



*Università di Padova*  
*Dipartimento di*  
*Geoscienze*

# Stato dell'arte sullo sviluppo delle reti GPS e dei servizi in tempo reale nel panorama internazionale

*A. Caporali, Dipartimento di*  
*Geoscienze, Università degli*  
*Studi, Padova*

GPS RTK - Udine, 7 ottobre 2009

# Razionale della Presentazione

- Reti RTK come veicolo di standardizzazione nella georeferenziazione
- Standard Europeo: INSPIRE
- Pertanto approfondirò le modalità con cui l'impiego delle reti RTK porta a un prodotto omogeneo e condivisibile in ambito Europeo, secondo INSPIRE e gli standard ISO 19xxx

# INSPIRE:

“..it is possible to combine spatial data from different sources across the Community in a consistent way and share them between several users and applications;”

- **ANNEX I**
- **Spatial Data Themes – Specific Provisions**
- 
- **Spatial Data Themes Listed in Annex I to Directive 2007/2/EC**
- **Reference Systems**
- **Coordinate Reference Systems**
  - ***Three-dimensional cartesian coordinates***
    - For positions given in three-dimensional cartesian coordinates, the European Terrestrial Reference System 1989 (ETRS89) shall be used in areas within its geographical scope.
    - For the vertical component on land, the European Vertical Reference System (EVRS) shall be used to express gravity-related heights within its geographical scope.
- **Map projections**
  - ***Map projection for conformal pan-European mapping***
    - For conformal pan-European mapping at scales larger than 1:500,000, the Transverse Mercator (ETRS89-TMzn) projection shall be used.

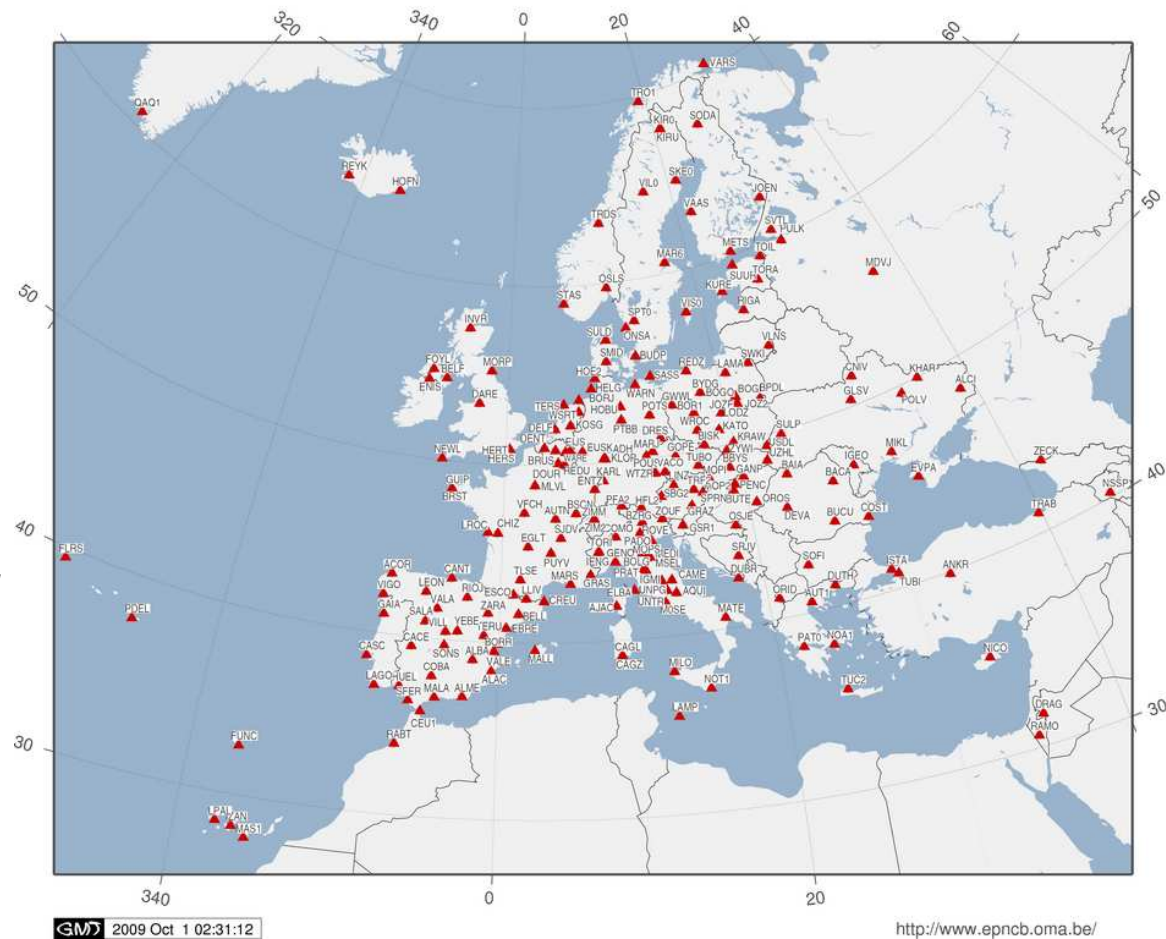
ANNEX I Thematic Working Group su Sistemi di coordinate e Grids:

- Joao Torres (Portugal): JRC interface and facilitator
- Bruno Garayt, France
- Heinz Habrich, Germany
- Alessandro Caporali, Italy
- Jonathan Iliffe, UK
- Paul Cruddace, UK
- Lassi Lehto, Finland
- Lars Erland Engberg, Sweden
- Vida Bitenc, JRC editor

# Infrastruttura Europea: EUREF

## EUREF Permanent Tracking Network

- EUREF è la **IAG Reference Frame Sub-Commission for Europe**
- **TWG**
- **>200 Stazioni**
- **15 centri di analisi**
- **1 centro di combinazione**
- **Soluzioni di rete giornaliere e settimanali**
- **Realizzazione di ETRS89: attualmente ETRF2000**
- **EVRS: EUVN-DA**



# Tempo reale

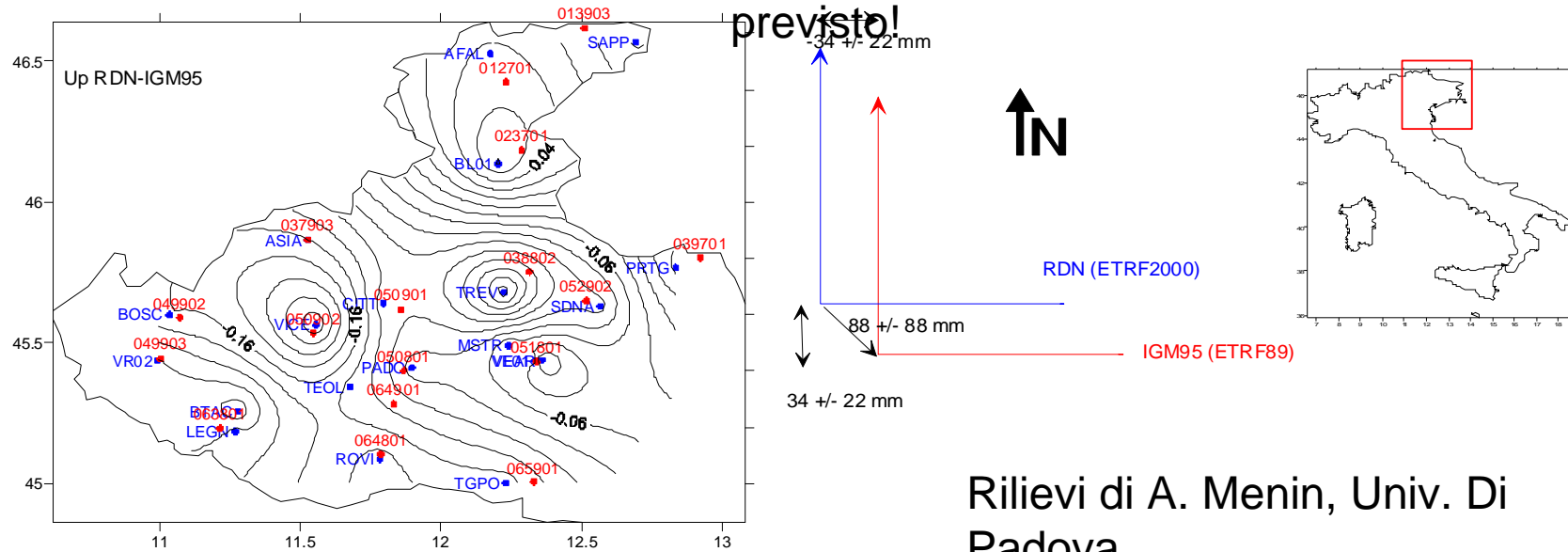
- EUREF non fornisce direttamente servizi di correzione RTK
- Tuttavia
  - ha contribuito a definire lo standard Ntrip, adottato nella maggior parte dei ricevitori e nelle architetture client/server di reti locali
  - fornisce le coordinate ETRF2000 delle stazioni della propria rete
- Reti nazionali/locali: partendo dalle stazioni EPN vengono calcolate coordinate ETRF2000 di stazioni di densificazione su scala nazionale/locale
- Tali coordinate dovrebbero essere adottate dalle reti regionali come mountpoint, così che gli utenti del servizio RTK georiferiscono il loro rilievo direttamente a ETRS2000
- Teoricamente esiste una inconsistenza tra correzioni RTK in ETRS2000 e orbite in IGS05. Tuttavia tale inconsistenza non ha effetti pratici.

# Cosa fare per mantenere coerenza con INSPIRE

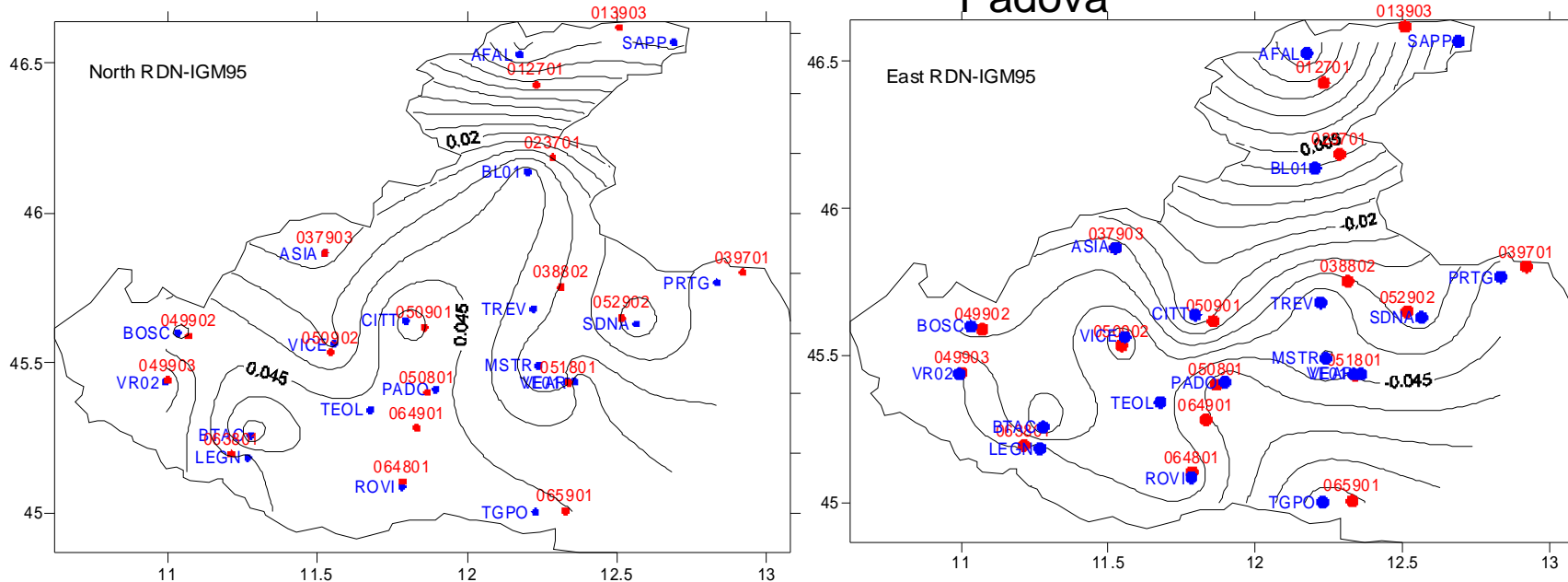
- Punto di partenza: RDN!
- RDN è approvata ufficialmente dall'EUREF come realizzazione nazionale di ETRF2000 ed è legalizzata da un D.L. in corso di approvazione
  - Conseguenze:
    - Le stazioni GNSS, sia statiche che RTK, devono avere coordinate consistenti con RDN
    - Per soluzioni di sottorete è sufficiente combinare le equazioni normali RDN con quelle di sottorete (es. soluzioni calcolate da Università di Padova), imponendo come vincolo le coordinate RDN alle stazioni comuni
  - Compatibilità con precedenti sistemi di riferimento (Roma 40 Gauss Boaga): grigliati Roma40à RDN-ETRF2000 sono già stati calcolati da IGM per uso con VERTO

# Esperienza in Veneto:

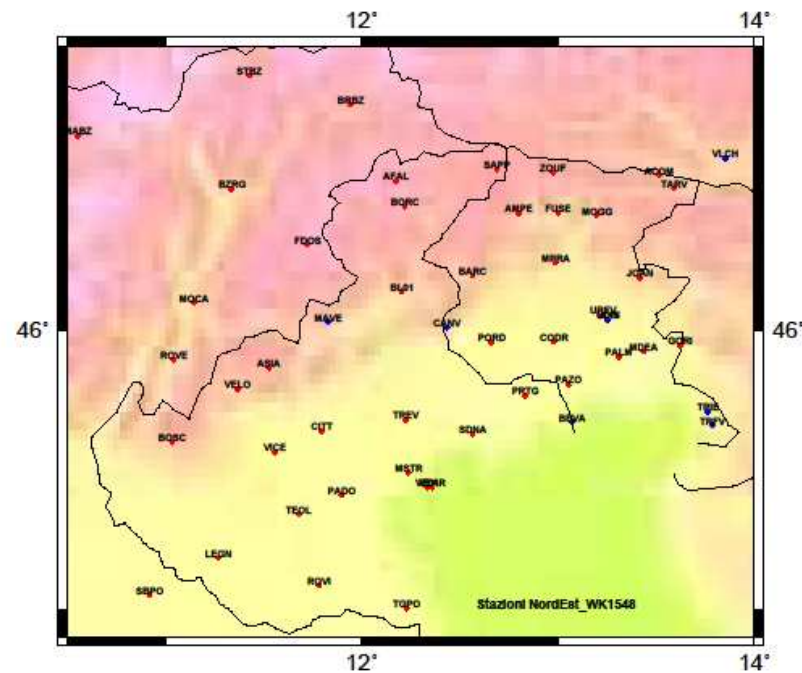
ETRF89(IGM95)à ETRF2000(RDN): 3 cm in 15 anni (2 mm/anno) come



Rilievi di A. Menin, Univ. Di Padova



# Calcolo settimanale delle coordinate ETRF2000 delle stazioni trivenete



# Coordinate ETRF2000 e raccordo con EVRS tramite il geoide EGG08

Universita di Padova

Programma GP TO UTM del NGS-USA VERSIONE 2.1  
 Sistema INSPIRE ETRS89 Realizzazione RDN ETRF2000; Geoide EGG08 Univ. di Hannover

Nome Stazione			Latitudine	Longitudine	UTM NORD(Y)	UTM EST (X)	ZONA CONVERGENZA	SCALA	ELEV
GEOIDE	CSI	ETA			METRI	METRI	G M S	FATTORE	h(M)
(M)	"	"							
ACCA	ACCA		41 9 30.93216N	015 19 52.21453E	4556415.400	527785.117	33 0 13	4.66 0.99960950	716.1890 47.65
1.08	1.10								
ACOM	12767M001		46 32 52.55460N	013 30 53.62073E	5156000.698	386145.911	33 -1 4	41.62 0.99975934	1774.7135 49.04 -
1.01	4.69								
AFR	100M00		45 11 57.75110N	012 10 22.24071E	45498093.28330	1100035.32151	33 0 0	0.00 1.00000000	1128411.99 54.50 -
6.96	1.82								

Raccordo altimetrico tra quote ortometriche ottenute da H=h  
 N(EGG08) e quote del sistema nazionale verticale:

- È necessario che le quote rilevate con RTK mantengano anch'essi coerenza con INSPIRE e EVRS
- il sistema delle quote Europeo prevede ETRF2000, EUVN, il geoide EGG08 e il mareografo di Amsterdam,
- il sistema nazionale che prevede RDN, un sistema verticale basato su 3 mareografi (Continente, Sicilia e Sardegna) e il geoide ITALGEO05
- E' necessario raccordare i due sistemi (Action Item, EUREF TWG a Firenze,

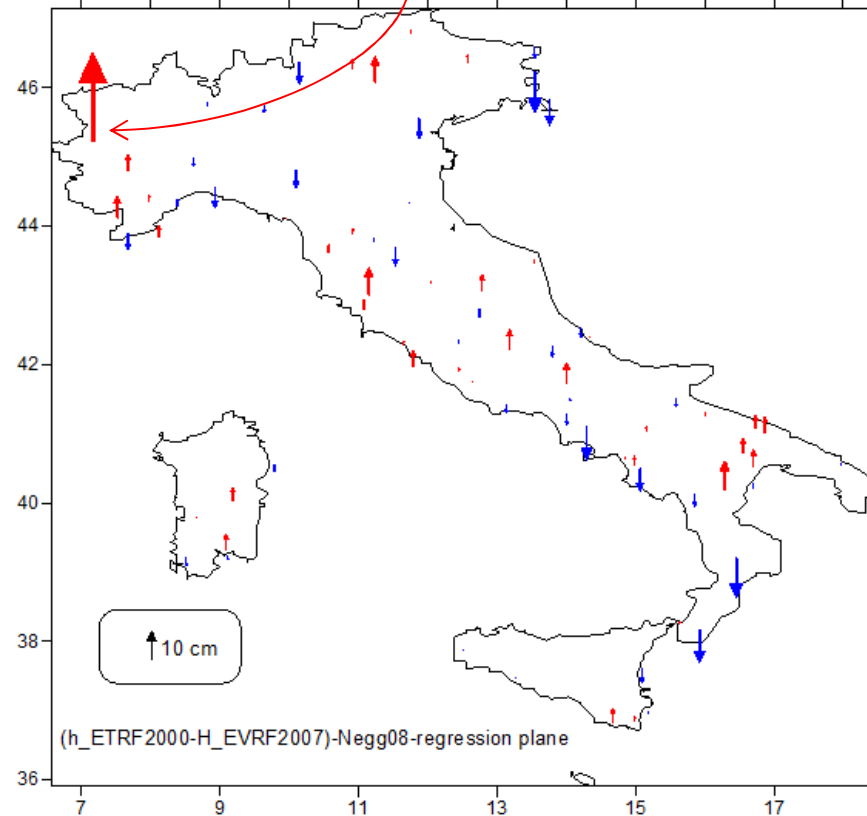
# Statistiche e formule di corrispondenza Sistema verticale europeo $\beta$ à Sistema nazionale:

$$(h - H) - N_{EGG08} = a_0 + \xi(\text{North} - \text{North}_0) + \eta(\text{East} - \text{East}_0) + \varepsilon$$

N pts=64	regression plane CONTINENT	
Origin(*)	$\phi$ (dd.ddd)	$\lambda$ (dd.ddd)
	42.9228	12.5866
$a_0$ (m)	$\xi$ (")	$\eta$ (")
-0.106	-0.044	0.057
N pts = 6	regression plane SICILY	
origin(*)	$\phi$ (dd.ddd)	$\lambda$ (dd.ddd)
	37.4131	14.4826
$a_0$ (m)	$\xi$ (")	$\eta$ (")
-0.558	-0.128	0.012
N pts = 6	regression plane SARDINIA	
Origin(*)	$\phi$ (dd.ddd)	$\lambda$ (dd.ddd)
	39.8735	9.0906
$a_0$ (m)	$\xi$ (")	$\eta$ (")
-0.467	0.075	-0.163

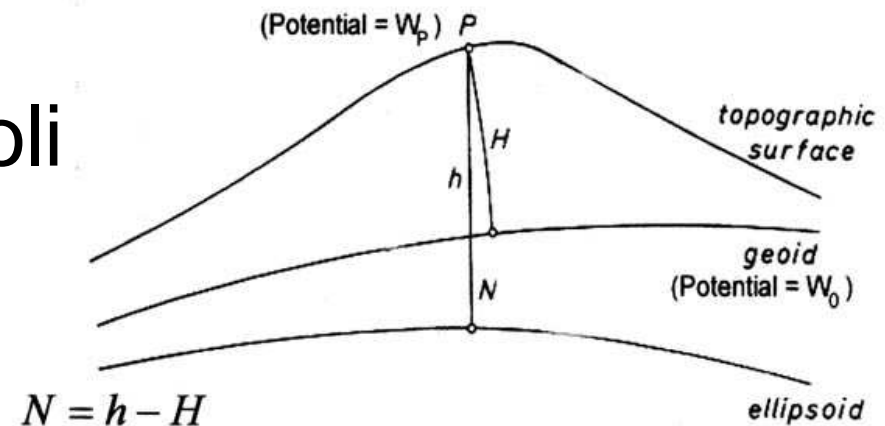
(\*) mean of coordinates

	Mean (m)	Stdev (m)	Max (m)	Min (m)
Continen	0.00	0.07	0.33	-0.14
Sicily	0.00	0.03	0.03	-0.05
Sardinia	0.00	0.04	0.06	-0.03



# Quote ortometriche e dislivelli

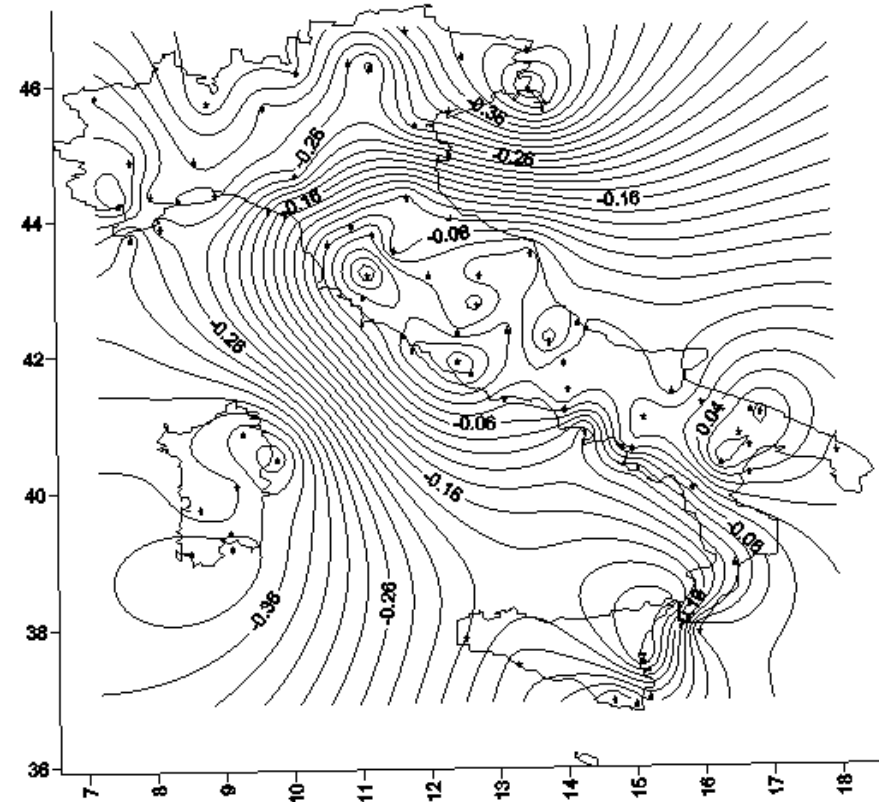
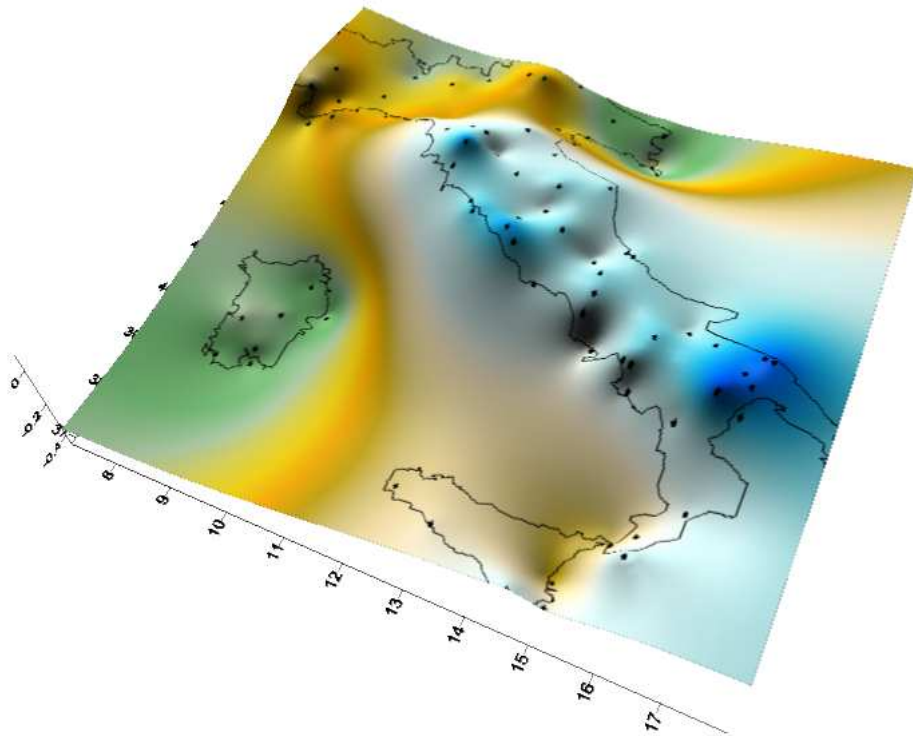
- Punto di Partenza: Compensazione del Prof. Bencini dei numeri geopotenziali  $C$  a punti nodali
- Analisi di R. Maseroli  
F. Cauli e A. Caporali



Quote ortometriche usate per il  
raccordo :  
sistema nazionale -- EUVN

$$H = \frac{C}{g + \left(\frac{2\gamma}{r} * 0.5 - 2\pi G\rho\right)H}$$

# ITALGEO05-EGG08



- ITALGEO05 incorpora il geode gravimetrico e gli offsets, stazione per stazione,
- Pertanto h-H viene modellato da ITALGEO05 senza introdurre piani di regressione
- Tuttavia ai fini di INSPIRE occorre distinguere tra geode di riferimento e

# Conclusioni

- Le reti RTK in Italia e in Europa sono basate sulla stessa tecnologia, ormai consolidata
- Mi sono preoccupato degli standard da rispettare nelle trasmissioni delle correzioni RTK così da rispettare INSPIRE
- Tutte le reti regionali o commerciali devono essere allineate a RDN, e i mountpoint devono essere coerenti con tale calcolo
- Il rilievo RTK fornisce allora coordinate planimetriche consistenti con ETRF2000
- La quota ellissoidica va corretta con il geoide ITALGEO05 per riportarsi nel sistema ortometrico nazionale; ovvero con EGG08 per riportarsi nel sistema EVRS e INSPIRE.
- Formule di corrispondenza tra EGG08 e ITALGEO05 sono state calcolate

Ringraziamenti: si ringrazia la Regione Veneto e in particolare l'Ufficio Cartografico : M. De Gennaro, A. Zampieri, A. Marolla per il sostegno fornito allo svolgimento di questa ricerca

La rete GPS della Regione Veneto è operata da Luca Sartori, Riccardo Corso e Massimo Fabris