

***Il Territorio tra scienza e comunicazione.
L'evoluzione tecnologica
e i nuovi sistemi di rappresentazione***

Padova, 16 febbraio 2015

**Il ruolo dell'IGM nell'evoluzione
dei Sistemi di Riferimento**

Renzo Maseroli



Istituto
Geografico
Militare



Evoluzione dei Sistemi in Italia

Per tutto il 1900 l'Italia ha utilizzato Sistemi di Riferimento Locali realizzati cioè approssimando il geoide con un ellissoide posto in tangenza con l'area d'interesse

Alla fine del '900 la geodesia è oggetto di una grande rivoluzione: **il GPS**

grandi vantaggi di precisione, rapidità, economicità, semplicità, ecc. ma anche qualche difficoltà:

il GPS non fornisce risultati nei Sistemi Locali, ma nel Sistema Globale **WGS84 (World Geodetic System 1984)**

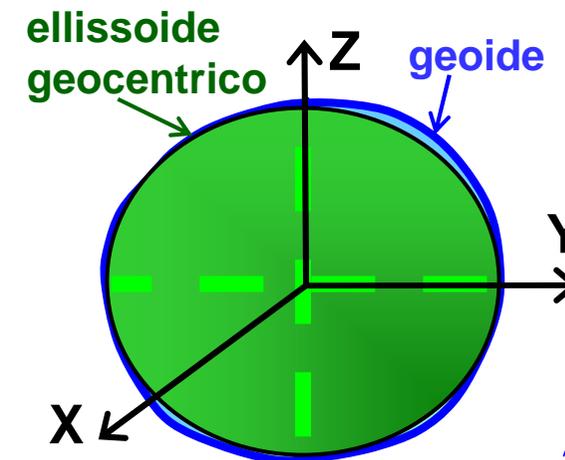
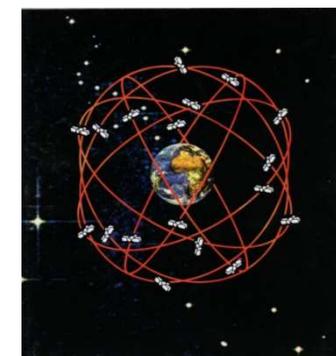
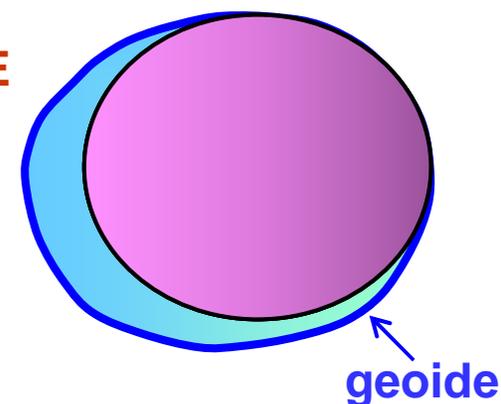
Costituito da una terna cartesiana con origine nel centro di massa della Terra, quindi geocentrico a cui è associato un ellissoide anch'esso geocentrico

Per sfruttare pienamente il GPS anche in Italia, è quindi necessaria l'adozione del **Riferimento Globale**

Bessel su GE

ROMA40

ED50





Adozione del Riferimento Globale

L'Italia sceglie il Riferimento Globale **ITRS (International Terrestrial Reference System)** praticamente identico al WGS84 nella definizione

L'ITRS non ha coordinate, è solo un insieme di regole;
le coordinate sono presenti nelle sue realizzazioni denominate:

ITRF-YY (t_0): International Terrestrial Reference Frame all'epoca t_0

Gli ITRF costituiscono una serie di realizzazioni riferite ad epoche diverse:
il sistema è infatti sensibile al moto delle placche tettoniche,
quindi le coordinate delle stazioni cambiano nel tempo

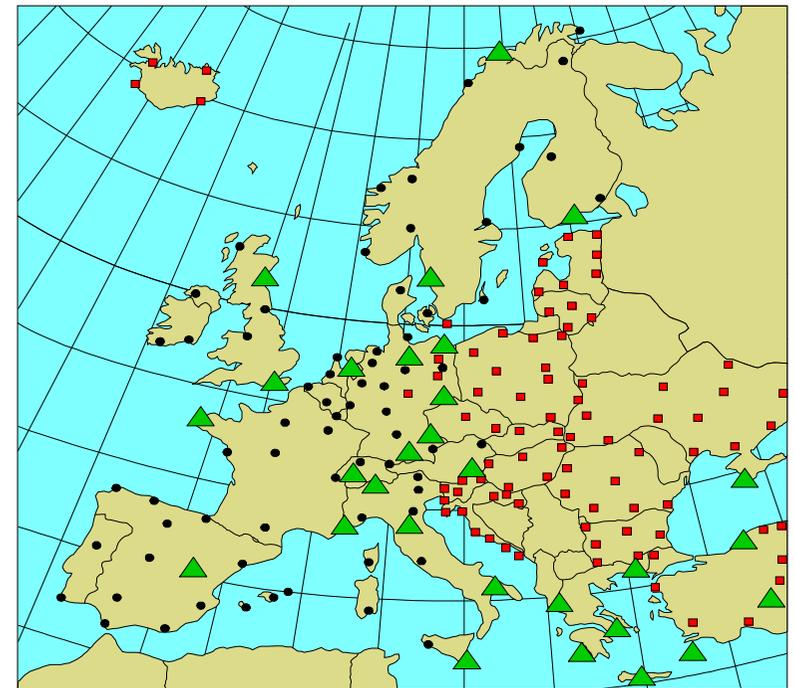
le realizzazioni devono dunque essere
aggiornate frequentemente per rimanere
coerenti con la realtà fisica

L'Italia considera in realtà una versione
dell'ITRS definita dall'EUREF per l'Europa:

ETRS89

(European Terrestrial Reference System)

nel 1996 l'IGM adotta quindi il sistema
ETRS89 nella versione **ETRF89(89)**
realizzato sul territorio europeo dall'EUREF





Il raffittimento italiano: la rete IGM95

Composta all'impianto da 1230 punti con interdistanza media 20 km

Determinata interamente con metodologia GPS

Oggi raffittita ad oltre 2000 punti

Altri 3000 punti aggiunti dal raffittimento regionale a 7 km

Precisione: 5 cm

Già nei primi anni 2000 tale precisione non era più sufficiente a supportare alcune moderne tecnologie ...





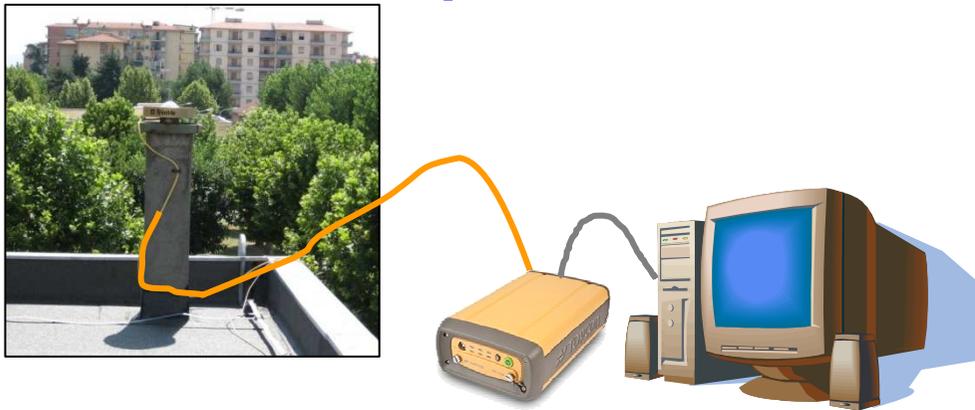
Evoluzione del GPS di precisione

- Fine anni '80: metodo statico
- Statico rapido

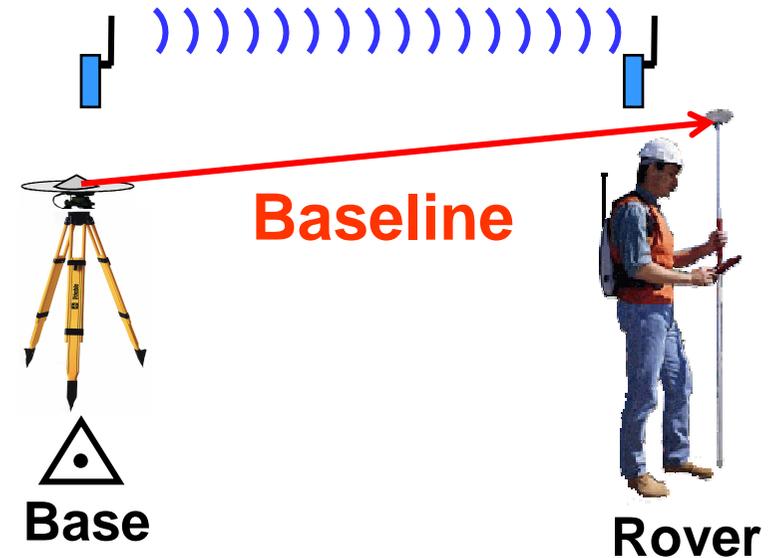


- Cinematico
- Fine anni '90: Cinematico RTK

Stazioni permanenti



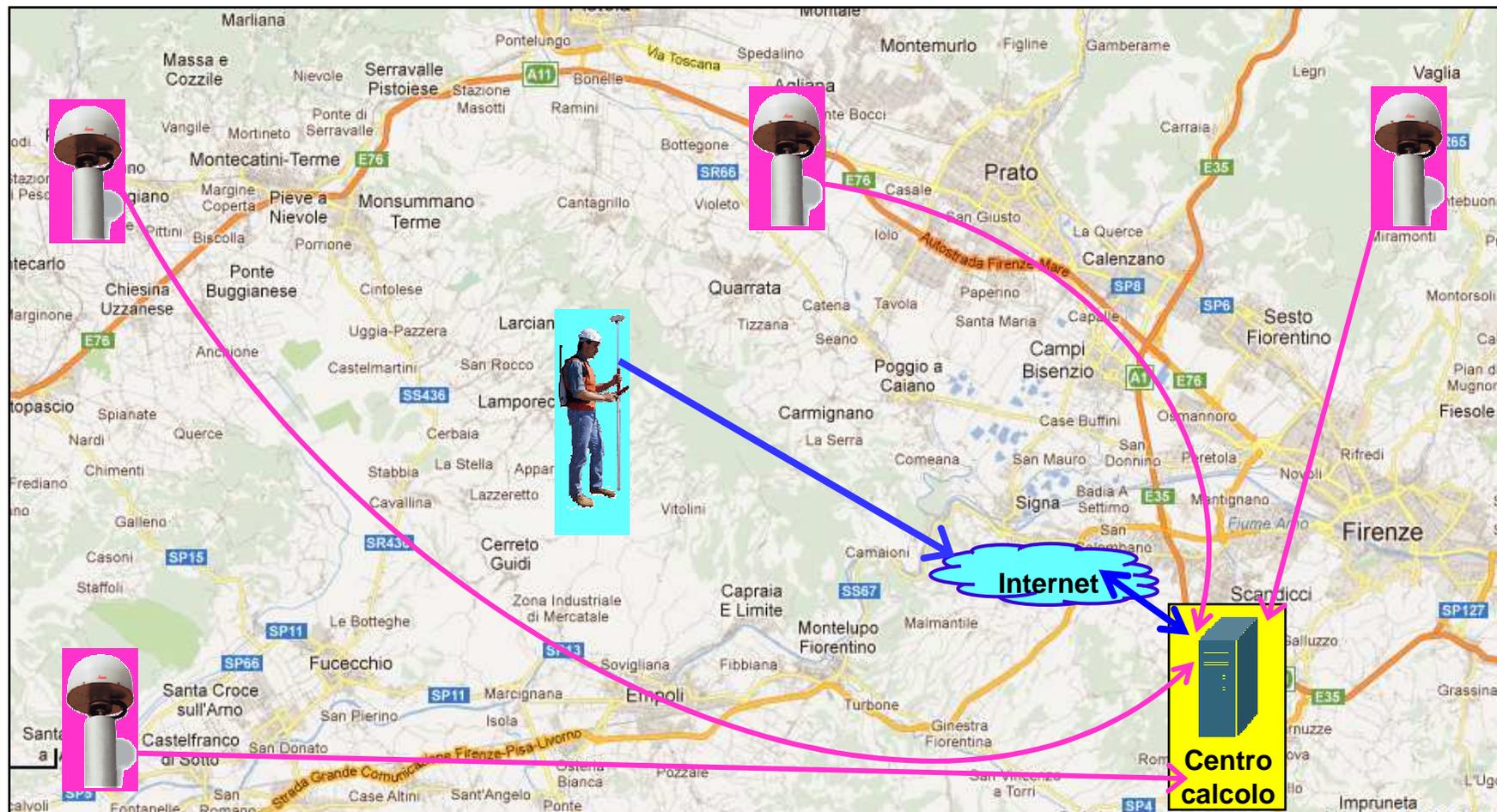
Posizione in tempo reale





Evoluzione del GPS di precisione

La metodologia RTK diventa ancora più efficace se si organizza sul territorio una rete di stazioni permanenti coordinate, che fornisce un Servizio di Posizionamento in Tempo Reale: NRTK (Network Real Time Kinematic)





Reti NRTK

In Italia le prime reti NRTK nascono nei primi anni 2000 a livello regionale

Veneto

Dal 2009-2010 i software consentono di gestire anche molte stazioni

Diventa quindi possibile la nascita di 2 NRTK privati a livello nazionale:

ItalPos
GeoNet

The screenshot shows the website 'ItalPos Italian Positioning Service' in a Mozilla Firefox browser. The page title is 'ELENCO STAZIONI PERMANENTI GNSS'. It features a map of Italy with numerous red and blue pins representing GNSS stations. A table on the right lists the stations with columns for location, name, and type.

| LUOGO | NOME | TIPO | INFO |
|--------------------------------|------|------|------|
| Aci catena (CT) | SCAC | | |
| Aci S. Antonio (CT) | ACSA | | |
| Adrano (CT) | ADRA | | |
| Agrigento (AG) | AGRS | | |
| Alcamo (TP) | ALCA | | |
| Alghero (SS) | ALGH | | |
| Alife (CE) | ALIF | | |
| Amelia (TR) | AMEL | | |
| Ancona (AN) | ANCN | | |
| Ancona (AN) | ANTR | | |
| Ancona (AN) | PORT | | |
| Ancona (AN) | GEOT | | |
| Aosta (AO) | AOST | | |
| Aritzo (NU) | ARIT | | |
| Arzachena (OT) | ARZA | | |
| Ascoli Piceno (AP) | CSGP | | |
| Avellino (AV) | AVEL | | |
| Avetrana (TA) | AVET | | |
| Bajardo (IM) | BAJA | | |
| Barcellona Pozzo di Gotto (ME) | BARC | | |



Rete Dinamica Nazionale

Il metodo NRTK risulta molto efficace, e quindi molto richiesto dall'utenza tecnica, ma necessita di grande precisione nella definizione della posizione delle stazioni permanenti

I pochi cm di incertezza della realizzazione ETRF89 (raffittita dall'IGM95) non erano sufficienti a garantire la precisione necessaria

L'IGM deve quindi definire un nuovo e più preciso Sistema:
lo ufficializza il 01-01- 2009 e adotta:

ETRF2000 (2008.0)

La realizzazione del Sistema ETRF2000 è ottenuta per mezzo di una rete di stazioni permanenti GNSS diffuse su tutto il territorio nazionale:

Rete Dinamica Nazionale (RDN)



Rete Dinamica Nazionale (RDN)

Composta da 100 stazioni omogeneamente distribuite con interdistanza media circa 100÷150 km

Stazioni appartenenti ad Enti Pubblici che inviano giornalmente i dati al Centro di Calcolo dell'IGM

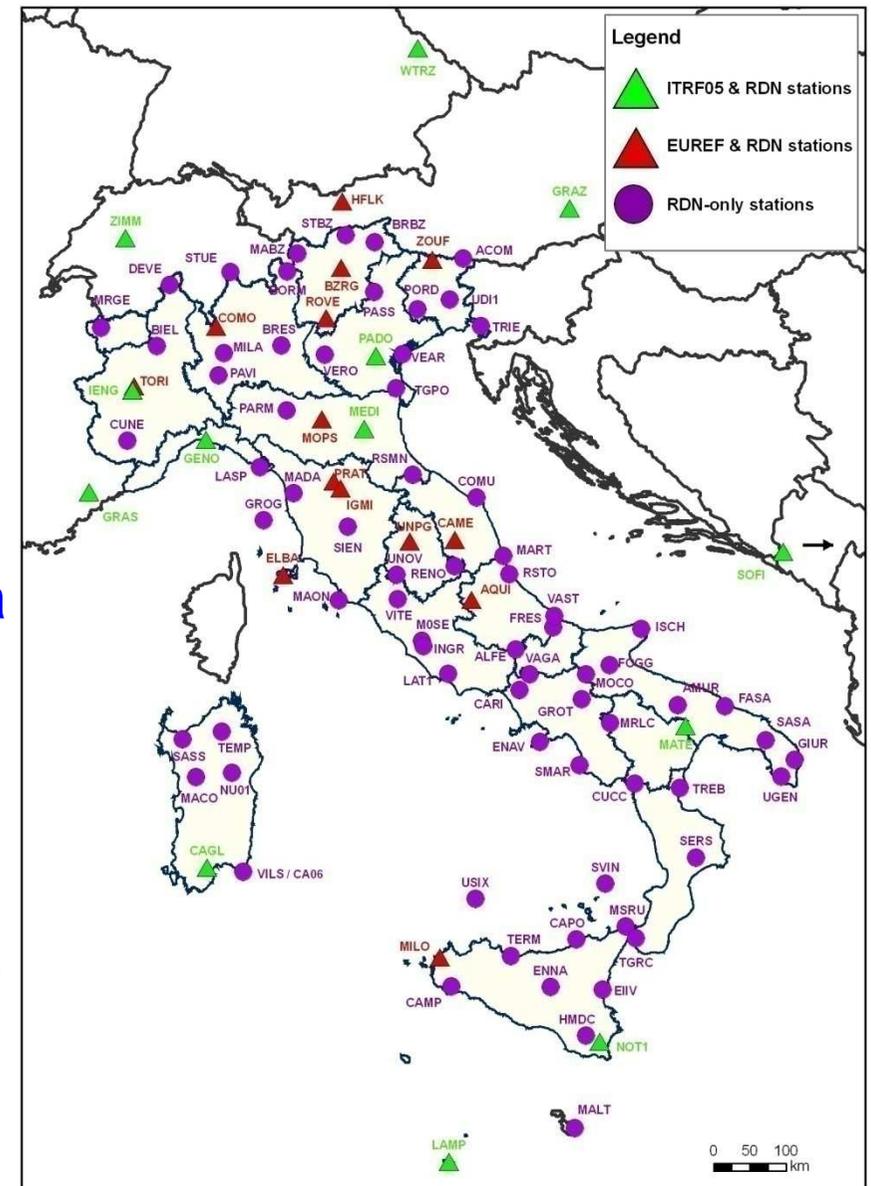
La mancanza di un controllo diretto sulle stazioni ha suggerito l'utilizzo di una quantità maggiore alle effettive necessità

Calcolo eseguito in ITRF2005(2000) trasportato al 2008.0

Passaggio in ETRF2000(2008.0) effettuato con i parametri di rototraslazione ufficiali forniti da EUREF

Precisione raggiunta:

Errori < di 1 cm planim.; < di 1.5 cm in h





Rete Dinamica Nazionale

www.igmi.org

Servizio Geodetico ...

Sul sito IGM è presente una apposita sezione dedicata alla RDN che contiene le descrizioni di tutte le stazioni

The screenshot shows the 'Rete Dinamica Nazionale IGM' website in a Mozilla Firefox browser. The page features a map of Italy with numerous red triangle markers representing RDN stations. To the right of the map is a table titled 'RDN Stations' listing station codes, IDs, and names. The browser's address bar shows the URL 'http://212.123.93.250/rdn/'.

| Code | ID | Name |
|------|-----------|---|
| ACOM | 12767M001 | Malborghetto-Valbruna, UDINE |
| ALRA | 00000M000 | Alfedena, L'AQUILA |
| AMUR | 00000M000 | →, Puglia |
| AQUI | 12757M001 | L'Aquila, L'AQUILA |
| BIEL | 00000M000 | →, → |
| BORM | 00000M000 | Bormio, SONDRIO |
| BRBZ | 00000M000 | →, → |
| BREA | 00000M000 | Brescia, BRESCIA |
| BZRG | 12751M001 | →, → |
| CAGL | 12725M003 | →, → |
| CAME | 12754M001 | →, → |
| CAMP | 00000M000 | →, → |
| CAPO | 00000M000 | →, → |
| CARI | 00000M000 | →, → |
| COMO | 12761M001 | →, → |
| COMU | 00000M000 | Ancona, ANCONA |
| CUCC | 00000M000 | →, → |
| CUNE | 00000M000 | Cuneo, CUNEO |
| DEVE | 00000M000 | Trarego-Viggiona, VERBANIO/CUSIO/OSSOLA |
| EIIV | 00000M000 | →, → |
| ELBA | 12721M002 | San Piero Campo nell'Elba, LIVORNO |
| ENAV | 00000M000 | →, → |
| ENNA | 00000M000 | →, → |

Il sito è connesso al DB che conserva i dati e consente lo scarico delle osservazioni a 30" secondi in formato RINEX

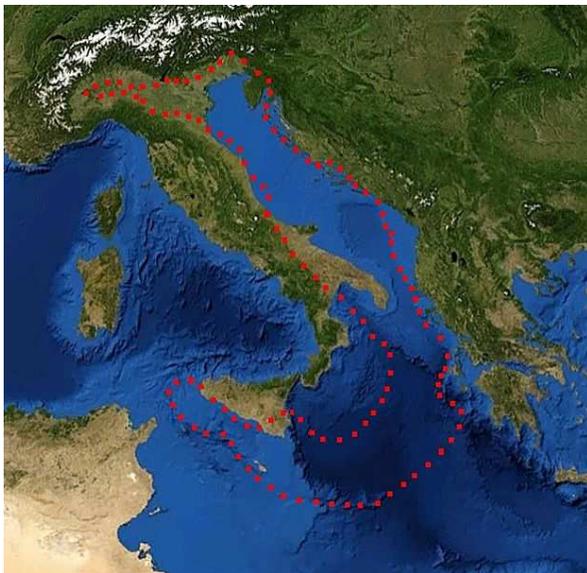


Monitoraggio della RDN

Una rete di così alta precisione deve essere continuamente monitorata

In particolare in un territorio come l'Italia caratterizzato da una geodinamica complessa:

- situata al confine fra due grandi placche
- in presenza di microplacche “cuscinetto”, fra cui quella “Adriatica” soggetta in parte a moti propri



Per verificare il mantenimento di una corretta geometria sono quindi necessari ricalcoli periodici delle posizioni delle stazioni, che consentano di stimare le **velocità** dei siti

Fin dall'impianto (2008.0) l'IGM ha iniziato un monitoraggio continuo della rete, accumulando ricalcoli periodici



Velocità in IGb08

Nel 2013, dopo 5 anni di attività, è stato fatto il punto della situazione

Utilizzando i calcoli di 84 settimane (su 261) regolarmente distribuite nei 5 anni, si è proceduto ad una prima stima delle velocità per 92 stazioni RDN, ottenendo i seguenti risultati

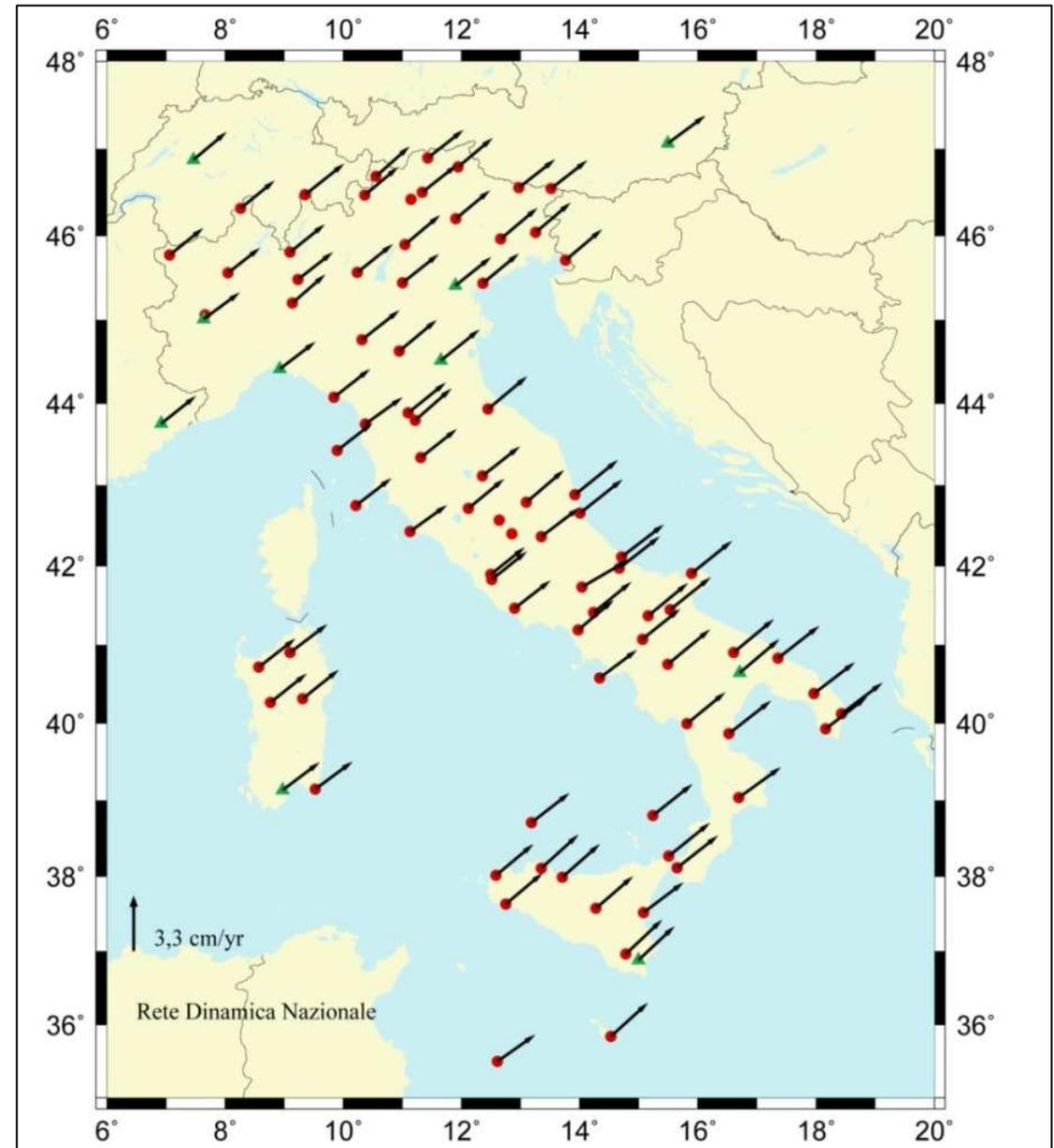
Moduli orizzontali:

min = 0.024 m/y; max = 0.032 m/y

media = 0.028 m/y,

errore \approx 0.002 m/y

Dalle velocità IGb08 (assolute) sono state calcolate le velocità ETRF2000 (relative)





Velocità relative delle stazioni RDN

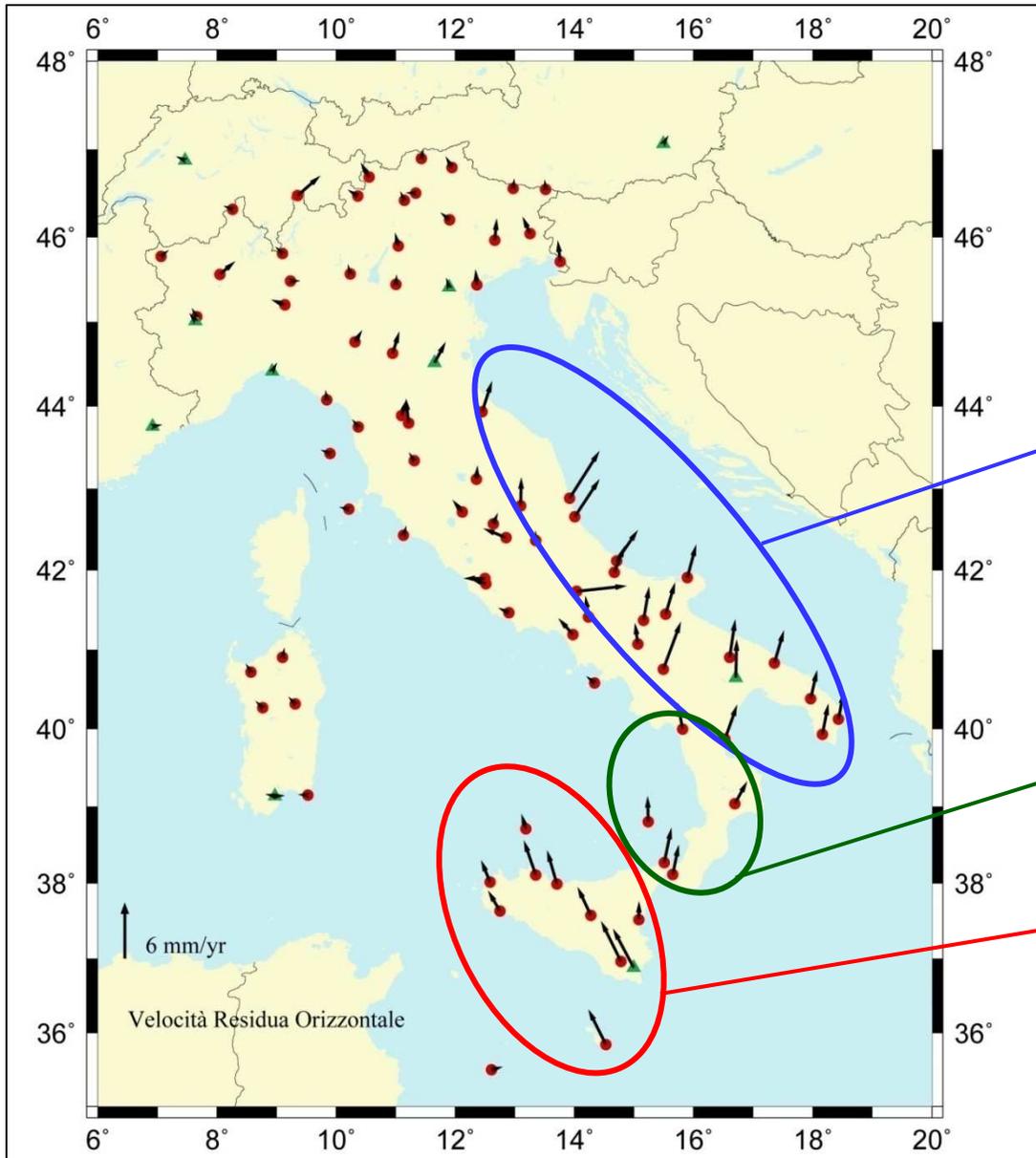
orizzontali

La parte Nord, la costa Tirrenica e la Sardegna non presentano moti relativi: quindi si muovono in accordo con la placca

Fra la cintura appenninica ed il Mar Adriatico è presente un movimento residuo verso NE da 2÷3 mm/a a punte di 6 mm/a (media 4 mm/a)

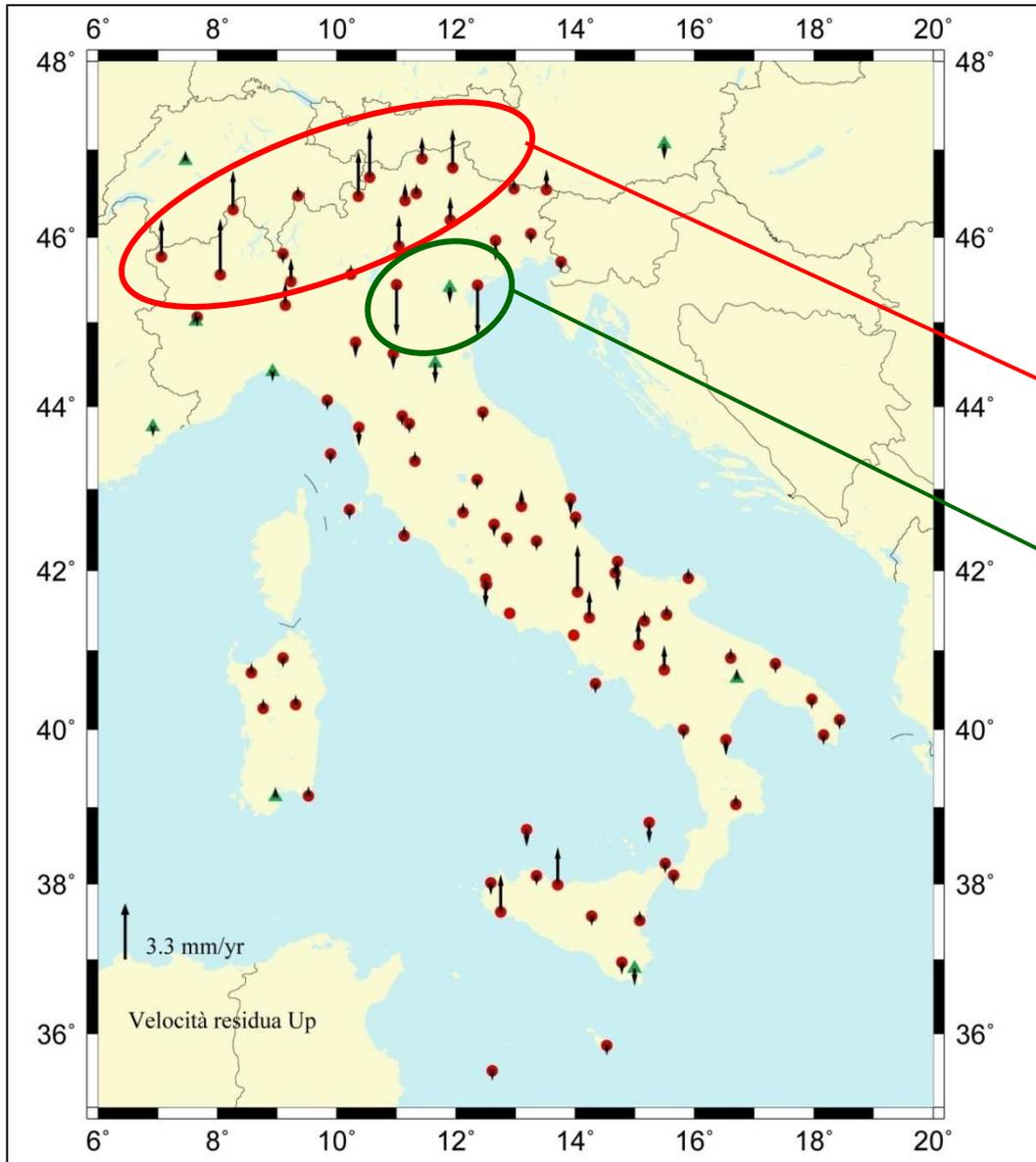
La Calabria e le Eolie evidenziano un movimento residuo verso NNE di 2÷3 mm/a

La Sicilia, esclusa Messina e compresa Malta, presenta un movimento residuo verso NNO da 2÷3 mm/a a punte di 5 mm/a (media 3 mm/a)





Velocità relative delle stazioni RDN



verticali

Gran parte dell'Italia non presenta movimenti verticali significativi a livello regionale

Apprezzabile innalzamento della regione alpina

Subsidenza del settore centro orientale del bacino del Po



Revisione della RDN: RDN2

Il monitoraggio della RDN ha riguardato anche la verifica del corretto funzionamento delle stazioni

Nel maggio 2014, su 100 siti, le stazioni attive e correttamente funzionanti erano ridotte ad 80

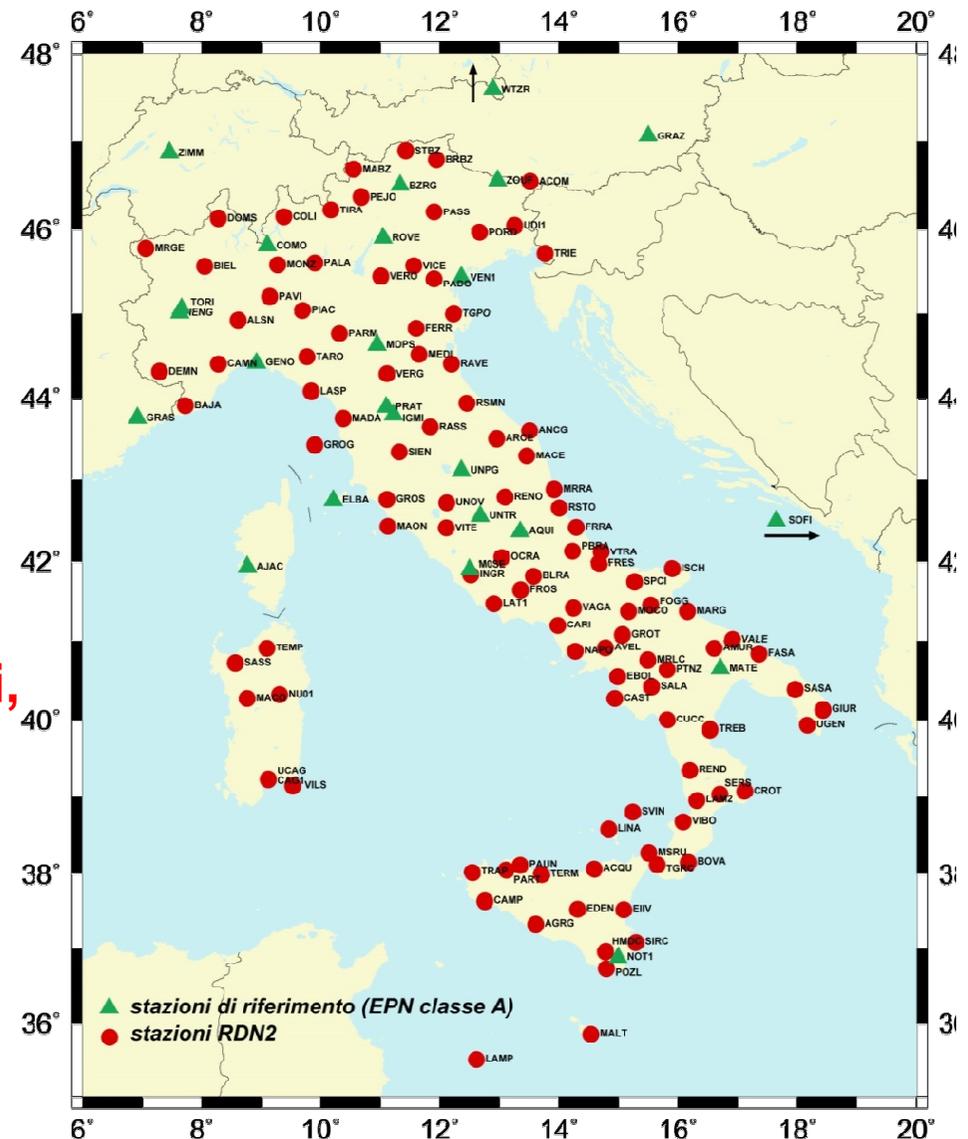
Si è ritenuto opportuno procedere ad un aggiornamento (RDN2) incrementando la rete con 55 nuove stazioni:

- 21 in sostituzione di quelle dismesse
- 34 di raffittimento nelle zone con geodinamica interessante

La RDN2 è composta quindi da 135 stazioni, 24 delle quali appartenenti all'EPN

Calcolo effettuato su 35 soluzioni giornaliere consecutive; RMS sulla ripetibilità:

| | |
|------|------------|
| Nord | Max < 3 mm |
| Est | Max < 3 mm |
| Up | Max < 8 mm |





Aggiornamento del Riferimento

L'indagine svolta in questi primi 5 anni di attività della RDN ha consentito di conoscere la reale situazione geometrica della rete, e ci ha mostrato che, anche se in zone limitate, siamo in presenza di movimenti relativi che in qualche caso arrivano già oggi a 3 cm

E' quindi necessario iniziare a pensare in termini concreti all'aggiornamento del network, in modo da ristabilire la coerenza geometrica indispensabile per garantire l'efficienza di alcune moderne tecnologie, in particolare dell'NRTK

L'IGM... sistema di riferimento... Soluzione

Grazie per l'attenzione !

Un metodo interessante potrebbe essere quello di mantenere 2 riferimenti:

- uno **DINAMICO** tenuto costantemente allineato alla realtà fisica, valido per le applicazioni più esigenti
- uno **STATICO** da utilizzare per la comune georeferenziazione, caratterizzato comunque da recente e buona geometria e collegato a quello **DINAMICO** dalla stima del campo di deformazione

Il sistema **DINAMICO** potrebbe essere così riallineato frequentemente, senza impatto sugli utilizzatori, aggiornando di volta in volta il campo di deformazione