

# Monitoraggio geodetico dell'Appennino settentrionale e Val Padana: uno strumento di controllo sul territorio

Nicola Cenni

Dipartimento di Scienze  
Fisiche, della Terra e  
dell'Ambiente  
Università degli Studi di Siena



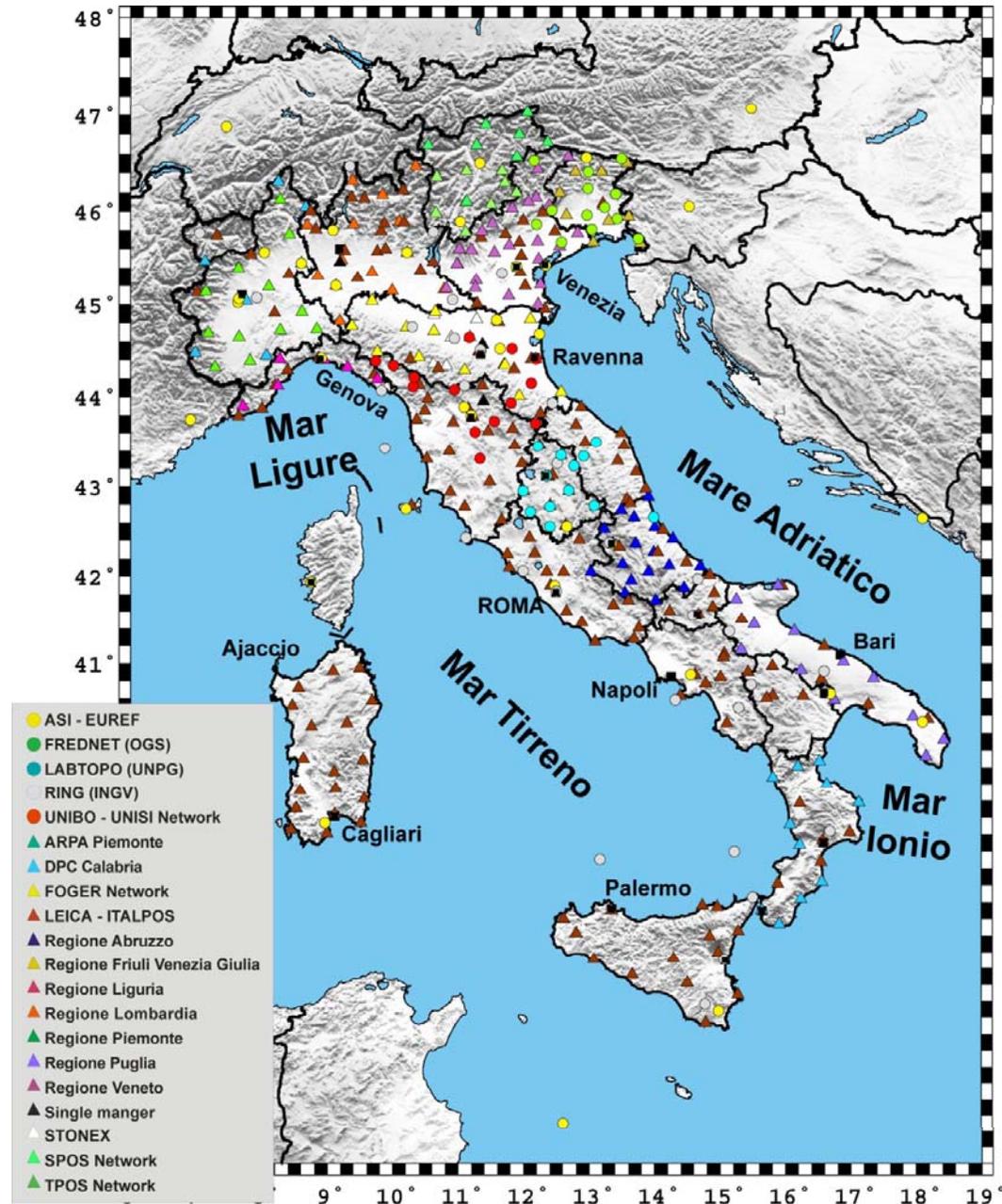
Dipartimento di Fisica ed Astronomia  
Dipartimento Scienze Biologiche,  
Geologiche e dell'Ambiente  
Università degli Studi di Bologna



## Monitoraggio geodetico dell'Appennino settentrionale e Val Padana: uno strumento di controllo sul territorio

✓ Il monitoraggio geodetico consente di ricostruire con grande precisione l'attuale campo di spostamento orizzontale e verticale nell'area in esame.

✓ Attualmente viene eseguito utilizzando le osservazioni di una rete costituita da 472 stazioni GPS permanenti.



## **Monitoraggio geodetico dell'Appennino settentrionale e Val Padana: uno strumento di controllo sul territorio**

**Si ringraziano i seguenti Enti pubblici ed Aziende private per aver gentilmente concesso i dati GPS delle loro stazioni permanenti:**

**Geodetic Data Archiving Facility (GeoDAF) dell'Agenzia Spaziale Italiana (A.S.I.)**

**A.R.P.A. del Piemonte**

**Associazione Geometri Liberi Professionisti della Provincia di Modena**

**European Reference Frame (EU.RE.F.) Permanent Network**

**Fondazione dei Geometri e Geometri Laureati dell'Emilia Romagna (F.O.G.E.R.)**

**FreDNet - O.G.S**

**Italian Positioning Service (ItalPos) della Leica SmartNet Italia**

**La Rete di Posizionamento GPS della Regione Lombardia**

**La Rete di Posizionamento della Regione Piemonte**

**La Rete di Posizionamento della Regione Veneto**

**LabTopo - Università degli Studi di Perugia**

**La rete di Posizionamento DPC Regione Calabria**

**La rete di Posizionamento della Regione Puglia**

**Rete "A. Marussi" del Servizio Territorio e Protezione Civile della Regione Friuli Venezia Giulia**

**Rete Integrata Nazionale GPS (R.I.N.G.) dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (I.N.G.V.)**

**Servizi Cartografici della Comunità Montana del Mugello**

**Servizio Catasto della Provincia Autonoma di Trento**

**Servizio di Posizionamento GNSS della Regione Liguria**

**Servizio Informazioni Territoriali e Telematica della Regione Abruzzo**

**Sistema Informativo Ambientale della Provincia di Milano**

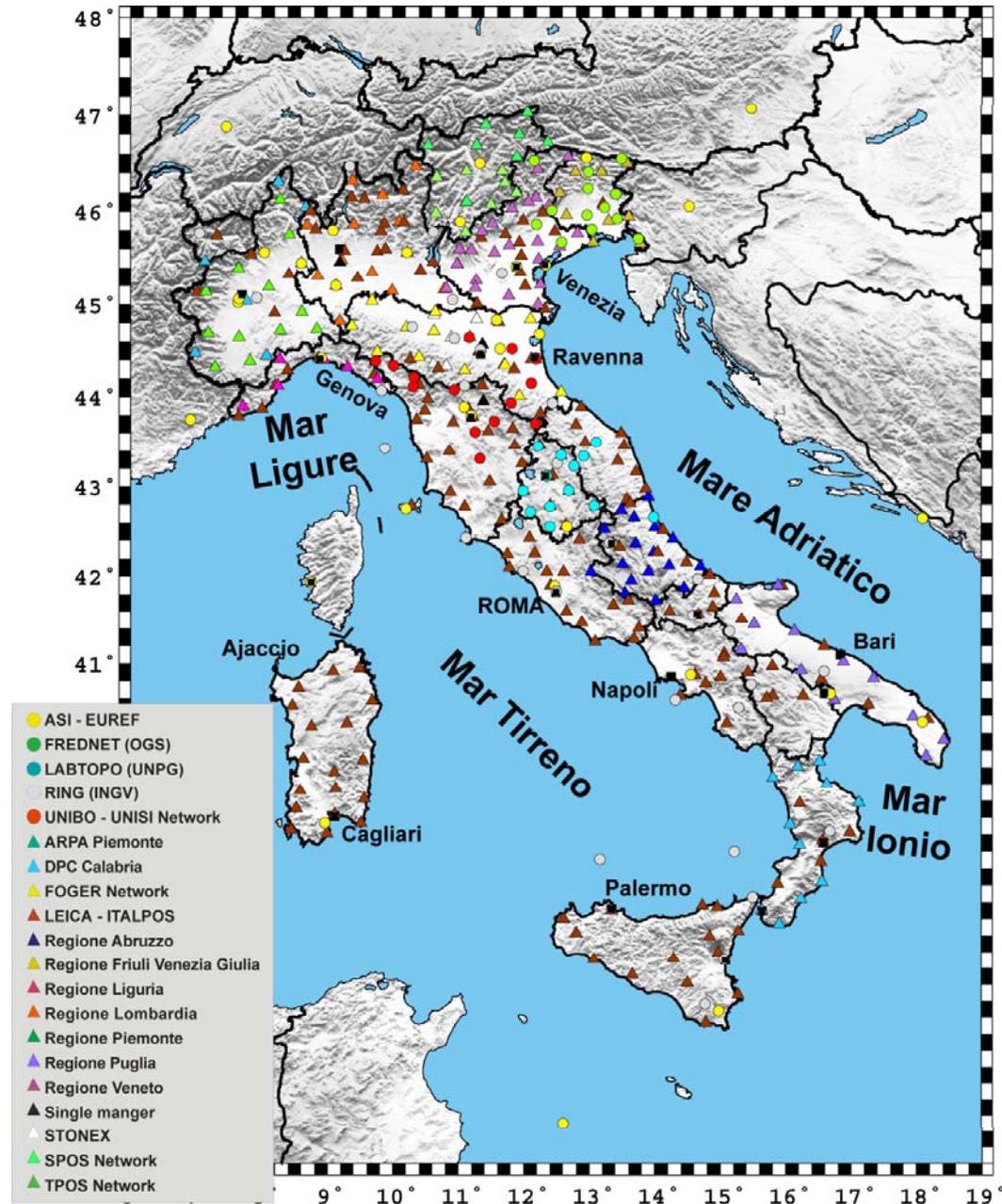
**Stonex Europe (Assogeo S.p.a. )**

**Ufficio Geodetico della Provincia Autonoma di Bolzano Alto Adige**

## Monitoraggio geodetico dell'Appennino settentrionale e Val Padana: uno strumento di controllo sul territorio

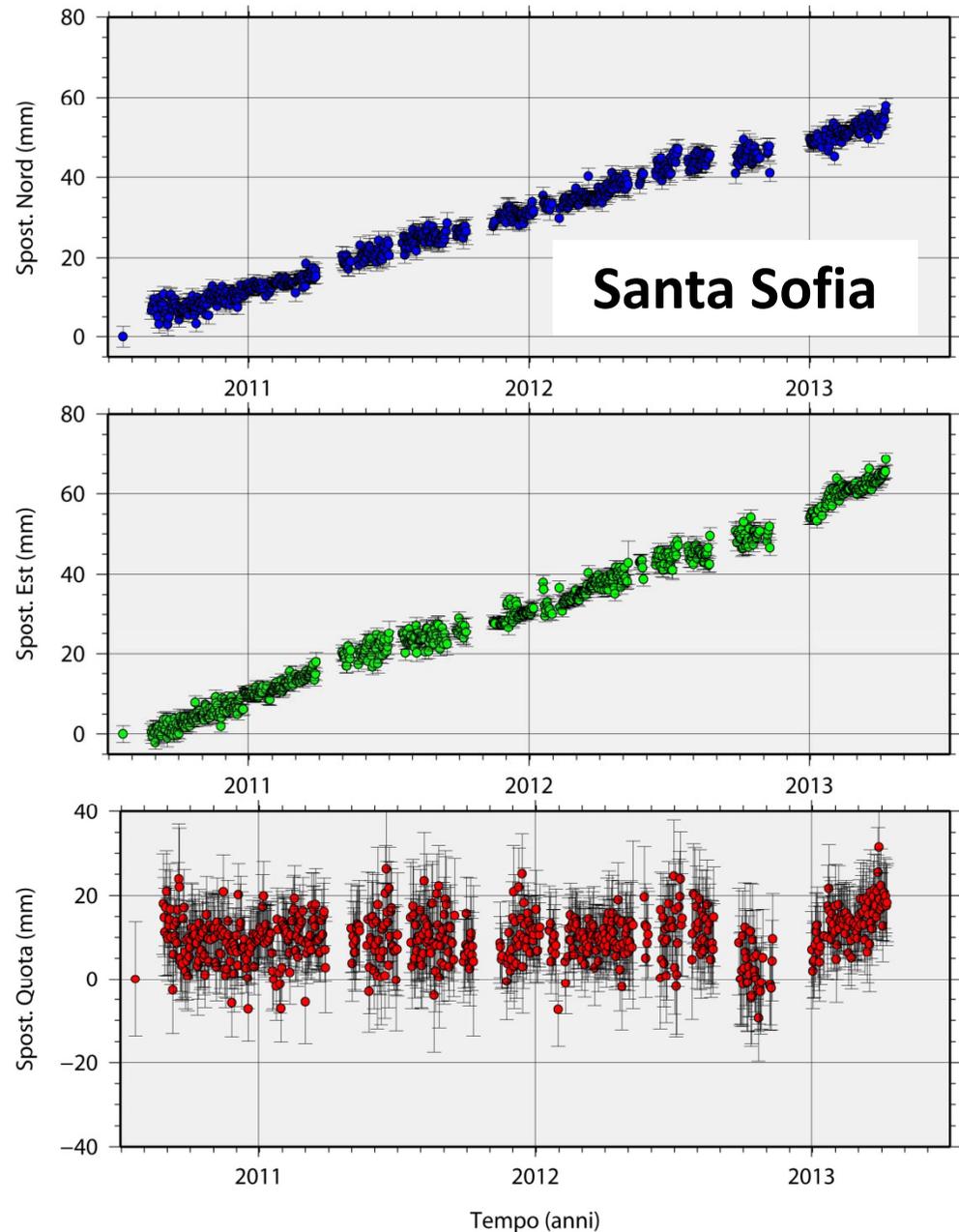
✓ La posizione di una stazione GPS permanente viene calcolata utilizzando complessi codici di calcolo, che richiedono una serie di parametri oltre ai dati acquisiti.

✓ Alcuni di questi parametri tra cui le orbite precise dei satelliti GPS vengono forniti dagli Enti preposti con un ritardo rispetto all'osservazione di circa 2 settimane.



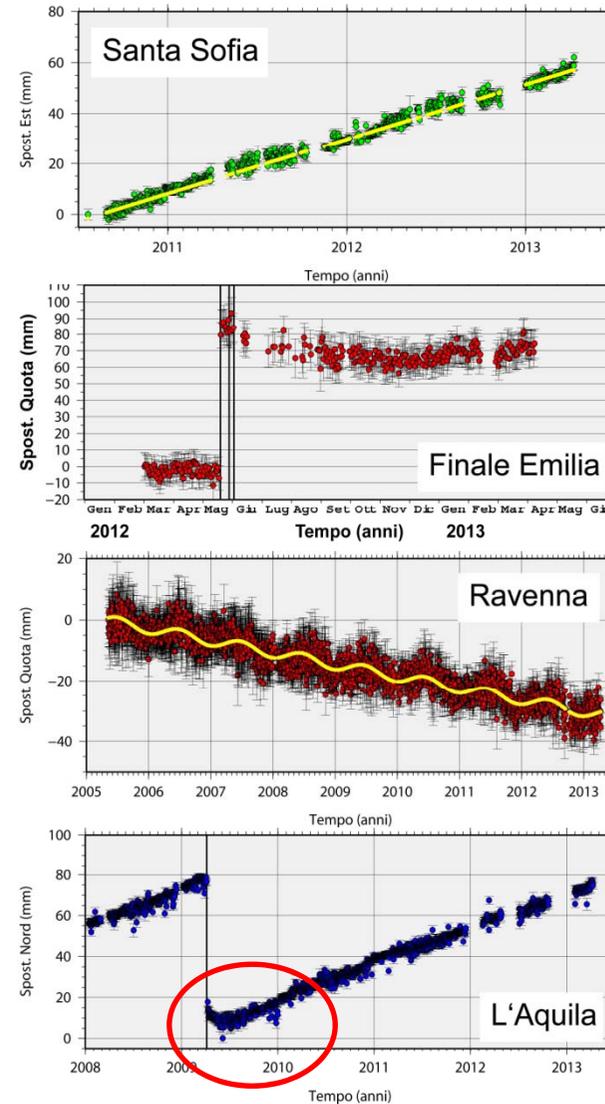
## Monitoraggio geodetico dell'Appennino settentrionale e Val Padana: uno strumento di controllo sul territorio

- ✓ Al termine del calcolo si ottengono le serie temporali giornaliere della posizione della stazione.
- ✓ La posizione viene generalmente espressa in termini di componenti geografiche Nord, Est e Quota.
- ✓ La pendenza della retta che meglio approssima i punti presenti nella serie temporale rappresenta il movimento della crosta terrestre su cui è posizionata la stazione GPS.



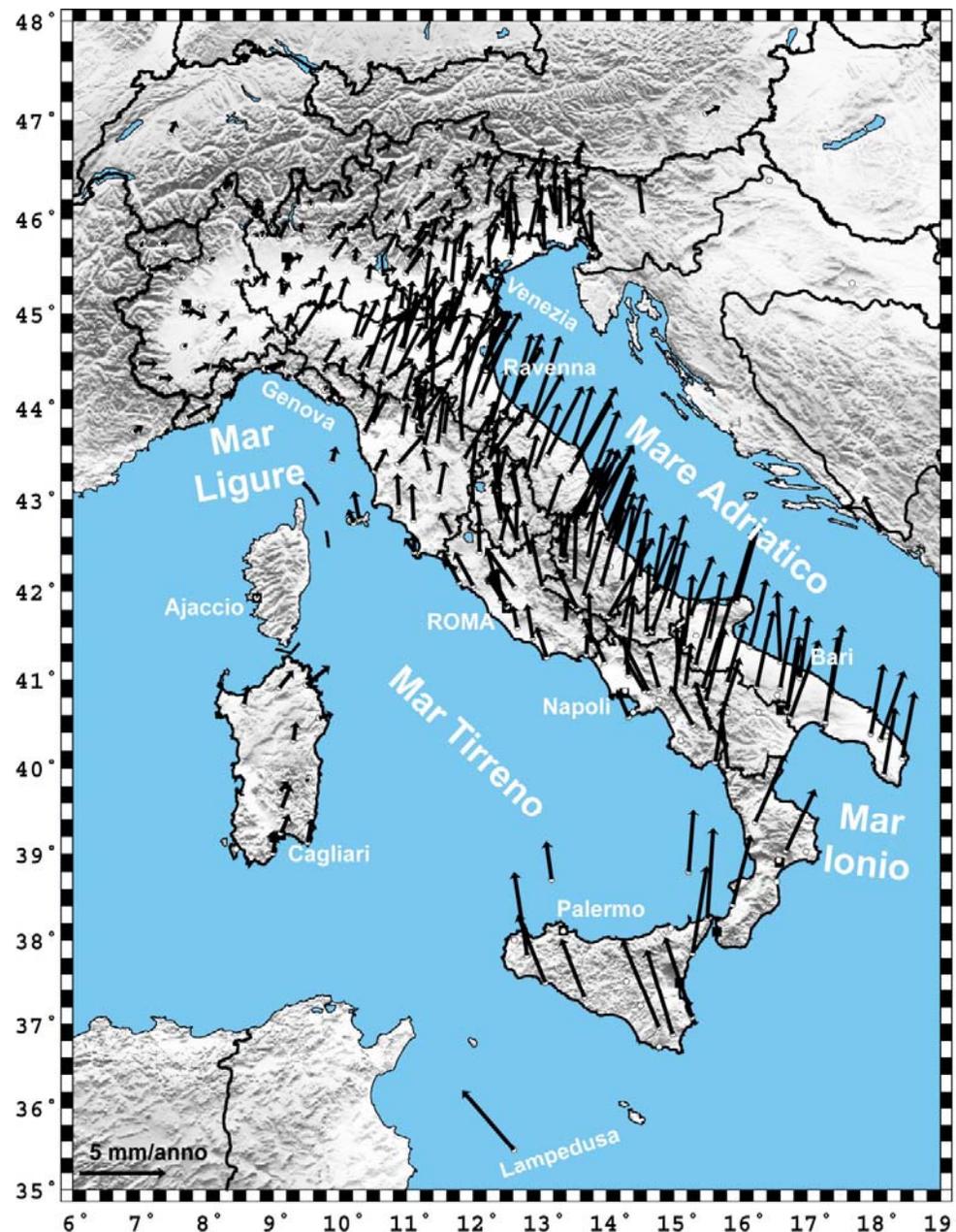
Le serie temporali della posizione giornaliera di una stazione GPS permanente posso contenere diversi segnali:

- Spostamento della crosta terrestre (movimento tettonico, pendenza della retta)
- Salti dovuti agli interventi di manutenzione alla strumentazione e/o prodotti da eventi sismici significativi con epicentro vicino alla stazione
- Segnali periodici prodotti da fenomeni climatici.
- Interruzione dell'osservazione
- Segnali non periodici (processi post-sismici)
- Rumore



**Velocità orizzontali  
geodetiche rispetto alla  
placca euroasiatica  
supposta ferma.**

**Periodo di tempo analizzato:  
2001 - 2013(aprile)  
12 anni di osservazione**

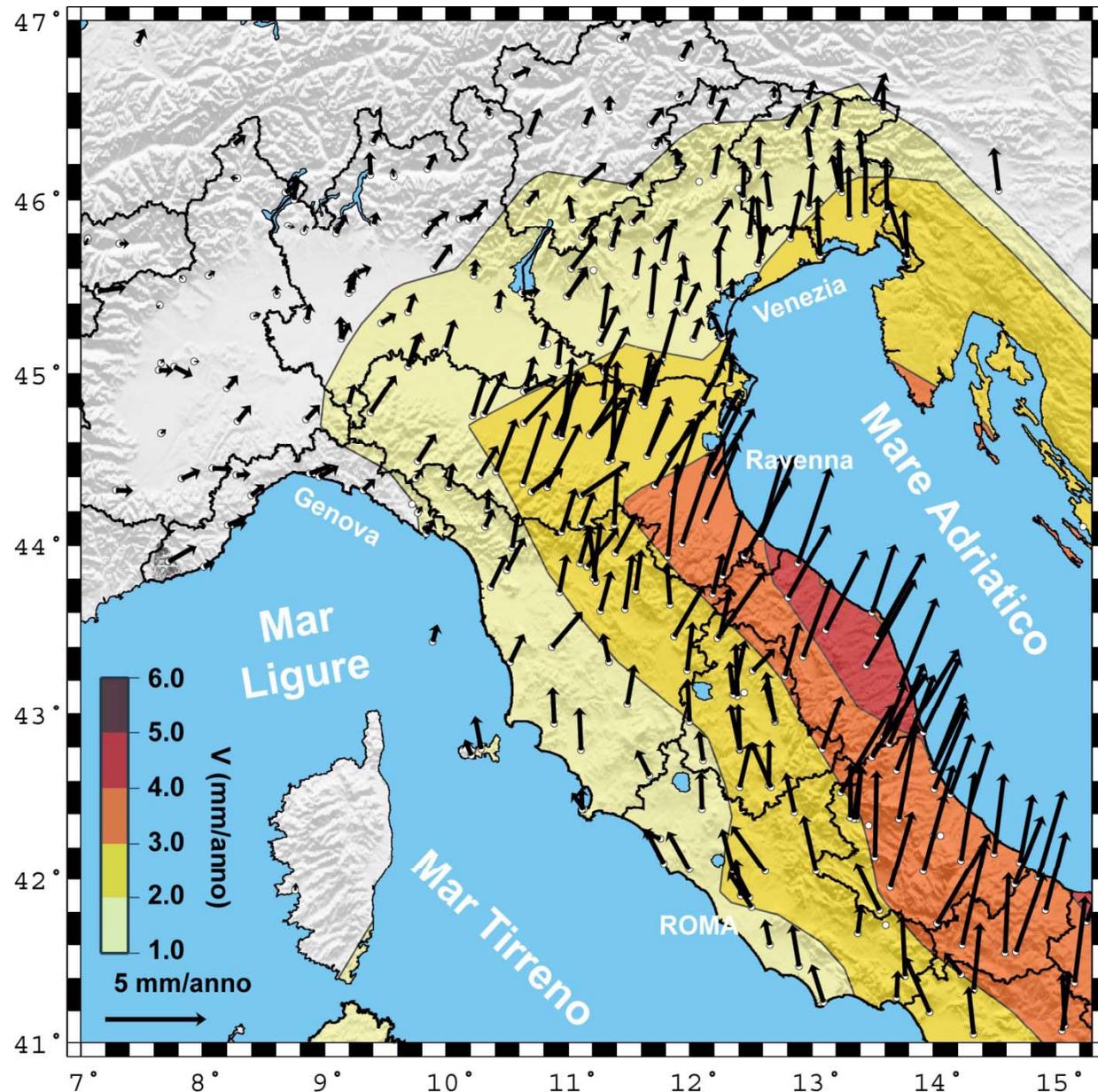


## Monitoraggio geodetico dell'Appennino settentrionale e Val Padana: uno strumento di controllo sul territorio

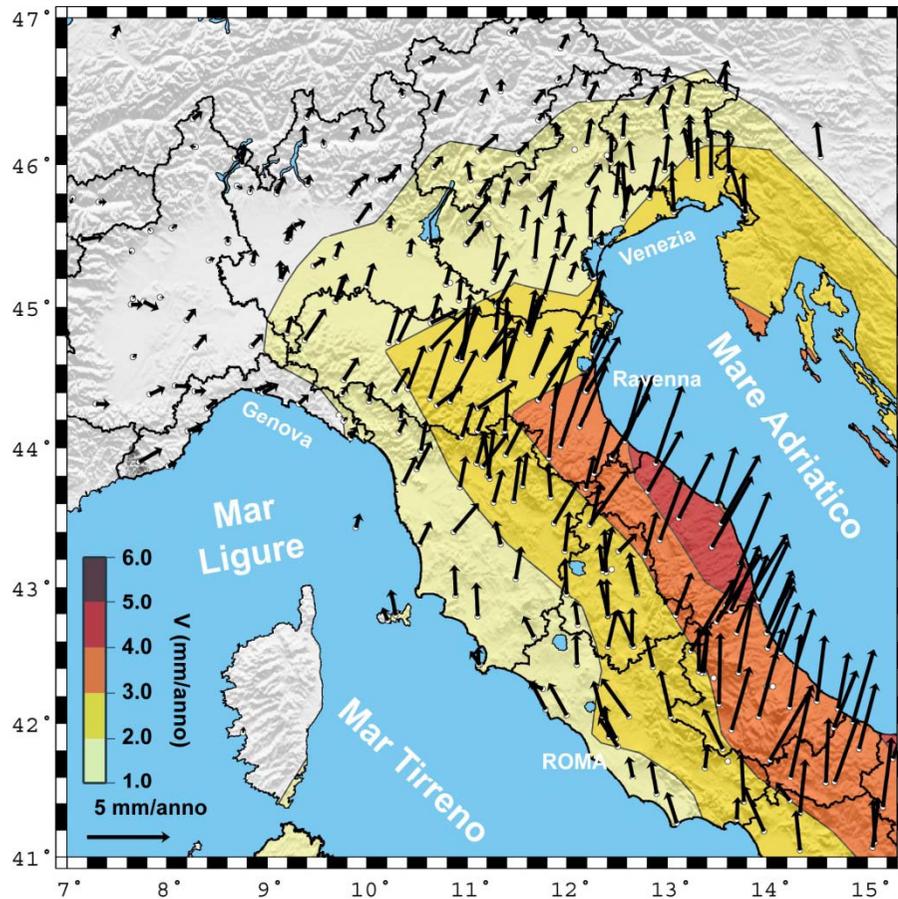
✓ Velocità orizzontali geodetiche rispetto alla placca euroasiatica supposta ferma.

✓ Le aree di colore indicano zone in cui le stazioni GPS permanenti presentano valori del modulo delle velocità orizzontali simili.

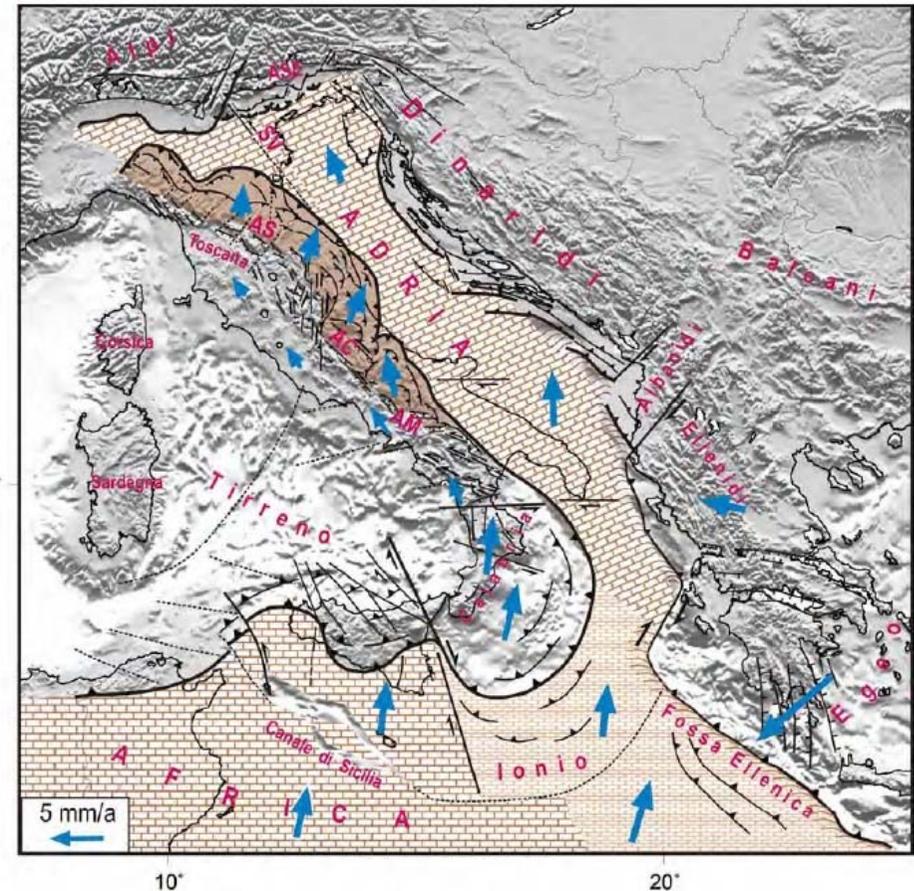
Periodo di tempo analizzato:  
2001 - 2013(aprile)  
12 anni di osservazione



## Monitoraggio geodetico dell'Appennino settentrionale e Val Padana: uno strumento di controllo sul territorio



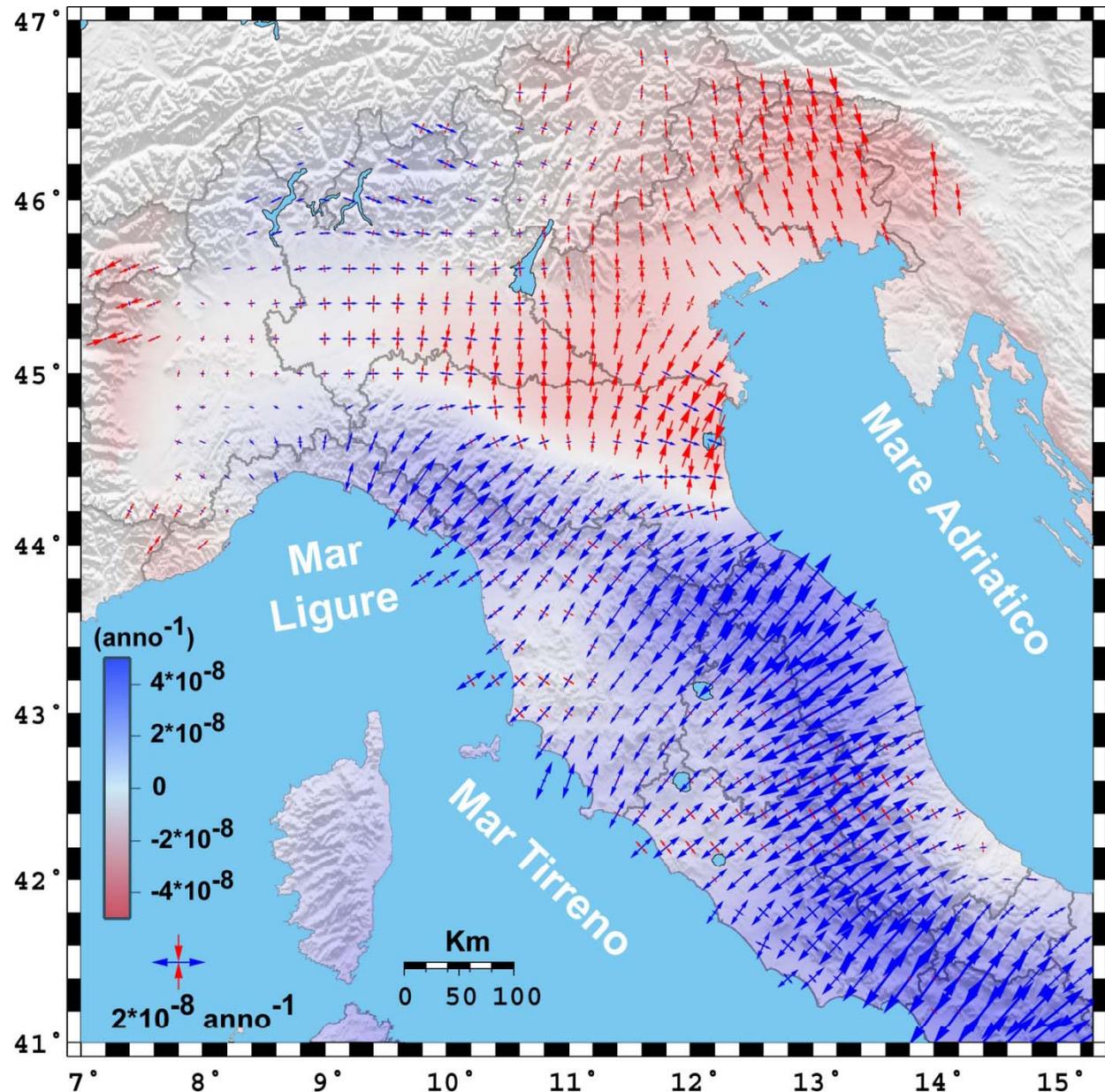
Velocità orizzontali geodetiche rispetto alla placca euroasiatica supposta ferma.



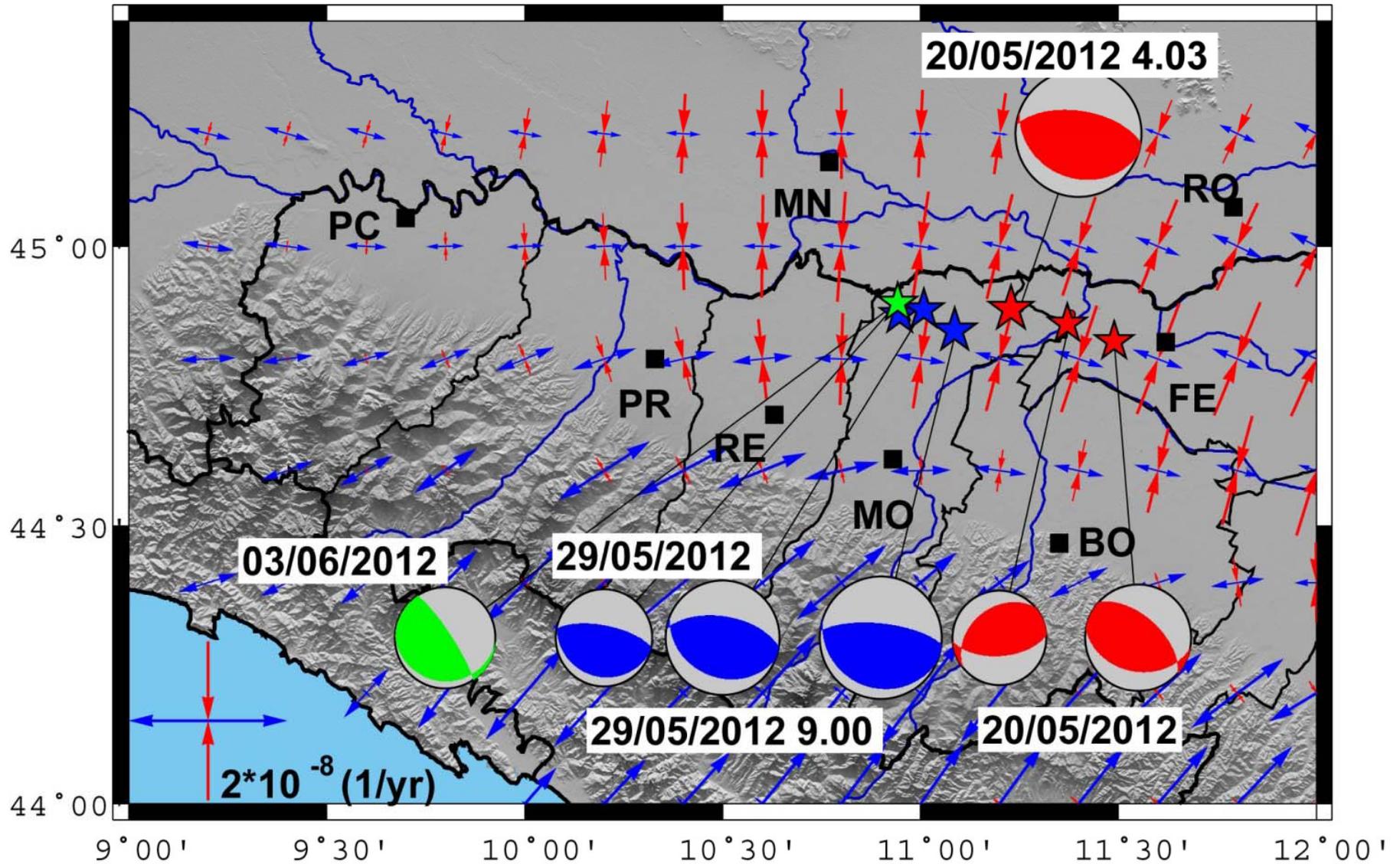
Assetto tettonico e cinematica nel Mediterraneo centrale compatibili con il complesso delle deformazioni post-Pleistocene medio.

## Monitoraggio geodetico dell'Appennino settentrionale e Val Padana: uno strumento di controllo sul territorio

- ✓ Tasso di deformazione orizzontale stimato a partire dal precedente campo di velocità.
- ✓ Le frecce divergenti e convergenti indicano rispettivamente gli assi principali di allungamento e raccorciamento.
- ✓ La scala cromatica quantifica i valori calcolati del tasso di deformazione (blu distensione, rosso compressione).

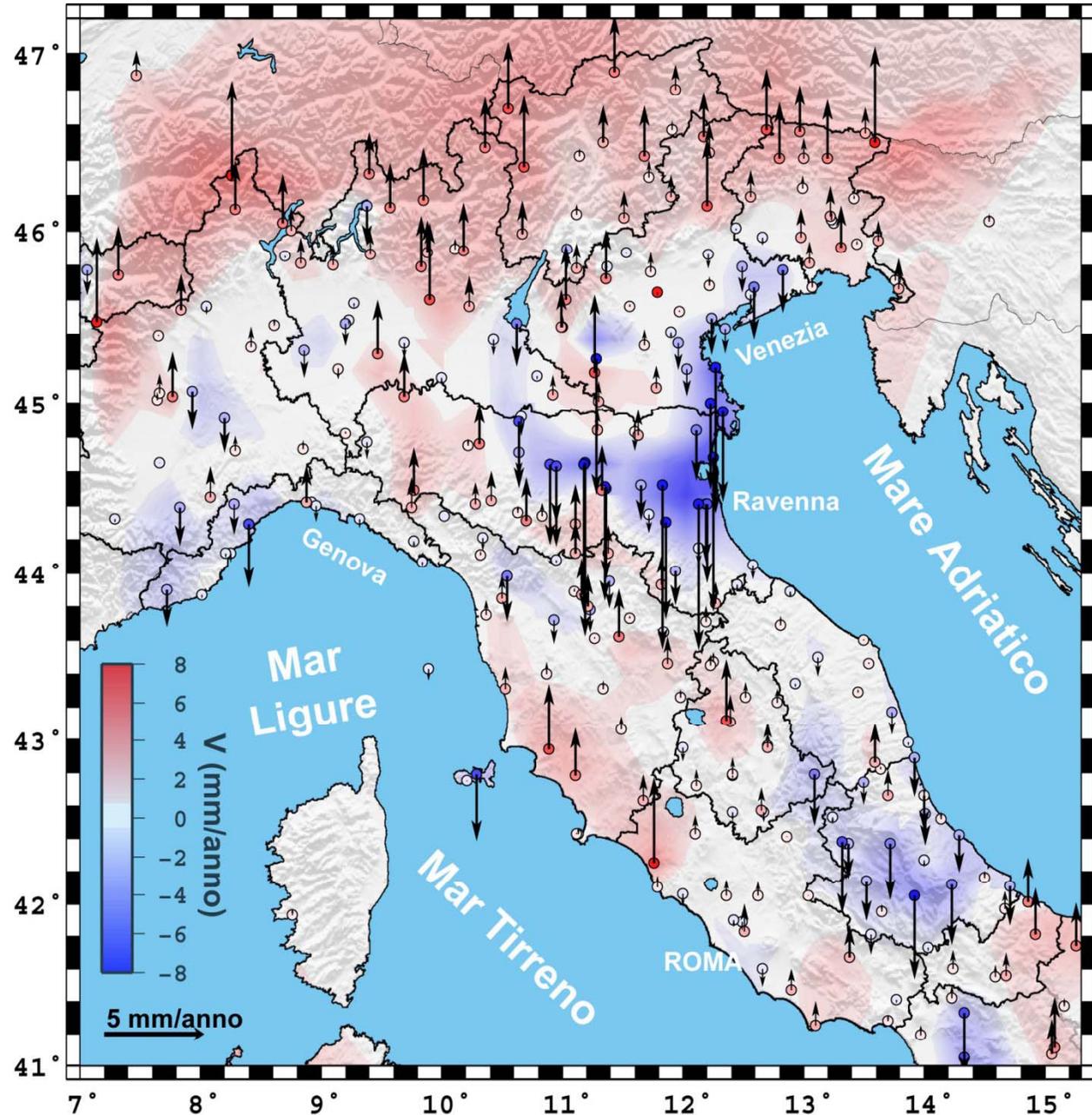


### Lo stile deformativo dei terremoti emiliani.

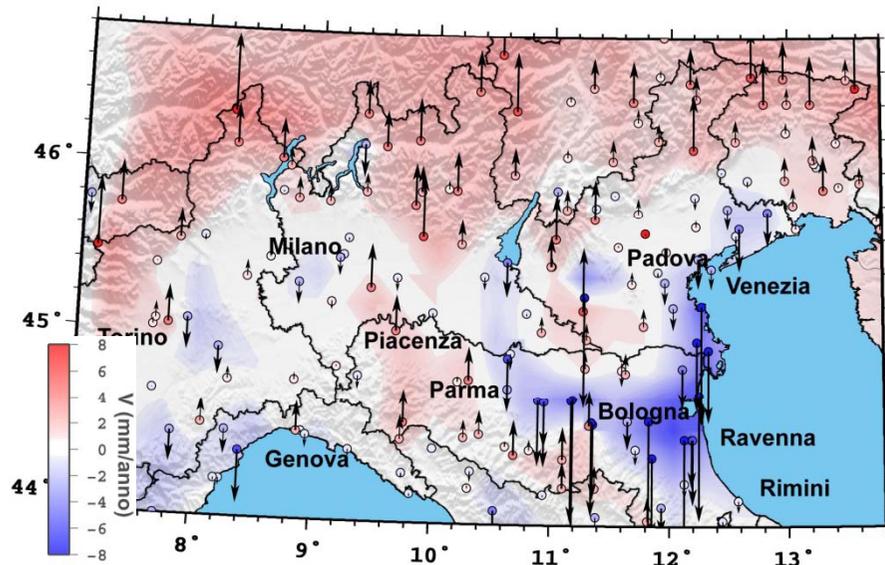


## Monitoraggio geodetico dell'Appennino settentrionale e Val Padana: uno strumento di controllo sul territorio

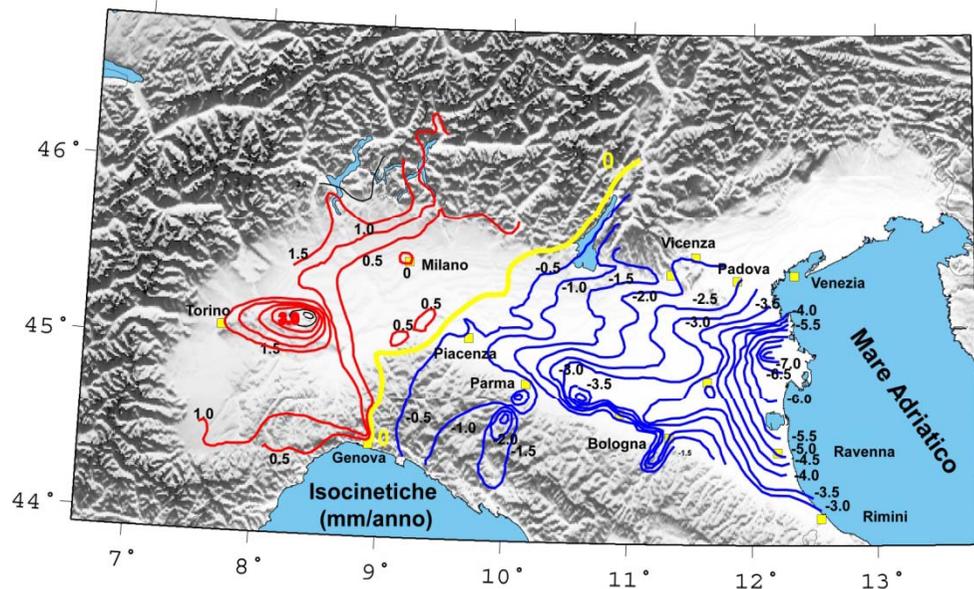
- ✓ Campo delle velocità verticali dedotto dall'analisi delle osservazioni GPS acquisite nel periodo 2001-2013 (aprile).
- ✓ Le aree colorate identificano le zone caratterizzate da un'ampiezza uniforme della velocità.



**Monitoraggio geodetico dell'Appennino settentrionale e Val Padana: uno strumento di controllo sul territorio**



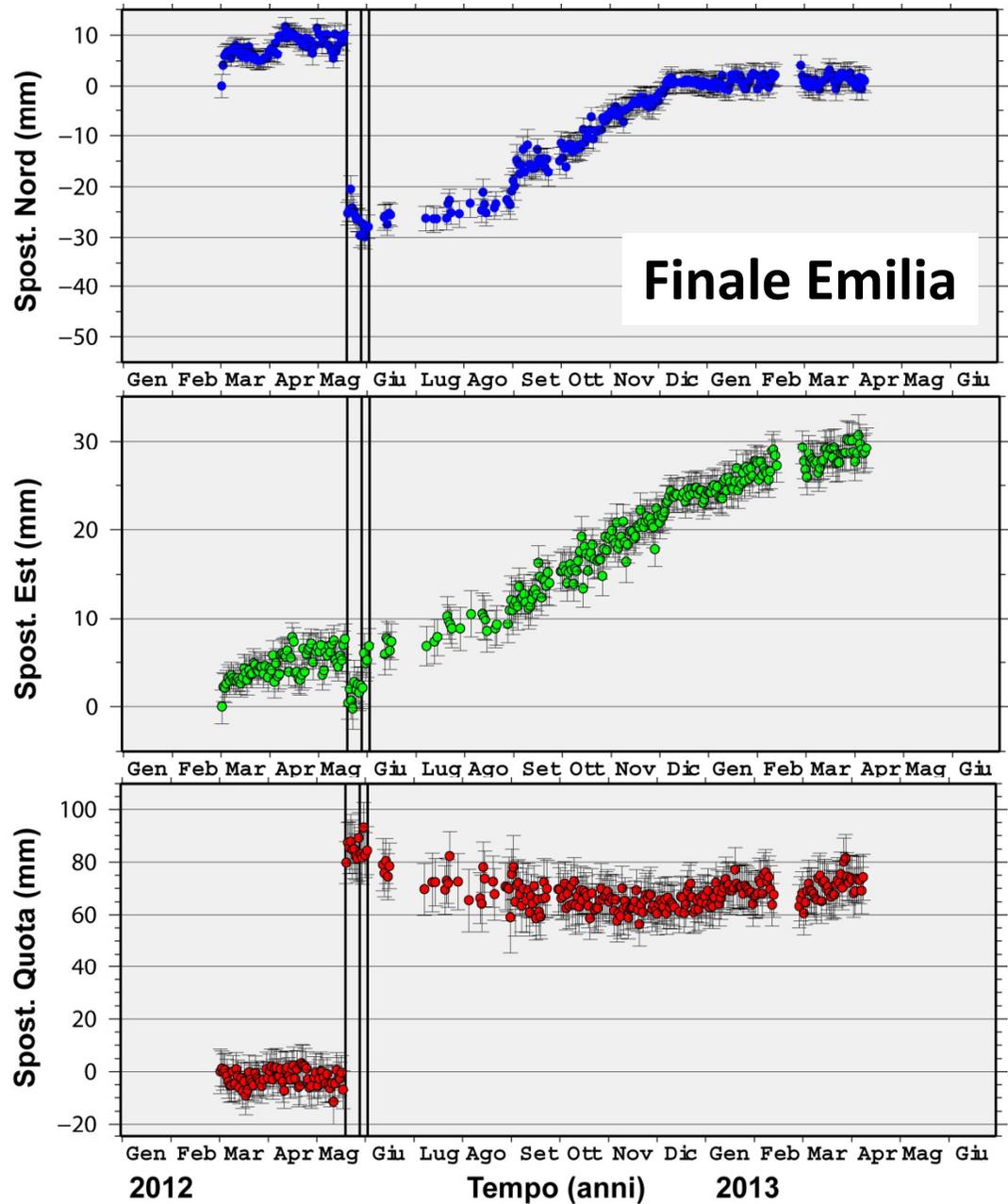
**Campo delle velocità verticali dedotto dall'analisi delle osservazioni GPS acquisite nel periodo 2001-2013(aprile).**



**Movimenti verticali osservati nel periodo pre-industriale (campagne di livellazione dal 1897-1957; da Arca e Beretta 1985 ).  
Le curve rosse e blu indicano rispettivamente i sollevamenti e gli abbassamenti.**

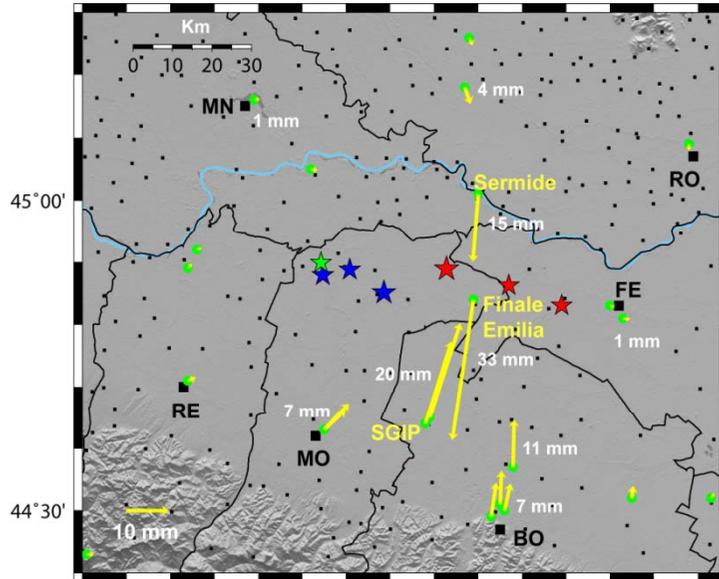
**Cosa registrano le stazioni GPS permanenti quando avviene un terremoto?**

**Spostamento co-sismico: dislocazione 'istantanea' prodotta dal terremoto.**



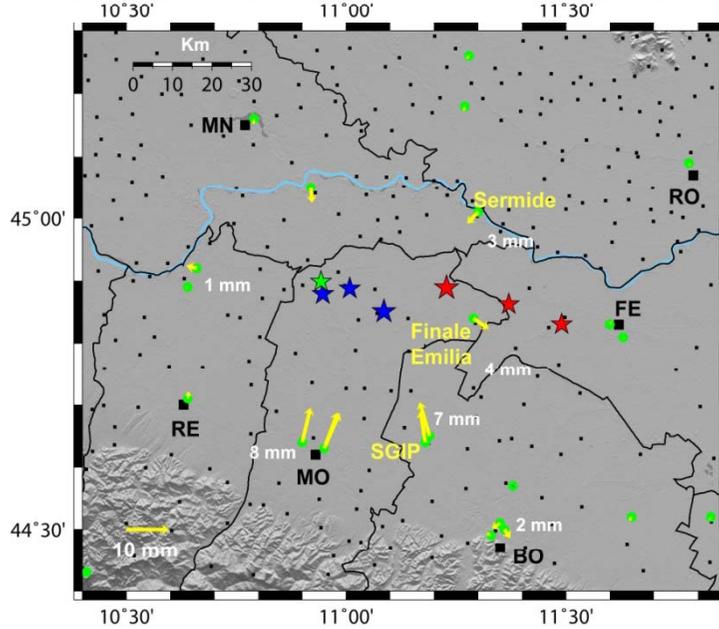
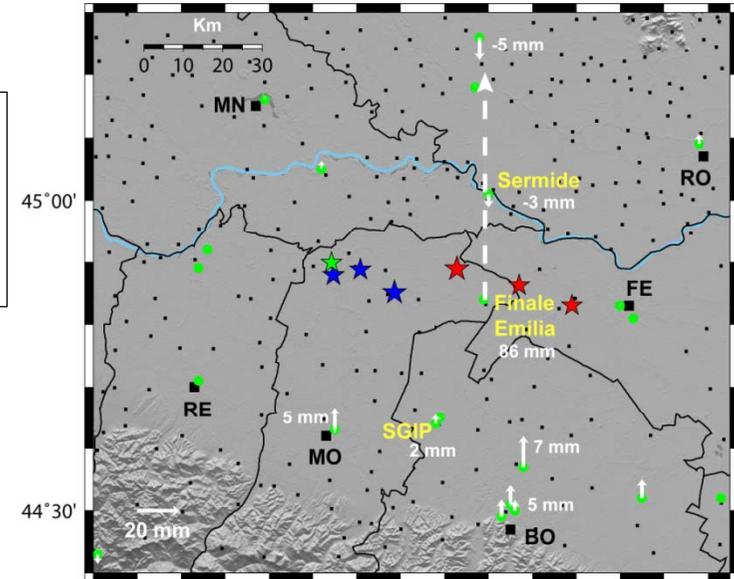
# Monitoraggio geodetico dell'Appennino settentrionale e Val Padana: uno strumento di controllo sul territorio

## Spostamento cosismico orizzontale

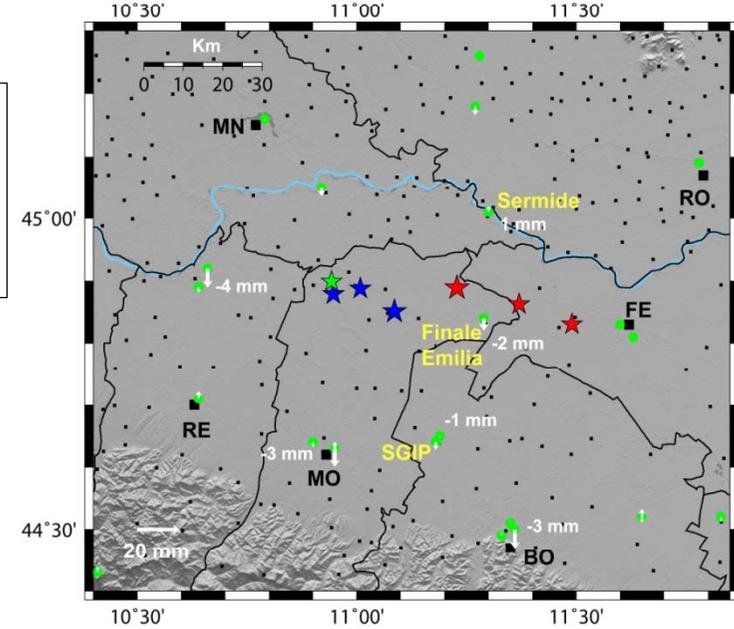


Terremoto del 20/05/2012

## Spostamento cosismico verticale



Terremoto del 29/05/2012

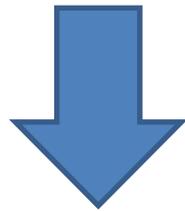


Il monitoraggio geodetico può essere utilizzato per individuare se varia la pericolosità sismica di una zona?

Al momento non sono state ancora riconosciute procedure ben definite che permettano di utilizzare questo tipo di informazione per prevedere i possibili sviluppi dell'attività sismica di un'area.

**L'unica possibilità in questa direzione è fornita dal rilassamento post-sismico, cioè quel fenomeno che è alla base dell'interazione tra sorgenti sismiche.**

Ogni **forte scossa** di terremoto non produce solo uno spostamento (cosismico) repentino dei punti sulla superficie terrestre, ma innesca anche una **perturbazione nel campo di deformazione** che si propaga nelle zone circostanti.



Quando questa perturbazione raggiunge con ampiezze adeguate faglie mature e favorevolmente orientate può causare **scorrimento sismico**.

Il processo che genera questa perturbazione è chiamato **rilassamento post-sismico**

L'area interessata da questo processo è molto più ampia di quella in cui si rileva lo spostamento co-sismico e si sviluppa anche per anni dopo la scossa innescante.

La perturbazione si propaga con una velocità di decine di Km all'anno.

La quantificazione teorica degli effetti del rilassamento post-sismico ha dimostrato che la perturbazione prodotta da terremoti forti può essere caratterizzata da ampiezze superiori al potere risolutivo delle misure GPS.

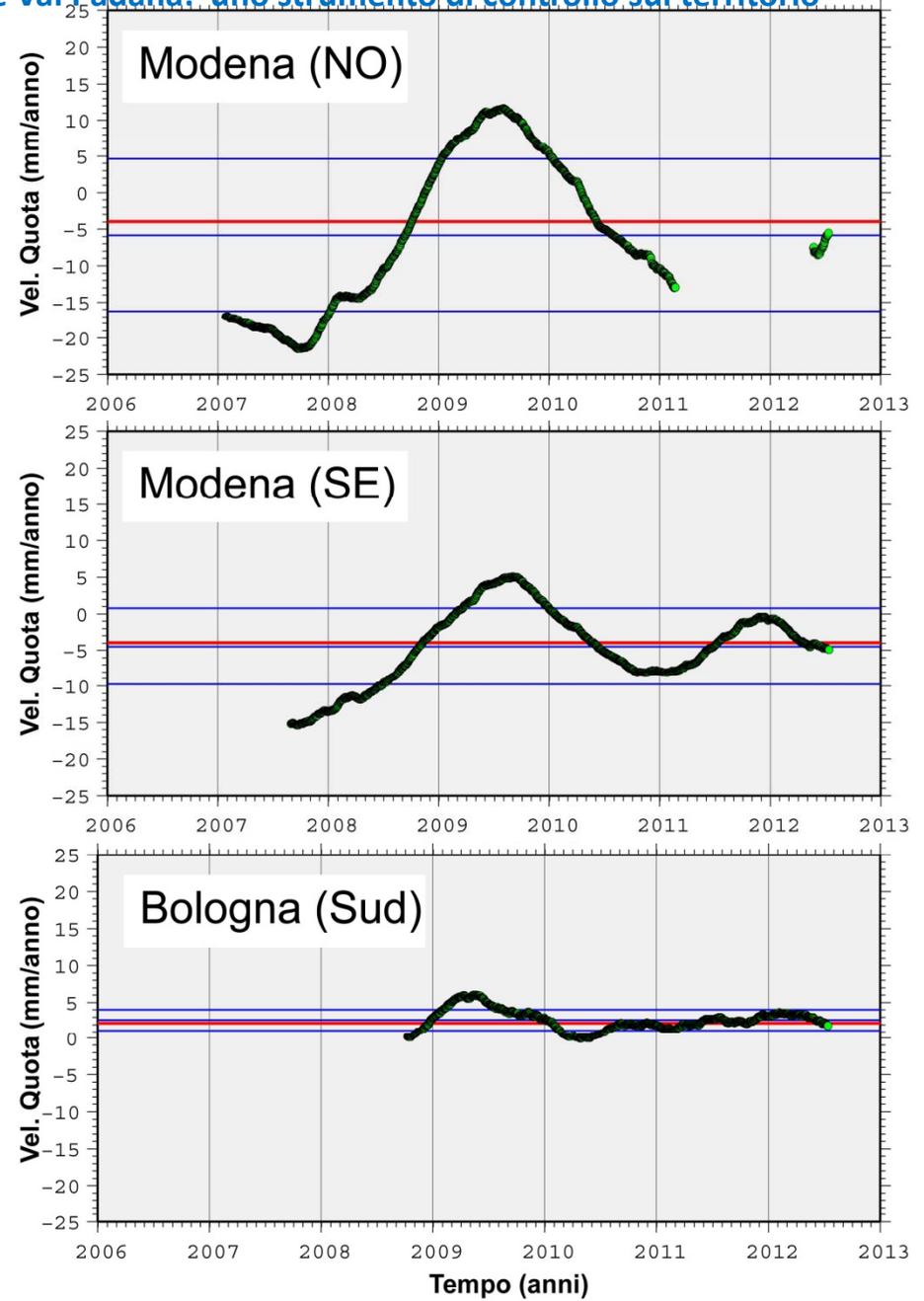
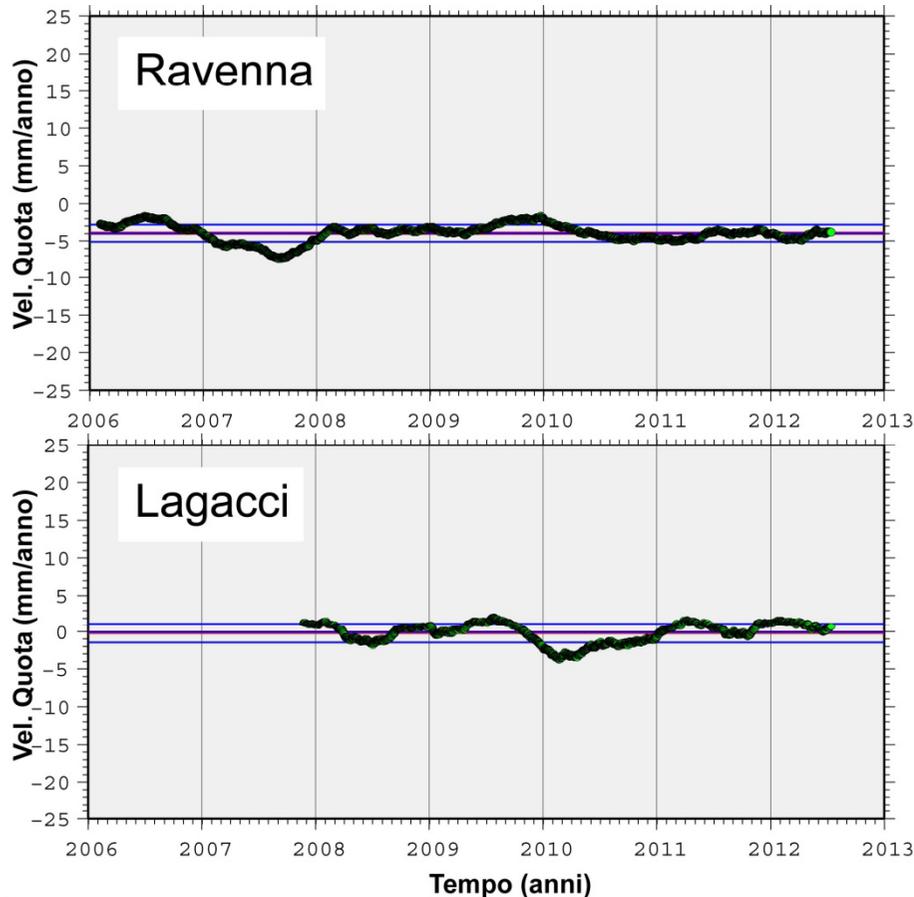
Per raggiungere il nostro scopo può essere utile sviluppare procedure che siano in grado di riconoscere eventuali variazioni temporali significative del campo di velocità.

**Un possibile metodo potrebbe essere quello della finestra mobile.**

Monitoraggio geodetico dell'Appennino settentrionale e Val Padana: uno strumento di controllo sul territorio

Esempio di applicazione del metodo a finestra mobile: studio delle possibili variazioni del fenomeno della subsidenza.

Finestra mobile di 1.5 anni



- **Ricostruire il quadro cinematico nell'area in esame.**
- **Stima degli effetti prodotti da un evento sismico, per ricostruire i meccanismi della sorgente del terremoto.**
- **Monitorare i possibili effetti del rilassamento post-sismico indotto da una forte scossa di terremoto.**

A photograph showing a white Leica GNSS antenna mounted on a roof. The antenna is a dome-shaped receiver on a metal pole, with the 'Leica' logo visible on its side. The roof is covered with grey tiles. In the background, there is a vast mountain landscape under a cloudy sky. The text 'Grazie per l'attenzione' is overlaid in white, italicized font across the center of the image.

*Grazie  
per l'attenzione*