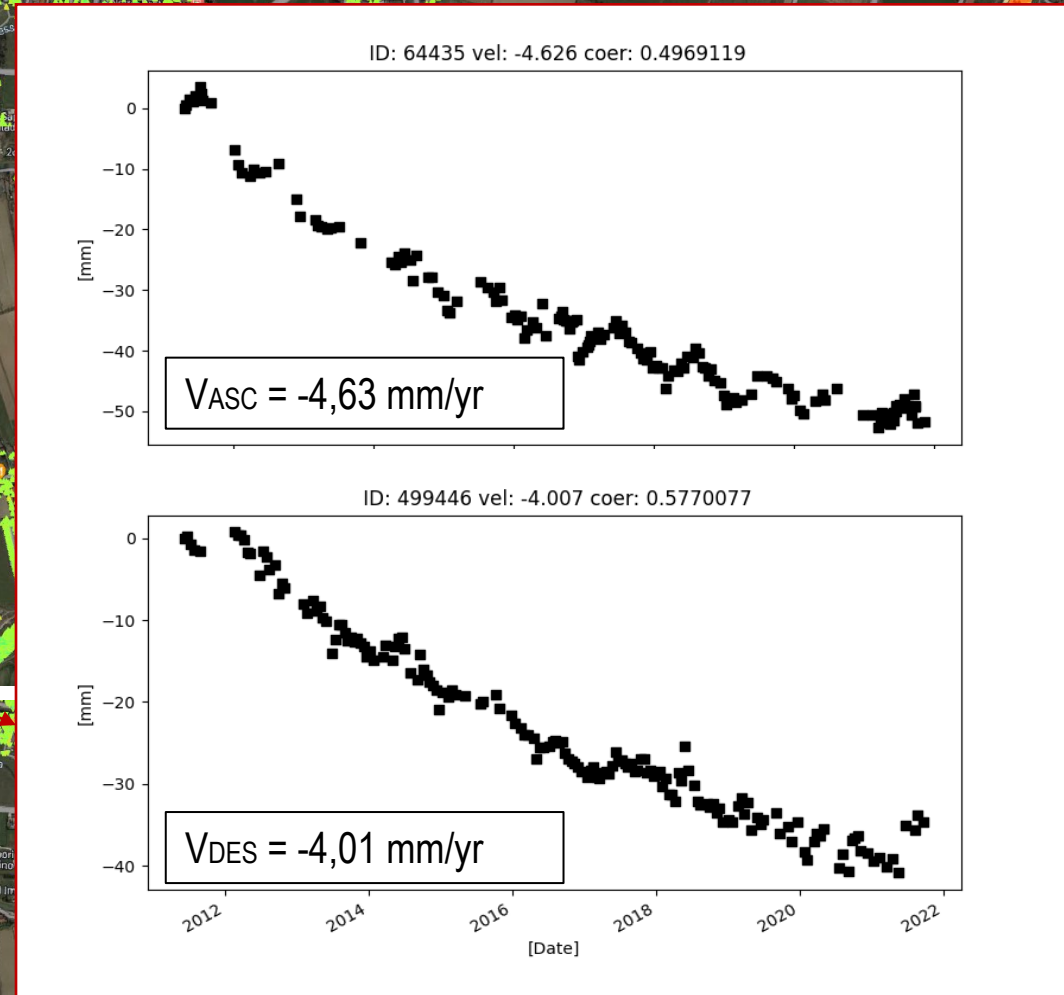
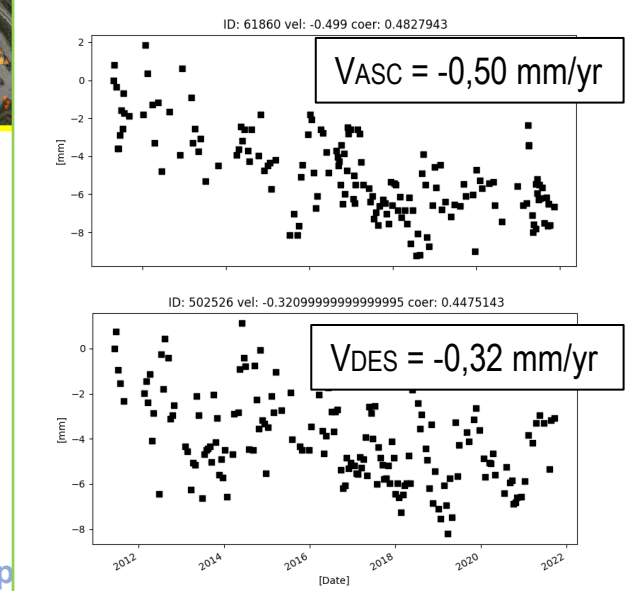
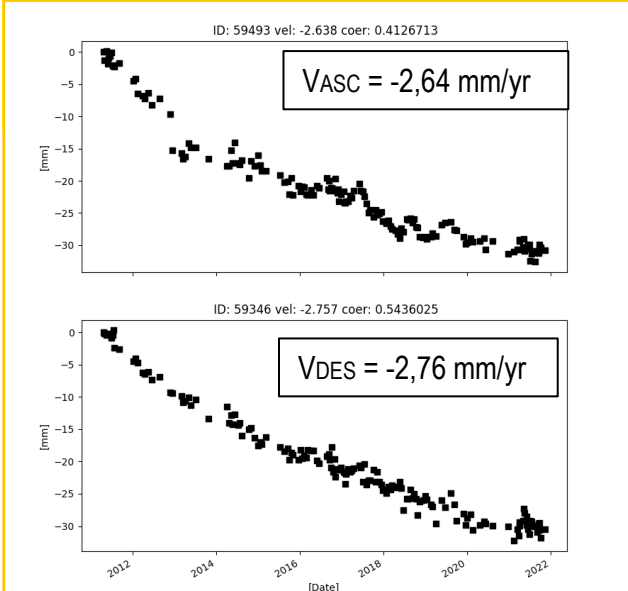
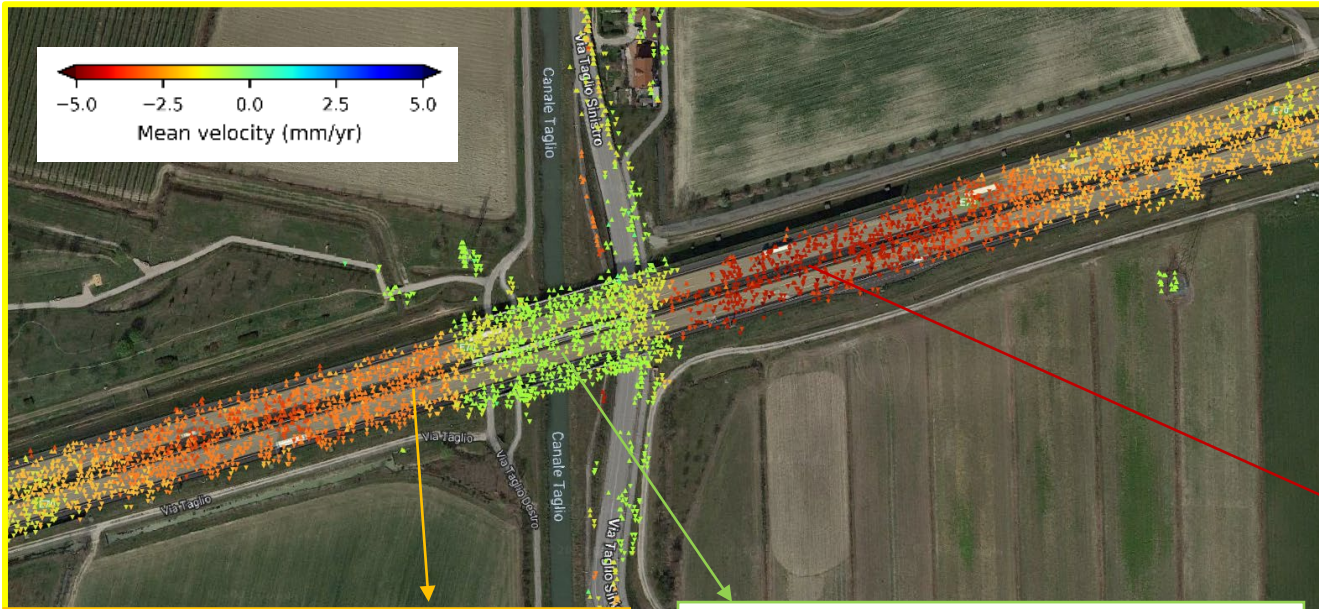


## FOCUS SU UNO DEI PONTI: DATI SAR



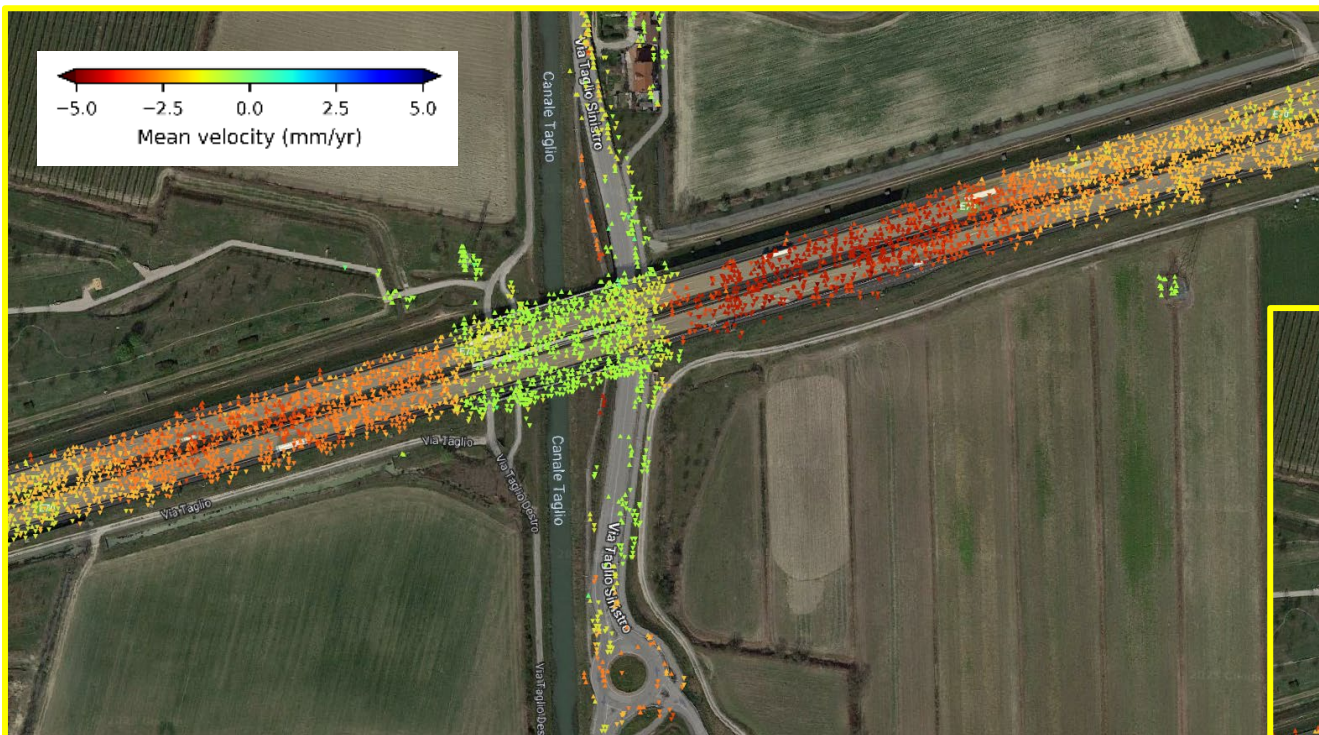


## FOCUS SU UNO DEI PONTI: DATI SAR





## APPLICAZIONE A TUTTE LE OPERE DI UNA TRATTA: DATI SAR



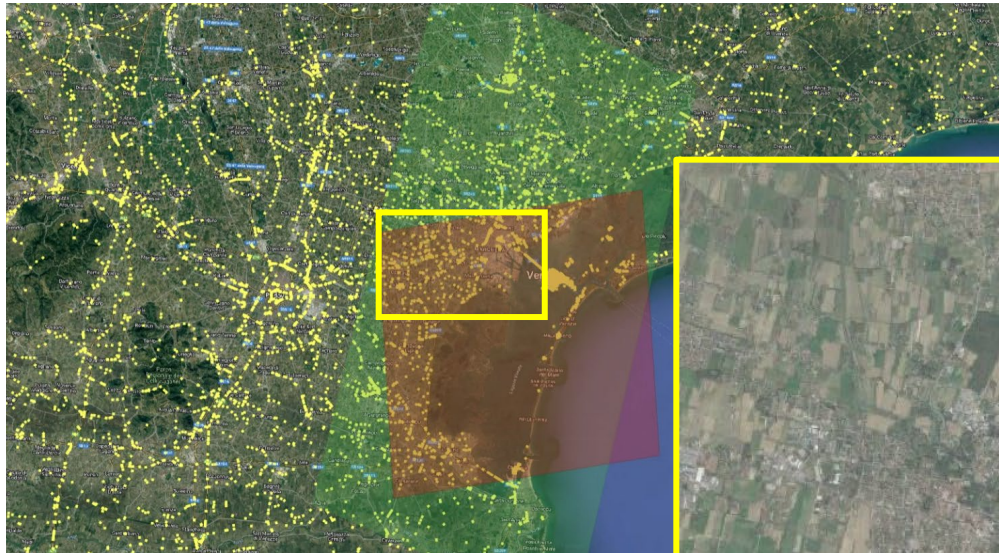
Per ogni opera della tratta che si vuole indagare, si divide l'opera stessa in rettangoli



Per ogni rettangolino dello stesso ponte si calcola la media delle velocità dei punti e si assegna poi ad ogni rettangolo quel valore  
 Si controlla se nella singola opera tutti i rettangoli hanno velocità minore/maggiore di una soglia,  
*oppure si può valutare se tutti i rettangoli hanno velocità simile*  
 se così non è si attiva un Flag di attenzione rosso, se no verde.



## APPLICAZIONE A TUTTE LE OPERE DI UNA TRATTA: DATI SAR

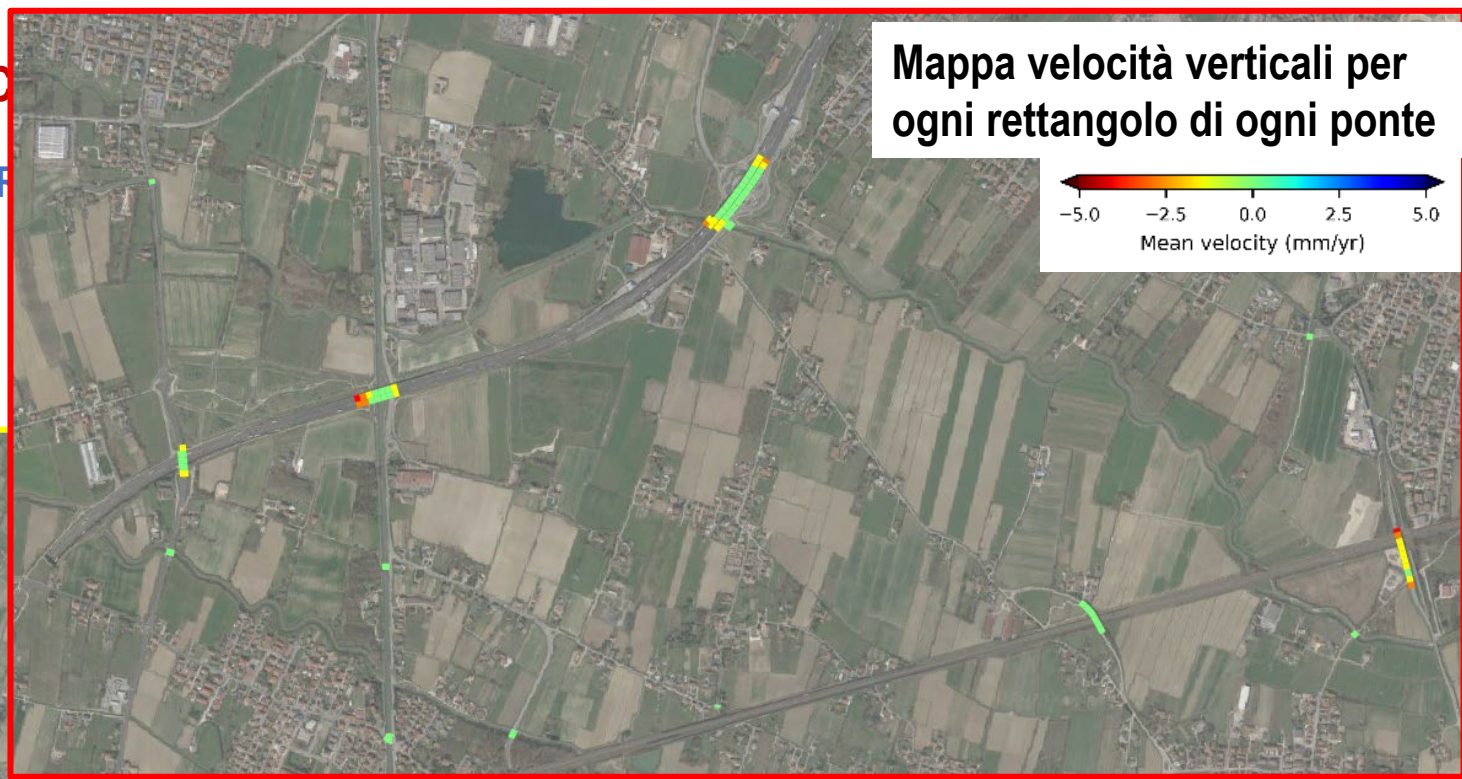


Si sceglie un'area (una tratta)

Si dividono le opere in rettangolini

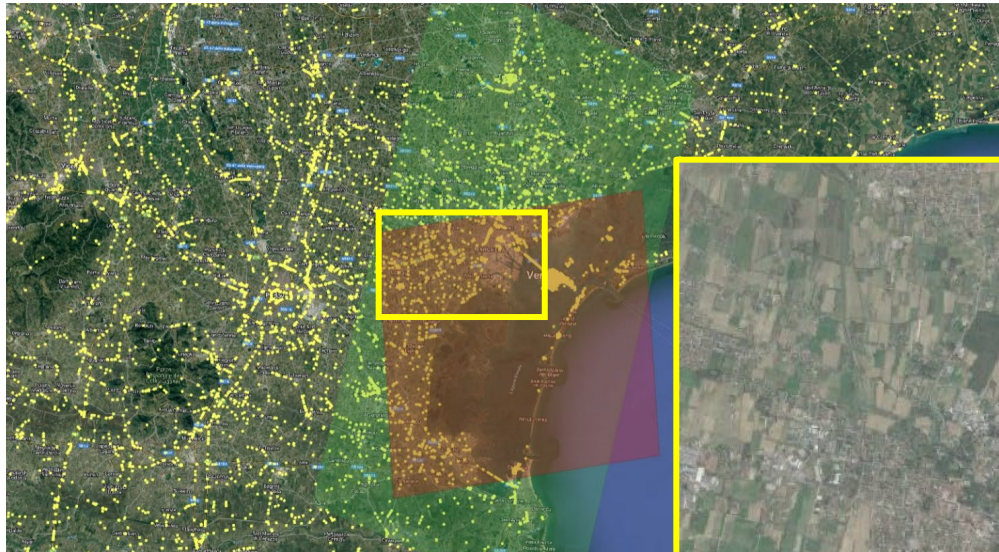
Si assegnano le velocità ASC e DES ad ogni rettangolino

Si combinano e si ottiene la  $V_{vert}$





## APPLICAZIONE A TUTTE LE OPERE DI UNA TRATTA: DATI SAR

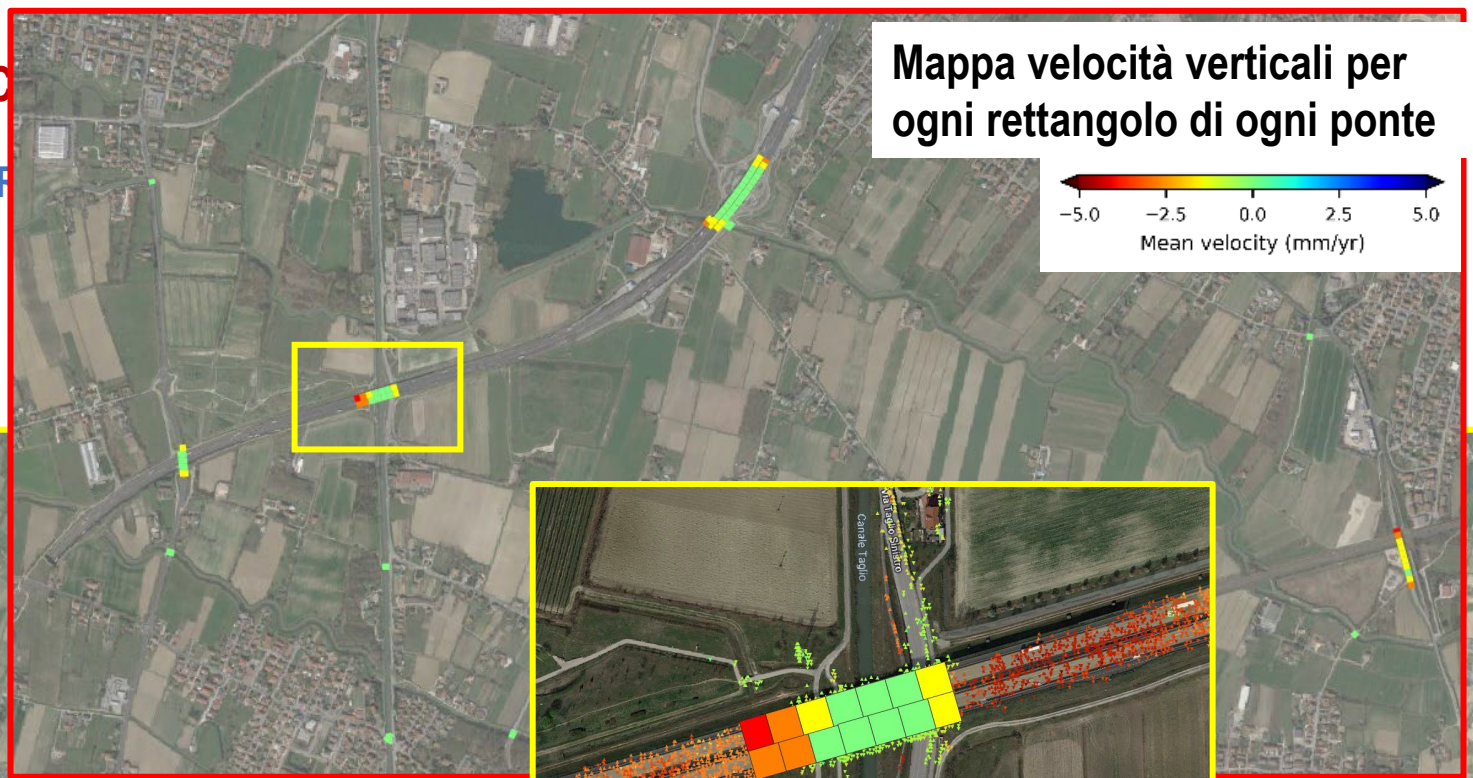
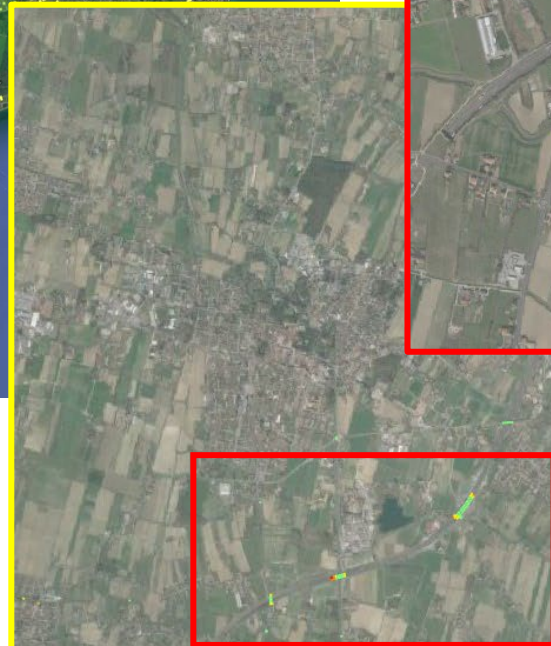


Si sceglie un'area (una tratta)

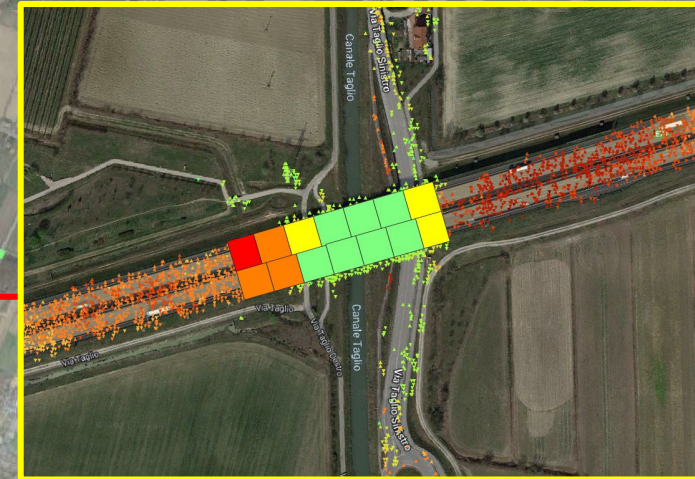
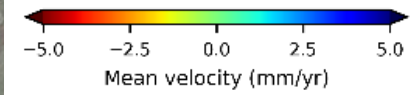
Si dividono le opere in rettangolini

Si assegnano le velocità ASC e DES ad ogni rettangolino

Si combinano e si ottiene la Vvert





Mappa velocità verticali per ogni rettangolo di ogni ponte



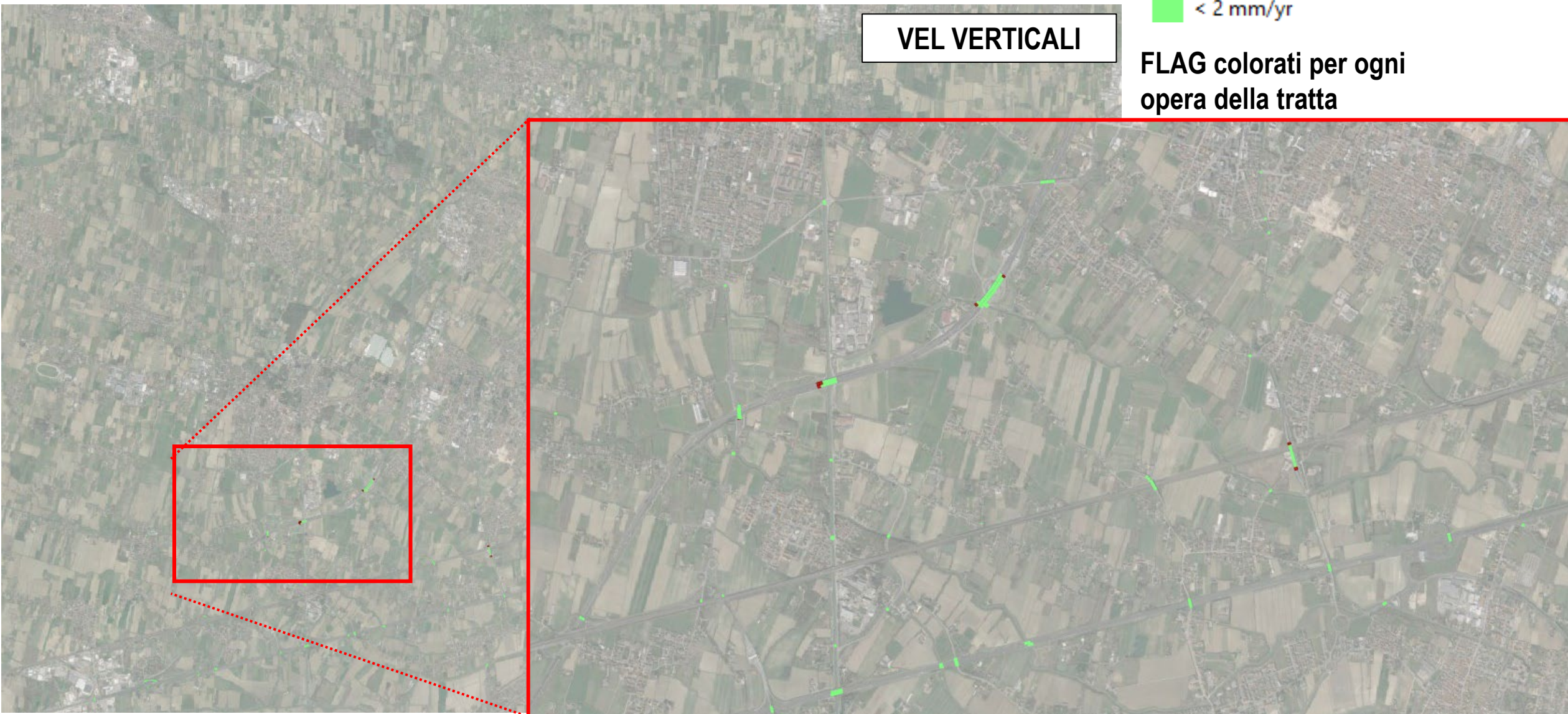


## APPLICAZIONE A TUTTE LE OPERE DI UNA TRATTA: DATI SAR

 > 2 mm/yr  
 < 2 mm/yr

**FLAG** colorati per ogni  
opera della tratta

VEL VERTICALI





■ > 2 mm/yr  
■ < 2 mm/yr

VEL VERTICALI

FLAG colorati per ogni  
opera della tratta



## CONCLUSIONI

**LA SFIDA – PASSARE DALL’UTILIZZO DI QUESTE TECNICHE PER ANALISI TERRITORIALI  
AL LORO UTILIZZO PER L’INTERPRETAZIONE DEL COMPORTAMENTO STRUTTURALE A LIVELLO DI SINGOLA OPERA  
O DI UN SISTEMA DI OPERE (RETE)**



- ✓ Si può disporre di dati sulle velocità medie e sull’evoluzione nel tempo delle storie di spostamento che possono fornire utili indicazioni su possibili fenomeni in atto
- ✓ Possibilità di installare corner reflector passivi che consentono di disporre, praticamente a costo zero, di un monitoraggio di quel ponte (ovviamente da quell’istante in poi)



(entrambe misure differenziali, «relative» nel tempo - rispetto all’istante iniziale - e nello spazio - rispetto al punto di riferimento)

*tutte le analisi strutturali, basate sugli spostamenti, sono relative soltanto al periodo di osservazione e non si riferiscono all’intera storia pregressa*

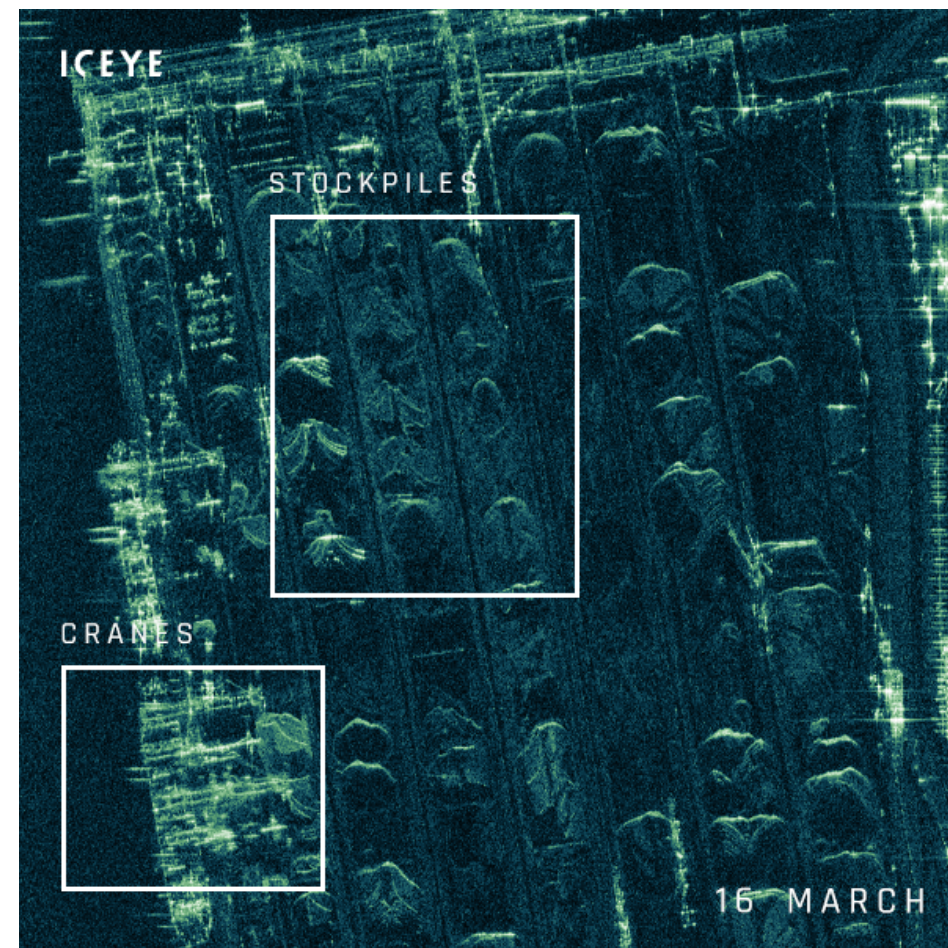
(Nota: se ho definito delle soglie, se le supero posso affermare che il fenomeno è in atto, se non le supero non posso escludere che ci sia, non conoscendo la storia pregressa)



## FUTURO (PROSSIMO) – NUOVE COSTELLAZIONI E TECNOLOGIE SEMPRE PIU’ PERFORMANTI



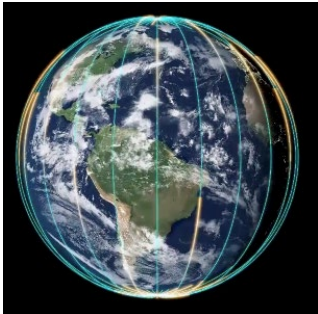
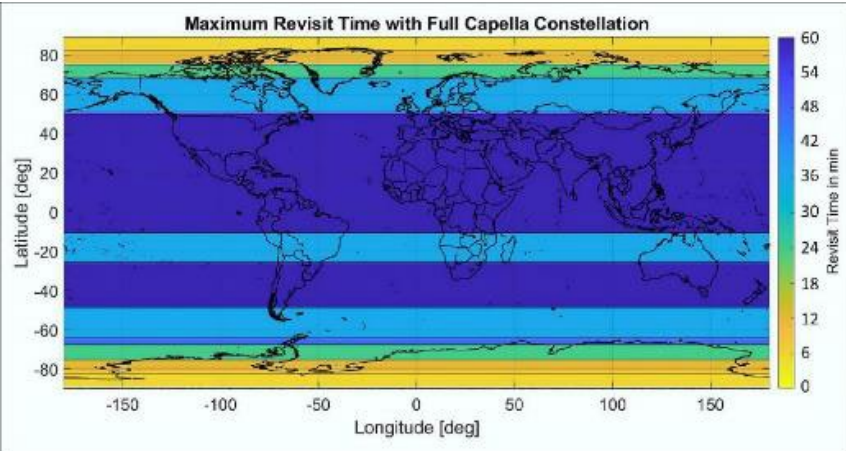
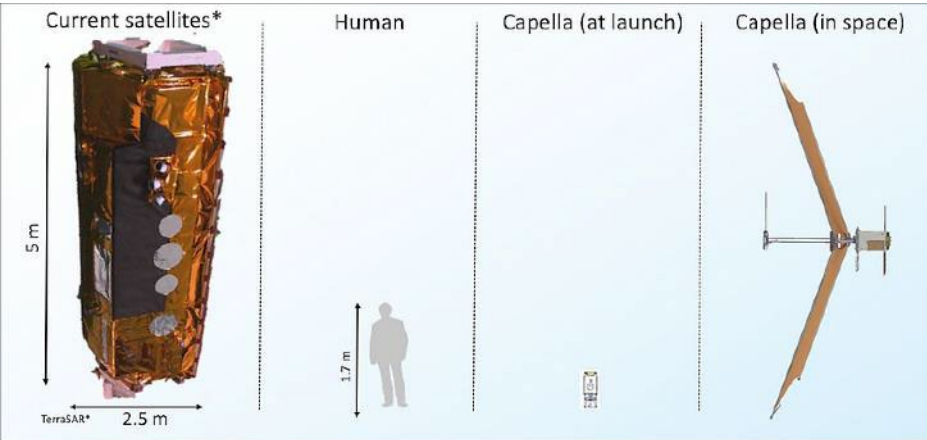
18 satelliti nella costellazione (in crescita). Risoluzione fino a 25 cm



Daily imaging from ICEYE shows that cars are parked alongside a road in Rotterdam port during weekdays, but not on weekends (image credit: ICEYE)

Daily imaging from ICEYE shows stockpiles being adjusted and transferred at the port of Rotterdam, with near-by cranes interacting with vessels (image credit: ICEYE)





Italia circa 60 minuti

## CONCLUSIONI

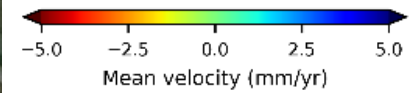
- **Utilizzo di un singolo dataset** solo per informazioni preliminari di un processo deformativo in atto
- **Utilizzo di due datasets** possibilità di combinare i dati dei due datasets per ottenere componenti di velocità e di spostamento lungo la verticale e lungo la direzione E-W



### ATTENZIONE:

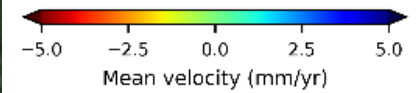
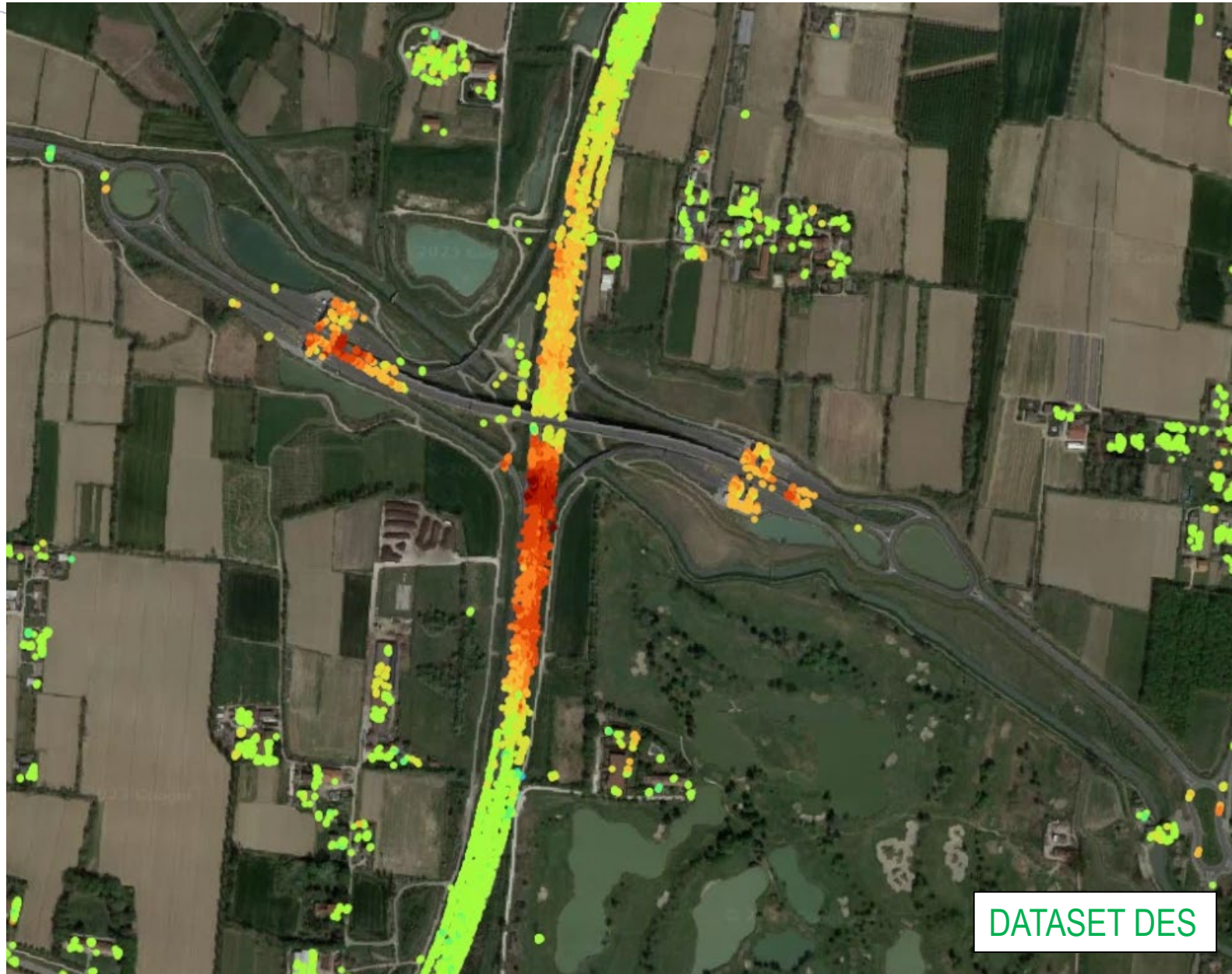
- non si possono ottenere informazioni lungo la direzione N-S  *va posta attenzione all'orientamento del manufatto soprattutto se si vogliono ottenere informazioni sullo spostamento orizzontale*
- praticamente mai i punti di misura nei due datasets sono gli stessi  *tecniche di ricampionamento spaziale interpolazione, di grid-subsampling, di clustering o mediante approcci di punti vicini*
- i tempi di campionamento non sono gli stessi per i due datasets  *ricampionamento temporale per avere lo stesso istante iniziale di analisi e lo stesso passo di campionamento*





La sperimentazione delle Linee Guida per i ponti esistenti - Roma, 24 e 25 ottobre 2023





La sperimentazione delle Linee Guida per i ponti esistenti - Roma, 24 e 25 ottobre 2023



**EGMS European Ground Motion Service:** disponibili gratuitamente per tutta Europa i dati ottenuti con processo interferometrico PS usando la costellazione Sentinel 1. Anche disponibili i prodotti calibrati (misure assolute, non più relative a un punto di riferimento).

<https://egms.land.copernicus.eu/>

