



Progetto S2 - Schede di rendicontazione scientifica delle singole Unità di Ricerca

Task 3:

Caratterizzazione geofisica delle principali strutture sismogenetiche

Responsabile: Alessandro Caporali (UniPD)

UR 3.1 - Barba

INGV-RM1

UR 3.2a - Caporali

UniPD

UR 3.2b - Braitenberg

UniTS

UR 3.3 - Guerra

UniCal

UR 3.4 - Sepe

INGV-OV



UR 3.1 - Coordinatore: Salvatore Barba (INGV-Roma1)

1 - Sintesi e principali risultati

Abbiamo sviluppato nella UR 3.1 differenti modelli numerici di deformazione (strain-rate, velocità, slip-rate) per l'Italia, nell'area mostrata in Figura 1, utilizzando una metodologia agli elementi finiti. I modelli, tridimensionali e potenzialmente rappresentativi della situazione attuale, differiscono per le condizioni al contorno (elencate in Tabella 1 e mostrate per quanto possibile in Figura 1) e per i parametri meccanici e reologici (Tabella 2). L'insieme delle condizioni al contorno e dei parametri e le loro combinazioni rappresentano l'incertezza sulle quantità fisiche in gioco e sulle ipotesi geodinamiche. Abbiamo generato oltre 33000 modelli che esplorano dunque lo spazio delle incertezze e verificato quali parametri o intervalli di parametri rappresentano meglio le misure sperimentali di spostamento, stress e strain su scala nazionale. In sostanza si tratta di un metodo diretto "guidato", cioè facendo una analisi degli errori per separare l'errore dovuto ai dati dalle inaccuranze introdotte dalla parametrizzazione.

Abbiamo considerato i seguenti dati: spostamento GPS (da UR3.2a - Caporali e da questa stessa UR 3.1, vedi Figura 2), orientazione di SHmin da break-out e da terremoti (Montone et al., 2004), regime tettonico nelle aree sismogeniche (Seismogenic Areas da DISS, UR 1.1 - Basili). Per ognuno di questi dataset, abbiamo calcolato lo scostamento tra le predizioni del modello e i dati stessi (generalmente una RMS o una deviazione media) e analizzato le inconsistenze sia a scala nazionale (esempio, Tabella 3) che locale/regionale (Figura 2).

Sulla base degli scostamenti su scala nazionale, abbiamo dunque studiato l'effetto dei parametri e delle condizioni al contorno, evidenziando gli intervalli di incertezza di questi. Per lo step 4, la Tabella 3 mostra i risultati sintetici per i 50 modelli che mostrano le minori inconsistenze con i dati reali ("migliore" relativamente all'ambito delle condizioni al contorno testate e/o accettabili). Da questi 50 modelli, abbiamo calcolato le medie e le deviazioni standard per spostamento-strain rate-stress-slip rate (Figure 3-6) in modo da rappresentare non il miglior modello in assoluto ma un insieme di modelli prossimi alle deviazioni minime o che discostano dal minimo di una quantità poco apprezzabile. La Tabella 3b mostra l'incidenza di ognuna delle condizioni al contorno e dei parametri variabili nello step 4 sui risultati finali. Dunque chiamiamo tale media "miglior modello".

Il miglior modello permette di predire, in approssimazione anelastica, la velocità (Figura 3), lo strain rate crostale (Figura 4), l'orientazione del SHmax su una griglia e il regime tettonico nelle aree sismogeniche (entrambi in Figura 5), ed infine lo slip rate per le faglie incluse nel modello (Figura 6) e per le aree sismogenetiche (Tabella 4). Quest'ultima elaborazione è presentata come Deliverable associato al rapporto finale del progetto.

I risultati mostrano che: lo strain rate nell'area studiata varia da 0 a ~120 ns/y con una media nelle sorgenti areali di 14 ns/y; lo slip rate varia da 0 a 1.89 mm/y con una media nelle sorgenti areali di 0.27 mm/y. La sorgente areale con il maggior strain-rate è "Aspromonte-Peloritani" con una media di ~68 ns/y e un massimo di ~120 ns/y oltre ad uno slip-rate medio di ~0.5-1.13 mm/y. Le sorgenti areali più "veloci" (max >1.5 mm/y) sono "Irpina - Agri Valley", "Crati Valley" e "Southern Calabria". Il misfit (RMS) tra modello e i differenti dataset è di ~1.16 mm/y per le velocità misurate con le stazioni GPS permanenti; ~1.67 mm/y per le stazioni GPS temporanee; ~24° per l'azimut dello stress orizzontale massimo; l'attrito medio di lungo termine da utilizzare per il calcolo dello slip rate è di ~0.25; ~89% dei dati di break-out e di meccanismi focali concorda con le previsioni cinematiche del modello; il ~70% delle aree sismogenetiche ha cinematica omogenea che concorda con quella riportata su DISS. Dato il nostro approccio di dettaglio (alla scala della singola faglia sismogenetica, ~10-20 km), i misfit da noi ottenuti sono minori di quelli raggiunti da altri autori, ad esempio in California e Nuova Zelanda, nonostante la maggiore frammentazione della crosta in Italia.

2 - Metodologia utilizzata

Abbiamo sviluppato la modellazione numerica necessaria utilizzando un metodo agli elementi finiti e calcolato le velocità nodali mediante il metodo dei residui pesati, tramite l'uso del software SHELLS (Bird, 1999) opportunamente modificato per includere nella rappresentazione le faglie sismogenetiche italiane (~10 km).

Per un sottoinsieme delle condizioni al contorno, e per un caso specifico di struttura crostale, flusso di calore, e reologia, abbiamo calcolato le mappe di velocità e strain rate per l'Italia.

Abbiamo assunto come ipotesi la struttura crostale (Nicolich, 2001; Marone et al., 2003) e litosferica (Pontevivo e Panza, 2002). Abbiamo invece determinato la reologia crostale media e le geoterme specificatamente per questo lavoro.

Reologia crostale. Abbiamo assunto una reologia fragile/duttile a due strati (crosta e mantello) ove la componente duttile è descritta dalla Power-law creep

$$\sigma_{shear} = A \exp\left(\frac{B + C \cdot z}{T}\right)$$

e i cui parametri sono stati calcolati a partire dalla letteratura e da casi di studio in Italia. Tutti i parametri studiati sono riportati in Tabella 3. Per quanto riguarda la reologia, abbiamo interagito anche con il progetto S4 confrontando i nostri risultati con i dati di struttura crostale elaborati in S4-Task 2 ("Definizione di modelli crostali", C. Chiarabba). È stato imposto un limite superiore allo shear stress per il comportamento fragile e/o duttile (Parametro D in tabella 3); quando lo shear-stress supera tale limite assumiamo che il materiale vada in flusso plastico.

Geoterme. Il flusso di calore superficiale in Italia è stato ampiamente discusso in letteratura. Purtroppo i contributi di processi ancora attivi (infiltrazione di acque meteoriche, sedimentazione, erosione e attività vulcanica) influenzano le temperature dei primi chilometri (e.g., Della Vedova, 2001) e impediscono di utilizzare direttamente i dati sul flusso di calore superficiale per calcolare la componente conduttiva stazionaria del flusso di calore e quindi le geoterme medie di nostro interesse. Abbiamo quindi utilizzato le temperature alla Moho (T_{moho}) ottenute da diversi approcci in diverse aree. Convertendo tale dato in gradiente geotermico verticale, abbiamo calcolato le temperature alla Moho anche per zone affini dal punto di vista geologico e geofisico. Conosciuta T_{moho} , calcoliamo il flusso di calore superficiale assumendo una conduzione stazionaria verticale. Abbiamo sfruttato le informazioni di diversi autori e regionalizzato l'area di studio in Alpi (Vorsteijn et al., 2003) Appennino settentrionale, Tirreno settentrionale e placca Adria (Pasquale et al., 1997), Tirreno meridionale e Appennino meridionale (Zito et al., 2003), e Ionio (Stein, 2003). Per superare i limiti dei profili reologici e le approssimazioni suddette legate ai parametri abbiamo seguito anche un secondo approccio e vincolato la profondità della transizione fragile duttile alla profondità massima degli eventi sismici crostali e alla profondità massima delle faglie sismogenetiche del DISS. Questo vincolo ha ridotto l'incertezza sulle quantità derivate (strain, stress, ecc.) negli step 3 e 4 e ha portato ad una regionalizzazione reologica (presente nello step 4).

Condizioni al contorno. Abbiamo considerato tutte o quasi le possibili condizioni al contorno potenzialmente attive nell'area di studio disponibili in letteratura da modelli geologici, geodetici o geofisici. Le condizioni al contorno sono riportate sinteticamente in Tabella 1. Abbiamo testato tutte le combinazioni possibili per ogni step. Le trazioni basali, anche se formalmente sono "condizioni al contorno", per comodità sono state descritte nella Tabella 2 dei parametri e sono riportate sia in termini di "vtimes" (coefficiente usato dal codice di Bird, necessario per riprodurre i risultati) che in velocità crostale equivalente (apparentemente più intuitivo ma dipendente dalla reologia e dalla struttura del modello).

Attrito efficace delle faglie. Abbiamo studiato come il misfit tra i dati e i risultati teorici dipenda dall'attrito medio di lungo termine sulle faglie, con attrito variabile da 0.05 a 0.9. I risultati sono stabili nell'intervallo 0.25-0.40 e questi due valori di attrito producono di fatto il minor misfit con i dati (Tabella 3) e quindi influenzano il calcolo dello slip-rate. Per "attrito" intendiamo attrito "efficace uniforme medio di lungo termine"; efficace perchè contiene tutti i termini che influenzano il movimento sulla faglia (Coulomb, fluidi, etc.); uniforme perchè valore unico in tutto il modello; di lungo termine perchè non differenzia la fase di faglia full locked o quasi locked (intersismico, presismico) dalla fase di scorrimento sismico, o parzialmente locked (cosismico, postsismico).

3 - Difficoltà incontrate e modifiche di indirizzo

Essenzialmente non ci sono state modifiche di indirizzo ma compiti addizionali e non preventivati. Ad esempio, abbiamo dovuto introdurre una regionalizzazione reologica al fine di raggiungere il dettaglio richiesto dal progetto. La sola regionalizzazione reologica ha richiesto 3-4 mesi di lavoro non preventivato inizialmente.

Per carenza di ipotesi geodinamiche, il modello ha un errore più alto nella parte NW dell'Appennino (Intersezione tra Emilia Romagna, Liguria e Piemonte). Verso la fine del progetto erano disponibili informazioni ulteriori, ma poichè lo sviluppo di un modello richiede circa 6 mesi abbiamo preferito non tentare di correggere la strada intrapresa in quanto non c'era tempo per effettuare tutti i test comunque necessari.

Tra le difficoltà incontrate c'è lo sviluppare il modello con il DISS in fase di modifica. Sviluppare un modello prende alcuni mesi, quindi in ogni step abbiamo dovuto lavorare con la versione di DISS vecchia di 2-6 mesi. Il problema è solo che poichè costruzione del modello e calibrazione vanno di pari passo, gli step 1-2-3-4 non sono interscambiabili perchè basati su faglie differenti. Ci siamo assicurati comunque che la bontà relativa tra i modelli appartenenti a step diversi non venga influenzata dalla versione del DISS ricalcolando gli indici sintetici (Tabella 3) e normalizzandole tramite la deviazione standard (dati-modello) per ogni step.

Altre cose da catalogare nelle difficoltà è la mancanza di informazioni di età delle faglie e rigetto totale nel DISS. Queste informazioni avrebbero potuto essere sfruttate per regionalizzare l'attrito delle faglie - attività che comunque non era prevista.

4 - Risultati e Note

I risultati sono riportati in tabella e nelle figure. Per le figure che costituiscono deliverable, verranno forniti anche i file ascii lat e lon delle quantità e dell'errore. Gli indici sintetici 1 e d di Tabella 4 permettono di confrontare sinteticamente le RMS relative ai diversi dataset (ogni RMS è pesata per la deviazione standard del dataset corrispondente, calcolata escludendo gli outliers).

Alcune Sorgenti areali risultano come "non determinate" quando il dettaglio raggiunto dal modello e/o dai dati non era ancora sufficiente agli scopi del progetto.

Si suggerisce in collaborazione con la UR1.1 di valutare se informazioni quali età di inizio attività e rigetto totale delle faglie possano essere introdotte in DISS.

Per quanto riguarda lo strain rate e lo slip rate al di fuori delle zone mappate dal DISS, si suggerisce di includere almeno due aree sismogenetiche una legata al fronte Calabro e l'altra al fronte più esterno dell'Abruzzo (Scrocca, 2006), aree che accumulano deformazione e rilasciano slip in presenza di strutture orientate come da letteratura.

Per quanto riguarda lo slip-rate e strain-rate (punto per punto oppure per sorgenti areali) si ribadisce che queste due quantità devono entrare entrambe nel calcolo di quantità derivate, ad esempio del moment rate, in quanto la sorgente areale contemporaneamente disloca e si deforma e la deformazione rappresenta le faglie non mappate dal DISS. Pertanto non si può confrontare una sola quantità alla volta. Nel caso del GPS, probabilmente il confronto può essere fatto nell'assunzione di faglia full locked con lo strain-rate. Non ci sono lavori in letteratura che

calcolano slip-rate e deformazione per cui lo slip-rate derivato dal solo GPS sarà sempre maggiore. Da test effettuati, buona parte dell'energia viene spesa in deformazione per cui solo il 25-50% dello slip rate derivato dai soli GPS in assenza di deformazione può essere associato alle faglie DISS. Per le faglie più vecchie (esempio avampaese apulo), se consideriamo un attrito efficace di una faglia con 2 km di rigetto finito otteniamo un valore di slip rate doppio o triplo (effetto Byerlee). La stessa cosa avviene con la faglia del Belice. Non abbiamo potuto condurre tutti i test necessari per valutare questo effetto su tutte le faglie (non era previsto), ma comunque i test preliminari indicano che lo slip rate di Tabella 4 relativo alle faglie meno recenti o che hanno un rigetto totale maggiore è probabilmente sottostimato di un fattore 2 o 3. Pertanto, sulle faglie meno recenti lo slip rate riportato in tabella può essere moltiplicato per un fattore 2 o 3 in attesa di una trattazione completa dell'effetto dell'attrito faglia per faglia.

Bibliografia

Bird P. (1999). Thin-plate and thin-shell finite-element programs for forward dynamic modeling of plate deformation and faulting. *Computers & Geosciences*, **25**, 383-394.

Della Vedova B., S. Bellani, G. Pellis, & P. Squarci (2001). Deep temperatures and surface heat flow distribution. In: Vai G.B. and Martini L.P. (Ed.), *Anatomy of an orogen: the Apennines and adjacent Mediterranean basins*, Kluwer Academic Publishers, 65-76, Dordrecht, The Netherlands.

DISS Working Group (2006). Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.0.2: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas. <http://www.ingv.it/DISS/>, © INGV 2005, 2006 - Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - All rights reserved.

Kirby S.H. (1983). Rheology of the Lithosphere, *Rev. Geophys. Space Phys.*, **21**, 1458-1487.

Marone F., M. van der Meijde, S. van der Lee, and D. Giardini (2003). Joint inversion of local, regional and teleseismic data for crustal thickness in the Eurasia–Africa plate boundary region. *Geophysical Journal International*, **154**, 2, August 2003, pp. 499-514.

Montone P., M. T. Mariucci, S. Pondrelli, & A. Amato (2004). An improved stress map for Italy and surrounding regions (central Mediterranean). *J. Geophys. Res.*, **109**, B10410, doi:10.1029/2003JB002703, 2004.

Nicolich, R. (2001). Deep seismic transects. In: Vai, G.B., Martini, P. (Eds.), *Anatomy of an Orogen: the Apennines and Adjacent Mediterranean Basins*. Kluwer Acad. Publishers, pp. 47–52.

Pasquale V., M. Verdoya, P. Chiozzi & G. Ranalli (1997). Rheology and seismotectonic regime in the northern central Mediterranean. *Tectonophysics*, **270**, 239-257.

Pontevivo A. & G. F. Panza (2002). Group velocity tomography and regionalization in Italy and bordering areas. *Phys. Earth Planet. Int.*, **134**, 1-15, 2002.

Scrocca D., Thrust front segmentation induced by differential slab retreat in the Apennines (Italy), *Terra Nova*, **18**, 145-161, doi: 10.1111/j.1365-3121.2006.00675.x, 2006.

Zito, G., Mongelli, F., de Lorenzo, S. & Doglioni, C., Heat flow and geodynamics in the Tyrrhenian Sea, *Terra Nova*, **15** (6), 425-432, doi: 10.1046/j.1365-3121.2003.00507.x, 2003.

Table captions

Table 1 - Tested boundary conditions. All the couples of Code-No have been tested with all the mechanical and rheological parameters sharing the same “step” number (e.g., step 4 consists of more than 15000 forward models given all 32 combinations of boundary conditions in step 4 that have been tested with all step 4 parameters).

Table 2. Mechanical (a) and rheological (b) model parameters. (a) *Effc*: effective fault friction coefficient; ρ : crust and mantle densities; basal traction: tractions applied to the base of the model; NA, CA, SA: Tractions applied to Northern, Central, and Southern Apennines, ARC: Tractions applied to Calabrian Arc; ALLMOD: Tractions applied to the whole model (tractions are independent from each other when values are reported in different cells, whereas a slash (/) indicates that such a traction has not been included); *Vtimes*: multiplier to basal traction intensities (arbitrary units). Fault compilation: DISS Working Group (2006) and references therein; *Vel*: crustal velocity equivalent to basal traction; *fp*: fluid pressure coefficient; τ_{max} : Maximum shear traction on outer thrust and/or subduction zones; *rheol*: rheology, as in Table 2b; (b) Groups of tested rheological parameters (see the text for details); 5a: preferred rheology used in the final models.

Table 3 – Synthetic results. (a) RMS Results relative to the best models, with boundary conditions (see Table 1), basal tractions and azimuth (see Table 2), and Main parameters (see Table 2). Unlisted parameters are those relative of step 4 and are the same for all the 50 models. RMS relative to data from (1) Serpelloni et al. (2006), (2) EUREF (S2-UR 3.2-Caporali), (3) Montone et al. (2004), and (4) average geological slip (DISS Working Group, 2006). Indexes 1 and 2 allow to compare synthetically all the RMS (each RMS is weighted to the standard deviation of the appropriate dataset, excluding outliers); differently from Index2, Index1 do not incorporate geological slip rate. Absolute best model is no. 1. (b) Percentage of boundary conditions/parameter values in best 50 models.

Table 4 – Average strain rate and slip rate for seismogenic areas. [DELIVERABLE] Average results obtained by the best 50 models listed in Table 3. *Nf* and *Ne*: Number of fault elements (*nf*) and finite elements (*ne*) in the model for each seismogenic area (Source ID and region name as in DISS); *ZS*: model-derived average seismogenic thickness; Average strain rate under the assumption of full and partial lock (maximum strain rate in the seismogenic region gives a measure of uncertainties); average and maximum slip rate in the assumption of partial lock; geological minimum and maximum slip rate from DISS. **PRELIMINARY** – Final version to be discussed with UR1.1

(Table 1 – Boundary conditions – cont'd)

Step	Code	Boundary condition	No.	Description	Pole or direction	Angular (°/My) and/or linear velocity (mm/y)	Reference	Note
1	EU	Europe	1	fixed	/	/		Assumed
	AF	Africa	1	rotation, CCW	-21.80E ; -0.95N	0.06	McClusky, 2003	
	IO	Ionian Plate	1	rotation, CCW	-21.80E ; -0.95N	0.06	McClusky, 2003	
			2	unknown	?	?		to be determined
			3	rotation, CCW	Same as AD	Same as AD		southern part of Adria microplate
	AD	Adria	1-6	rotation, CCW	9.50E ; 44.50N	0.22-0.32 (by 0.02)	Westaway, 1990	
7-12			rotation, CCW	9.07E ; 44.07N	0.22-0.32 (by 0.02)	Serpelloni, 2005		
2	EU	Europe	1	fixed	/	/		Assumed
	AF	Africa	1	linear	N45	5		
			2	rotation, CCW	-15.89E ; -1.00N	0.068	Serpelloni, 2007	
	IO	Ionian Plate	1	rotation, CCW	-15.89E ; -1.00N	0.068	Serpelloni, 2007	
			2	linear	N45	5		
			3	unknown	?	?		
	AD1	Adria (Southern Adria)	1	rotation, CCW	-15.89E ; -1.00N	0.068	Serpelloni, 2007	
			2	rotation, CCW + 25° CW rotation	-15.89E ; -1.00N	0.068		CCW Velocity field +25° CW
			3	rotation, CCW + 50° CW rotation	-15.89E ; -1.00N	0.068		CCW Velocity field +50° CW
			4	linear	N45	5		
	AD2	Albania (Central Adria)	1	rotation, CCW	Same as AF	Same as AF		
			2	transverse fixed	/	/		
			3	unknown	?	?		to be determined
			4	fixed	/	/		
			5	rotation, CCW + 50° CW rotation	-15.89E ; -1.00N	0.068		CCW Velocity field +50° CW
AD3	Dinarides (Northern Adria)	1	rotation, CCW	Same as AF	Same as AF			
		2	transverse fixed	/	/			
		3	fixed	/	/			

(Table 1 – Boundary conditions – cont'd)

Step	Code	Boundary condition	No.	Description	Pole or direction	Angular (°/My) and/or linear velocity (mm/y)	Reference	Note
3	EU	Europe	1	fixed	/	/		Assumed
	AFT	Africa (transition zone)	1	linear	N350	5		Parallel to thrust movement
			2	transverse fixed	/	/		
	AF	Africa	1	rotation, CCW	-15.89E ; -1.00N	0.068	Serpelloni, 2007	
	IO	Ionian Plate	1	rotation, CCW	-15.89E ; -1.00N	0.068	Serpelloni, 2007	
			2	unknown	?	?		to be determined
			3	linear	N45	5		
AD	Adria	1	transverse fixed	/	/			
4	EU	Europe	1	fixed	/	/		Assumed
	AFT	Africa (transition zone)	1	linear	N350	5		Parallel to thrust movement
			2	transverse fixed	/	/		
	AF	Africa	1	rotation, CCW	-15.89E ; -1.00N	0.068	Serpelloni, 2007	
			2	rotation, CCW	-18.0E ; 36.2N	0.1	Mantovani, 2007	
	IO	Ionian Plate	1	rotation, CCW	-15.89E ; -1.00N	0.068	Serpelloni, 2007	
			2	unknown	?	?		to be determined
			3	solution of 1st step				this work (1st step)
	4	rotation, CW relative to Africa	20.00E ; 28.00N	0.2	Westaway, 1990	AF to EU: pole(-21.00E;21.00N), $\omega = 0.07^\circ/\text{Myr}$ CCW		
	AD	Adria	1	fixed	/	/		
2			transverse fixed	/	/			

Table 1 – Boundary conditions

Step	effc	ρ (kg/m ³)		Basal tractions							Faults (DISS v.)	fp	T_{max} (N/m, 1E12)	Rheol
		Crust	Mantle	NA	CA	SA	ARC	ALLMOD	Vtimes (1E9) (a.u.)	Vel (mm/yr)				
1	0.05-0.40 (by 0.05); 0.60; 0.90	2650-3050 (by 50)	3150-3350 (by 50)	30N	-	/	140N	/	0.1; 3; 8; 20; 40; 90	0-5	2.0.1	0	5	1
2	0.25	2850	3300	30N			/	30N	5; 7; 8; 9; 11	0-10	3.0.1	0	5	1-4
3	0.25	2850	3300	30N			/	30N	5; 7; 8; 9; 11	0-10	3.0.1	0	0.01; 0.05; 0.1; 0.5; 1; 5; 10; 50; 100	All
4	0.15; 0.25; 0.40; 0.60	2850	3300	23-39N	23-39N	23-39N	140N	/	0.5; 1; 2; 3-5 (by 0.5); 6; 9	0-10	3.0.2	0; 0.5; 1	1; 2; 3; 3-5 (by 0.5); 6; 8	5a

Table 2 - (a) Mechanical model parameters and basal tractions

Rheol	Crust				Mantle				E
	A (MPa s ^{1/E})	B (K)	C (K·m)	D (MPa)	A (Pa·s ^{1/E})	B (K)	C (K·m)	D (MPa)	
1	900	4600	0	500	95000	14200	0.0171	500	0.3125
2	1.3	10884	0	500	95000	14200	0.0171	500	0.3125
3	1.3	10884	0	500	570	25813	0.0171	500	0.3125
4	900	4600	0	500	570	25813	0.0171	500	0.3125
5	2.11	10650	0	500	12800	19028	0.0171	500	0.41
5a	2.11	8625	0	500	12800	18028	0.0171	500	0.41
6	29.6	8019	0	500	12800	19028	0.0171	500	0.41
7	44.9	7947	0	500	88	28150	0.0171	500	0.36
8	3.05	11641	0	500	88	28150	0.0171	500	0.36
9	171	5533	0	500	12100	20848	0.0171	500	0.33
10	5	9221	0	500	12100	20848	0.0171	500	0.33

Table 2 - (b) Rheological model parameters

No.	Boundary Cond.					Traction				Main parameters			RMS					Synthetic	
	EU	AFT	AF	IO	AD	NA	CA	SA	ARC	Vtimes	effc	tmax	GPS1 (¹)	GPS2 Euref (²)	SHmax (³)	Bad Regime (³)	slip- rate (⁴)	Index1	Index2
										(a.u., 1E9)		(N/m, 1E12)	(mm/y)	(mm/y)	(DEG)	(%)	(mm/y)		
1	1	1	1	3	2	36N	30N	24N	-	4	0.25	4	1.67	1.16	24.88	11.24	0.43	1.181	1.370
2	1	1	1	4	2	39N	36N	24N	140N	3.5	0.25	4	1.64	1.29	25.73	11.7	0.45	1.225	1.374
3	1	1	1	4	2	39N	36N	24N	140N	3.5	0.25	3.5	1.64	1.29	25.77	11.7	0.45	1.231	1.380
4	1	1	1	4	2	39N	36N	21N	140N	3.5	0.25	4	1.64	1.29	25.74	12.39	0.44	1.272	1.382
5	1	1	1	3	2	36N	24N	24N	-	4	0.25	4	1.67	1.16	25.29	11.47	0.42	1.264	1.383
6	1	2	1	3	2	36N	24N	24N	-	4	0.25	4	1.67	1.16	25.27	11.7	ND	1.276	1.385
7	1	1	1	4	2	39N	36N	21N	140N	3.5	0.25	3.5	1.64	1.29	25.78	12.39	0.44	1.279	1.388
8	1	1	1	4	2	39N	36N	24N	140N	3.5	0.25	3	1.64	1.29	25.83	11.7	0.45	1.241	1.388
9	1	1	1	4	2	39N	36N	24N	140N	3.5	0.25	4.5	1.64	1.3	25.69	11.7	0.45	1.253	1.390
10	1	1	1	4	2	39N	39N	21N	140N	3.5	0.25	4.5	1.64	1.3	25.51	12.39	0.44	1.270	1.395
11	1	2	1	3	2	36N	30N	24N	-	4	0.25	4	1.67	1.17	24.86	11.24	ND	1.213	1.395
12	1	1	1	4	2	39N	39N	24N	140N	3.5	0.25	3	1.64	1.3	25.62	11.47	0.45	1.226	1.398
13	1	1	1	4	2	39N	39N	21N	140N	3.5	0.25	4	1.64	1.3	25.54	12.39	0.44	1.274	1.399
14	1	1	1	4	2	39N	39N	24N	140N	3.5	0.25	3.5	1.64	1.3	25.6	11.7	0.45	1.238	1.401
15	1	1	1	4	2	39N	39N	24N	140N	3.5	0.25	4	1.64	1.3	25.6	11.7	0.45	1.238	1.401
16	1	1	1	4	2	39N	39N	24N	140N	3.5	0.25	4.5	1.64	1.3	25.6	11.7	0.45	1.238	1.401
17	1	1	1	4	2	39N	36N	21N	140N	3.5	0.25	3	1.64	1.29	25.83	12.39	0.44	1.287	1.402
18	1	1	1	4	2	39N	39N	21N	140N	4	0.4	3.5	1.68	1.26	25.57	9.63	0.45	1.735	1.403
19	1	1	1	4	2	36N	36N	24N	140N	3.5	0.25	4	1.64	1.29	25.91	11.93	0.45	1.270	1.403
20	1	1	1	4	2	36N	39N	24N	140N	3.5	0.25	4.5	1.64	1.3	25.7	11.7	0.45	1.255	1.406
21	1	1	1	4	2	36N	36N	21N	140N	3.5	0.25	4	1.64	1.29	25.89	12.61	0.44	1.312	1.406
22	1	1	1	4	2	36N	36N	24N	140N	3.5	0.25	3.5	1.64	1.29	25.95	11.93	0.44	1.276	1.408
23	1	1	1	4	2	36N	36N	21N	140N	3.5	0.25	3.5	1.64	1.29	25.92	12.61	0.44	1.317	1.410
24	1	1	1	4	2	39N	36N	24N	140N	4	0.4	3.5	1.68	1.26	25.63	9.63	0.45	1.745	1.411
25	1	1	1	4	2	36N	39N	24N	140N	3.5	0.25	4	1.64	1.3	25.74	11.7	0.45	1.261	1.411

(Table 3 – Synthetic results (Best models of step 4) - cont.)

(Table 3 – Synthetic results (Best models of step 4) – cont'd)

No.	Boundary Cond.					Traction				Main parameters			RMS					Synthetic	
	EU	AFT	AF	IO	AD	NA	CA	SA	ARC	Vtimes	effc	tmax	GPS1 (¹)	GPS2 Euref (²)	SHmax (³)	Bad Regime (³)	slip- rate (⁴)	Index1	Index2
										(a.u., 1E9)		(N/m, 1E12)	(mm/y)	(mm/y)	(DEG)	(%)	(mm/y)		
26	1	1	1	4	2	39N	39N	21N	140N	3.5	0.25	3.5	1.64	1.3	25.58	12.39	0.44	1.281	1.412
27	1	1	1	4	2	36N	39N	21N	140N	3.5	0.25	4.5	1.64	1.3	25.72	12.39	0.44	1.304	1.415
28	1	1	1	4	2	36N	36N	21N	140N	4	0.4	3.5	1.68	1.26	25.67	9.63	0.46	1.751	1.416
29	1	1	1	4	2	36N	39N	21N	140N	4	0.4	3.5	1.68	1.26	25.59	9.86	0.45	1.753	1.418
30	1	1	1	4	2	36N	39N	21N	140N	3.5	0.25	4	1.64	1.3	25.75	12.39	0.44	1.309	1.419
31	1	1	1	4	2	39N	39N	21N	140N	3.5	0.25	3	1.64	1.3	25.64	12.39	0.44	1.291	1.420
32	1	1	1	4	2	36N	39N	24N	140N	3.5	0.25	3	1.64	1.3	25.84	11.47	0.45	1.263	1.420
33	1	1	1	4	2	36N	36N	24N	140N	3.5	0.25	4.5	1.64	1.3	25.89	11.93	0.45	1.302	1.421
34	1	1	1	4	2	36N	36N	24N	140N	3.5	0.25	3	1.64	1.29	25.99	11.93	0.44	1.283	1.421
35	1	1	1	4	2	36N	36N	21N	140N	3.5	0.25	3	1.64	1.29	25.96	12.61	0.44	1.323	1.423
36	1	1	1	4	2	36N	39N	24N	140N	3.5	0.25	3.5	1.64	1.3	25.78	11.7	0.45	1.268	1.424
37	1	2	1	3	2	30N	30N	24N	-	4	0.25	4	1.67	1.16	25.22	11.7	ND	1.268	1.424
38	1	1	1	3	2	36N	30N	24N	140N	4	0.25	4	1.66	1.24	25.65	10.78	0.42	1.364	1.425
39	1	1	1	3	2	30N	30N	24N	-	4	0.25	4	1.67	1.16	25.24	11.7	0.43	1.271	1.427
40	1	1	1	4	2	36N	36N	24N	140N	4	0.4	3.5	1.68	1.26	25.66	9.86	0.45	1.765	1.427
41	1	1	1	3	2	39N	36N	24N	140N	3.5	0.25	5	1.66	1.26	25.74	11.7	0.4	1.511	1.429
42	1	1	1	3	2	39N	36N	21N	140N	3.5	0.25	4.5	1.66	1.26	25.6	12.39	0.4	1.534	1.432
43	1	1	1	4	2	36N	39N	21N	140N	3.5	0.25	3.5	1.64	1.3	25.79	12.39	0.44	1.316	1.432
44	1	1	1	4	2	39N	39N	24N	140N	4	0.4	3.5	1.68	1.27	25.58	9.63	0.45	1.771	1.432
45	1	1	1	3	2	39N	36N	21N	140N	3.5	0.25	4	1.66	1.26	25.62	12.39	0.4	1.537	1.435
46	1	1	1	4	1	39N	36N	21N	140N	4	0.4	3.5	1.68	1.29	25.03	9.86	0.45	1.766	1.436
47	1	1	1	3	2	39N	36N	24N	140N	3.5	0.25	4	1.66	1.26	25.74	11.7	0.4	1.511	1.436
48	1	1	1	3	2	39N	36N	24N	140N	3.5	0.25	4.5	1.66	1.26	25.74	11.7	0.4	1.511	1.436
49	1	1	1	4	1	36N	36N	21N	140N	4	0.4	3.5	1.68	1.29	25.04	9.86	0.45	1.768	1.437
50	1	1	1	4	2	36N	39N	21N	140N	3.5	0.25	3	1.64	1.3	25.84	12.39	0.44	1.324	1.439

Table 3a – Synthetic results (Best models of step 4).

BC	1	2	3	4
EU	Fix			
AFT	94 %	6 %	/	/
AF	100 %	0 %	/	/
IO	0 %	0 %	24 %	70 %
AD	4 %	96 %	/	/

Azimuth	21N	24N	27N	30N	33N	36N	39N
NA	0 %	0 %	0 %	4 %	0 %	48 %	48 %
CA	0 %	4 %	0 %	10 %	0 %	48 %	48 %
SA	42 %	58 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Azimuth	140N	NO					
ARC	88 %	12 %					

Vtimes (1e9)	1	2	3	3.5	4	4.5	5	6	9
	0 %	0 %	0 %	70 %	30 %	0 %	0 %	0 %	0 %
T _{max}	1	2	3	3.5	4	4.5	5	6	8
(N/m, 1E12)	0 %	0 %	16 %	32 %	34 %	16 %	2 %	0 %	0 %
effc	0.15	0.25	0.4	0.6					
	0 %	84 %	16 %	0 %					

Table 3b – Synthetic results (Percentage of boundary conditions/parameter values in best 50 models). Codes as in table 3a.

	Region	Model						Geological			
		nf	ne	Z _s (km)	Strain rate (ns/y)			Slip Rate (mm/y)			
					Full lock (Avg)	Partial lock (Avg)	Partial lock (Max)	Avg	Max	Min	Max
DZSA001	Northern Africa Offshore	9	56	10.4	270.3	32.90	34.5	2.71	3.993	0.26	1.87
FRSA001	Brianconnais	2	10	12.7	26.7	25.10	3.5	0.06	0.09	0.1	1
GRSA001	Southwestern Hellenic Arc	1	9	8.8	29.0	ND	ND	ND	ND	1	5.3
ITSA001	Ozzano dell'Emilia - Mendola	6	30	9.7	4.7	ND	ND	ND	ND	0.1	1
ITSA002	Central Southern Alps	7	63	10.5	11.2	0.50	0.9	0.12	0.145	0.1	1
ITSA003	Ripabottoni - San Severo	7	35	8.7	2.2	1.10	1.6	0.03	0.041	0.1	1
ITSA004	Ascoli Satriano - Barletta	10	59	8.8	2.0	1.10	1.4	0.03	0.036	0.1	1
ITSA005	Picerno - Massafra	11	71	9.8	8.6	8.10	21.4	0.03	0.049	0.1	1
ITSA006	Sciaccia-Gela	6	40	10.1	9.2	2.20	4	0.11	0.121	0.1	1
ITSA007	Thiene - Cornuda	1	15	7.7	8.5	ND	ND	ND	ND	0.1	1
ITSA008	Conero onshore	3	24	10.2	16.3	6.10	7.8	0.12	0.15	0.1	1
ITSA009	Codogno - Sant'Ilario d'Enza	7	42	9.1	2.2	ND	ND	ND	ND	0.1	1
ITSA010	Copparo - Comacchio	6	30	9.9	10.6	5.20	5.9	0.06	0.071	0.1	1
ITSA011	Lugo-Cesena	4	30	9.2	3.6	ND	ND	ND	ND	0.1	1
ITSA012	Portomaggiore - Ravenna	5	29	10.1	12.6	4.30	5.4	0.10	0.1	0.1	1
ITSA013	Aremogna - Cinquemiglia	2	17	12.4	48.0	16.50	30.6	0.75	1.047	0.1	0.6
ITSA014	Southern Tyrrhenian	11	70	6.3	57.2	3.60	6.9	0.37	0.69	0.2	1.5
ITSA015	Crati Valley	5	48	9.4	86.2	27.80	35.2	1.06	1.89	0.1	1
ITSA016	Aspromonte - Peloritani	5	52	6.8	122.0	67.80	118.9	0.44	1.129	0.9	2
ITSA017	Scicli - Catania	6	37	11.4	30.9	26.10	57.9	0.27	0.426	0.1	1
ITSA018	Rivanazzano - Villanterio	3	17	9.2	1.2	ND	ND	ND	ND	0.1	1
ITSA019	Crotone - Rossano	6	74	9.2	12.5	8.00	12.6	0.05	0.113	0.1	1
ITSA020	Southern Marche	6	29	8.9	22.8	12.60	13.5	0.12	0.124	0.1	1
ITSA021	Marsala - Belice	4	23	9.1	6.5	3.60	5.3	0.04	0.067	0.1	1
ITSA022	Imperia	3	29	8.3	5.1	ND	ND	ND	ND	0.1	1
ITSA023	Western Piemonte	1	18	10.7	2.0	ND	ND	ND	ND	0.1	1
ITSA024	Castelpetroso - UfitaValley	9	65	9.2	79.3	24.70	51.3	0.85	1.481	0.1	1

(Table 4 – Strain rates and slip rates for seismogenic areas - cont.)

Source ID	Region	Model						Geological			
		nf	ne	Z _s (km)	Strain rate (ns/y)			Slip Rate (mm/y)			
					Full lock (Avg)	Partial lock (Avg)	Partial lock (Max)	Avg	Max	Min	Max
ITSA025	Inner Central Apennines	14	101	11.7	45.4	17.70	29.1	0.63	0.912	0.1	1.7
ITSA026	Lunigiana - Garfagnana	8	51	7.4	13.7	ND	ND	ND	ND	0.1	1
ITSA027	Outer Central and Northern Apennines	31	219	9.9	15.0	7.50	12.5	0.10	0.137	0.1	1
ITSA028	Colfiorito - Sellano	3	28	8.9	66.8	45.60	81.6	0.26	0.602	0.1	1
ITSA029	Gela - Catania	6	34	10.6	51.1	29.10	63.6	0.36	0.608	0.1	1
ITSA030	Riminese offshore	1	12	9.4	7.3	ND	ND	ND	ND	0.1	1
ITSA031	Conero offshore	3	19	10.5	23.2	5.40	7.5	0.21	0.225	0.1	1
ITSA032	Pesaro - Senigallia	4	28	9.8	7.6	3.30	4	0.06	0.073	0.1	1
ITSA033	Mt. Pollino South	1	6	9.4	53.1	13.70	22.4	0.72	0.715	0.2	0.6
ITSA034	Irpinia - Agri Valley	6	57	9.5	81.4	20.20	37.4	1.12	1.542	0.4	0.6
ITSA035	Ragusa-Palagonia	2	18	11.9	13.1	9.70	13.9	0.20	0.273	0.1	1
ITSA036	Monte Lauro	0	5	0	ND	ND	ND	ND	ND	0.1	1
ITSA037	Mugello-San Sepolcro - Trevi	15	80	7	25.9	10.30	38.6	0.13	0.01	0.1	1
ITSA038	Mercure Basin	3	18	9.5	73.2	19.40	39.7	0.99	1.168	0.1	1
ITSA039	Riminese onshore	3	18	9.4	4.8	ND	ND	ND	ND	0.1	1
ITSA040	Castelluccio-Sulmona	13	99	12.1	42.0	16.00	28.4	0.63	1.048	0.2	0.7
ITSA041	Selci Lama	2	18	9.3	51.9	28.80	17.6	0.30	0.657	0.1	1
ITSA042	Patti - Eolie	5	29	6.7	15.9	13.20	30.4	0.09	0.159	0.1	1
ITSA043	Pesaro-Senigallia offshore	5	31	10.3	17.7	4.80	7	0.15	0.187	0.1	1
ITSA044	Sant'Angelo Lodigiano - Casalpusterlengo	3	22	9.2	1.2	ND	ND	ND	ND	0.1	1
ITSA045	Podenzano - Fornovo di Taro	4	25	10.2	7.9	ND	ND	ND	ND	0.1	1
ITSA046	Felino - Maranello	5	36	9.7	3.7	ND	ND	ND	ND	0.1	1
ITSA047	Castelvetro di Modena - San Lazzaro di Savena	3	23	9.5	3.7	ND	ND	ND	ND	0.1	1
ITSA048	Giudicarie	8	94	9.9	1.7	ND	ND	ND	ND	0.1	1
ITSA049	Cadelbosco di Sopra - Gonzaga	3	18	9	2.3	ND	ND	ND	ND	0.1	1

(Table 4 – Strain rates and slip rates for seismogenic areas - cont.)

Source ID	Region	Model							Geological		No. of Data			
		nf	ne	Z _s (km)	Strain rate (ns/y)			Slip Rate (mm/y)		Slip Rate (mm/y)		GPS temp	GPS perm	SH _{max}
					Full lock (Avg)	Partial lock (Avg)	Partial lock (Max)	Avg	Max	Min	Max			
ITSA051	Mirandola - Molinella	5	36	9.7	7.0	2.50	3.1	0.05	0.081	0.1	1	2	2	17
ITSA053	Southern Calabria	4	31	7.8	109.9	37.00	79.7	0.87	1.518	0.1	1	2	0	1
ITSA054	Porto San Giorgio	6	37	8.9	24.6	11.50	13.7	0.13	0.154	0.1	1	0	0	39
ITSA055	Bagnara - Bovalino	5	20	8.3	24.9	3.80	15.7	0.44	1.394	0.1	1	3	1	3
ITSA056	Gubbio Basin	2	24	9.7	89.7	40.70	59.4	0.66	0.71	0.1	1	3	2	48
ITSA057	Pago Veiano - Montaguto	4	23	9.4	5.3	4.60	7.3	0.03	0.043	0.1	1	1	0	28
ITSA058	San Marco in Lamis – Mattinata	7	39	7.2	1.7	1.10	1.3	0.04	0.047	0.1	1.2	1	0	2
ITSA059	Tocco Casauria - Tremiti	18	96	8.4	3.5	1.60	2.2	0.05	0.073	0.1	1	0	0	18
ITSA060	Montello - Conegliano	4	17	8.8	13.5	7.90	15.9	0.05	0.108	0.47	1.56	0	0	3
ITSA061	Cansiglio - Polcenigo	3	39	9.6	32.1	8.20	16.2	0.25	0.302	0.31	0.78	0	1	3
ITSA062	Maniago - Sequals	5	23	9.4	33.3	7.50	14.6	0.27	0.354	0.1	0.34	0	2	11
ITSA063	Andretta - Filano	2	24	8.8	32.5	22.90	49.1	0.23	0.395	0.1	1	2	1	29
ITSA064	Tramonti - Kobarid	5	25	8.9	25.3	6.40	11.7	0.22	0.321	0.1	1	0	4	12
ITSA065	Medea	0	14	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1	1	0	3	12
ITSA066	Gemona - Tarcento	6	41	9.3	43.2	19.30	28.2	0.27	0.339	0.1	1.15	0	4	12
ITSA067	But - Chiarso	0	0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1	1	0	3	11
ITSA068	Catanzaro Trough	4	27	7.8	18.4	11.72	30.2	0.32	1.429	0.1	1	3	1	1
ITSA075	Pietracamela - Montesilvano	6	46	8.6	5.4	4.30	9.5	0.05	0.057	0.1	1	1	1	23
ITSA077	Pescolanciano - Castellino del Biferno	3	22	8.6	27.0	24.00	54.1	0.09	0.100	0.1	1	2	0	17
ITSA079	Campo di Giove - Campomarino	14	74	9.1	6.3	2.20	4.3	0.11	0.377	0.1	1	1	0	18
ITSA080	Nicotera - Roccella Ionica	2	19	8.4	13.6	13.50	45	0.00	0.004	0.1	1	1	0	2
ITSA084	Vallata - Monteverde	4	23	9.2	6.7	5.90	11.5	0.04	0.042	0.1	1	1	0	31
ITSA087	Conza della Campania – Tolve	3	20	9.1	50.4	39.10	67.1	0.28	0.381	0.1	1	2	1	26
ITSA089	Melfi - Spinazzola	7	29	9.5	1.9	1.20	1.7	0.02	0.036	0.1	1	2	1	15
SISA001	Bovec - Tolminka	6	29	9	3.3	ND	ND	ND	ND	0.1	2	0	2	4
SISA002	Tolmin - Idrija	9	60	7	22.2	16.90	29.7	0.18	0.195	0.1	2	0	2	1
SWSA001	Eastern Valais	1	6	13.7	11.5	10.20	13.8	0.05	0.05	0.1	1	0	0	0
SWSA002	Western Valais	3	13	14	15.1	4.91	7.306	0.39	0.407	0.1	1	0	0	0

Table 4 – Strain rates and slip rates for seismogenic areas

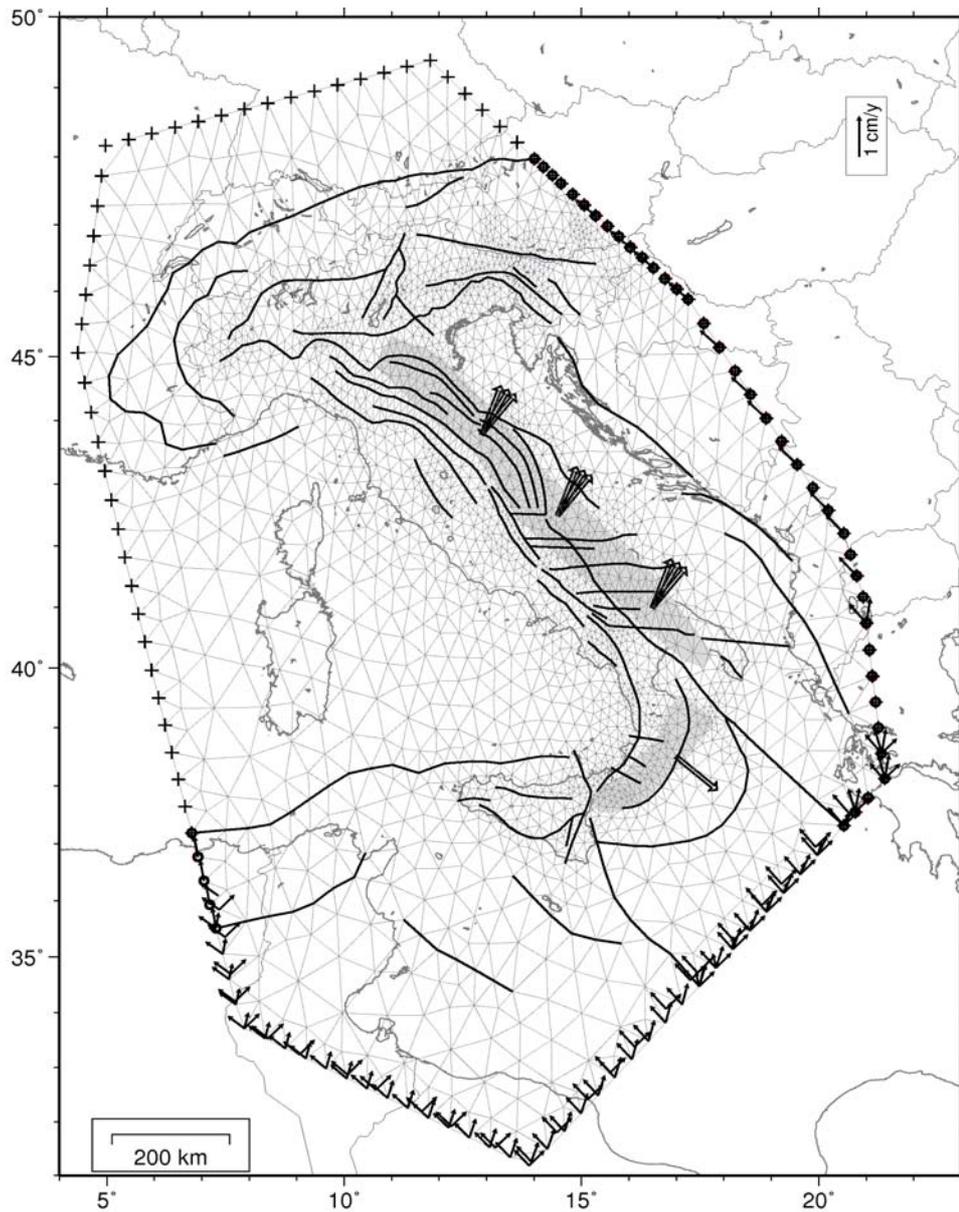


Figure 1 – Study area. The model mesh (thin gray triangles) and the faults (black lines) are shown. Symbols at the edges represent the boundary conditions (crosses: zero displacement; circles: zero orthogonal displacement; arrows: velocity condition). At each boundary node, one or more condition is represented (see Table 1 and the text for details). Large gray areas represent the area affected by basal traction. The arrows indicate the range of direction of the tractions. (a) Eastern Alps and Northern Apennines (b) Central Apennines (c) Southern Apennines (d) South Calabria and Sicily.

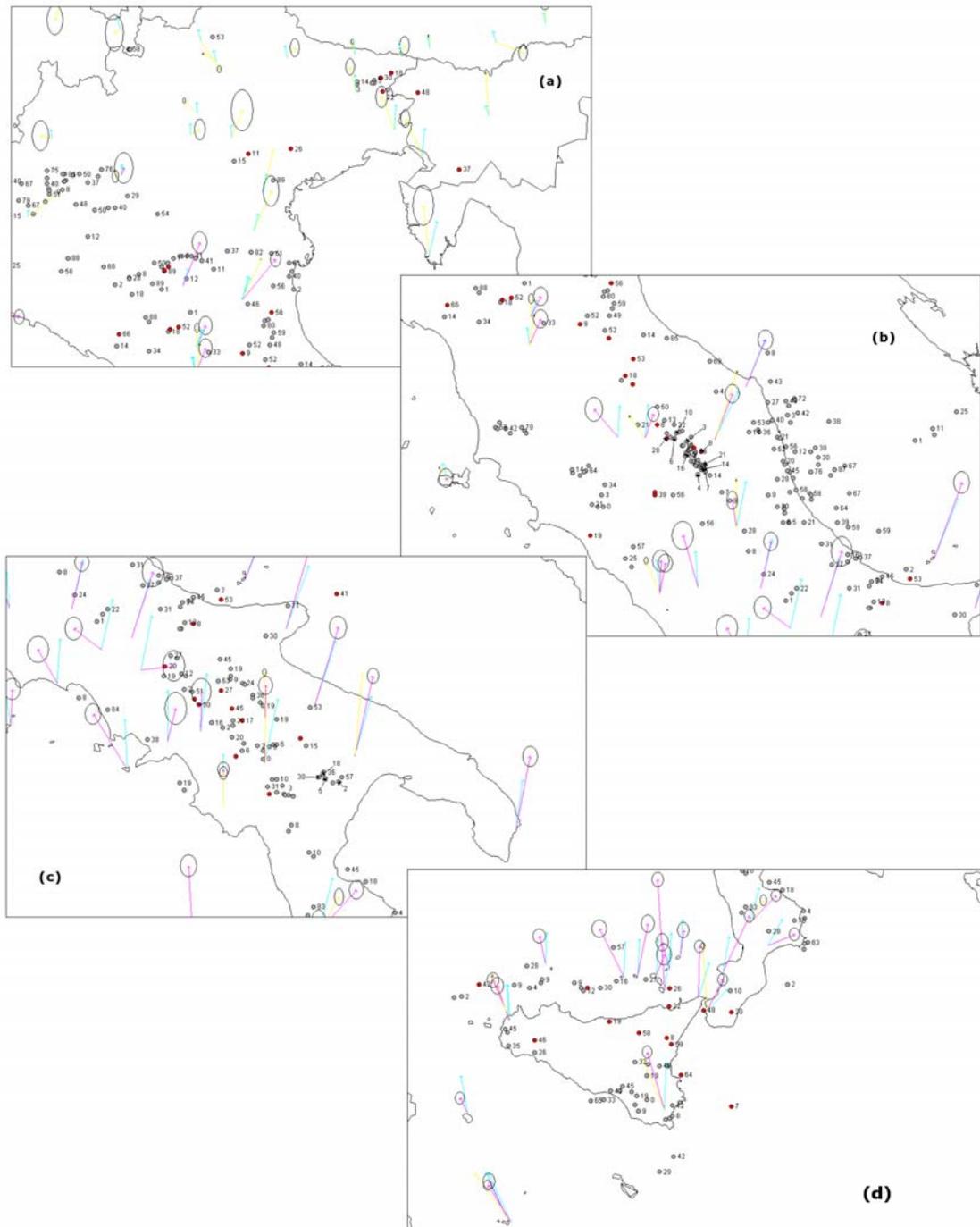


Figure 2 – Misfit between model prediction and analysed dataset. GPS data (yellow: permanent; purple: temporary) and predicted velocities in the locked fault assumption (blue arrows); stress regime data (gray circles: all data; red circles: tectonic regime wrongly predicted by the model; number: azimuth deviation between predicted and observed).

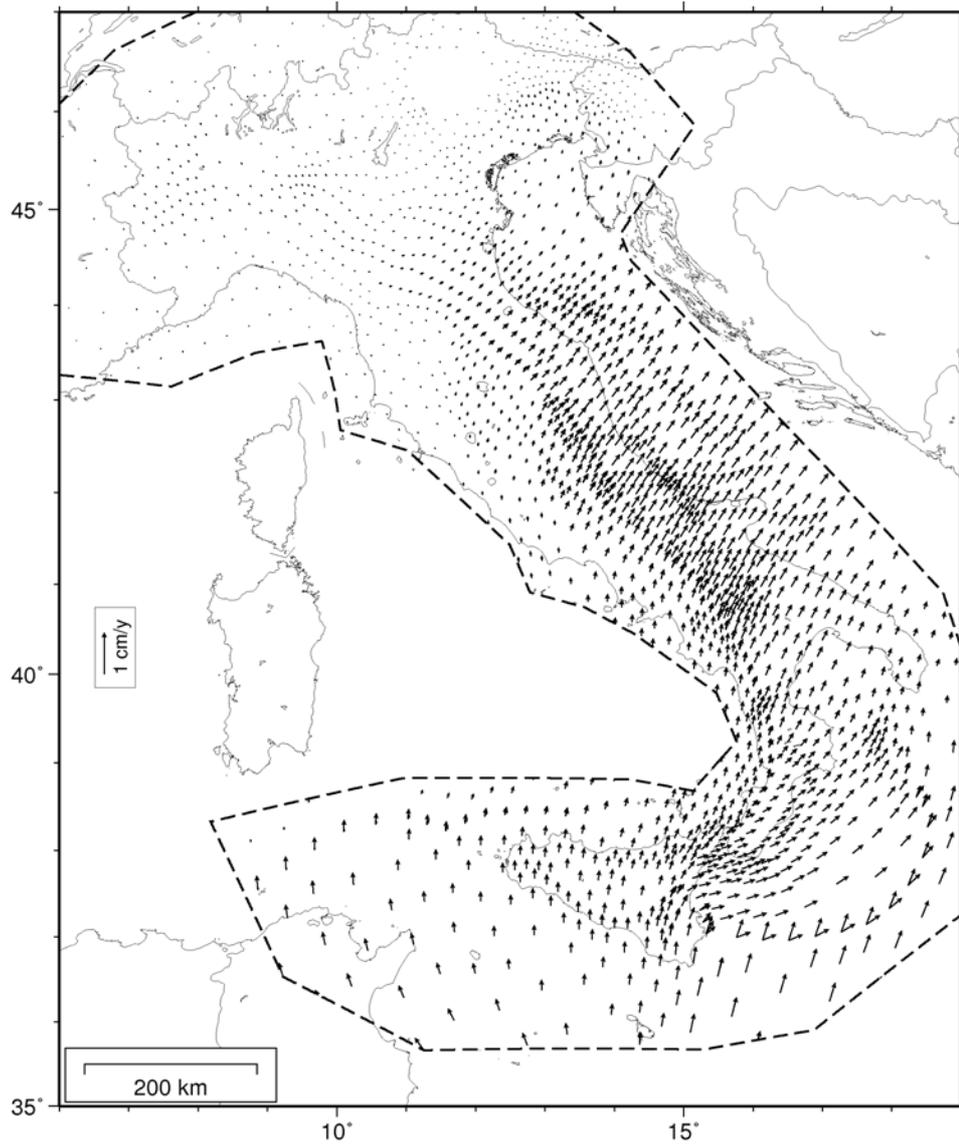


Figure 3 – Model derived horizontal velocity map. It represents the average of the best 50 model (listed in table 50). The dashed line represents the area where the model can be constrained with data. Closed lines (still missing) inside the model represent areas where the model is yet poorly constrained (either due to model inadequacy or to data inconsistencies). [DELIVERABLE]

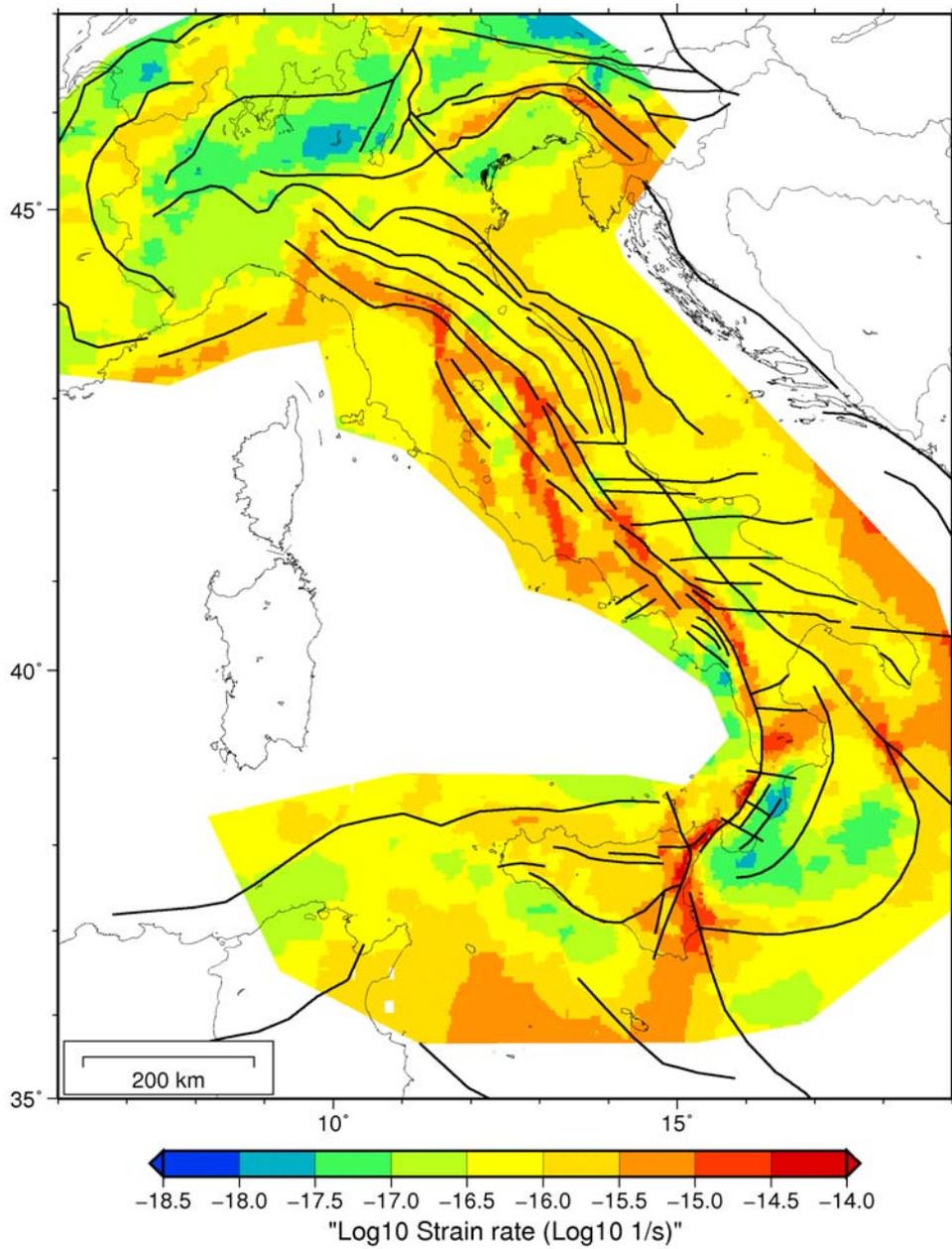


Figure 4 - Model derived horizontal strain rate map. Contour bands represent the base-10 logarithm of the maximum horizontal strain rate. Black lines represent the faults incorporated into the model. Details as in figure 3. [DELIVERABLE]

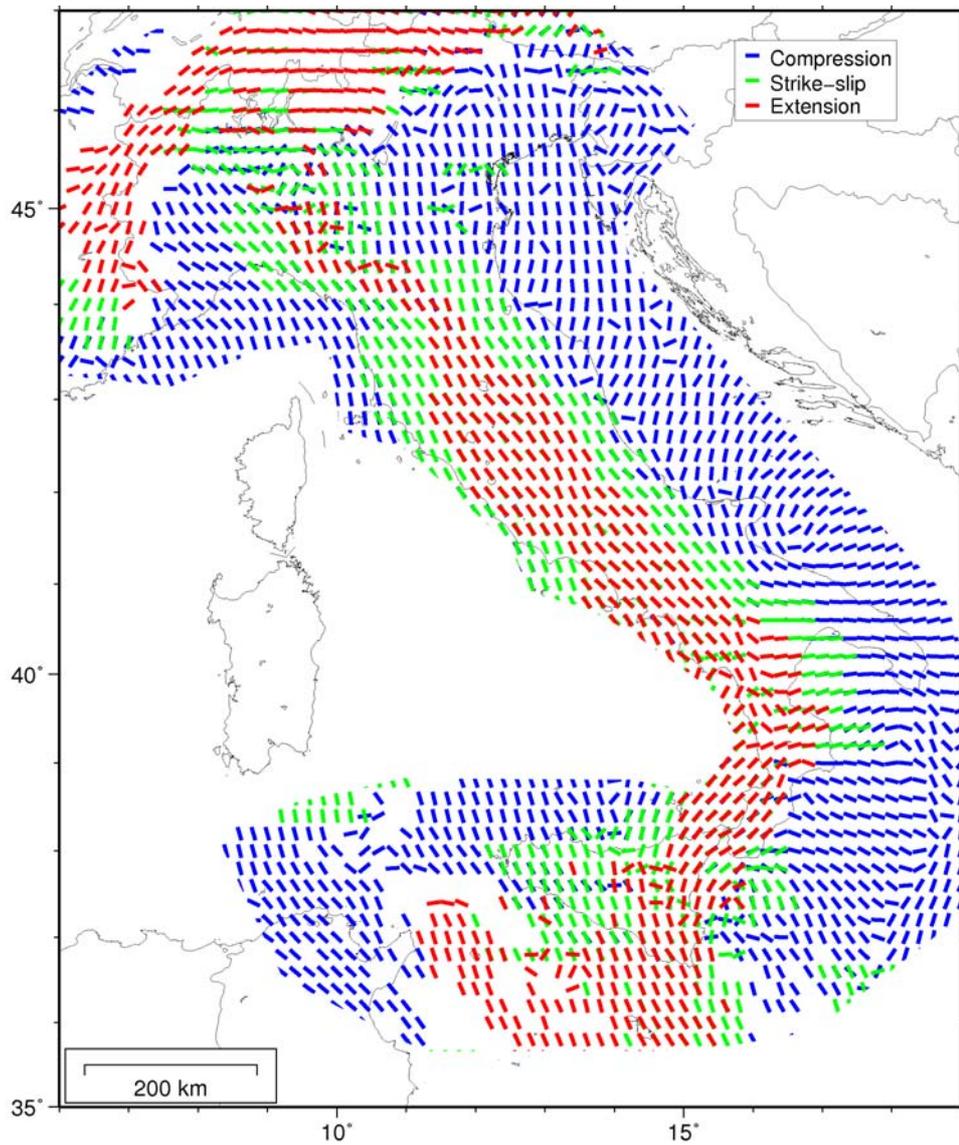


Figure 5 - Map of maximum horizontal stress directions. Blue: (σ_1) compressive, green: (σ_1) strike-slip, and red: (σ_2) extensional tectonics predicted by the model. Directions have been averaged in 20 km circles, and different colours are therefore overlapped when a change of tectonics at such small distances is predicted. Details as in figure 3.

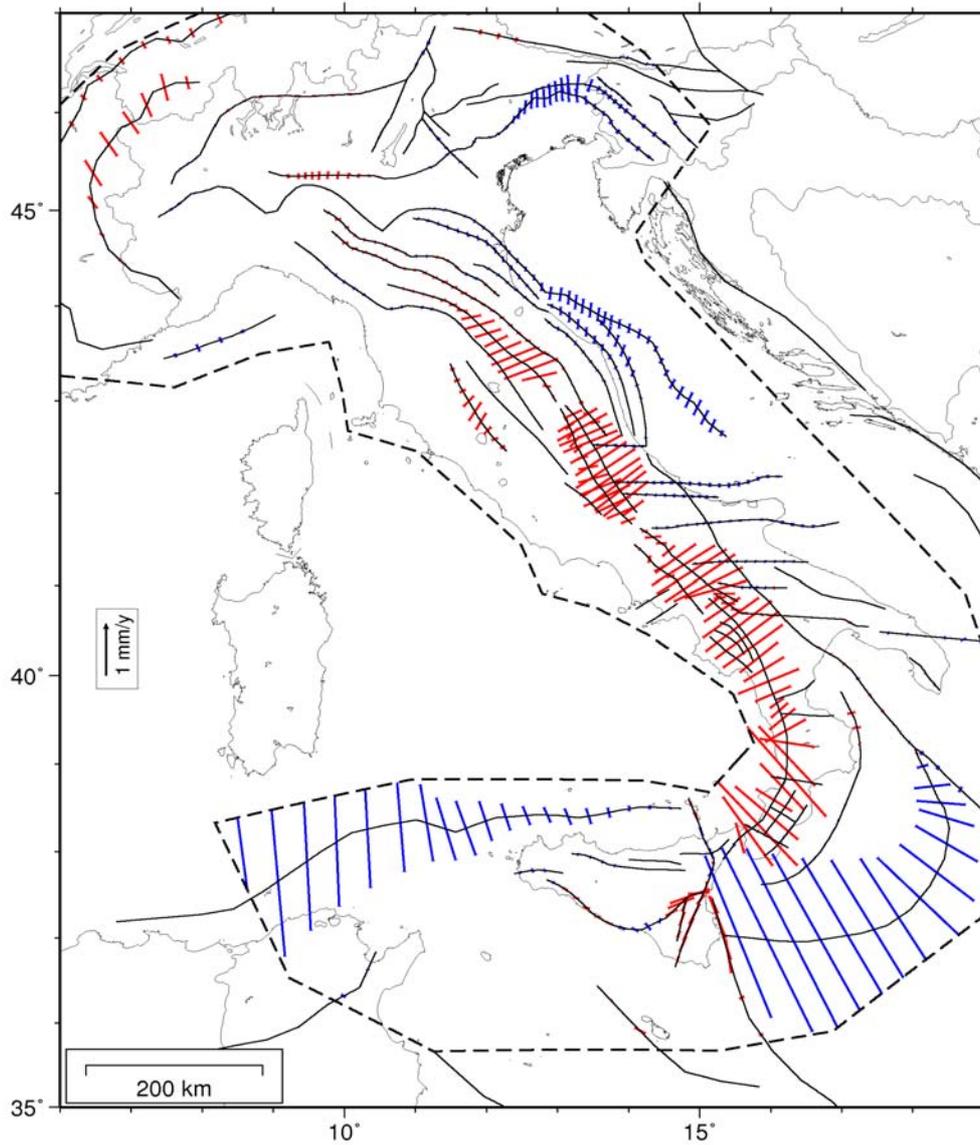


Figure 6 - Map of slip rate - Slip rate values and directions for the faults incorporated into the model. Red: normal-transensional, red: reverse-transpressional. The fault tectonics is that one predicted by the model. Details as in figure 3.



UR 3.2a - A. Caporali (Dipartimento di Geoscienze, Università di Padova)

Argomento principale della ricerca: Velocità di stazioni GPS permanenti: calcolo, validazione e stima del tasso regionale di deformazione

Argomenti trattati:

1. Validazione dei dati disponibili
2. Combinazione di SINEX files, normal eq. stacking, confronto tra le velocità ottenute e quelle stimate dall' EUREF
3. Rumore nelle serie temporali: segnali periodici, indice spettrale e stabilità delle serie
4. Distanza di decorrelazione delle velocità, e sua interpretazione elasto-meccanica
5. Criteri di calcolo rigoroso dello strain rate e della sua incertezza
6. Analisi comparativa di diversi algoritmi di calcolo dello strain rate
7. Risultati sullo strain rate regionale

1 - Validazione dei dati disponibili

La riduzione dei dati grezzi (tipicamente in formato RINEX) registrati da stazioni GPS consente un certo grado di arbitrarietà: la scelta delle orbite, dei parametri della rotazione terrestre, dei modelli mareali, frequenza delle stime del ritardo troposferico, tipo di funzione di mapping troposferico, angolo di cutoff in elevazione, modo di realizzazione del sistema di riferimento... sono solo alcuni esempi di decisioni che l'analista può prendere. Anche il risultato numerico ne sarà influenzato, tanto che valori delle coordinate di uno stesso sito calcolati con metodi diversi, ma a parità di dati RINEX in ingresso, possono differire in modo non trascurabile. Se l'obbiettivo è, come nel nostro caso, la costruzione di serie temporali che consentano la stima di velocità, allora è chiaro che gli elementi di tali serie devono essere stati calcolati in modo mutuamente consistente. Nel corso degli anni la comunità scientifica degli analisti di dati GPS si è dotata di standards di elaborazione, che sono chiamati Standards IGS: questi prevedono la scelta delle orbite e moto del polo generati dall'IGS, modelli del centro di fase delle antenne in funzione della frequenza e dell'angolo di vista, e modalità di generazione del prodotto finale, che deve essere in formato SINEX, con vincoli rimovibili. Questa prescrizione è di grande importanza, perché la soluzione per le coordinate di una rete di stazione risente fortemente dei vincoli imposti per la definizione del sistema di riferimento. Se tali vincoli non sono rimovibili, risulta molto difficile mettere insieme centinaia di soluzioni realizzate in sistemi di riferimento diversi. E' piuttosto necessario rimuovere da ciascuna soluzione i vincoli, e applicare a tutto il data set dei vincoli che siano tra loro coerenti nell'arco temporale (anche 10 anni o più) coperti dalle soluzioni.

In ambito europeo, i Centri di Analisi che operano nell'ambito del Consorzio europeo EUREF sono tenuti al più stretto rigore nell'applicazione degli standards IGS. Dovendo mantenere il sistema di riferimento europeo su base settimanale, i 16 centri di analisi elaborano sottoreti a parziale sovrapposizione, generando soluzioni di sottorete in formato SINEX in modo perfettamente omogeneo. Ne è la prova il fatto che all'atto della combinazione delle 16 sottoreti in un'unica rete europea, gli scarti da soluzione a soluzione sono normalmente dell'ordine di frazioni di millimetro. Da tale sforzo coordinato su standard condivisi nasce il contributo dell'EUREF alla realizzazione periodica del sistema di riferimento internazionale ITRF, che riassume in se contributi dal GPS e altre tecniche, quali Satellite Laser Ranging, VLBI e DORIS.

Il Centro di Analisi EUREF 'UPA' attivo presso l'Università di Padova aderisce agli standard di elaborazione IGS dal 1999: le soluzioni settimanali SINEX generate da UPA evidenziano discrepanze sub millimetriche rispetto alla soluzione finale ufficialmente adottata dall'EUREF per le coordinate delle stazioni GPS europee. UPA, in aggiunta, utilizza gli stessi standard di elaborazione per il calcolo di una rete di stazioni permanenti in territorio nazionale che include, densificandola, la rete EUREF. In tal modo viene generata una soluzione di rete, sempre con cadenza settimanale, coerente con la corrispondente soluzione EUREF. Analogamente procedono altri Centri di Analisi, quali ad esempio quello Austriaco, che ha alcune stazioni in comune con la rete Italiana e genera files SINEX settimanali con l'identificativo GP_.

Quanto sopra prelude a una strategia di calcolo delle serie storiche delle coordinate di stazioni GPS che capitalizza sullo sforzo di standardizzazione condiviso tra i Centri di analisi EUREF, con il notevole beneficio che non è necessario far partire la riduzione dati dai files grezzi (RINEX), ma si può agevolmente combinare soluzioni di rete calcolate da Centri diversi di Analisi, tutte rigorosamente consistenti le une con le altre in quanto accomunate dagli stessi modelli e tipologia di vincoli. Un altro vantaggio di tale approccio è la tracciabilità: essendo i files SINEX di partenza liberamente disponibili in rete, chiunque può verificare le nostre stime delle velocità combinando le equazioni normali con softwares anche diversi da quello (Bernese 4.2) da noi impiegato, quali ad es. GIPSY, GLOBK, CATREF e simili.

Nell'affrontare il problema della stima nel modo più rigoroso possibile delle velocità di stazioni permanenti GPS in Italia e zone limitrofe come base per calcolare gli strain rates, la UR 3.2b ha ritenuto, per i motivi sopra discussi, di partire da files SINEX settimanali EUR, UPA, GP_ in modalità combinata. E' importante sottolineare che comunque vengono considerate solo stazioni GPS permanenti, in quanto si ritiene che i dati da stazioni non permanenti vadano introdotti in un secondo tempo per locali densificazioni, una volta che il quadro di riferimento è stato precisato con le sole stazioni permanenti.

I files SINEX impiegati nella nostra analisi combinata, e il server dal quale sono stati liberamente scaricati sono descritti come segue:

- EUREF (EUR<GPSwk>.SNX) da 860 a 1380 (~10 anni)
<ftp://igs.ifag.de/EUREF/products>
- Rete Italiana (UPA<GPSwk>.SNX) da 1000 a 1380 (~ 7 anni)
<ftp://ux1.unipd.it/utenti/user1/ftp/pub/incoming/GPS-UPAD/upasinex>
- Rete Austriaca (GP_<GPSwk>.SNX) da 995 a 1380 ~ 7 anni)
<ftp://olggps.oeaw.ac.at/pub/products>

2 - Combinazione di SINEX files, normal eq. stacking, confronto tra le velocità ottenute e quelle stimate dall' EUREF

La combinazione delle tre reti (EUREF, Italiana e Austriaca) in un'unica rete viene fatta su base settimanale con il programma ADDNEQ del software Bernese 4.2. Al fine di allineare le reti Italiana e Austriaca alla rete EUREF, il file SINEX relativa a quest'ultima viene sovrappesato rispetto alle prime due. Ne consegue che viene mantenuto nel file SINEX risultante l'allineamento a ITRF2000 del file EUREF originario. Tale allineamento viene trasmesso alle stazioni presenti nel files SINEX UPA e GP_ non facenti parte della rete

EUREF per il tramite di stazioni comuni alla rete EUREF e UPA o GP_, grazie al fatto che nella combinazione si tiene pieno conto della matrice di varianza e covarianza delle soluzioni originarie. Un esempio di tale combinazione è proposto nella tabella 1.

Le serie temporali delle coordinate delle 372 stazioni permanenti GPS complessivamente presenti nei files SINEX combinati vengono ottenute mediante accatastamento delle equazioni normali (Normal Equation Stacking) con il programma ADDNEQ del Bernese 4.2: vengono rimossi i vincoli originari e vengono inseriti vincoli coerenti per tutte le equazioni: come stazioni che realizzano il datum ITRF2000 (Altamimi et al., 2002) di posizione e velocità vengono scelte stazioni di provata qualità e continuità, così da fornire un riferimento stabile per le trasformazioni di Helmert che vengono fatte epoca per epoca, al fine di garantire un perfetto allineamento. I valori numerici di posizione e velocità sono disponibili al sito http://itrf.ensg.ign.fr/ITRF_solutions/2000/sol.php La scelta delle stazioni è descritta nella figura 1.

La figura 2 mostra le velocità delle stazioni permanenti GPS con due o più anni di tracking continuo, dopo aver sottratto la rotazione rigida intorno al polo eurasiatico ITRF2000. I valori numerici sono contenuti in Appendice 1, in formato GMT.

Per validare i risultati, le velocità ottenute sono state confrontate, relativamente ai siti in comune, con le velocità pubblicate nel sito dell'EUREF, e calcolate a partire dai files SINEX relativi alla sola rete EUREF con un diverso programma di analisi, CATREF, e utilizzando differenti stazioni per la realizzazione del sistema di riferimento, che comunque rimane ITRF2000 (file (file http://www.epncb.oma.be/_organisation/projects/series_sp/products/EPN_ITRF_NE_U.VEL).

I risultati del confronto sono riportati in figura 3.

In sintesi, e con riferimento alla tabella numerica in Appendice 2, si può concludere che:

- Tabella di confronto su 156 stazioni in comune:
 - 294 discrepanze < 1 mm/anno
 - 14 discrepanze tra 1 e 2 mm/anno
 - 4 discrepanze > 2 mm/anno
 - Media -0.3 (est) e -0.1 (nord) mm/anno
- Analisi di dettaglio delle discrepanze nell'area Alpina Mediterranea:
 - Le stazioni con maggiori discrepanze sono PADO (Nord: 1.86 mm/anno), SRJV (Est: -1.28 mm/anno; Nord: +1.30 mm/anno)

La figura 4 evidenzia le differenze di velocità tra la nostra soluzione e quella EUREF, nella regione Alpina Mediterranea.

Al fine di meglio comprendere l'esistenza di due stazioni con discrepanze nelle velocità > 1 mm/anno, sono state investigate le serie storiche. Per PADO, la figura evidenzia la presenza di notevoli effetti periodici annuali. Inoltre nella soluzione EUREF sono stati editati i primi 6 mesi. Si può pertanto presumere che la discrepanza sia imputabile ad effetti di editing.

Analoghe considerazioni valgono per SRJV (fig. 6).

Anche in questo caso la presenza di editing e di termini sistematici può essere responsabile di differenze in velocità.

3 - Rumore nelle serie temporali: segnali periodici, indice spettrale e stabilità delle serie

L'analisi dello spettro del rumore nelle serie storiche di coordinate segue il metodo descritto in Caporali (2003). Dopo aver rimosso termini periodici a 6, 12 e 14 mesi, è stato calcolato per ciascuna serie la densità spettrale di potenza e la funzione di autocorrelazione (fig.7).

La densità spettrale di potenza è necessaria per comprendere il tipo di rumore presente nelle varie bande spettrali. Tipicamente il rumore è bianco per frequenze maggiori di 2 cicli/anno, e white flicker noise (indice spettrale -1) per frequenze superiori. La funzione di autocorrelazione dimostra che campioni distanti per tipicamente 4 o più settimane possono considerarsi statisticamente indipendenti, e quindi correlati. L'effetto della autocorrelazione è ininfluenza, quando si determinano le velocità con i minimi quadrati su lunghe serie temporali. Infine è stata calcolata la stabilità di ciascuna serie in termini di varianza di Allan, che stima la probabilità un sigma che due segmenti consecutivi, di uguale lunghezza, della serie storica abbiano la stessa pendenza, e questo come funzione della lunghezza del segmento.

Il metodo di calcolo da noi adottato si basa sullo spettro del segnale, a differenza del metodo MLE (Maximum Likelihood Estimator) sviluppato da Zang et al. (1997), Mao et al. (1999) e Williams et al. (2004). In MLE la matrice di covarianza dei residui delle serie storiche viene decomposta nella somma di tre termini: white noise, random walk and flicker noise:

$$Q_{xx} = \sigma_w^2 I + \sigma_{rw}^2 R_{rw} + \sigma_f^2 R_f$$

La dimensione della matrice è (numero dei dati)²: per serie settimanali di 10 anni è 520x520; per serie giornaliere è (365*520)x(365*520)~ 180000², per ciascuna delle tre componenti di ciascuna stazione.

Le matrici I , R_{rw} and R_f hanno espressioni analitiche note. Le ampiezze dei tre termini teoricamente sono stimabili con i minimi quadrati

Questo approccio ha notevoli svantaggi:

- In pratica non si riesce a invertire il sistema. Bisogna assumere una combinazione di WN e uno a scelta di RW oppure FN.
- Bisogna assumere che la potenza del RW o FN sono uguali per un periodo di un anno (non è chiaro cosa succede se questa assunzione non è vera)
- Bisogna invertire delle matrici sparse di notevoli dimensioni, e probabilmente con deficienza di rango

Pertanto si è preferito calcolare la varianza di Allan a partire dalla densità spettrale di potenza:

$$\sigma_T^2 = \frac{2}{\pi T^2} \int_0^\infty S_x(\omega)(1 - \cos \omega T) d\omega = \frac{1}{\pi} \int_0^\infty S_y(\omega) \frac{\sin^2 \frac{\omega T}{2}}{\left(\frac{\omega T}{2}\right)^2} d\omega$$

Si è così potuto accertare che la radice della varianza di Allan è tipicamente da 3 a 4 volte l'errore formale della velocità, calcolata con i minimi quadrati. La spiegazione consiste nel contributo alla incertezza nella velocità portato dalla componente non bianca del rumore (Caporali, 2003).

4 - Distanza di decorrelazione delle velocità, e sua interpretazione elasto-meccanica

Una volta sottratte dalle velocità stimate la corrispondente rotazione rigida, ad es. intorno al polo eurasiatico secondo ITRF2000, le velocità delle stazioni GPS mostrano una evidente correlazione spaziale, che non è modellabile con ulteriori rotazioni rigide e tende attenuarsi non appena aumenta la distanza relativa tra le stazioni. Si conclude che deve esistere una distanza caratteristica che calibra l'andamento decrescente della funzione di covarianza dell'insieme delle velocità. La determinazione di tale distanza è stata effettuata analizzando la funzione di cross correlazione delle velocità est e nord, separatamente, e calcolando il valore della distanza alla quale la cross correlazione si dimezza, come evidenziato nella figura 8 (Caporali et al., 2003).

La distanza di scala così determinata risulta compresa tra i 150 e 250 km, che è confrontabile con la scala delle strutture tettoniche nell'area Alpina Mediterranea (fig. 9).

Un altro modo di interpretare questa proprietà statistica delle velocità consiste nell'esaminare il parametro flessurale, ovvero la lunghezza d'onda della soluzione dell'equazione differenziale della deformata di una lamina elastica (la crosta) semiinfinita, sostenuta dal basso isostaticamente e soggetta a un carico concentrato all'estremità libera (fig.10).

Se $E=70$ Gpa, $n=0.25$, $\rho_m - \rho_c = 600$ kg/m³ e $h \sim 27$ km, allora il parametro flessurale a $\sim 2-300$ km Segue che le proprietà statistiche e meccaniche delle velocità concordano nel quadro di una deformazione regionale.

5 - Criteri di calcolo rigoroso dello strain rate e della sua incertezza

Nota la velocità, anche se con incertezze variabili da stazione a stazione, e la distanza di decorrelazione, lo strain rate orizzontale viene calcolato in un punto qualsiasi mediante

$$\begin{bmatrix} v_{n,n} & v_{n,e} \\ v_{e,n} & v_{e,e} \end{bmatrix}_P = \sum_s \begin{bmatrix} \frac{\partial C}{\partial n} & \frac{\partial C}{\partial e} \\ \frac{\partial C}{\partial n} & \frac{\partial C}{\partial e} \end{bmatrix}_{P,s} \sum_{s'} [C(d_{s,s'}) + W_{ss'}]^{-1} \cdot \begin{bmatrix} v_n \\ v_e \end{bmatrix}_{s'} \quad s, s' = station \quad indices$$

collocazione:

Qui la matrice W ha il ruolo di 'smoother': è una matrice diagonale i cui elementi sono pari a quattro volte l'incertezza formale delle velocità calcolate con il Bernese.

Gli autovettori e l'azimuth vengono quindi ricavati dalle tradizionali espressioni:

$$\begin{aligned}\varepsilon_1 &= \frac{v_{n,n} + v_{e,e}}{2} + \sqrt{\left(\frac{v_{e,e} - v_{n,n}}{2}\right)^2 + \left(\frac{v_{e,n} + v_{n,e}}{2}\right)^2} \\ \varepsilon_2 &= \frac{v_{n,n} + v_{e,e}}{2} - \sqrt{\left(\frac{v_{e,e} - v_{n,n}}{2}\right)^2 + \left(\frac{v_{e,n} + v_{n,e}}{2}\right)^2} \\ \sin 2\theta &= \frac{v_{e,n} + v_{n,e}}{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}; \quad \cos 2\theta = \frac{v_{e,e} - v_{n,n}}{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}\end{aligned}$$

Infine le incertezze negli autovalori e nell'azimuth vengono ottenute mediante propagazione

$$\begin{aligned}d\varepsilon_{1,2} &= \frac{dv_{n,n} + dv_{e,e}}{2} \pm \frac{(v_{e,e} - v_{n,n})(dv_{e,e} - dv_{n,n}) + 2\varepsilon_{e,n}d\varepsilon_{e,n}}{2\sqrt{\left(\frac{v_{e,e} - v_{n,n}}{2}\right)^2 + (\varepsilon_{e,n})^2}} \\ d\theta &= \cos^2 2\theta \left[\frac{d\varepsilon_{e,n}}{v_{e,e} - v_{n,n}} \right] - \frac{\varepsilon_{e,n}(dv_{e,e} - dv_{n,n})}{(v_{e,e} - v_{n,n})^2}\end{aligned}$$

dell'errore delle velocità attraverso l'algoritmo della collocazione minimi quadrati:

E' molto importante fissare i criteri circa i punti ove è opportuno calcolare lo strain rate. Il calcolo su una griglia, oppure lungo un profilo, è senz'altro matematicamente possibile, ma l'attendibilità è fortemente opinabile, specie nei pressi di una faglia ove è facile dimostrare che gli strain rates possono aumentare rapidamente nello spazio di qualche chilometro o decine di chilometri, mentre la distanza media delle stazioni è notevolmente superiore.

Si ritiene che le stime oggetto del nostro pacco di lavoro debbano innanzitutto essere inattaccabili dal punto di vista della affidabilità, anche se il prezzo da pagare è una distribuzione geografica delle stime irregolare e scorrelata con la posizione delle faglie e dei punti più interessanti dal punto di vista tettonico. Ma è anche vero che, noti gli strain rates nei punti ottimali dal punto di vista del calcolo, si può sempre cercare di estrapolare, con le dovute cautele, ad altre posizioni geografiche.

Il criterio adottato per la scelta dei punti ai quali calcolare lo strain rate è mostrato in figura 11.

Gli autovettori del tensore di strain rate vengono calcolati in corrispondenza alle stazioni GPS tali che almeno quattro altre stazioni sono uniformemente distribuite entro un cerchio di raggio d_0

La figura 11 mostra chiaramente come in questo caso lo strain rate è stato calcolato in corrispondenza a una stazione GPS permanente, con ulteriori 4 stazioni uniformemente distribuite così da rendere il calcolo dello strain rate geometricamente stabile, e statisticamente significativo. Naturalmente anche il valore così ottenuto riflette un dato regionale del tasso di deformazione, ove per regionale si intende su un'area di dimensione confrontabile con la distanza di decorrelazione delle velocità. La figura 12 mostra la dipendenza degli strain rates dalla scelta della distanza di decorrelazione, per due stazioni scelte per appartenere ad una regione sufficientemente densa di stazioni permanenti GPS. La figura dimostra una sostanziale indipendenza della stima dalle stazioni impiegate, che è esattamente quanto ci si può aspettare per un dato regionale di strain rate.

6 Analisi comparativa di diversi algoritmi di calcolo dello strain rate

Il metodo di calcolo dello strain rate sopra descritto riflette l'impostazione di Caporali et al. (2003) di considerare un numero ridondante di stazioni nel confronto delle velocità, con un peso decrescente all'aumentare della distanza dal punto prescelto per il calcolo. Vi sono altri algoritmi pubblicati, che differiscono per impostazione e vale qui la pena di confrontare le diverse filosofie.

La tabella di seguito riassume le principali differenze dell'algoritmo qui adottato rispetto a quello di Shen (1999):

Collocazione a scala costante (Caporali, GJI 2003)	Interpolazione a scala variabile (Shen, JGR 1998)
Scala delle distanze determinata statisticamente	Scala delle distanze minima inserita dall'utente; può aumentare se i dati sono insufficienti
Punto di calcolo corrisponde a una stazione con un numero minimo di stazioni in un intorno di raggio prefissato	Punto di calcolo definito dal baricentro di un numero minimo di stazioni in un intorno di raggio variabile
Almeno 4 stazioni uniformemente distribuite nell'intorno della quinta, di raggio pari alla scala delle distanze	Almeno 3 stazioni uniformemente distribuite nell'intorno del punto di interpolazione, di raggio pari a 7 volte la scala delle distanze
Dati pesati con funzione di correlazione del tipo 'inverse squared distance'	Dati pesati con funzione gaussiana
Mappa a punti irregolari con lunghezza d'onda costante	Mappa a punti regolari/irregolari con lunghezza d'onda variabile

Anche secondo quest'approccio, viene calcolato lo strain rate ovunque vi sia un numero minimo di stazioni sufficiente rendere matematicamente stabile il processo. Tuttavia la scala delle distanze viene imposta dall'utente, e non determinata statisticamente. Tale

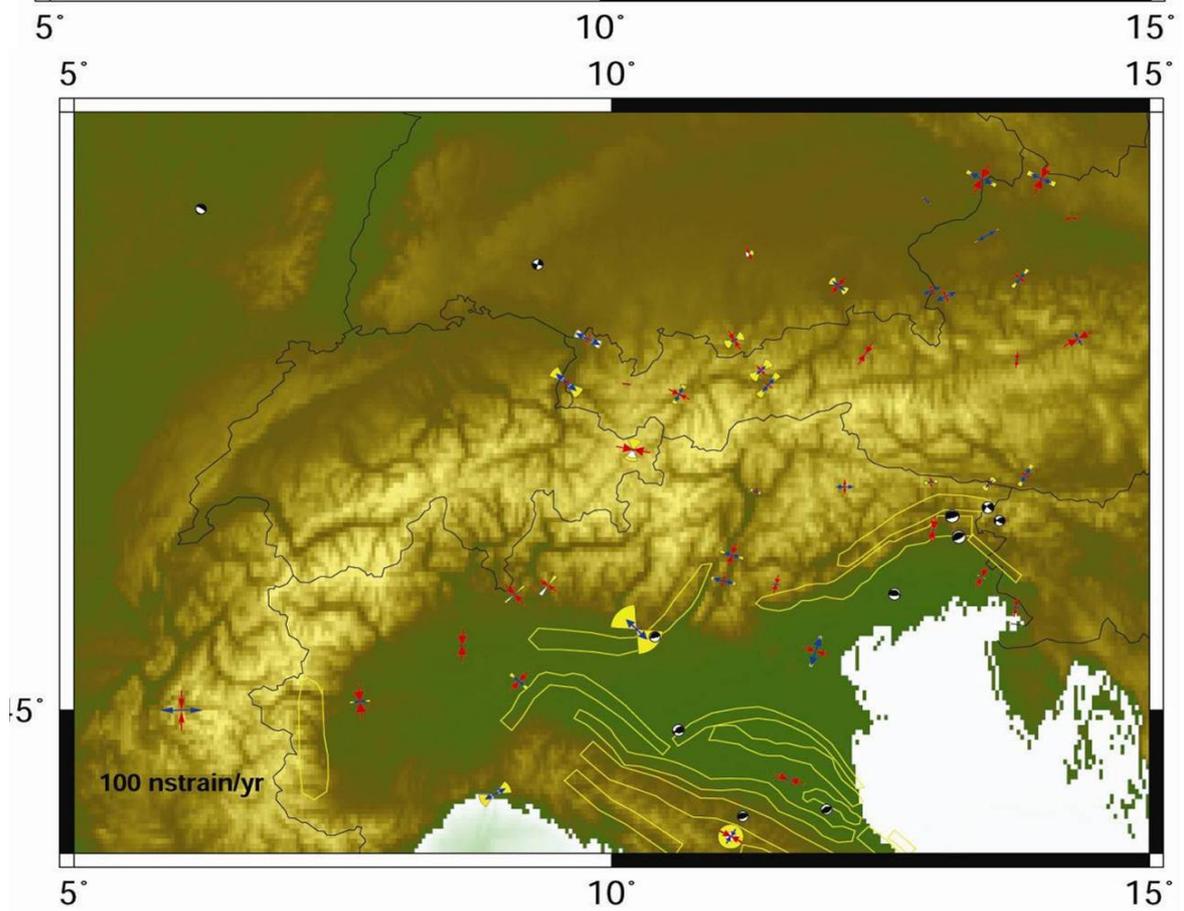
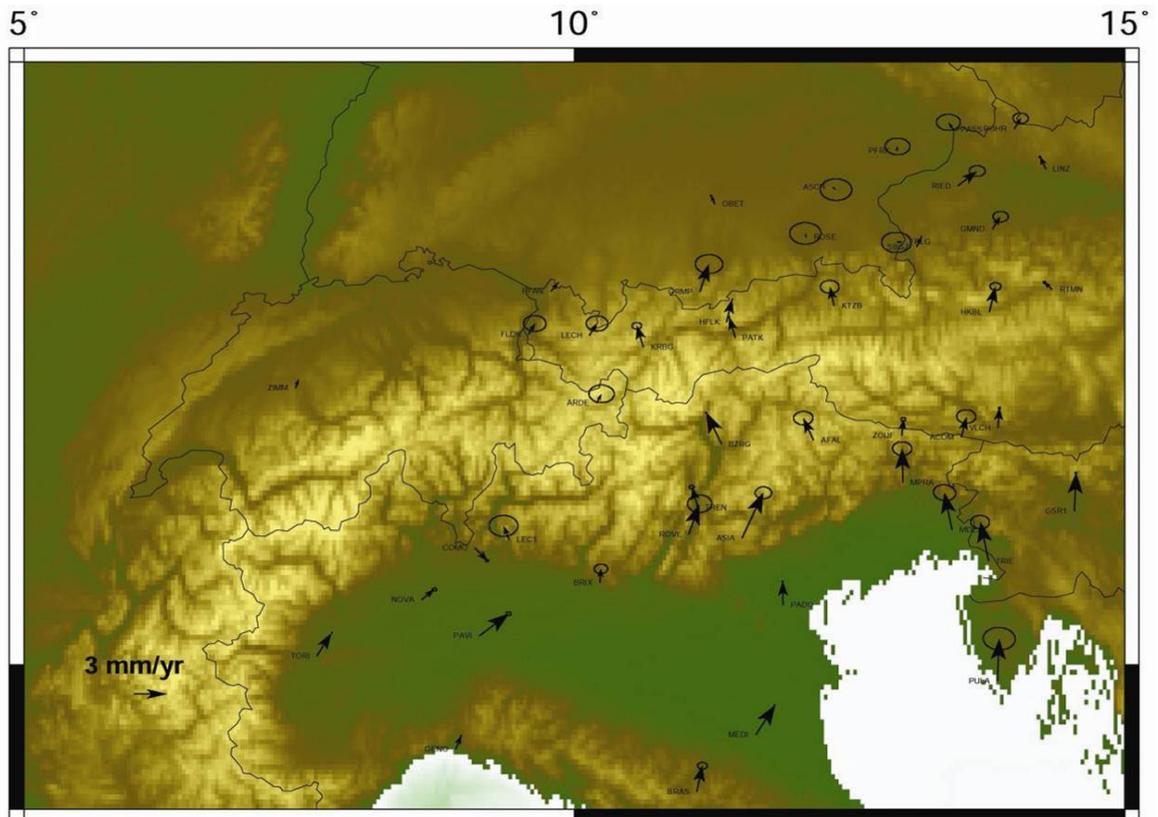
scala può crescere fino a raggiungere il numero minimo di stazioni. Ne consegue che il calcolo viene sempre effettuato, ma i valori di strain vanno intesi su diverse scale. Ad esempio nella stessa mappa compariranno valori di strain determinati con triangoli di lato 10 km e di 100 km, ma questo non è percepito dall'utente. Si ritiene pertanto che il metodo di Shen dia risultati omogenei solo nel caso di reti molto regolari di stazioni. Per reti tipo quella qui considerata, i risultati ottenuti con l'algoritmo di Shen sono, a nostro avviso, di difficile interpretazione in quanto diversi gradi di regionalità coesistono nello stesso grafico.

7 Risultati sullo strain rate regionale

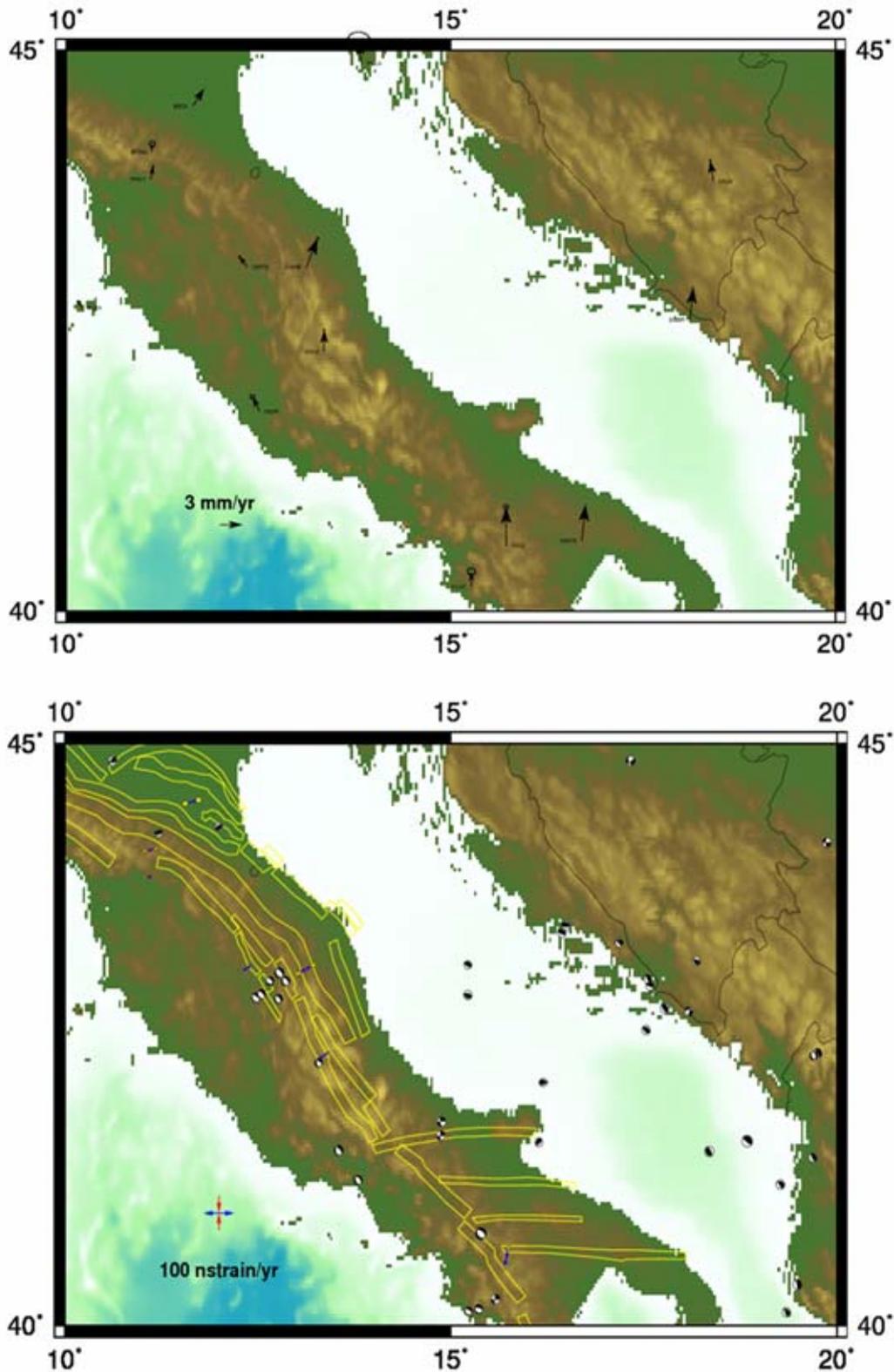
In questa sezione vengono presentati i risultati di dettaglio delle velocità e strain rate, suddivisi per Italia Settentrionale, Centrale e Meridionale/isole. Per quest'ultima regione tuttavia vedremo che la distribuzione delle stazioni permanenti è incompatibile con i criteri di densità fissati per un rigoroso calcolo dello strain rate. Per questo motivo sono stati impiegati i dati di velocità di stazioni permanenti e non permanenti disponibili in letteratura, e messi a disposizione da E. Serpelloni (2002 e comunicazione privata), ed effettuato il calcolo dello strain rate nelle zone scoperte. Trattandosi di stazioni permanenti e non permanenti calcolate da autori diversi secondo modalità che non siamo in grado di dire se o no identiche alle nostre, ed essendo infine l'affidabilità delle velocità di stazioni non permanenti occupate per un numero limitato di campagne certamente non confrontabile con stime ottenute per stazioni permanenti, si è ritenuto opportuno non mescolare il data set con il nostro e fare un'elaborazione separata, ma con lo stesso algoritmo dei minimi quadrati e gli stessi criteri di selezione del punto di calcolo adottati con le stazioni permanenti.

Nota: le SA riportate nelle figure di seguito si riferiscono al DISS 3.0.1 e verranno sostituite da quelle nel frattempo rese disponibili (DISS 3.0.2).

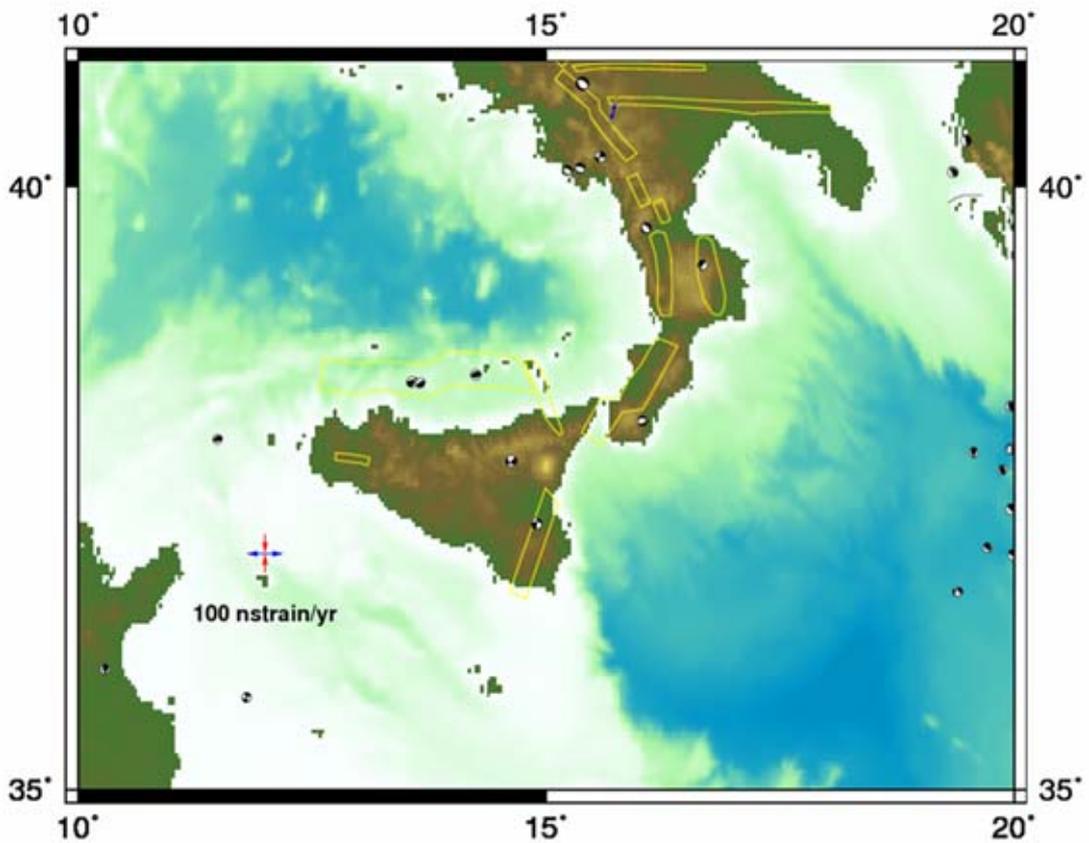
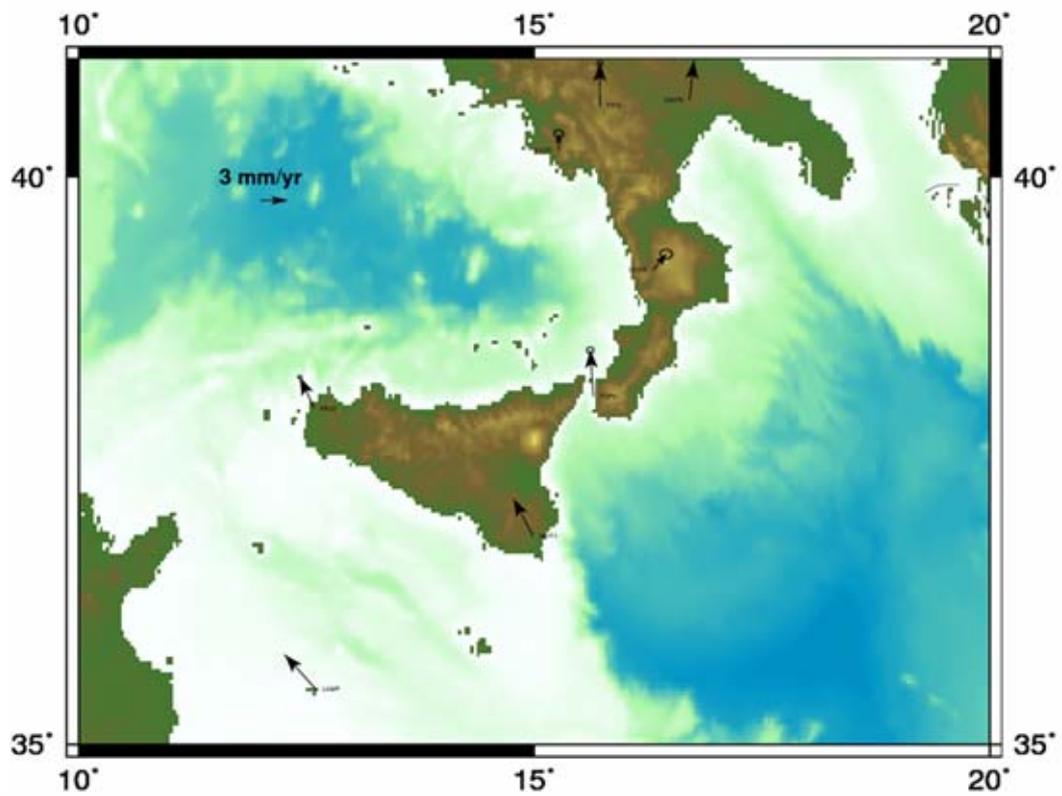
7.1 Italia settentrionale. Nella parte orientale la diminuzione delle velocità procedendo verso Nord è ben vincolata da un buon numero di dati e si traduce un regime compressivo in eccellente accordo con i meccanismi focali. La parte centro-occidentale è meno vincolata, ma lo stesso presenta caratteristiche compressive, anche se l'interpretazione è più incerta (Calais, 1999, Caporali e Martin, 2000, Caporali et al., 2003, Pierdominici et al., 2005). La compressione nelle Alpi orientali ha una chiara polarità Sud Nord (Caporali et al., 2003, D'agostino et al., 2005, Grenerczy et al., 2005) con uno slip rate superiore a 2 mm/anno, notevolmente isuperiore a quanto osservato geologicamente (Galadini et al., 2005). Purtroppo i dati in Austria sono ancora insufficientemente precisi, ma sembra di intravedere (Becker et al., 2002; Grenerckzy et al., 2000) un regime estensivo nella regione dei Tauri, che -se confermato- avvalorerebbe il modello di estrusione verso Est, ipotizzato da Ratschbacher et al. (1991a,b) e Regenauer-Lieb e Petit (1997).



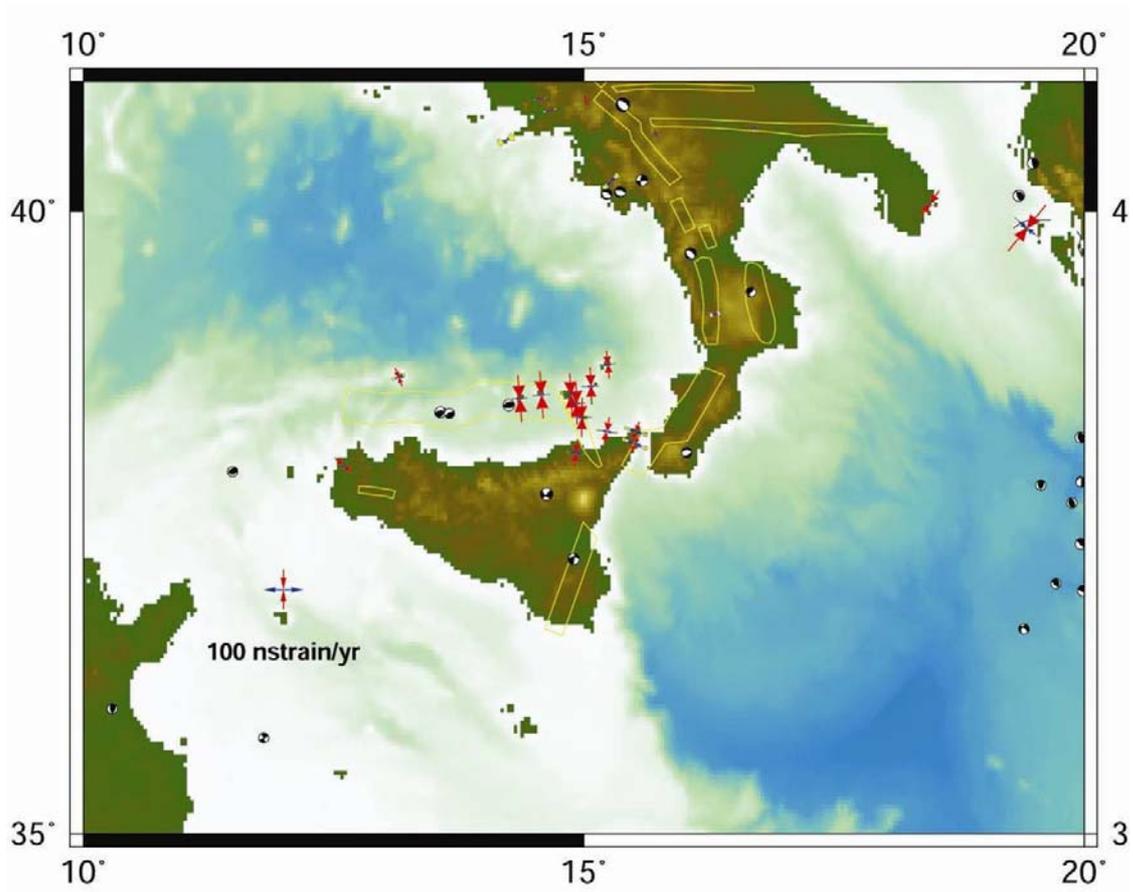
7.2-Italia Centrale. Gli elementi salienti sono il regime divergente in Appennino centrale e meridionale che si riproduce in un regime distensivo; in Adriatico meridionale abbiamo invece una diminuzione delle velocità in direzione NE(Serpelloni et al., 2002), in accordo con i modelli deformativi dell'Adriatico (Mantovani et al.,2000). Tuttavia le stazioni sono troppo sparse per poter calcolare un tasso medio di compressione secondo i nostri criteri.



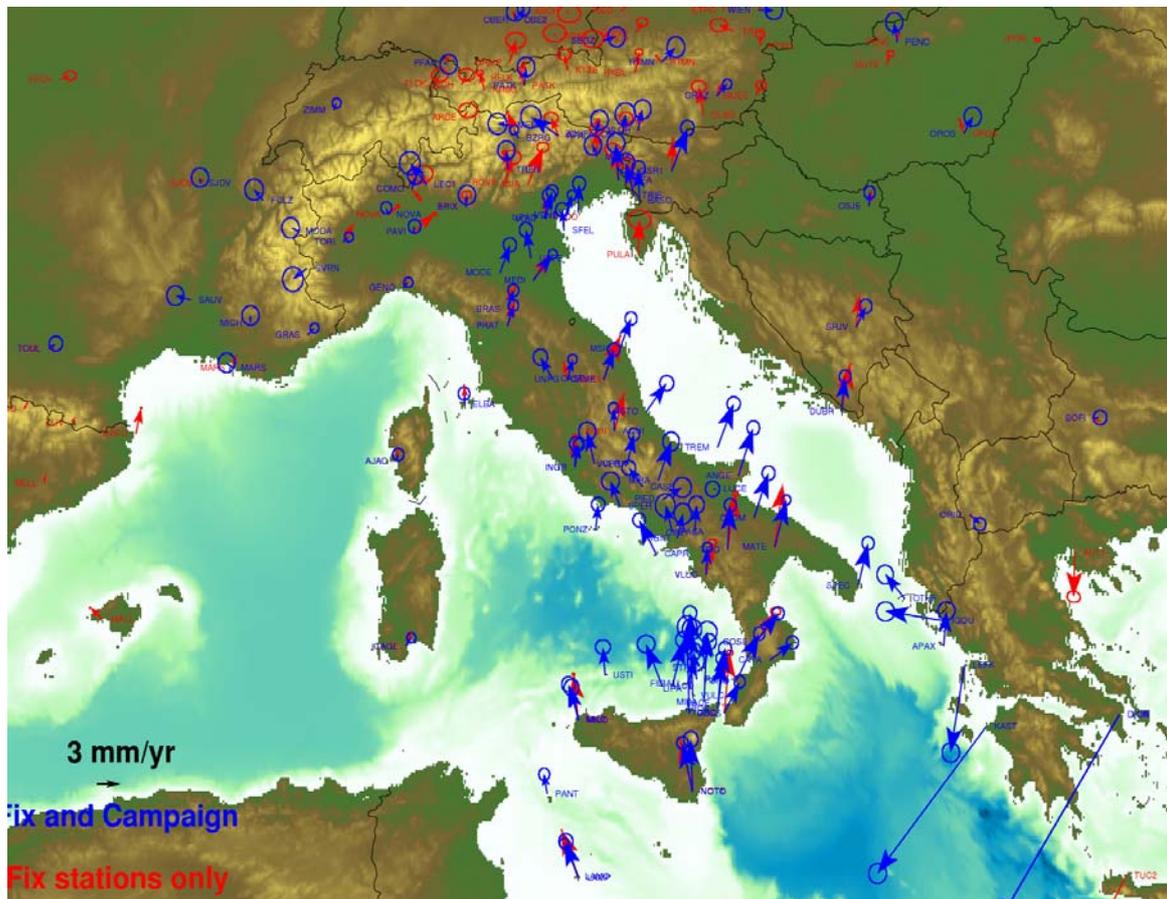
7.3- *Italia Meridionale ed isole*. I dati di velocità delle sole stazioni permanenti è insufficiente per calcolare affidabilmente lo strain rate. Pertanto è stato considerato un altro data base di velocità (vedi fig. 7.4).



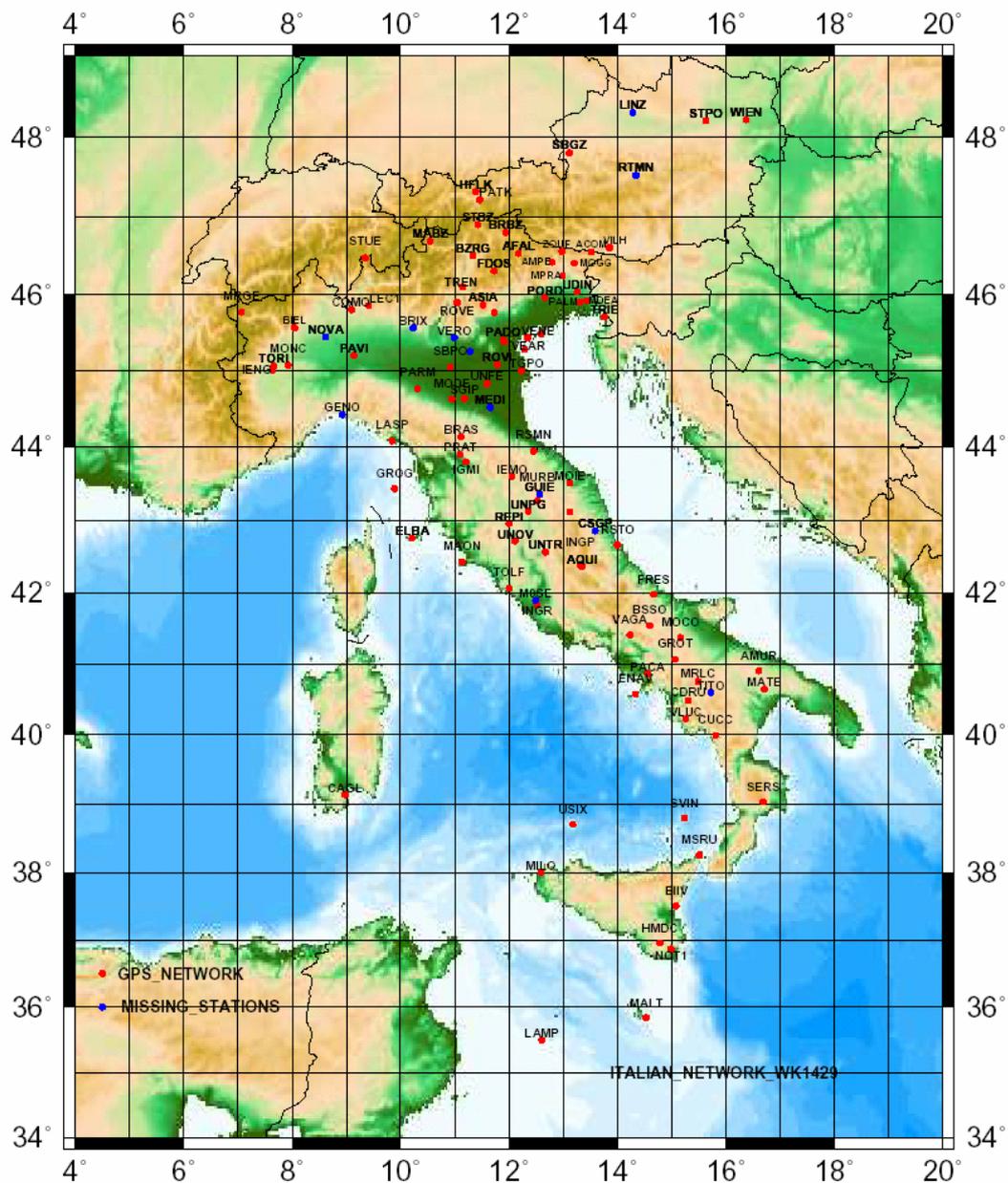
7.4- *Italia meridionale* – Dati di velocità di E. Serpelloni e letteratura. Il calcolo dello strain rate viene qui effettuato con un set di velocità diverso da quello ottenuto nell'ambito della UR3.2b, ma usando lo stesso algoritmo che per le precedenti figure.



7.5 -Confronto velocità della rete con sole stazioni permanenti e la rete con stazioni permanenti e non permanenti (elaborazione E. Serpelloni, INGV Bologna). La distribuzione dei dati delle stazioni non permanenti (in blu) è particolarmente buona nel Centro Sud, ove le stazioni permanenti (in rosso) scarseggiano.



7.6 Rete in corso di elaborazione a partire da Marzo 2007. La rete di stazioni permanenti mostrata in figura ha iniziato ad essere analizzata a partire da Marzo 2007. Nuove stazioni danno migliore copertura del Friuli (rete INOGS e Regione FVG), dell'Umbria (Rete dell'Università di Perugia) e soprattutto del Centro Sud, grazie all'inclusione delle stazioni della rete RING dell'INGV, di recente divenuta accessibile ai ricercatori. Si ritiene che la mappa delle velocità e strain rate potrà essere ragionevolmente aggiornata rispetto a quella oggi disponibile intorno all'estate 2009.



Riferimenti bibliografici

ALTAMIMI, Z., SILLARD, P., AND BOUCHER C., 2002. ITRF2000: a new release of the International Terrestrial Reference Frame for earth science applications. *J. Geophys. Res.* 107(B10), 2214, doi: 10.1029/2001JB000561

ANZIDEI, M. BALDI, P., PESCI, A., ESPOSITO, A., GALVANI, A., LODDO, F., CRISTOFOLETTI, P., MASSICCI, A., AND DEL MESE, S., 2005. Geodetic deformation across the Central Apennines from GPS data in the time span 1999-2003. *Annals of Geophysics* 48 (2),259-271.

BECKER, M., CRISTEA, E., AND FIGURSKI, M., 2002. Central European Intraplate Velocities from CEGRN Campaigns, *Reports on Geodesy* 1(61):83.

CALAIS, E., 1999. Continuous GPS measurements across the Western alps, 1996-1998, *Geophys. J. Int.*, 138, 221-230.

CAPORALI, A., MARTIN, S., 2000. First results from GPS measurements on present day alpine kinematics. *J. of Geodyn.*, 30, 275-283.

CAPORALI, A., 2003. Average strain rate in the Italian crust inferred from a permanent GPS network. Part 1: Statistical Analysis of Time Series of Permanent GPS Stations, *Geophys. J. Int.*155, 241-253.

CAPORALI, A., MARTIN, S., AND MASSIRONI, M., 2003. Average strain rate in the Italian crust inferred from a permanent GPS network. Part 2: Strain rate vs. seismicity and structural geology, *Geophys. J. Int.*155, 254-268.

CAPORALI, A., 2006. Adding geodetic strain rate data to a seismogenic context, *Boll. Geofis. Teor. Appl.* 47(3), 455-479.

D'AGOSTINO, N., CHELONI, D., MANTENUTO, S., SELVAGGI, G., MICHELINI, A., AND ZULIANI D., 2005. Strain accumulation in the Southern Alps (NE Italy) and deformation at the northeastern boundary of Adria observed by CGPS measurements. *Geophys. Res. Letters* 32, L19306, doi:10.1029/2005GL024266.

DONG, D., FANG, P., BOCK, Y., CHENG, M. K. AND S. MIYAZAKI, 2002. Anatomy of apparent seasonal variations from GPS-derived site position time series, *J. Geophys. Res.*, 107B4, ETG 9-1:15.

GALADINI, F., POLI, M.E. AND ZANFERRARI, A., 2005. Seismogenic sources potentially responsible for earthquakes $M \geq 6$ in the Eastern Southern Alps (Thiene Udine Sector, NE Italy), *Geophys. J. Int.*, 161, 739-762.

GRENERCZY, G., KENYERES, A. AND FEJES, I., 2000. Present crustal movement and strain distribution in Central Europe inferred from GPS measurements, *J. Geophys. Res.*, 105(B9), 21835-21846, 10.1029/2000JB900127.

GRENERCZY G., SELLA, G., STEIN, S. AND KENYERES, A., 2005. Tectonic implications of the GPS velocity field in the northern Adriatic region, *Geophys. Res. Lett.*, 32, L16311, doi:10.1029/2005GL022947.

- JOLIVET, L., AND FACCENNA, C., 2000. Mediterranean extension and the Africa-Eurasia collision: *Tectonics*, 19, 1095–1106.
- MAO, A., C.G.A. HARRISON AND T. H. DIXON, 1999. Noise in GPS coordinate time series, *J. Geophys. Res.*, 104B2, 2797-2816.
- MANTOVANI, E., VITI, M., ALBARELLO, D., TAMBURELLI, C., BABBUCCI, D. AND CENNI, N., 2000. Role of kinematically induced horizontal forces in Mediterranean tectonics: insight from numerical modeling, *J. Geodyn.* 30, 287-320.
- PIERDOMINICI, S., MARIUCCI M.T., MONTONE P., AND CESARO, M., 2005. Comparison between active stress field and Tectonic structures in Northern Italy, Lombardy region, *Annals of Geophysics* 49 (6), 867-881.
- RATSCHBACHER, L., MERLE, O., DAVY, P. AND COBBOLD, P., 1991a. Lateral Extrusion in the Eastern Alps, Part 1: Boundary conditions and experiments scaled for gravity, *Tectonics*, 10, 245-256.
- RATSCHBACHER, L., FRISCH, W., LINZER, H.G., AND MERLE, O., 1991b. Lateral Extrusion in the Eastern Alps, Part 2: Structural analysis, *Tectonics*, 10, 257-271.
- REGENAUER-LIEB, K. AND PETIT, J.P., 1997. Cutting of the European continental lithosphere; plasticity theory applied to the present Alpine collision, *J. of Geophys. Res.*, 102, 7731-7746.
- SERPELLONI, E., ANZIDEI, M., BALDI, P., CASULA, G., GALVANI, A., PESCI, A., AND RIGUZZI, F., 2002. Combination of permanent and non permanent GPS networks for the evaluation of the strain rate field in the Central Mediterranean area, *Boll. Geofis. Teor. Appl.* 43 (3/4), 195-219.
- SHEN-TU, B., W. E. HOLT, A. J. HAINES, 1998. Contemporary kinematics of the western United States determined from earthquake moment tensors, very long baseline interferometry, and GPS observations, *J. Geophys. Res.*, 103(B8), 18087-18118, 10.1029/98JB01669.
- WILLIAMS, S.D., BOCK, Y., FANG, P., JAMASON, P., NIKOLAIDIS, M., PRAWIRODIRDJO, L., MILLER, M., AND JOHNSON, D.J., 2004. Error analysis of continuous GPS position time series, *J. Geophys. Res.*, 109, B03412, doi:10.1029/2003JB002741.
- ZHANG, J., Y. BOCK, H. JOHNSON, P. FANG, S. WILLIAMS, J. GENRICH, S. WADOWINSKI, AND J. BEHR, 1997. Southern California permanent GPS geodetic array: Error analysis of daily position estimates and site velocities, *J. Geophys. Res.* 102B8, 18035-1805.

Appendice 1 - Velocità assolute ITRF2000 delle stazioni permanenti in Europa analizzate dal Task 3.2a.
Velocità in mm/anno, angoli in gradi.

Long	Lat	v_est	v_nord	s_min	s_max	azim.	nome
13.5149	46.5479	21.48	14.72	0.37	0.49	89.28	ACOM
-8.3989	43.3644	22.66	15.84	0.02	0.03	96.24	ACOR
12.1745	46.5271	21.57	14.9	0.37	0.5	92	AFAL
8.7626	41.9275	21.03	14.98	0.03	0.03	88.77	AJAC
-0.4812	38.3389	20.23	16.18	0.03	0.03	95.83	ALAC
-2.4594	36.8525	18.98	15.26	0.03	0.03	103.77	ALME
32.7585	39.8874	-0.18	10.77	0.03	0.03	80.49	ANKR
13.3502	42.3682	22.1	16.79	0.04	0.05	88.52	AQUI
10.2047	46.7764	20.17	14.25	0.71	0.96	88.33	ARDE
12.3502	48.1951	20.57	13.95	0.89	1.22	89.72	ASCH
11.5254	45.8663	21.77	15.82	0.83	1.09	92.27	ASIA
23.0037	40.5668	24.06	5.35	0.29	0.36	83.31	AUT1
4.289	46.9538	18.47	13.57	0.36	0.5	93.47	AUTN
11.5678	47.7611	20.39	13.73	0.9	1.22	89.37	BADT
1.4011	41.5996	19.7	15.45	0.03	0.03	86.93	BELL
17.4286	50.2567	21.89	11.72	0.48	0.66	83.17	BISK
21.0353	52.4759	20.68	13.21	0.02	0.03	91.48	BOGO
17.0735	52.277	20.19	13.34	0.01	0.02	92.03	BOR1
6.7474	53.5636	18.14	13.94	0.02	0.03	88.02	BORK
11.1131	44.1222	21.37	15.42	0.21	0.26	91.09	BRAS
10.2326	45.5649	20.36	14.4	0.26	0.35	91.44	BRIX
-4.4966	48.3805	17.42	15.85	0.02	0.03	90.52	BRST
4.3592	50.7978	17.72	14.26	0.01	0.01	86.85	BRUS
26.1257	44.4639	22.89	10.92	0.02	0.02	87.02	BUCU
12.5	55.739	18.28	13.69	0.05	0.07	90.73	BUDP
19.0565	47.4809	22.2	13.99	0.19	0.25	87.39	BUTE
11.3368	46.499	19.84	14.8	0.06	0.07	87.35	BZRG
-6.3418	39.4789	19.28	16.27	0.06	0.07	97.75	CACE
8.9728	39.1359	21.46	14.84	0.01	0.01	95.54	CAGL
13.124	43.112	23.36	17.77	0.05	0.07	88.17	CAME
-3.7981	43.472	18.34	16.63	0.04	0.04	95.79	CANT
-9.4185	38.6934	19.01	16.29	0.02	0.03	101.68	CASC
-5.3113	35.8961	15.98	16.9	0.09	0.11	98.23	CEUT
-0.4077	46.1335	19.15	15.42	0.03	0.04	93.81	CHIZ
-4.7211	37.9156	19.24	15.92	0.56	0.67	103.49	COBA
16.3104	39.2014	24.56	15.7	0.34	0.46	81.62	COSE
3.3156	42.3188	20.45	18	0.04	0.05	91.44	CREU
-2.6405	53.3448	17.09	15.33	0.11	0.15	90.91	DARE
4.3876	51.9861	17.8	14.85	0.01	0.02	87.92	DELf
3.3997	50.9337	18.21	14.92	0.01	0.02	88.56	DENT
15.2132	46.8135	21.42	15.51	0.57	0.77	87.77	DLBG
4.595	50.0949	18.73	14.66	0.01	0.02	89.14	DOUR
35.3921	31.5932	22.22	19.31	0.05	0.06	66.8	DRAG
13.7297	51.0298	19.5	15.54	0.03	0.03	90.2	DRES
18.1104	42.65	23.23	17.55	0.03	0.04	84.92	DUBR
0.4924	40.8209	20.14	15.4	0.02	0.02	95.73	EBRE
2.052	45.4034	20.38	18.29	0.43	0.58	95.15	EGLT
5.6836	50.7582	18.3	14.99	0.03	0.04	89.55	EIJS
10.2111	42.7529	20.92	15.27	0.05	0.06	85.7	ELBA
7.6399	48.5494	19.07	15.09	0.25	0.34	91.94	ENTZ
0.9757	42.6936	19.72	15.42	0.03	0.03	92.2	ESCO

6.7635	50.6741	19.04	15.34	0.03	0.04	89.12	EUSK
33.1644	45.2195	24.39	7.37	0.76	1.04	83.74	EVPA
9.5806	47.2313	21.25	15.05	0.64	0.86	87.87	FLDK
12.978	47.839	20.11	13.97	0.83	1.13	89.13	FRLG
-8.5891	41.106	19	16.19	0.05	0.06	98.61	GAIA
20.3229	49.0347	19.18	13.24	0.11	0.15	87.77	GANP
8.9211	44.4194	20.79	14.57	0.02	0.03	91.58	GENO
30.4967	50.3642	21.54	11.24	0.02	0.02	92.34	GLSV
13.8006	47.9207	21.48	14.73	0.44	0.59	88.11	GMND
14.7856	49.9137	20.67	13.58	0.01	0.02	88	GOPE
6.9206	43.7547	20.7	15.03	0.01	0.01	91.97	GRAS
15.4935	47.0671	22.06	14.43	0.01	0.01	88.84	GRAZ
11.1427	47.5093	19.76	16.83	0.78	1.05	89.6	GRMP
14.5437	46.0481	21.24	16.3	0.06	0.07	87.46	GSR1
16.3191	47.0742	21.62	13.66	0.43	0.58	86.34	GUES
-4.4118	48.4446	17.55	14.03	0.4	0.55	95.2	GUIP
7.8931	54.1745	17.7	14.71	0.02	0.03	89.03	HELG
0.3344	50.8675	17.14	14.94	0.09	0.13	88.06	HERT
11.3861	47.3129	20.92	14.64	0.01	0.01	90.56	HFLK
13.7713	47.3773	21.54	15.59	0.31	0.42	87.93	HKBL
10.4763	53.0506	19.46	13.86	0.02	0.03	89.37	HOBU
8.2934	54.7588	17.81	14.02	0.25	0.37	91.44	HOE2
-15.1979	64.2673	14.05	13.93	0.03	0.05	86.59	HOFN
23.7929	38.0043	7.17	-11.19	0.87	1.05	82.28	IGD1
12.5148	41.8281	21.14	16.03	0.16	0.21	87.51	INGR
-4.2193	57.4863	14.4	15.53	0.1	0.15	89.44	INVE
29.0193	41.1044	25.8	8.27	0.02	0.03	81.81	ISTA
30.0962	62.3912	19.87	9.96	0.01	0.02	100.11	JOEN
21.0324	52.0978	20.32	12.39	0.13	0.18	86.37	JOZ2
8.4113	49.0112	19.87	14.6	0.03	0.04	88.27	KARL
19.0356	50.2533	21.86	8.55	0.1	0.14	87.59	KATO
36.239	50.0051	23.61	10.47	0.4	0.56	89.42	KHAR
21.0602	67.8776	16.09	12.48	0.01	0.02	96.73	KIRO
20.9684	67.8574	15.72	13.49	0.01	0.02	95.63	KIRU
8.7299	50.2198	19.25	14.96	0.02	0.02	89.04	KLOP
5.8096	52.1784	17.82	14.18	0.01	0.02	86.5	KOSG
19.9205	50.0661	20.64	13.02	0.07	0.1	87.96	KRAW
10.6268	47.1462	19.69	15.59	0.28	0.37	89.01	KRBG
12.3595	47.4182	19.82	15.26	0.54	0.74	88.23	KTZB
-8.6684	37.0989	18.02	17.13	0.06	0.06	156.03	LAGO
20.6699	53.8924	18.86	12.5	0.01	0.02	92.84	LAMA
12.6057	35.4998	19.85	18.1	0.02	0.02	90.55	LAMP
9.407	45.8573	19.78	14.74	0.62	0.8	91.84	LEC1
10.1391	47.2241	21.23	15.21	0.62	0.82	89.91	LECH
9.7081	47.5589	19.98	14.08	0.73	0.97	89.41	LIND
14.2831	48.3098	20.42	14.3	0.05	0.07	88.14	LINZ
1.9731	42.4781	19.88	15.23	0.03	0.03	94.54	LLIV
-17.8938	28.7639	17.02	17.08	0.09	0.1	124.07	LPAL
-1.2193	46.1589	18.84	15.22	0.06	0.08	94.84	LROC
2.6246	39.5526	18.45	15.97	0.06	0.07	93.05	MALL
0.1553	48.0186	19.36	14.73	0.02	0.03	90.39	MANS
17.2585	60.5951	17.75	12.24	0.01	0.02	92.45	mar-06
12.8935	50.3569	20.65	11.37	0.59	0.8	80.47	MARJ
5.3538	43.2788	20.46	15.78	0.02	0.03	92.16	MARS

-15.6333	27.7637	17.14	17.91	0.03	0.03	129.84	MAS1
16.7045	40.6491	23.43	18.21	0.01	0.01	65.03	MATE
13.4356	45.9245	20.36	15.98	0.45	0.59	81.07	MDEA
37.2236	56.0275	21.77	9.62	0.04	0.05	94.03	MDVO
11.6468	44.52	22.76	16.47	0.01	0.02	90.13	MEDI
11.1565	46.6686	22.09	12.91	0.17	0.22	87.88	MERA
24.3953	60.2175	19.63	10.94	0.01	0.02	98.92	METS
31.9728	46.9728	22.63	10.71	0.07	0.1	86.42	MIKL
12.5843	38.0082	21.25	17.68	0.11	0.13	86.1	MILO
2.5873	48.8411	18.03	15.54	0.03	0.04	91.13	MLVL
17.2739	48.3727	20.9	14.07	0.03	0.03	90.05	MOPI
-1.6855	55.2128	16.88	13.08	0.06	0.08	89.31	MORP
12.9877	46.2408	20.75	15.6	0.34	0.45	87.71	MPRA
16.4043	47.7379	20.93	13.99	0.36	0.48	87.78	MTBG
-5.5428	50.103	16.29	15.65	0.14	0.19	92.44	NEWL
33.3964	35.141	18.05	14.82	0.02	0.02	67.8	NICO
14.9898	36.8758	21.23	18.14	0.01	0.01	82.22	NOT1
8.614	45.4472	21.08	14.24	0.09	0.11	88.74	NOVA
-0.3396	51.421	17.6	15.11	0.06	0.09	90.65	NPLD
-0.3396	51.421	17.6	15.11	0.06	0.09	90.69	NPLD
44.5029	40.2265	27.54	16.18	0.04	0.05	85.95	NSSP
11.8653	78.9296	10.84	12.75	0.02	0.03	88.11	NYA1
22.1358	47.8352	22.65	11.51	0.16	0.22	87.27	NYIR
11.2799	48.0862	20.26	14.57	0.04	0.05	88.45	OBE2
11.9255	57.3953	17.26	13.1	0.01	0.01	89.42	ONSA
20.794	41.1273	24.09	10.58	0.03	0.03	80.6	ORID
20.6713	46.5552	21.51	14.27	0.06	0.08	86.47	OROS
18.6805	45.5608	22.25	14.01	0.03	0.04	86.38	OSJE
10.3678	59.7366	15.79	13.87	0.02	0.04	89.78	OSLS
11.8961	45.4112	21.86	16.58	0.01	0.01	87.95	PADO
13.4433	48.5684	20.19	13.92	0.66	0.92	89.11	PASS
11.4602	47.208	20.01	15.27	0.05	0.07	91.09	PATK
9.1361	45.203	22.94	15.93	0.11	0.15	89.97	PAVI
-25.6628	37.7477	13.63	16.17	0.06	0.06	163.29	PDEL
19.2815	47.7896	22	13.5	0.01	0.02	89.86	PENC
9.7847	47.5153	20.75	15.17	0.01	0.01	89.36	PFAN
12.9327	48.4286	20.6	13.94	0.69	0.95	88.83	PFRK
34.5429	49.6026	22.04	11.03	0.04	0.06	88.46	POLV
13.0661	52.3793	19.08	13.92	0.01	0.01	91.18	POTS
12.2979	50.1384	19.47	14.9	0.62	0.86	90.01	POUS
11.0991	43.8856	21.69	16.04	0.05	0.06	89.99	PRAT
10.4597	52.2962	18.9	13.93	0.02	0.02	88.01	PTBB
13.8448	44.8883	21.22	16.77	0.8	1.06	85.97	PULA
3.8789	45.0436	19.43	14.54	0.43	0.56	94.56	PUYV
-46.0478	60.7153	-16.73	14.78	0.07	0.09	92.08	QAQ1
-6.8543	33.9981	16.48	17.39	0.04	0.04	110.58	RABT
34.7631	30.5976	22.03	19.63	0.03	0.03	71.06	RAMO
5.1449	50.0015	19.4	14.63	0.09	0.13	90.27	REDU
-21.9555	64.1388	-9.9	20.04	0.01	0.02	62.01	REYK
13.4864	48.2034	22.33	14.82	0.45	0.61	88.17	RIED
24.0588	56.9486	20.47	11.7	0.01	0.02	95.16	RIGA
13.9954	48.5698	21.28	14.35	0.43	0.59	88.26	ROHR
12.107	47.8676	20.26	13.85	0.89	1.21	89.9	ROSE
11.0421	45.8935	21.57	14.69	0.42	0.55	91.54	ROVE

11.7828	45.0866	22.52	16.46	0.62	0.81	91.36	ROVI
14.3433	47.5246	20.24	13.52	0.08	0.11	89.03	RTMN
9.5073	46.9827	19.99	13.72	0.61	0.8	90.9	SARG
13.6433	54.5136	17.95	13.74	0.08	0.11	89.32	SASS
13.1104	47.8034	21.48	14.38	0.01	0.01	89.26	SBGZ
-6.2056	36.4643	15.78	16.81	0.02	0.02	107.93	SFER
4.6766	45.8791	19.7	14.74	0.05	0.06	89.67	SJDV
21.0483	64.8792	16.93	13.61	0.08	0.12	89.66	SKE0
9.5593	55.6406	17.34	13.86	0.07	0.1	90.03	SMID
15.7397	50.7359	41.57	2.55	0.3	0.42	87.68	SNEC
26.3891	67.4209	17.7	11.45	0.01	0.02	100.18	SODA
23.3947	42.5561	23.67	10.86	0.02	0.02	86.71	SOFI
12.8913	57.715	17.52	12.97	0.05	0.07	90.1	SPT0
18.4139	43.8679	22.18	16.17	0.04	0.05	86.91	SRJV
5.5986	59.0177	15.6	14.35	0.02	0.03	86.17	STAS
9.3459	47.4418	19.59	14.39	0.69	0.92	90.05	STGA
15.6329	48.2031	21.12	13.91	0.06	0.08	94.52	STPO
9.7422	56.8418	19.63	13.2	0.07	0.1	89.98	SULD
24.0145	49.8356	21.47	12.57	0.05	0.07	87.22	SULP
29.7809	60.5329	20.65	9.71	0.04	0.04	84.19	SVTL
5.2194	53.3627	19.08	13.53	0.02	0.03	89.04	TERS
15.651	38.1083	22.92	19.07	0.22	0.27	81.64	TGRC
-68.825	76.537	-21.18	4.96	0.07	0.08	115.92	THU3
15.7237	40.6013	22.79	18.7	0.16	0.2	84.3	TITO
7.6613	45.0634	20.47	14.77	0.03	0.03	90.5	TORI
1.4808	43.5608	19.3	15.71	0.06	0.07	89.78	TOUL
39.7756	40.9947	24.54	12.02	0.02	0.03	79.74	TRAB
10.3192	63.3714	14.28	14.52	0.02	0.03	87.32	TRDS
11.1224	46.0724	19.89	15.07	0.12	0.16	91	TREN
15.8589	47.928	20.85	16.39	0.58	0.8	89.26	TRFB
13.7635	45.7098	20.19	16.17	0.36	0.48	89.01	TRIE
18.9396	69.6627	14.66	12.82	0.02	0.02	93.9	TRO1
16.5928	49.2059	20.69	13.67	0.05	0.07	86.75	TUBO
24.0706	35.5332	9.46	-12.97	0.24	0.29	82.7	TUC2
12.3557	43.1194	20.74	15.5	0.05	0.07	89.24	UNPG
22.2976	48.632	21.25	12.45	0.02	0.03	90.02	UZHL
21.7706	62.9612	18.15	11.53	0.01	0.02	95.62	VAAS
13.7242	49.1338	20.87	12.43	0.57	0.77	82.2	VACO
-0.3376	39.4808	21.01	14.82	0.05	0.06	98.96	VALE
31.0312	70.3364	17.18	10.57	0.03	0.04	100.13	VARS
1.7197	47.2942	18.94	15.59	0.27	0.37	94.21	VFCH
16.5599	64.6978	15.71	13.13	0.01	0.02	93.31	VIL0
-3.952	40.4436	19.43	15.98	0.01	0.01	100.31	VILL
18.3673	57.6539	18.72	12.09	0.01	0.02	92.47	VIS0
13.8505	46.607	21.14	14.82	0.05	0.07	91.47	VLCH
14.6261	46.6614	23.4	13.5	0.33	0.44	87.76	VLKM
25.2987	54.6531	20.74	12.3	0.04	0.06	92.18	VLNS
15.2659	40.2307	22.86	15.79	0.28	0.36	85.76	VLUC
5.2453	50.6899	18.63	14.45	0.03	0.03	89.67	WARE
5.2453	50.6899	18.65	14.45	0.03	0.04	89.83	WARE
12.1014	54.1698	18.52	13.86	0.08	0.12	90.14	WARN
12.8789	49.1442	20.27	14.29	0.01	0.01	90.82	WETT
16.3731	48.2189	22.55	14.36	0.07	0.09	96.64	WIEN
17.062	51.1133	19.58	13.4	0.01	0.02	90.8	WROC

10.4156	47.6023	20.2	14.23	0.8	1.08	89.95	WRTH
6.6045	52.9146	17.91	14.93	0.01	0.02	89.55	WSRT
-3.0886	40.5249	19.21	15.67	0.02	0.03	98.52	YEBE
41.5651	43.7884	25.42	9.69	0.01	0.01	80.91	ZECK
7.4653	46.8771	20.24	15.05	0.01	0.01	85.7	ZIMM
12.9736	46.5572	20.85	14.9	0.11	0.14	92.36	ZOUF
36.7586	55.6993	22.11	9.16	0.03	0.04	92.92	ZWEN
19.206	49.6867	20.79	13.49	0.1	0.14	87.92	ZYWI

Appendice 2

Confronto tra le velocità EUREF e quelle ottenute dalla nostra elaborazione, per i siti in comune. Le stazioni nell'Area Alpina Mediterranea con le maggiori discrepanze (>1mm/a) sono PADO e SRJV

site	Elaborazione UPAD							Elaborazione EUREF							Delta Est	Delta Nord
	Lon	Lat	Vest	Vnord	s_est	s_nord	az	Vest	Vnord	s_est	s_nord	Vup	s_up			
ACOR	-8.3989	43.3644	22.66	15.84	0.02	0.03	96.24	ACOR	22.48	15.31	0.06	0.02	-2.44	0.16	0.18	0.53
AJAC	8.7626	41.9275	21.03	14.98	0.03	0.03	88.77	AJAC	21.51	14.91	0.01	0.01	-1.67	0.15	-0.48	0.07
ALAC	-0.4812	38.3389	20.23	16.18	0.03	0.03	95.83	ALAC	20.49	15.97	0.04	0.01	-1.3	0.16	-0.26	0.21
ALME	-2.4594	36.8525	18.98	15.26	0.03	0.03	103.77	ALME	19.29	15.1	0.05	0.01	0.05	0.18	-0.31	0.16
ANKR	32.7585	39.8874	-0.18	10.77	0.03	0.03	80.49	ANKR	0.48	10.43	0.01	0.02	-3.48	0.18	-0.66	0.34
AQUI	13.3502	42.3682	22.1	16.79	0.04	0.05	88.52	AQUI	22.74	16.91	0.02	0.01	-1.94	0.28	-0.64	-0.12
AUT1	23.0037	40.5668	24.06	5.35	0.29	0.36	83.31	AUT1	24.15	4.67	0.04	0.02	-2.61	1.44	-0.09	0.68
AUTN	4.289	46.9538	18.47	13.57	0.36	0.5	93.47	AUTN	18.04	13.39	0.21	0.05	-2.59	1.96	0.43	0.18
BELL	1.4011	41.5996	19.7	15.45	0.03	0.03	86.93	BELL	20.02	15.35	0.03	0.01	-0.46	0.18	-0.32	0.1
BOGO	21.0353	52.4759	20.68	13.21	0.02	0.03	91.48	BOGO	21.12	12.96	0.01	0.01	-0.34	0.18	-0.44	0.25
BOR1	17.0735	52.277	20.19	13.34	0.01	0.02	92.03	BOR1	20.48	13.36	0.01	0.01	-1	0.13	-0.29	-0.02
BORK	6.7474	53.5636	18.14	13.94	0.02	0.03	88.02	BORK	18.41	13.99	0.02	0.01	-1.15	0.14	-0.27	-0.05
BRST	-4.4966	48.3805	17.42	15.85	0.02	0.03	90.52	BRST	17.22	16.01	0.04	0.01	-0.69	0.15	0.2	-0.16
BRUS	4.3592	50.7978	17.72	14.26	0.01	0.01	86.85	BRUS	17.85	14.72	0.02	0.01	0.13	0.12	-0.13	-0.46
BUCU	26.1257	44.4639	22.89	10.92	0.02	0.02	87.02	BUCU	23.42	10.73	0.01	0.01	-0.53	0.14	-0.53	0.19
BUDP	12.5	55.739	18.28	13.69	0.05	0.07	90.73	BUDP	18.54	13.84	0.02	0.02	-0.12	0.31	-0.26	-0.15
BUTE	19.0565	47.4809	22.2	13.99	0.19	0.25	87.39	BUTE	22.97	13.74	0.03	0.03	-0.69	0.87	-0.77	0.25
BZRG	11.3368	46.499	19.84	14.8	0.06	0.07	87.35	BZRG	20.54	14.64	0.02	0.01	0.97	0.22	-0.7	0.16
CACE	-6.3418	39.4789	19.28	16.27	0.06	0.07	97.75	CACE	19.29	16.12	0.09	0.01	0.55	0.3	-0.01	0.15
CAGL	8.9728	39.1359	21.46	14.84	0.01	0.01	95.54	CAGL	21.1	14.6	0.03	0.01	2.05	0.19	0.36	0.24
CAME	13.124	43.112	23.36	17.77	0.05	0.07	88.17	CAME	23.2	17.68	0.03	0.01	-5	0.76	0.16	0.09
CANT	-3.7981	43.472	18.34	16.63	0.04	0.04	95.79	CANT	18.61	16.49	0.05	0.01	-0.89	0.18	-0.27	0.14
CASC	-9.4185	38.6934	19.01	16.29	0.02	0.03	101.68	CASC	19.09	16.37	0.06	0.02	1.03	0.16	-0.08	-0.08
CEUT	-5.3113	35.8961	15.98	16.9	0.09	0.11	98.23	CEUT	16.42	17.01	0.2	0.01	0.24	0.8	-0.44	-0.11
CHIZ	-0.4077	46.1335	19.15	15.42	0.03	0.04	93.81	CHIZ	19.37	15.25	0.03	0.01	-1.01	0.17	-0.22	0.17
COBA	-4.7211	37.9156	19.24	15.92	0.56	0.67	103.49	COBA	18.95	14.22	0.47	0.02	1.71	1.91	0.29	1.7
CREU	3.3156	42.3188	20.45	18	0.04	0.05	91.44	CREU	21.67	15.27	0.06	0.01	-0.9	0.51	-1.22	2.73
DARE	-2.6405	53.3448	17.09	15.33	0.11	0.15	90.91	DARE	17.28	15.38	0.12	0.01	0.66	0.66	-0.19	-0.05
DELFF	4.3876	51.9861	17.8	14.85	0.01	0.02	87.92	DELFF	18.14	14.67	0.02	0.01	-1.62	0.14	-0.34	0.18
DENT	3.3997	50.9337	18.21	14.92	0.01	0.02	88.56	DENT	19.07	15.15	0.04	0.01	-1.89	0.26	-0.86	-0.23

DOUR	4.595	50.0949	18.73	14.66	0.01	0.02	89.14	DOUR	19.21	15.01	0.04	0.01	-0.65	0.26	-0.48	-0.35
DRAG	35.3921	31.5932	22.22	19.31	0.05	0.06	66.8	DRAG	23.02	18.41	0.01	0.04	0.38	0.32	-0.8	0.9
DRES	13.7297	51.0298	19.5	15.54	0.03	0.03	90.2	DRES	20.46	14.49	0.02	0.01	0.67	0.33	-0.96	1.05
DUBR	18.1104	42.65	23.23	17.55	0.03	0.04	84.92	DUBR	23.12	16.59	0.02	0.01	-2.99	0.19	0.11	0.96
EBRE	0.4924	40.8209	20.14	15.4	0.02	0.02	95.73	EBRE	20.39	15.15	0.03	0.01	-0.49	0.12	-0.25	0.25
EIJS	5.6836	50.7582	18.3	14.99	0.03	0.04	89.55	EIJS	18.6	14.99	0.02	0.01	-0.35	0.14	-0.3	0
ELBA	10.2111	42.7529	20.92	15.27	0.05	0.06	85.7	ELBA	21.05	15.1	0.03	0.01	-1.08	0.32	-0.13	0.17
ENTZ	7.6399	48.5494	19.07	15.09	0.25	0.34	91.94	ENTZ	18.94	15.07	0.11	0.03	2.09	1.32	0.13	0.02
ESCO	0.9757	42.6936	19.72	15.42	0.03	0.03	92.2	ESCO	20.24	15.38	0.03	0.01	-0.27	0.16	-0.52	0.04
EUSK	6.7635	50.6741	19.04	15.34	0.03	0.04	89.12	EUSK	18.97	15.3	0.02	0.01	-2.19	0.17	0.07	0.04
GAIA	-8.5891	41.106	19	16.19	0.05	0.06	98.61	GAIA	19.03	16.07	0.08	0.02	0.45	0.24	-0.03	0.12
GANP	20.3229	49.0347	19.18	13.24	0.11	0.15	87.77	GANP	19.88	13.13	0.02	0.02	-2.68	0.64	-0.7	0.11
GENO	8.9211	44.4194	20.79	14.57	0.02	0.03	91.58	GENO	21.16	14.48	0.02	0.01	-1.5	0.16	-0.37	0.09
GLSV	30.4967	50.3642	21.54	11.24	0.02	0.02	92.34	GLSV	22.53	11.07	0.01	0.01	-1.77	0.13	-0.99	0.17
GOPE	14.7856	49.9137	20.67	13.58	0.01	0.02	88	GOPE	20.71	13.78	0.02	0.01	-1.98	0.25	-0.04	-0.2
GRAS	6.9206	43.7547	20.7	15.03	0.01	0.01	91.97	GRAS	20.85	14.66	0.02	0.01	0.47	0.12	-0.15	0.37
GRAZ	15.4935	47.0671	22.06	14.43	0.01	0.01	88.84	GRAZ	22.33	14.16	0.02	0.01	1.62	0.17	-0.27	0.27
GSR1	14.5437	46.0481	21.24	16.3	0.06	0.07	87.46	GSR1	21.57	16.27	0.02	0.01	-1.87	0.31	-0.33	0.03
HELG	7.8931	54.1745	17.7	14.71	0.02	0.03	89.03	HELG	17.98	14.89	0.02	0.01	0.48	0.12	-0.28	-0.18
HERT	0.3344	50.8675	17.14	14.94	0.09	0.13	88.06	HERT	17.33	15.03	0.09	0.01	0.29	0.55	-0.19	-0.09
HFLK	11.3861	47.3129	20.92	14.64	0.01	0.01	90.56	HFLK	21.17	14.95	0.02	0.01	-0.67	0.21	-0.25	-0.31
HOBU	10.4763	53.0506	19.46	13.86	0.02	0.03	89.37	HOBU	19.07	14.17	0.03	0.01	-0.6	0.28	0.39	-0.31
HOE2	8.2934	54.7588	17.81	14.02	0.25	0.37	91.44	HOE2	17.91	14.12	0.12	0.04	2.44	1.34	-0.1	-0.1
HOFN	-15.1979	64.2673	14.05	13.93	0.03	0.05	86.59	HOFN	13.93	13.88	0.07	0.01	11.47	0.23	0.12	0.05
INVE	-4.2193	57.4863	14.4	15.53	0.1	0.15	89.44	INVE	14.64	15.73	0.13	0.01	-0.2	0.66	-0.24	-0.2
ISTA	29.0193	41.1044	25.8	8.27	0.02	0.03	81.81	ISTA	25.23	8.51	0.01	0.01	-0.26	0.25	0.57	-0.24
JOEN	30.0962	62.3912	19.87	9.96	0.01	0.02	100.11	JOEN	20.64	10.55	0.01	0.01	2.25	0.12	-0.77	-0.59
JOZ2	21.0324	52.0978	20.32	12.39	0.13	0.18	86.37	JOZ2	21	12.41	0.03	0.03	-0.28	0.82	-0.68	-0.02
KARL	8.4113	49.0112	19.87	14.6	0.03	0.04	88.27	KARL	19.83	14.55	0.03	0.01	0.25	0.34	0.04	0.05
KATO	19.0356	50.2533	21.86	8.55	0.1	0.14	87.59	KATO	22.56	8.45	0.03	0.02	-3.65	0.62	-0.7	0.1
KHAR	36.239	50.0051	23.61	10.47	0.4	0.56	89.42	KHAR	23.99	9.27	0.01	0.06	-3.34	1.41	-0.38	1.2
KIRO	21.0602	67.8776	16.09	12.48	0.01	0.02	96.73	KIRO	16.35	13.5	0.01	0.01	5.2	0.12	-0.26	-1.02
KIRU	20.9684	67.8574	15.72	13.49	0.01	0.02	95.63	KIRU	16.07	14.15	0.01	0.01	3.41	0.15	-0.35	-0.66
KLOP	8.7299	50.2198	19.25	14.96	0.02	0.02	89.04	KLOP	19.05	14.75	0.02	0.01	-1.18	0.29	0.2	0.21
KOSG	5.8096	52.1784	17.82	14.18	0.01	0.02	86.5	KOSG	18.41	15.14	0.02	0.01	-1.66	0.15	-0.59	-0.96
KRAW	19.9205	50.0661	20.64	13.02	0.07	0.1	87.96	KRAW	21.28	13.22	0.01	0.02	-1.27	0.42	-0.64	-0.2

LAGO	-8.6684	37.0989	18.02	17.13	0.06	0.06	156.03	LAGO	18.06	16.87	0.1	0.01	0.53	0.25	-0.04	0.26
LAMA	20.6699	53.8924	18.86	12.5	0.01	0.02	92.84	LAMA	20.58	12.86	0.01	0.01	0.16	0.16	-1.72	-0.36
LAMP	12.6057	35.4998	19.85	18.1	0.02	0.02	90.55	LAMP	19.94	17.53	0.01	0.01	-1.16	0.15	-0.09	0.57
LLIV	1.9731	42.4781	19.88	15.23	0.03	0.03	94.54	LLIV	20.09	14.83	0.03	0.01	0.43	0.16	-0.21	0.4
LPAL	-17.8938	28.7639	17.02	17.08	0.09	0.1	124.07	LPAL	17.27	17.36	0.32	0.08	-0.04	0.49	-0.25	-0.28
LROC	-1.2193	46.1589	18.84	15.22	0.06	0.08	94.84	LROC	18.96	15.14	0.07	0.01	-0.22	0.38	-0.12	0.08
MALL	2.6246	39.5526	18.45	15.97	0.06	0.07	93.05	MALL	17.7	16.16	0.06	0.01	-1.17	0.53	0.75	-0.19
MANS	0.1553	48.0186	19.36	14.73	0.02	0.03	90.39	MANS	18.54	15.44	0.04	0.01	-0.59	0.24	0.82	-0.71
MAR6	17.2585	60.5951	17.75	12.24	0.01	0.02	92.45	MAR6	18.12	12.76	0.01	0.01	6.32	0.11	-0.37	-0.52
MARS	5.3538	43.2788	20.46	15.78	0.02	0.03	92.16	MARS	20.21	14.85	0.03	0.01	-1.65	0.37	0.25	0.93
MAS1	-15.6333	27.7637	17.14	17.91	0.03	0.03	129.84	MAS1	17.18	17.54	0.11	0.07	1.74	0.18	-0.04	0.37
MATE	16.7045	40.6491	23.43	18.21	0.01	0.01	65.03	MATE	23.46	17.81	0.01	0.01	-1.08	0.08	-0.03	0.4
MDVO	37.2236	56.0275	21.77	9.62	0.04	0.05	94.03	MDVO	23.03	9.63	0.01	0.02	-1.99	0.37	-1.26	-0.01
MEDI	11.6468	44.52	22.76	16.47	0.01	0.02	90.13	MEDI	23.42	16.23	0.01	0.01	-3.06	0.17	-0.66	0.24
METS	24.3953	60.2175	19.63	10.94	0.01	0.02	98.92	METS	20.26	11.33	0.01	0.01	2.59	0.09	-0.63	-0.39
MIKL	31.9728	46.9728	22.63	10.71	0.07	0.1	86.42	MIKL	23.22	10.57	0.01	0.01	-3.35	0.46	-0.59	0.14
MLVL	2.5873	48.8411	18.03	15.54	0.03	0.04	91.13	MLVL	18.83	14.67	0.03	0.01	-0.94	0.16	-0.8	0.87
MOPI	17.2739	48.3727	20.9	14.07	0.03	0.03	90.05	MOPI	21.62	13.91	0.01	0.01	0.36	0.14	-0.72	0.16
MORP	-1.6855	55.2128	16.88	13.08	0.06	0.08	89.31	MORP	17.2	14.21	0.07	0.01	-0.88	0.43	-0.32	-1.13
NEWL	-5.5428	50.103	16.29	15.65	0.14	0.19	92.44	NEWL	17.26	15.27	0.17	0.01	-2.98	0.73	-0.97	0.38
NICO	33.3964	35.141	18.05	14.82	0.02	0.02	67.8	NICO	19.58	13.55	0.01	0.03	-1.44	0.21	-1.53	1.27
NOT1	14.9898	36.8758	21.23	18.14	0.01	0.01	82.22	NOT1	21.32	18.91	0.02	0.01	-2.11	0.21	-0.09	-0.77
NPLD	-0.3396	51.421	17.6	15.11	0.06	0.09	90.69	NPLD	17.87	15.32	0.06	0.01	-1.3	0.39	-0.27	-0.21
NSSP	44.5029	40.2265	27.54	16.18	0.04	0.05	85.95	NSSP	28.35	15.42	0.01	0.01	-5.05	0.88	-0.81	0.76
NYA1	11.8653	78.9296	10.84	12.75	0.02	0.03	88.11	NYA1	10.29	14.3	0.02	0.02	7.89	0.07	0.55	-1.55
NYIR	22.1358	47.8352	22.65	11.51	0.16	0.22	87.27	NYIR	22.8	11.49	0.03	0.03	-6.52	1.05	-0.15	0.02
OBE2	11.2799	48.0862	20.26	14.57	0.04	0.05	88.45	OBE2	20.78	14.33	0.02	0.01	-0.84	0.22	-0.52	0.24
ONSA	11.9255	57.3953	17.26	13.1	0.01	0.01	89.42	ONSA	17.6	13.3	0.02	0.01	2.06	0.1	-0.34	-0.2
ORID	20.794	41.1273	24.09	10.58	0.03	0.03	80.6	ORID	24.46	10.24	0.01	0.01	0.17	0.17	-0.37	0.34
OROS	20.6713	46.5552	21.51	14.27	0.06	0.08	86.47	OROS	21.92	14.41	0.01	0.01	-3.92	0.35	-0.41	-0.14
OSJE	18.6805	45.5608	22.25	14.01	0.03	0.04	86.38	OSJE	22.68	13.94	0.01	0.01	-2.54	0.16	-0.43	0.07
OSLS	10.3678	59.7366	15.79	13.87	0.02	0.04	89.78	OSLS	16.23	14.04	0.02	0.01	4.14	0.16	-0.44	-0.17
PADO	11.8961	45.4112	21.86	16.58	0.01	0.01	87.95	PADO	21.38	14.72	0.02	0.01	-1.03	0.41	0.48	1.86
PDEL	-25.6628	37.7477	13.63	16.17	0.06	0.06	163.29	PDEL	14.56	15.71	0.37	0.12	-6.77	0.45	-0.93	0.46
PENC	19.2815	47.7896	22	13.5	0.01	0.02	89.86	PENC	22.49	13.22	0.01	0.01	-2.13	0.18	-0.49	0.28
PFAN	9.7847	47.5153	20.75	15.17	0.01	0.01	89.36	PFAN	21.08	14.5	0.01	0.01	1.46	0.17	-0.33	0.67

POLV	34.5429	49.6026	22.04	11.03	0.04	0.06	88.46	POLV	22.65	10.97	0.01	0.01	-5.78	0.24	-0.61	0.06
POTS	13.0661	52.3793	19.08	13.92	0.01	0.01	91.18	POTS	19.52	13.86	0.01	0.01	-0.88	0.07	-0.44	0.06
PRAT	11.0991	43.8856	21.69	16.04	0.05	0.06	89.99	PRAT	21.9	16.36	0.03	0.01	-1.7	0.62	-0.21	-0.32
PTBB	10.4597	52.2962	18.9	13.93	0.02	0.02	88.01	PTBB	19.35	14.2	0.03	0.01	-2.96	0.41	-0.45	-0.27
QAQ1	-46.0478	60.7153	-16.73	14.78	0.07	0.09	92.08	QAQ1	-16.51	13.61	0.26	0.19	-4.09	0.37	-0.22	1.17
RABT	-6.8543	33.9981	16.48	17.39	0.04	0.04	110.58	RABT	16.76	17.46	0.08	0.02	-2.42	0.26	-0.28	-0.07
RAMO	34.7631	30.5976	22.03	19.63	0.03	0.03	71.06	RAMO	21.84	18.73	0.01	0.03	-2.94	0.46	0.19	0.9
REDU	5.1449	50.0015	19.4	14.63	0.09	0.13	90.27	REDU	19.76	14.69	0.07	0.01	-0.93	0.57	-0.36	-0.06
REYK	-21.9555	64.1388	-9.9	20.04	0.01	0.02	62.01	REYK	-10.04	19.03	0.13	0.04	-0.71	0.35	0.14	1.01
RIGA	24.0588	56.9486	20.47	11.7	0.01	0.02	95.16	RIGA	20.5	11.97	0.01	0.01	0.01	0.2	-0.03	-0.27
SASS	13.6433	54.5136	17.95	13.74	0.08	0.11	89.32	SASS	19.2	14.06	0.04	0.02	1.91	0.64	-1.25	-0.32
SBGZ	13.1104	47.8034	21.48	14.38	0.01	0.01	89.26	SBGZ	21.52	14.09	0.01	0.01	-0.18	0.12	-0.04	0.29
SFER	-6.2056	36.4643	15.78	16.81	0.02	0.02	107.93	SFER	15.76	16.48	0.11	0.01	1.46	0.38	0.02	0.33
SJDV	4.6766	45.8791	19.7	14.74	0.05	0.06	89.67	SJDV	19.96	14.72	0.03	0.01	-0.79	0.26	-0.26	0.02
SKE0	21.0483	64.8792	16.93	13.61	0.08	0.12	89.66	SKE0	17.53	13.93	0.02	0.02	10.28	0.54	-0.6	-0.32
SMID	9.5593	55.6406	17.34	13.86	0.07	0.1	90.03	SMID	17.46	14.12	0.04	0.01	-0.32	0.42	-0.12	-0.26
SNEC	15.7397	50.7359	41.57	2.55	0.3	0.42	87.68	SNEC	39.1	3.82	0.07	0.05	-15.86	1.45	2.47	-1.27
SODA	26.3891	67.4209	17.7	11.45	0.01	0.02	100.18	SODA	18.06	12.16	0.01	0.01	5.07	0.14	-0.36	-0.71
SOFI	23.3947	42.5561	23.67	10.86	0.02	0.02	86.71	SOFI	23.97	10.78	0.01	0.01	-2.53	0.2	-0.3	0.08
SPT0	12.8913	57.715	17.52	12.97	0.05	0.07	90.1	SPT0	17.8	13.16	0.03	0.01	2.22	0.34	-0.28	-0.19
SRJV	18.4139	43.8679	22.18	16.17	0.04	0.05	86.91	SRJV	23.46	14.87	0.01	0.01	-2.08	0.31	-1.28	1.3
STAS	5.5986	59.0177	15.6	14.35	0.02	0.03	86.17	STAS	15.74	14.63	0.02	0.01	0.95	0.15	-0.14	-0.28
SULD	9.7422	56.8418	19.63	13.2	0.07	0.1	89.98	SULD	17.71	13.45	0.06	0.02	3.22	0.67	1.92	-0.25
SULP	24.0145	49.8356	21.47	12.57	0.05	0.07	87.22	SULP	22.1	12.51	0.01	0.01	-3.1	0.27	-0.63	0.06
SVTL	29.7809	60.5329	20.65	9.71	0.04	0.04	84.19	SVTL	21.42	10.25	0.01	0.02	-0.78	0.25	-0.77	-0.54
TERS	5.2194	53.3627	19.08	13.53	0.02	0.03	89.04	TERS	19.21	13.61	0.03	0.01	-1.59	0.24	-0.13	-0.08
THU3	-68.825	76.537	-21.18	4.96	0.07	0.08	115.92	THU3	-22.07	4.11	0.15	0.21	-0.9	0.54	0.89	0.85
TORI	7.6613	45.0634	20.47	14.77	0.03	0.03	90.5	TORI	20.75	14.76	0.02	0.01	0.03	0.17	-0.28	0.01
TOUL	1.4808	43.5608	19.3	15.71	0.06	0.07	89.78	TOUL	19.66	15.73	0.06	0.01	1.74	0.52	-0.36	-0.02
TRAB	39.7756	40.9947	24.54	12.02	0.02	0.03	79.74	TRAB	25.4	11.36	0.02	0.02	-4.73	0.21	-0.86	0.66
TRDS	10.3192	63.3714	14.28	14.52	0.02	0.03	87.32	TRDS	14.38	14.96	0.02	0.01	3.29	0.15	-0.1	-0.44
TRO1	18.9396	69.6627	14.66	12.82	0.02	0.02	93.9	TRO1	16.68	15.09	0.02	0.01	1.33	0.33	-2.02	-2.27
TUBO	16.5928	49.2059	20.69	13.67	0.05	0.07	86.75	TUBO	21.28	13.72	0.02	0.01	-1.75	0.27	-0.59	-0.05
UNPG	12.3557	43.1194	20.74	15.5	0.05	0.07	89.24	UNPG	21.1	15.21	0.03	0.01	0.72	0.38	-0.36	0.29
UZHL	22.2976	48.632	21.25	12.45	0.02	0.03	90.02	UZHL	22.04	12.4	0.01	0.01	-3.06	0.16	-0.79	0.05
VAAS	21.7706	62.9612	18.15	11.53	0.01	0.02	95.62	VAAS	18.61	12.14	0.01	0.01	7.17	0.12	-0.46	-0.61

VALE	-0.3376	39.4808	21.01	14.82	0.05	0.06	98.96	VALE	21.4	14.64	0.05	0.01	-2.04	0.27	-0.39	0.18
VARS	31.0312	70.3364	17.18	10.57	0.03	0.04	100.13	VARS	17.68	11.75	0.01	0.01	1.62	0.2	-0.5	-1.18
VFCH	1.7197	47.2942	18.94	15.59	0.27	0.37	94.21	VFCH	18.71	15.34	0.19	0.02	0.06	1.43	0.23	0.25
VIL0	16.5599	64.6978	15.71	13.13	0.01	0.02	93.31	VIL0	15.89	13.81	0.02	0.01	7.71	0.1	-0.18	-0.68
VILL	-3.952	40.4436	19.43	15.98	0.01	0.01	100.31	VILL	19.78	16.2	0.03	0.01	-2.22	0.08	-0.35	-0.22
VISO	18.3673	57.6539	18.72	12.09	0.01	0.02	92.47	VISO	19.2	12.41	0.01	0.01	2.18	0.1	-0.48	-0.32
VLNS	25.2987	54.6531	20.74	12.3	0.04	0.06	92.18	VLNS	21.47	12.1	0.01	0.01	-2.13	0.35	-0.73	0.2
WARE	5.2453	50.6899	18.63	14.45	0.03	0.03	89.67	WARE	18.93	14.82	0.03	0.01	-0.75	0.26	-0.3	-0.37
WARN	12.1014	54.1698	18.52	13.86	0.08	0.12	90.14	WARN	18.82	14.2	0.03	0.01	-0.37	0.47	-0.3	-0.34
WROC	17.062	51.1133	19.58	13.4	0.01	0.02	90.8	WROC	20.48	13.33	0.01	0.01	-0.63	0.15	-0.9	0.07
WSRT	6.6045	52.9146	17.91	14.93	0.01	0.02	89.55	WSRT	18.23	15	0.02	0.01	-1.53	0.1	-0.32	-0.07
WTZR	12.8789	49.1442	20.27	14.29	0.01	0.01	90.82	WTZR	20.26	14.21	0.01	0.01	-1.01	0.07	0.01	0.08
YEBE	-3.0886	40.5249	19.21	15.67	0.02	0.03	98.52	YEBE	19.45	15.57	0.04	0.01	1.06	0.15	-0.24	0.1
ZECK	41.5651	43.7884	25.42	9.69	0.01	0.01	80.91	ZECK	25.31	9.55	0.01	0.01	-1.52	0.4	0.11	0.14
ZIMM	7.4653	46.8771	20.24	15.05	0.01	0.01	85.7	ZIMM	20.4	15	0.02	0.01	0.38	0.11	-0.16	0.05
ZOUF	12.9736	46.5572	20.85	14.9	0.11	0.14	92.36	ZOUF	21.58	14.88	0.05	0.01	-0.89	0.7	-0.73	0.02
ZWEN	36.7586	55.6993	22.11	9.16	0.03	0.04	92.92	ZWEN	23.02	9.47	0.01	0.01	-3.11	0.3	-0.91	-0.31
ZYWI	19.206	49.6867	20.79	13.49	0.1	0.14	87.92	ZYWI	21.47	13.45	0.03	0.02	-2.26	0.61	-0.68	0.04

Appendice 3

Dati tabellari dello strain rate con $d_0=200$ km. Per ogni sito vengono indicati la latitudine, longitudine, autovalore negativo (compressione), incertezza, autovalore positivo (distensione), incertezza, azimuth (gradi), incertezza, e numero di stazioni (velocità) ricadenti in un intorno d_0 , e uniformemente distribuite in azimuth. Le unità dello strain rate sono nanostrain/anno.

site	lat	lon	compr	sig_c	estens	sig_e	azim	sig_a	# sta
ACOM	13.51	46.55	10.62	0.59	26.45	0.65	79.87	3.76	25
AFAL	12.17	46.53	-39.49	7.26	4.96	6.98	52.46	6.59	30
ARDE	10.2	46.78	-1.46	9.1	32.88	8.57	30.99	8.82	23
ASIA	11.53	45.87	-6.88	1.64	-4.65	1.2	-82.98	139.74	25
BISK	17.43	50.26	-93.83	2.59	-20.45	2.53	21.2	1.12	7
BRAS	11.11	44.12	-17.05	0.31	3.08	0.33	70.41	3.17	12
BRIX	10.23	45.56	-5.14	2.16	35.9	2.1	-42.14	4.15	20
BZRG	11.34	46.5	-28.95	0.73	17.53	0.76	68.87	4.08	30
EIJS	5.68	50.76	-1.71	0.55	4.1	0.45	-60.44	2.99	9
FLDK	9.58	47.23	9.63	2.87	43.69	2.71	68.47	3.4	19
FRLG	12.98	47.84	-24.3	3.28	47.34	3.19	62.55	1.11	27
GENO	8.92	44.42	-6.79	0.17	22.57	0.18	37.75	1.35	8
GMND	13.8	47.92	-23.35	5.15	6.64	4.78	19.4	9.48	27
GOPE	14.79	49.91	-74.62	3.57	53.7	3.52	77.93	1.66	11
GRMP	11.14	47.51	-15.54	9.09	21.96	8.75	55.54	15.54	26
HFLK	11.39	47.31	20.48	10.18	48.04	9.65	-29.88	24.82	28
HKBL	13.77	47.38	-31.43	0.52	35.45	0.58	-60.61	6.29	28
KOSG	5.81	52.18	-6.47	0.13	1.64	0.11	50.53	0.88	9
KRBG	10.63	47.15	-20.76	0.95	25.55	1	-0.4	1.35	23
KTZB	12.36	47.42	-46.88	8.31	10.51	8.09	-40.14	9.04	32
LEC1	9.41	45.86	-49.63	6.22	5.55	5.99	-73.69	3.79	21
LECH	10.14	47.22	-33.44	0.78	-0.93	0.66	6.84	4.9	21
LIND	9.71	47.56	-76.76	0.58	51.4	0.57	-70.4	0.24	19
LINZ	14.28	48.31	-24.67	1.68	1.74	1.48	-2.13	5.34	23
MDEA	13.44	45.92	-29.31	0.87	-5.47	0.8	-70.64	2.01	20
MEDI	11.65	44.52	-26.3	0.83	19.19	0.84	46.66	3.85	11
MERA	11.16	46.67	9.08	2.23	27.02	2.05	-76.67	0.9	29
MPRA	12.99	46.24	-27.65	3.27	-4.14	3.05	-73.54	1.19	26
NOVA	8.61	45.45	-31.26	3.34	37.21	3.22	-87.07	3.38	9

PADO	11.9	45.41	-31.58	4.56	13.37	4.41	28.27	3.58	18
PASS	13.44	48.57	-44.63	2.94	35.1	2.93	-68.94	3.37	17
PATK	11.46	47.21	20.35	8.55	64.56	8.26	-28.84	12.73	29
PAVI	9.14	45.2	-8.24	3.28	2.61	2.79	-13.18	17	9
PENC	19.28	47.79	-9.97	0.01	6.24	0.09	-60.11	6.04	4
PFAN	9.78	47.52	-68.85	1.15	38.02	1.13	-69.83	0.25	20
PFRK	12.93	48.43	-25.97	1.48	28.28	1.47	-59.25	2.33	17
PRAT	11.1	43.89	-10.69	1.13	-0.03	1.03	62.01	11.76	9
RIED	13.49	48.2	-3	3.45	8.55	2.73	77.66	13.43	23
ROHR	14	48.57	-23.69	0.02	22.75	0.13	-78.52	5.97	16
ROVE	11.04	45.89	0.61	0.46	18.09	0.19	-70.68	22.3	26
ROVI	11.78	45.09	-44.33	7.14	28.36	7	39.51	5.4	16
RTMN	14.34	47.52	-52.4	2.09	11.83	2.06	-32.52	2.89	26
SARG	9.51	46.98	2.71	2.79	101.92	2.71	44.18	2.62	21
SBGZ	13.11	47.8	-27.62	3.52	50.28	3.42	63.34	0.91	27
SNEC	15.74	50.74	-39.46	0.04	0.4	0.08	32.54	4.69	6
STGA	9.35	47.44	-29.57	3.04	64.25	2.98	-79.78	1.16	19
STPO	15.63	48.2	-57.45	8.83	39.89	8.71	73.57	5.94	18
TREN	11.12	46.07	-18.69	0.13	8.12	0	88.54	2.97	27
TRFB	15.86	47.93	-28.89	8.14	29.92	7.91	81.41	7.78	16
TRIE	13.76	45.71	-17.44	2.95	-2.42	2.51	-78.92	15.41	14
TUBO	16.59	49.21	-56.56	7.17	-2.46	6.91	20.14	5.05	10
VACO	13.72	49.13	-33.76	9.75	93.65	9.59	68.46	3.69	15
VLCH	13.85	46.61	11.96	3.3	35.42	3.09	87.92	6.39	23
WARE	5.25	50.69	-1.05	0.5	4.55	0.42	-53.66	5.15	8
WARE	5.25	50.69	-1.05	0.5	4.55	0.42	-53.66	5.15	8
WETT	12.88	49.14	-5.92	1.26	12.11	1.26	-82.05	4.82	15
WIEN	16.37	48.22	-16.85	7.77	-3.87	6.71	-57.97	1.38	12
ZOUF	12.97	46.56	-2.53	1.6	3.38	1.37	26.34	24.76	28
ZYWI	19.21	49.69	-66.19	1.23	4.16	1.18	73.08	0.77	5

Programma ADDNEQ del Bernese v. 4.2: EUREF+UPA+GP_ combinate in unico SINEX.
EUREF sovrappesato rispetto a UPA e GP_:

Dati in ingresso, con i relativi fattori di peso:

FILE	FILE NAME	RMS (SINGLE DIFFERENCE)
1	C:\STORICRD\OUT\EUR13667.NEQ	0.0020
2	C:\STORICRD\OUT\UPA13667.NEQ	0.0020
3	C:\STORICRD\OUT\GP_13667.NEQ	0.0012

I dati in ingresso vengono riscaldati, sovrappesando di un fattore 100 il file relativo alla rete EUREF

FILE	FILE NAME	VALUE	RMS	GRP
1	C:\STORICRD\OUT\EUR13667.NEQ	1.0000	0.000000	EUR
2	C:\STORICRD\OUT\UPA13667.NEQ	0.0100	0.000000	UPA
3	C:\STORICRD\OUT\GP_13667.NEQ	0.0100	0.000000	GP_

Risultato della combinazione: La stazione HFLK è comune a tutte e tre le reti, mentre la stazione RTMN è presente nelle sole reti austriaca e italiana: i residui delle soluzioni individuali rispetto alla soluzione combinata sono espressi in mm. Lo scarto quadratico medio delle soluzioni originarie rispetto a quella combinata non eccede mai 0.5 mm, a dimostrazione della eccellente qualità dei dati in ingresso.

TOTAL NUMBER OF STATIONS: 258				1	2	3

123	HFLK 11006S003	3	N 0.1	0.1	-0.1	0.0
			E 0.3	0.0	-0.2	0.3
			U 0.5	0.1	0.6	-0.4
802	RTMN 11037S001	2	N 0.2	-0.1	-0.2	
			E 0.1	0.0	-0.1	
			U 0.5	0.5	0.0	

Tab. 1 - Esempio di combinazione di tre soluzioni settimanali di reti regionali. La rete EUREF viene presa come riferimento e pertanto sovrappesata rispetto alle sottoreti Italiane e austriache. Le stazioni comuni vengono impiegate perché la rete risultante sia allineata alla rete EUREF. Si noti che, comunque, gli scarti submillimetrici dimostrano che già le soluzioni di rete in ingresso sono perfettamente allineate e consistenti tra loro, pur venendo da centri di analisi diversi.

Allineamento a IGS/ITRF2000

•	BOR1 12205M002	POS	
•	KOSG 13504M003	POS	
•	ZIMM 14001M004	POS	VEL
•	POTS 14106M003	POS	VEL
•	GRAS 10002M006	POS	VEL
•	GRAZ 11001M002	POS	
•	VILL 13406M001		VEL
•	ZECK 12351M001		VEL

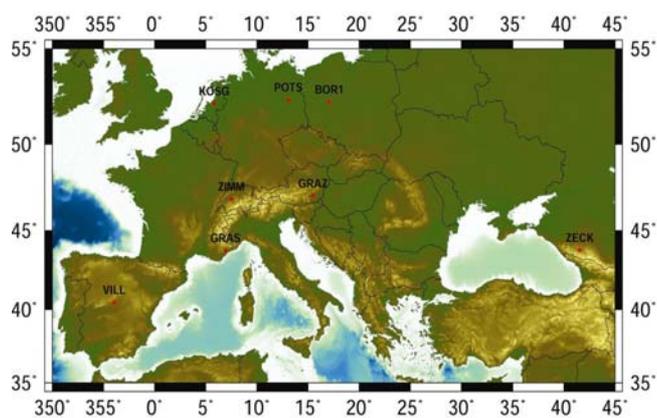


Figura 1- Localizzazione delle stazioni EUREF/IGS utilizzate per realizzare il sistema ITRF2000 allineando posizioni e velocità.

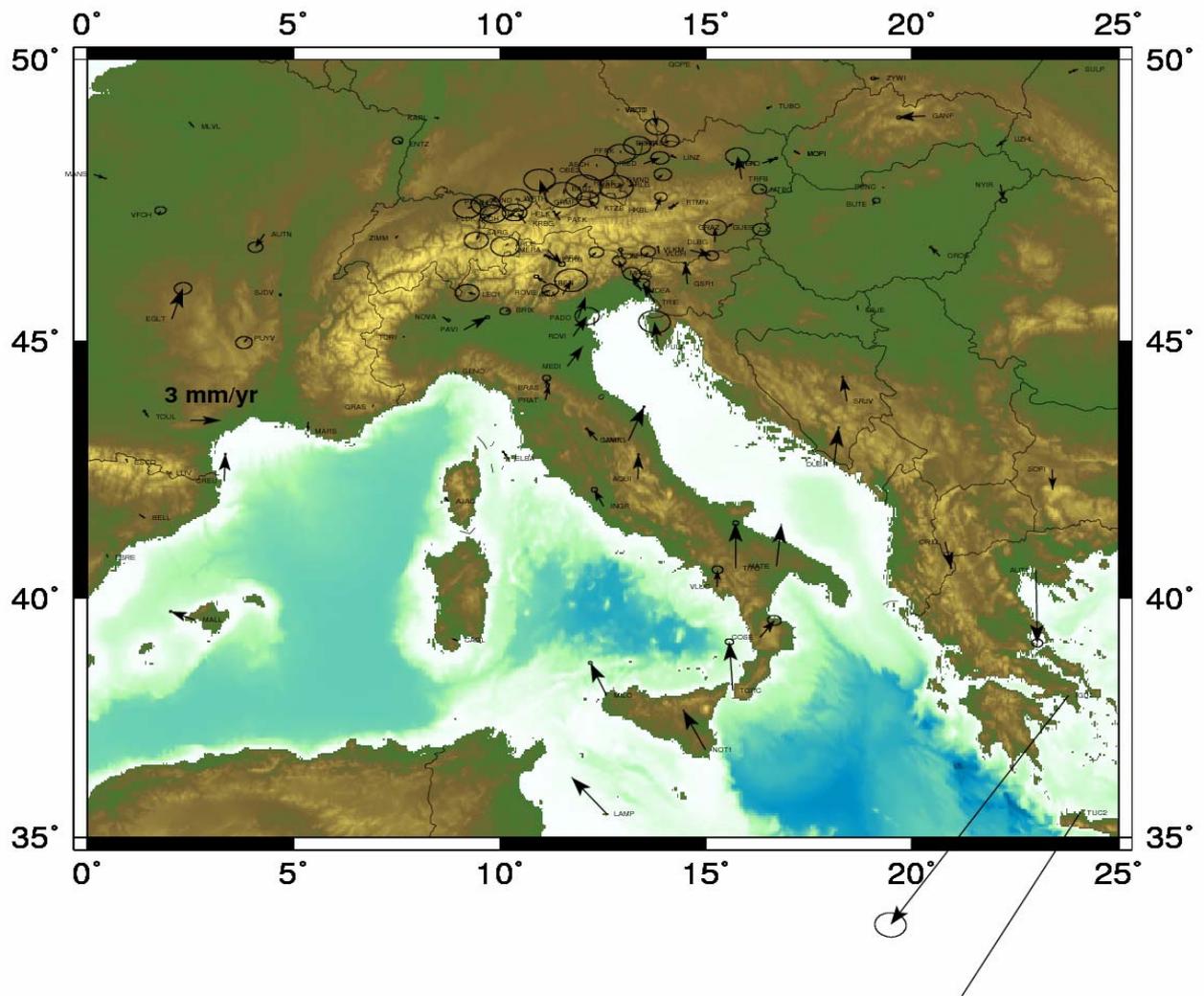


Figura 2 - Velocità stimate con la combinazione poliennale (1996-2006) di equazioni normali relative alla rete combinat EUREF, Italiana e Austriaca. Ellissi di errore 2σ □ □ Viene visualizzata la sola area Mediterranea, ma la soluzione è disponibile per tutta l'area europea.

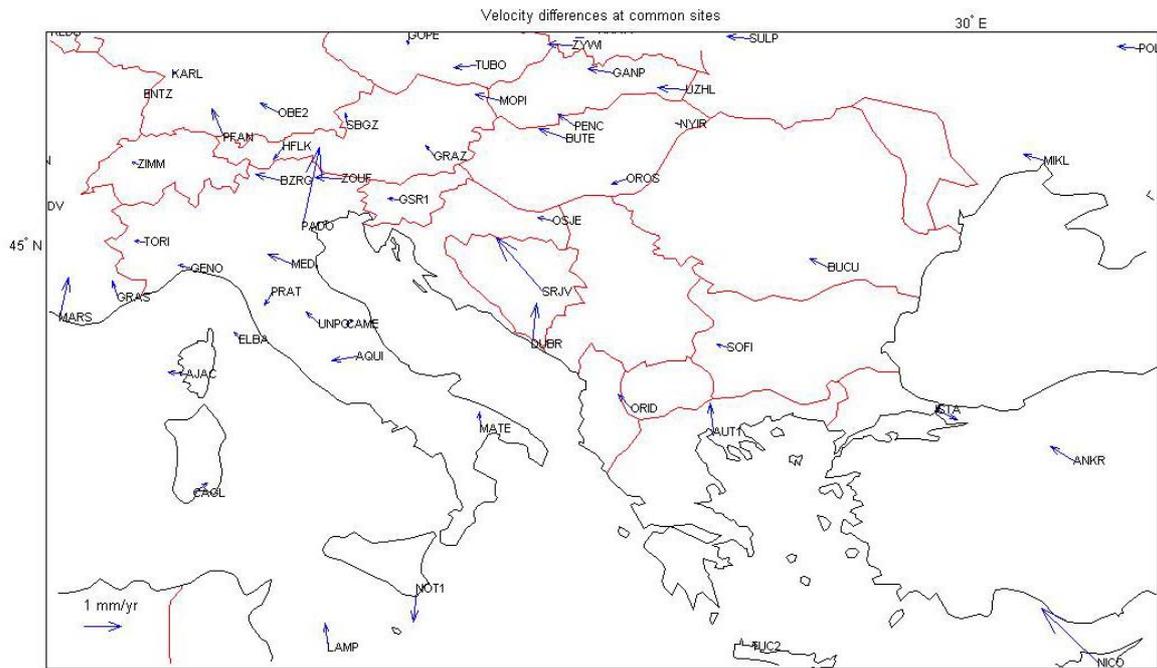


Figura 4 - Differenze tra la nostra soluzione e le velocità EUREF in Figura 3,. Le discrepanze sono entro la soglia di 1 mm/anno, eccetto che per PADO e SRJV.

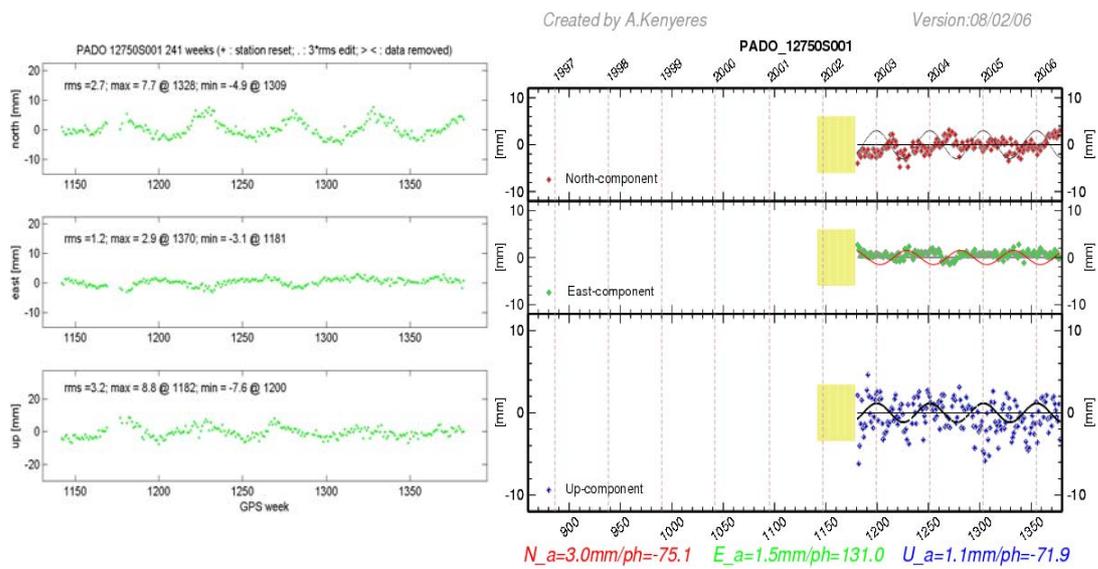


Figura 5 - Serie storiche delle coordinate di PADO, dopo aver sottratto una retta di regressione, nella soluzione nostra (a sinistra) e EUREF (a destra). In quest'ultima soluzione si nota un editing dei primi 6 mesi, mentre nella nostra soluzione questi dati sono stati tenuti e appaiono accettabili. Questa differenza soggettiva di criteri di editino può essere responsabile della discrepanza in velocità, specie in presenza di una componente periodica annuale, come in questo caso.

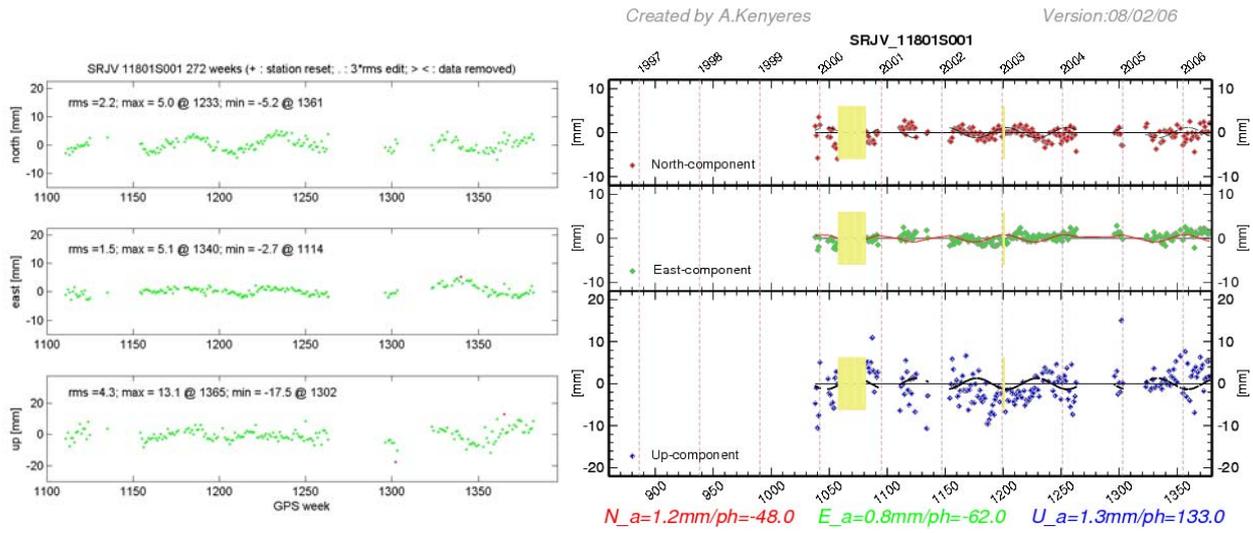


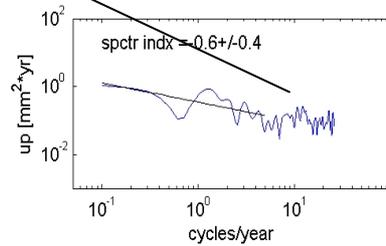
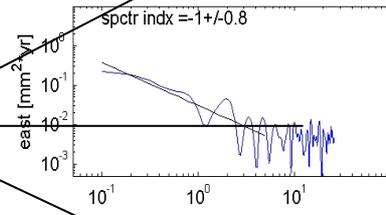
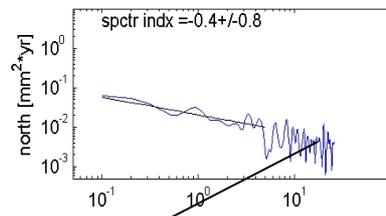
Figura 6 - Analisi della serie temporale di SRJV secondo la nostra soluzione (sinistra) e EUREF (destra). Valgono le stesse considerazioni che per PADO (Figura 5).

$$S_x(f) \approx G_x(f) = \sum_{i=0}^4 \frac{k-i}{f^i} \left[\text{mm}^2 \text{yr} \right]$$

- i = 0 WhitePhaseNoise;
- i = 1 FlickerPhaseNoise;
- i = 2 WhiteFrequencyNoise
or RandomPhaseWalk;
- i = 3 FlickerFrequencyNoise;
- i = 4 RandomFrequencyWalk

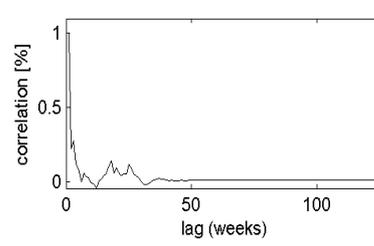
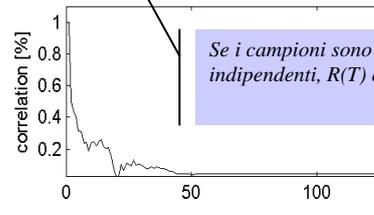
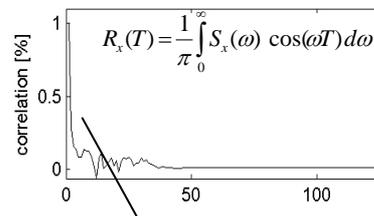
La componente ad alta frequenza (> 1 ciclo/6 mesi) è caratterizzata da rumore bianco

POTS: Residual PSD after removal of annual term



$$Z \equiv \begin{bmatrix} x_0 \\ v_0 \end{bmatrix} = [A^T \rho_x A]^{-1} A^T \rho_x X_0$$

Autocorrelation of POTS



Se i campioni sono temporalmente indipendenti, R(T) è un Dirac delta

Figura 7- Esempio di analisi spettrale delle tre componenti Nord, Est e Up di una serie storica, dopo aver rimosso le componenti sinusoidali. A sinistra la densità spettrale di potenza mostra un indice spettrale tipicamente -1 alle basse frequenze, significativo di un rumore 'flicker' di fase. A destra la funzione di autocorrelazione consente di verificare la dipendenza statistica dei campioni in funzione della loro separazione temporale. La funzione di autocorrelazione viene impiegata nella analisi di regressione al fine di rendere più rigorosa la stima della velocità.

$$C_{ij}(d) = \frac{C_{ij}(0)}{1 + (d/d_0)^2} \quad i, j = e(ast), n(orth);$$

$$C(d) = \begin{bmatrix} C_{nn} & C_{en} \\ C_{en} & C_{ee} \end{bmatrix}$$

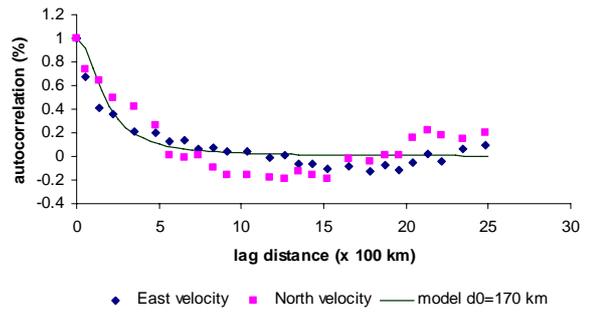


Figura 8 - Autocorrelazione delle velocità osservate, in funzione della distanza relativa tra stazioni. La curva continua rappresenta il fit a una funzione decrescente con l'inverso del quadrato della distanza. La distanza di scala è compresa tra 150 e 250 km.

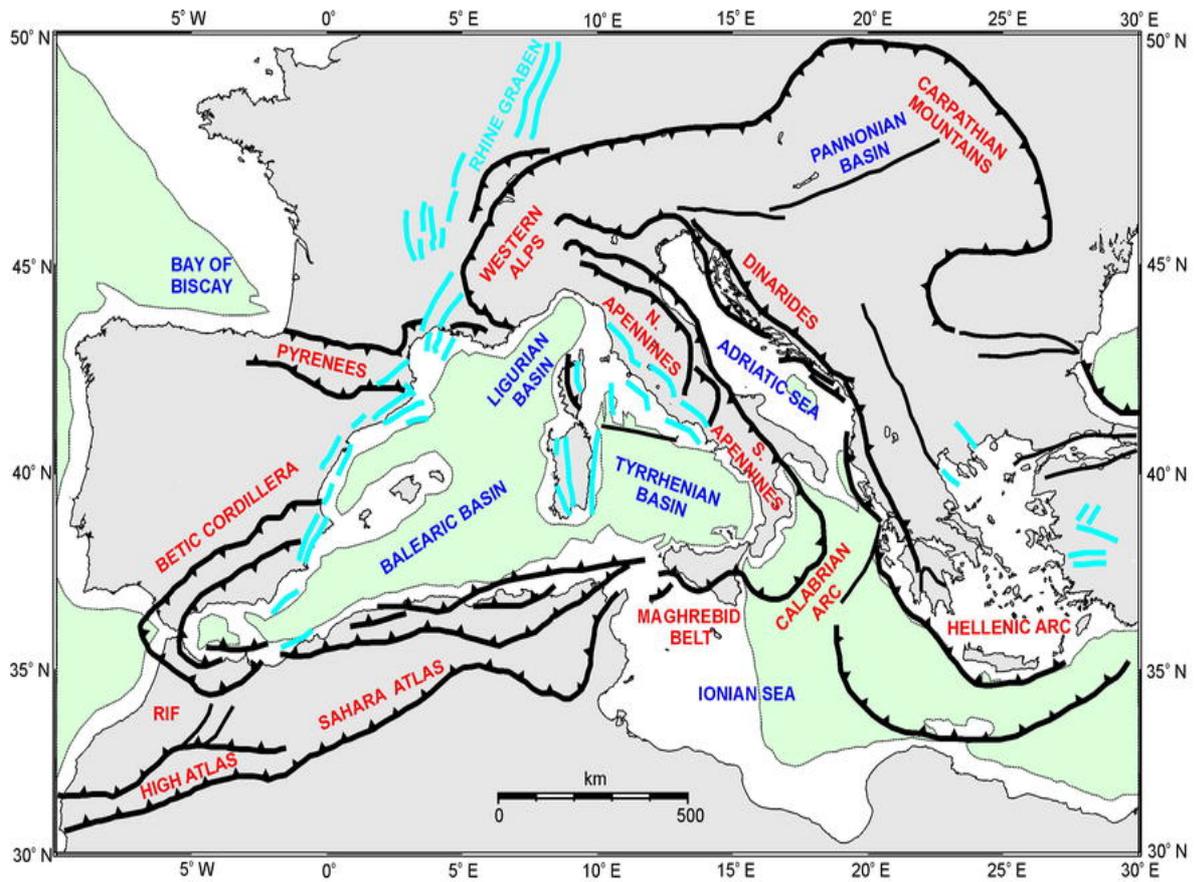


Figura 9 - La struttura regionale dei maggiori lineamenti tettonici (Jolivet e Faccenna, 2000) è caratterizzata da una lunghezza d'onda caratteristica dell'ordine di 2-300 km, consistente con la scala della funzione di autocorrelazione delle velocità

$$D \frac{d^4 w}{dx^4} + (\rho_m - \rho_c) g w = 0$$

$$D = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)} \quad \alpha = \left[\frac{4D}{(\rho_m - \rho_c)g} \right]^{1/4}$$

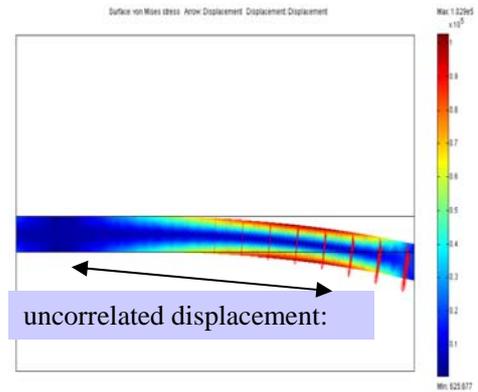


Figura 10 - Modello agli elementi finiti di una lamina elastica semiinfinita, sorretta isostaticamente e caricata all'estremità libera da una forza verticale. La deformata ha una lunghezza d'onda caratteristica confrontabile con la distanza di scala della funzione di autocorrelazione delle velocità.



Figura 11 - Esempio di calcolo dello strain rate. A sinistra il punto centrale è uniformemente circondato da almeno altri quattro punti di velocità nota, entro una circonferenza di raggio pari alla distanza di decorrelazione delle velocità. A destra, le cinque velocità sono mappate in strain rate, che viene associato a un'area centrata nel punto centrale della figura a sinistra, e di estensione uguale a una circonferenza di raggio pari alla distanza di decorrelazione.

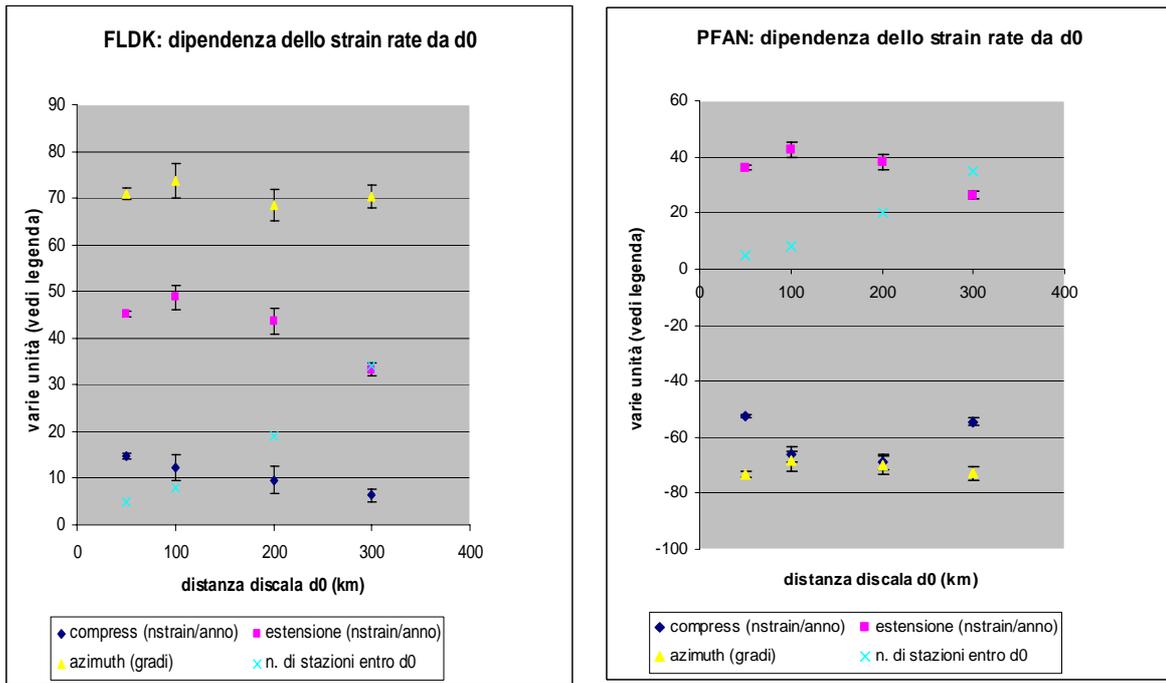


Figura 12 - Calcolo dello strain rate con distanze di scala 300, 200 100 e 50 km per due stazioni austriache FLDK e PFAN situate in zone sufficientemente dense di stazioni GPS. La figura mostra che non vi sono sostanziali modifiche, e conferma che il grado di regionalità delle nostre stime si misura su circonferenza di raggio compreso tra 150 e 250 km.



UR 3.2b - Coordinatore: Carla Braitenberg (Università di Trieste)

Hanno collaborato:

Dott.ssa Chiara Pinato Gabrieli, Dott. Ing. Ildiko' Nagy, Prof. Claudio Ebblin, Prof. Maria Zadro, Sergio Zidarich, Dott.ssa Barbara Grillo

A) Risultati delle attività delle due annualità del progetto

Obiettivi prefissati:

Gli obiettivi principali della UT 3.2b consistevano nell'esame in dettaglio del tasso di deformazione in Friuli e nel Veneto orientale dall'analisi di osservazioni geodetiche terrestri e spazio-geodetiche. In particolare, le osservazioni competono a misure continue di GPS, di clinometri ed estensimetri, e di dati di livellazione. Argomento importante era di considerare le scale temporali diverse a disposizione e le implicazioni sui tassi di deformazione ottenibili. Infatti, le misure ripetute di livellazione coprono un arco di 50 anni, le osservazioni clinometriche ed estensimetriche 30-40 anni, e quelle GPS soltanto fino a 4 anni. Nell'ambito del progetto e' stata ampliata la rete di stazioni con la nuova stazione clinometrica Bus de la Genziana, sull'Altipiano del Cansiglio. La stazione dimostra una marcata direzione di inclinazione verso sud, di entita' maggiore di quella rilevata nella stazione di Villanova (Friuli orientale).

1 - Tassi di deformazione dalle osservazioni clinometriche ed estensimetriche

1.1 - Stazione Villanova

Le osservazioni della stazione di Villanova permettono di calcolare il tasso di deformazione da una terna di estensimetri e da una coppia di clinometri (operanti dal 1979) con un alto grado affidabilità. La stazione di Villanova e' localizzata nell'interno della fascia altamente sismica del Friuli (Fig.1). La stazione si trova a 60m di profondità dal piano campagna.

1.2 - Tassi medi di deformazione orizzontale da misure dirette in grotta.

I tre estensimetri co-planari della grotta permettono di calcolare il tensore di deformazione in un sistema di riferimento allineato con le direzioni cardinali NS, EW, ed anche i tassi di deformazione principali e le direzioni principali. I tre estensimetri sono allineati lungo le direzioni N135E (S2), N28E (S3) e N68E (S4).

Sull'intero arco temporale a disposizione (1979-2007), l'interpolazione lineare delle deformazioni osservate risulta in un tasso di deformazione (negativo: compressione, positivo: estensione) con valori principali $-4.3 \cdot 10^{-7}/a$ (N170E) e $3.7 \cdot 10^{-7}/a$ (N80E).

Sull'arco temporale comparabile alle osservazioni GPS della rete Frednet (2000-2007.3) le derivate temporali dei tre estensimetri sono, rispettivamente:

S2: $-66.6 \cdot 10^{-09}/a$, S3: $-197.1 \cdot 10^{-09}/a$, S4: $-19.0 \cdot 10^{-09}/a$. Questo si traduce nei tassi lungo le direzioni principali di:

$e1 = -2.4 \cdot 10^{-07}/a$, orientato N6E ed $e2 = +0.4 \cdot 10^{-07}/a$ orientato N94E.

Si osserva come il tasso medio di deformazione e' variato nel tempo, ed è minore per gli ultimi anni (2000-2007) rispetto a tutto l'intervallo a disposizione che comprende la fase post-sismica della crisi sismica del 1976. Le direzioni del movimento invece sono pressoché invariate, e sono orientate nelle direzioni NS (compressione) ed EW (estensione).

1.3 – Tassi medi d'inclinazione - stazione Villanova, fascia sismica Friuli orientale

La coppia di clinometri della stazione di Villanova è attiva dal 1979. Nella Fig. 2a è rappresentata l'evoluzione temporale dell'inclinazione, le diverse colorazioni indicanti successivi intervalli temporali. Il tilt medio è di 2200 nrad/a in direzione N72E. La direzione dell'inclinazione rimane stabile dopo il 1983, che potrebbe essere un indice del fatto che dopo tale data si è esaurita la fase post-sismica dell'evento del 1976 ed è iniziato un nuovo ciclo sismico. Tale differenza nel comportamento temporale si osserva anche nella sismicità, che ha perdurato per diversi anni dopo l'evento del 1976 a essere concentrata nell'area epicentrale dell'evento.

1.4 – Tasso d'inclinazione media nella stazione della Grotta Gigante- area a-sismica

Il tasso di deformazione osservato nella stazione di Villanova è molto maggiore del tasso osservato nella stazione della Grotta Gigante, nel Carso Triestino. Qui il tasso d'inclinazione media (intervallo 1966-2006) è di 25 nrad/a in direzione N45W. Il tasso d'inclinazione minore della stazione di Trieste è attribuibile al fatto che la stazione è situata sulla placca Adria, mentre la stazione Villanova, in piena fascia sismica, è situata nella zona di elevata deformazione della placca Eurasiatica.

2 – Tilting al confine occidentale del Friuli-Venezia Giulia- Veneto orientale

Nell'ambito del presente progetto è stata installata una nuova stazione geofisico - geodetica ipogea nel Bus de la Genziana (1000VTV), nella Riserva Naturale Ipogea del Cansiglio (Veneto Orientale) secondo il D.M. del 12 luglio 1987.

Vengono presentati e descritti i risultati del primo anno di registrazione da dicembre 2005 a maggio 2007.

La localizzazione di questa cavità, situata nella parte veneta del Pian Cansiglio nel comune di Fregona (Treviso), è in posizione strategica in quanto completa verso Ovest la rete di stazioni clinometriche già esistenti, costituita dalla stazione della Grotta Gigante (TS) e della Grotta Nuova di Villanova (UD). La cavità inoltre si trova in zona sismica, che ha avuto il più recente evento di magnitudo considerevole nel 1936.

2.1 – Le osservazioni delle maree terrestri

Uno dei segnali di deformazione noti teoricamente è quello della deformazione della grotta causata dalle maree terrestri. Le maree terrestri sono utili a stabilire il corretto funzionamento continuo dell'accoppiamento degli strumenti con il terreno, in quanto il segnale può essere calcolato teoricamente e poi confrontato con le osservazioni. Il segnale di marea può anche essere utilizzato per osservare possibili variazioni delle proprietà elastiche della crosta, in quanto in tal caso il segnale osservato a confronto con quello di modello subisce variazioni temporali di ampiezza. La stazione ha un buon segnale di marea, dimostrando così che la stazione della Genziana è adatta al rilevamento delle deformazioni del suolo.

Si rivela che la deformazione di marea in direzione N-S è amplificata rispetto al segnale teorico. Questo indica un effetto di sito locale che porta ad una distorsione del segnale, amplificando maggiormente la componente N-S. In studi successivi si dovrà scoprire se tale amplificazione sia dovuta alla conformazione della grotta, oppure ad una non omogeneità delle strutture tettoniche, che influenza le proprietà meccaniche della roccia.

2.2 – I movimenti lenti

Il movimento lento registrato nel primo anno è la somma del movimento tettonico, creato dallo scontro della placca Adria e la placca Eurasiatica, e l'effetto annuale di temperatura. Avendo a disposizione attualmente poco più di un anno di dati, il segnale termico si

confonde con il segnale tettonico. In fig. 3 l'andamento dell'inclinazione è rappresentato per il periodo dal 13 febbraio 2006 al 1 maggio 2007. Il periodo precedente, da dicembre 2005 a febbraio 2006, è da considerarsi di prova e non può essere utilizzato per la rappresentazione del movimento tettonico lento, causa alcune interruzioni e messe a punto strumentali.

Normalmente il ciclo annuale delle altre due stazioni, Grotta Gigante (TS) e Grotta Nuova di Villanova (UD), compie una traccia ad ellisse. In questo caso non è ancora evidente, ma si sta accennando un semiellisse con asse in direzione NNW-SSE, con inclinazione verso SE in inverno ed inclinazione verso NW in estate.

Il 3 settembre 2006 la stazione ha subito un movimento improvviso (durata minore di 1 ora) verso SE, preceduto da un movimento accelerato nei 14 giorni precedenti. Questo segnale è attribuibile ad un movimento tettonico, che è avvenuto asismicamente, cioè in assenza di un evento sismico apprezzabile. E' da escludere che tale movimento sia un artefatto strumentale, in quanto è stato osservato con due strumenti indipendenti. Si è osservata una deriva verso Sud, con inizio il 20 agosto, ed un'inclinazione permanente brusca verso Sud e verso Est il giorno 3 settembre. Complessivamente il movimento era di 4.75 microrad verso sud e 2.75 microrad verso est per il periodo fra 20 agosto e 3 settembre. Anche successivamente il movimento ha continuato verso sud. La serie temporale è ancora troppo corta per determinare il tilting secolare medio. Sembrerebbe che comunque il movimento sia di entità maggiore rispetto a quello della stazione clinometrica del Friuli orientale. La deriva verso sud e' tale, che il movimento regolare annuale osservato in tutte le altre stazioni e' poco evidente.

Possiamo concludere che la zona del Cansiglio, dopo l'avvento dell'evento del 1936 è stata sismicamente relativamente tranquilla, mentre la sismicità invece è risultata in seguito maggiormente concentrata nel Friuli Orientale.

La stazione clinometrica del Bus de la Genziana ha un buon accoppiamento con il terreno, evidenziato da un buon segnale di marea osservato. Il 3 settembre 2006 si è osservato un movimento brusco verso Sud, avvenuto asismicamente, che potrebbe essere dovuto ad un assestamento asismico. Il flusso di acque sotterranee comporta una deflessione rilevabile dalla stazione della durata di qualche ora.

Ci si auspica di mantenere la stazione in vita per almeno altri due anni allo scopo di determinare le direzioni di inclinazioni tettoniche. Una miglioria strumentale importante, che aumenterebbe l'affidabilità e le potenzialità della stazione, consisterebbe in un collegamento remoto della trasmissione dei dati e nell'alimentazione a pannello solare fotovoltaico.

3 - Tassi di deformazione dalle osservazioni GPS

I dati GPS a disposizione sono relativi alle stazioni della rete di osservazione satellitare delle deformazioni crostali nel Friuli Venezia Giulia FreDNet (Battaglia et al., 2003). La rete consta di 8 stazioni, ciascuna delle quali è monumentata in maniera da essere solidale con il substrato roccioso. Fa eccezione la stazione UDIN, la quale è situata sul tetto di un capannone, su terreno ghiaioso.

La data d'installazione varia da stazione a stazione e va dal giugno del 2002 per le stazioni di ZOUF e UDIN fino al maggio del 2004, data in cui si completò la messa in posto della rete con la stazione di CANV.

3.1 - Velocità lineari orizzontali e verticali

Allo scopo di analizzare i movimenti relativi tra Placca Adria e Placca Eurasiatica all'interno dell'area friulana, si sono ricavati i valori e le direzioni delle velocità lineari differenziali: la velocità di ogni singola stazione è stata perciò calcolata rispetto alla

stazione di TRIE, la quale si può considerare sufficientemente stabile nell'ambito dell'area sismica friulana. Il quadro delle velocità è come segue (Fig. 3a): le stazioni di pianura (UDIN e MDEA) presentano un moto orizzontale quasi nullo rispetto a TRIE, mentre le stazioni prealpine ed alpine sono interessate da un netto movimento verso Sud-Est (ACOM e ZOUF, rispettivamente di 2.61 mm/a e 1.97 mm/a, MPRA, 1.55 mm/a). AFAL si muove verso Sud-Ovest di 1.55 mm/a: è da chiarire se questo valore sia significativo da un punto di vista tettonico o sia affetto da problemi di natura strumentale. CANV (1,39 mm/a verso Ovest) è la stazione più giovane (da 05/2004), per cui le velocità calcolate sono le meno affidabili. La velocità verticale per le singole stazioni è più rumorosa di quella orizzontale ma è compatibile con il quadro geologico regionale: per le stazioni di pianura si ricava un movimento di subsidenza in un range di valori tra i 1.11 mm/a di MDEA e i 6.91 mm/a di UDIN, mentre le stazioni alpine si muovono verso l'alto (valori compresi fra +3.79 mm/a per AFAL e +1.69 mm/a per ACOM) rispetto al Carso Triestino. MPRA, situata nel settore di transizione tra i fronti prealpini e la piana friulana, ha invece un movimento più lento rispetto alle stazioni alpine e si muove verso l'alto di 0.93 mm/a.

3.2 – Tasso medio della deformazione

A partire dalle velocità GPS assolute, si è proceduto poi alla stima del tasso annuale di deformazione a scala regionale utilizzando il software STRAINGPS, (Pietrantonio e Riguzzi, 2004). Posto che le velocità a disposizione erano 7, per i vincoli imposti dal programma stesso si è calcolata una soluzione ad un unico campo omogeneo di sforzi e si è ottenuto il valore del tensore di deformazione globale nello stesso sistema di coordinate (N,E,U) di quello delle soluzioni GPS stesse. Per il calcolo del tasso di deformazione, si sono trattati i valori di velocità di UDIN e CANV come outliers poiché, se inseriti nella stima del tasso di deformazione, l'errore risultava maggiore del valore stimato e la soluzione diventava quindi inaffidabile. Una volta scartati questi due valori dalla soluzione finale, è emerso che, a partire dalla pianura fino al settore alpino meridionale, predomina una compressione di $-0.27 \cdot 10^{-7}/a$ sul piano orizzontale e risulta un azimuth dello strain rate principale medio orizzontale di N170E. La componente estensionale verticale assume valori di un ordine di grandezza maggiore rispetto alle componenti verticali ($0.37 \cdot 10^{-6}/a$). Riguardo al calcolo del tensore medio si presenta il problema, che il tasso di deformazione risulta uguale nella pianura Friulana, praticamente a-sismica, e nella fascia altamente sismica dell'area pedemontana. Proponiamo allora un metodo d'interpolazione innovativo, che tenga conto della presenza del margine di placca.

3.3 – Inomogeneità del tasso di deformazione- metodo di predizione

Il nostro obiettivo era di analizzare la inomogeneità del campo di deformazione e pertanto portarlo in correlazione con le strutture tettoniche.

L'approccio da noi seguito prevede una prima predizione dai valori osservati su 24 punti di una griglia regolare. I valori predetti e quelli osservati vengono poi approssimati con una superficie analitica di terzo grado, usata successivamente per calcolare il tensore delle deformazioni.

Riportiamo in Fig. 5a,b,c il campo di velocità in direzione est, nord, verticale, rispettivamente, e i valori dei tassi di deformazione principale (Fig. 5d). Alle velocità è stato sottratto un valore che rappresenta il movimento medio del blocco, pari a 20.43 mm/a in direzione est, 16.67 mm/a in direzione N, e -1.34 mm/a in direzione verticale. Risulterebbe quindi un movimento verso NE dell'intero blocco, rispetto ad un sistema di riferimento solidale alla placca Eurasiatica, ed un abbassamento medio. Osservando le velocità predette e riferite al movimento medio del blocco, si osserva che nel movimento NS è evidente una linea orientata in direzione EW, che separa una direzionalità verso S da una verso N, e che corrisponde al margine settentrionale oggi attivo della placca Adria.

Interessante e' anche la linea che divide il verso del movimento EW, che indica un movimento distensivo, soprattutto nella parte occidentale del Friuli (vedi Fig. 5a, b).

4 - Tassi di deformazione da osservazioni ripetute di livellazione

Nell'ambito del progetto abbiamo badato a creare un database di dati di livellazione IGM del Friuli (Fig.1), che comprende attualmente le linee 34, 36, Cj e Aa. Le linee sono state ripetute a partire dal 1951 ad intervalli di 10 a 20 anni. Allo stato attuale l'IGM ha fornito i livelli compensati. E' auspicabile che in futuro l'IGM fornisca le osservazioni dei livelli, prima di essere compensati. La compensazione puo' provocare un apparente incremento lineare lungo la linea dei tassi calcolati. Come esempio presentiamo i tassi calcolati lungo la Linea 34 Marghera-Ronchi. Per la linea 34 abbiamo le serie ripetute lunga la maggior parte della linea negli anni 1951, 1989 e 2002. La parte piu' occidentale della linea è stata ribattuta anche negli anni 1968 a 1952. I profili lungo la linea, divisi per i vari anni sono visibili nella Fig. 4. Le linee osservate nei vari anni sono distinti da colori diversi. Abbiamo calcolato i tassi per le coppie di anni 1951-1989 e 1989-2002. Per coprire la prima tratta abbiamo anche calcolato i tassi relativi a 1952-1989. I tassi sono relativi al movimento del CS #22, nel comune di Quarto d'Altino, tranne che per i tassi che coinvolgono l'anno 1952, dove i tassi sono relativi al CS#21. Si osserva che nel tempo i tassi calcolati sono stabili.

Riferimenti Bibliografici

A)M.Battaglia *et al.*, *Eos*, **84**, 28, 262 (2003).

G. Pietrantonio, F. Riguzzi, *J. Geodyn.*, **38**, 1 (2004).

C.Pinato-Gabrieli, C.Braitenberg, D.Zuliani, I. Nagy in *Geodetic Monitoring Deformations:from Geophysical to Engineering roles*, A.Gil, F. Sansò, Eds. (Springer-Verlag, Heidelberg, 2006), in press.

B) Difficoltà incontrate e modifiche di indirizzo

Durante la durata del progetto è stato eseguito il programma previsto.

C) Bibliografia essenziale

Caporali A., Braitenberg C., Massironi M. (2005) Geodetic and Hydrological Aspects of the Merano Earthquake of July 17, 2001, *J. of Geodynamics*, **39**, 317-336.

Park J., Song T. A., Tromp J., Okal E., Stein S., Roullet G., Clevede E., Laske G., Kanamori H., Davis P., Berger J., Braitenberg C., Van Camp M., Lei X., Sun H., Xu H., Rosat S., 2005, Earth's free oscillations excited by the 26 december 2004 Sumatra-Andaman earthquake, *Science*, **308**, 1139-1144.

J. Ebbing, C. Braitenberg and H.-J. Götze (2005) The lithospheric density structure of the Eastern Alps, *Tectonophysics* **414**, 145-155.

Zanolla C., Braitenberg C., Ebbing J., Bernabini M., Bram K., Götze H.-J., Giammetti S., Longoni R., Meurers B., Nicolich R., Palmieri F. (2005) New gravity maps of the Eastern Alps and significance for the crustal structures, *Tectonophysics*, **414**, 127-143

Braitenberg C., Romeo G., Taccetti Q., Nagy I. (2005) The very-broad-band long-base tiltmeters of Grotta Gigante (Trieste, Italy): secular term tilting and the great Sumatra-Andaman Islands earthquake of December 26, 2004, *J. of Geodynamics*, 41, 164-174.

Pinato Gabrieli C., Braitenberg C., Nagy I., Zuliani D. (2006) Tilting and horizontal movement at and across the northern border of the Adria plate, Edts. Gil A.J. e Sansò F., *Geodetic Deformation Monitoring: From Geophysical to Engineering Roles*, 306 pp., Springer Verlag. 129-137. ISBN-10: 3-540-38595-9. (IAG Symposium Jaén, Spain, March 7-19,2005; Series: International Association of Geodesy Symposia , Vol. 131) <http://www.springer.com/italy/home/generic/search/results?SGWID=6-40109-22-173674905-0>

Braitenberg C., Zadro M. (2006) Amplitude ratios of the free oscillations generated by the Sumatra-Andaman Islands 2004 and the Chile 1960 earthquakes, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 97, No. 1A, pp. S6-S17, January 2007, doi: 10.1785/0120050624.

Riviste nazionali

Braitenberg C., Nagy I., Grillo B. 2005. Alcune informazioni sulla stazione geofisica ipogea della Grotta Gigante (Carso Triestino). *Progressione 52, ATTIVITA' E RIFLESSIONI DELLA COMMISSIONE GROTTA "E. BOEGAN"*, Supplemento semestrale ad "ATTI E MEMORIE" - Anno XXVIII, n.1-2, 2005, 60-69.

Braitenberg C., Grillo B., Nagy I. , Zidarich S., Piccin A., (2007) La stazione geodetico-geofisica ipogea del Bus de la Genziana (1000VTV) - Pian Cansiglio, *Atti e Memorie della Commissione Grotte "E. Boegan", Società Alpina della Giulie CAI, Trieste, Italia, Vol. 41:105-120. In stampa.*

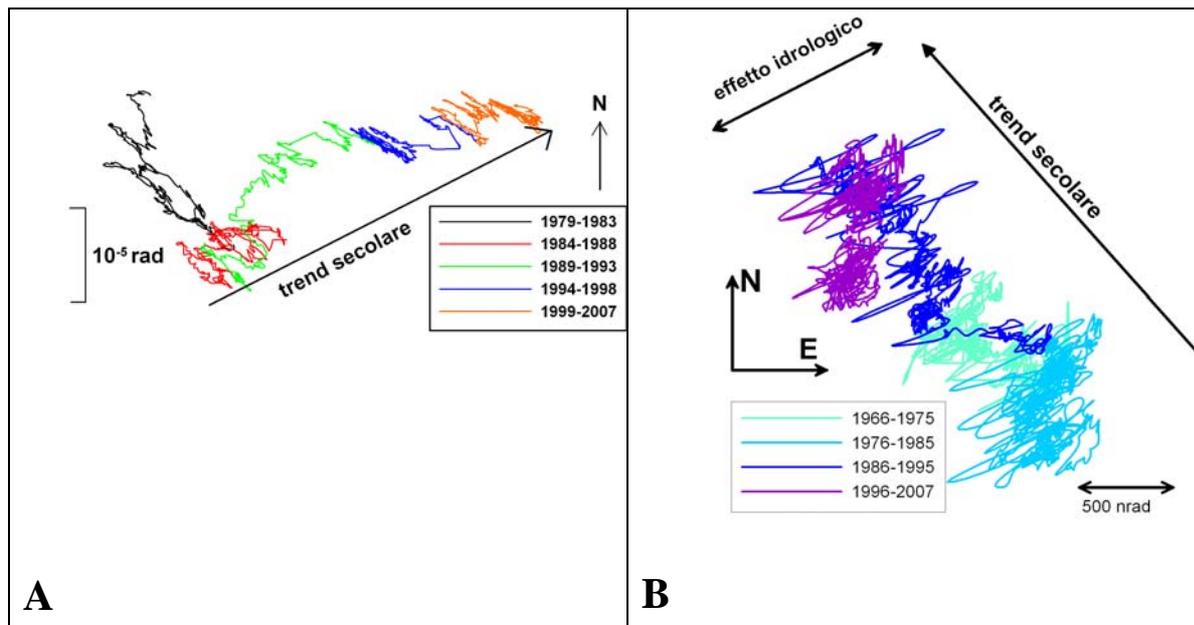


Figura 2 –Inclinazione osservata nella stazione di Villanova (anni 1979-2007) e nella Grotta Gigante (anni 1966-2007). A Villanova l'inclinazione media è di 2200 nrad/a nella direzione N72E, a Grotta Gigante ammonta a 25 nrad/a in direzione N45W. La stazione di Villanova si trova in piena fascia sismica, mentre la stazione di Trieste si trova sul Carso Triestino, sulla placca Adria.

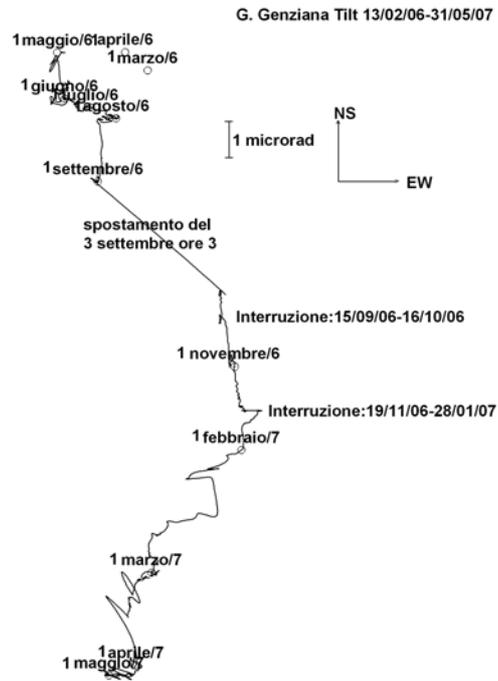


Figura 3 –Andamento dell’inclinazione- stazione Bus de la Genziana. Viene accennato il ciclo annuale fra marzo ed agosto 2006: esso descrive quasi un’ellisse con asse in direzione NNW-SSE, con inclinazione verso SE in inverno ed inclinazione verso NW in estate. La stazione inizia a derivare verso sud dal 3 settembre 2006, a seguito della dislocazione osservata con inclinazione verso SE. I dati sono stati ridotti da un campionamento orario ad un campionamento giornaliero previo filtraggio.

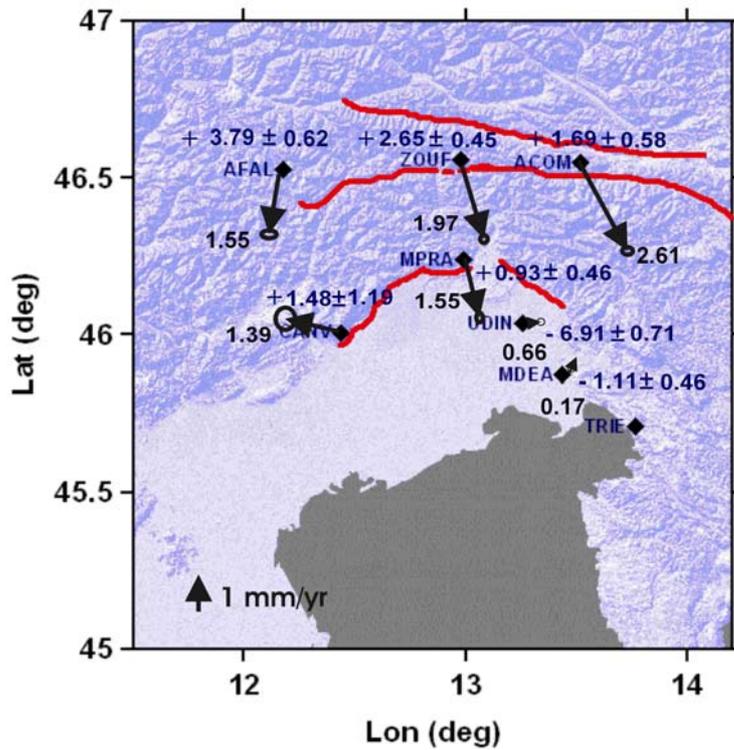


Figura 4 -Movimenti crostali e tasso di deformazione da osservazioni GPS, rete Frednet. A) La figura mostra le velocità medie in mm/a delle stazioni rispetto alla stazione di Trieste. Le velocità verticali sono indicate con relativo errore (mm/a). E' evidente come le stazioni pedemontane presentano un movimento orientato verso S o SE e sono in rialzo, mentre le stazioni in pianura (Placca Adria) sono ferme.

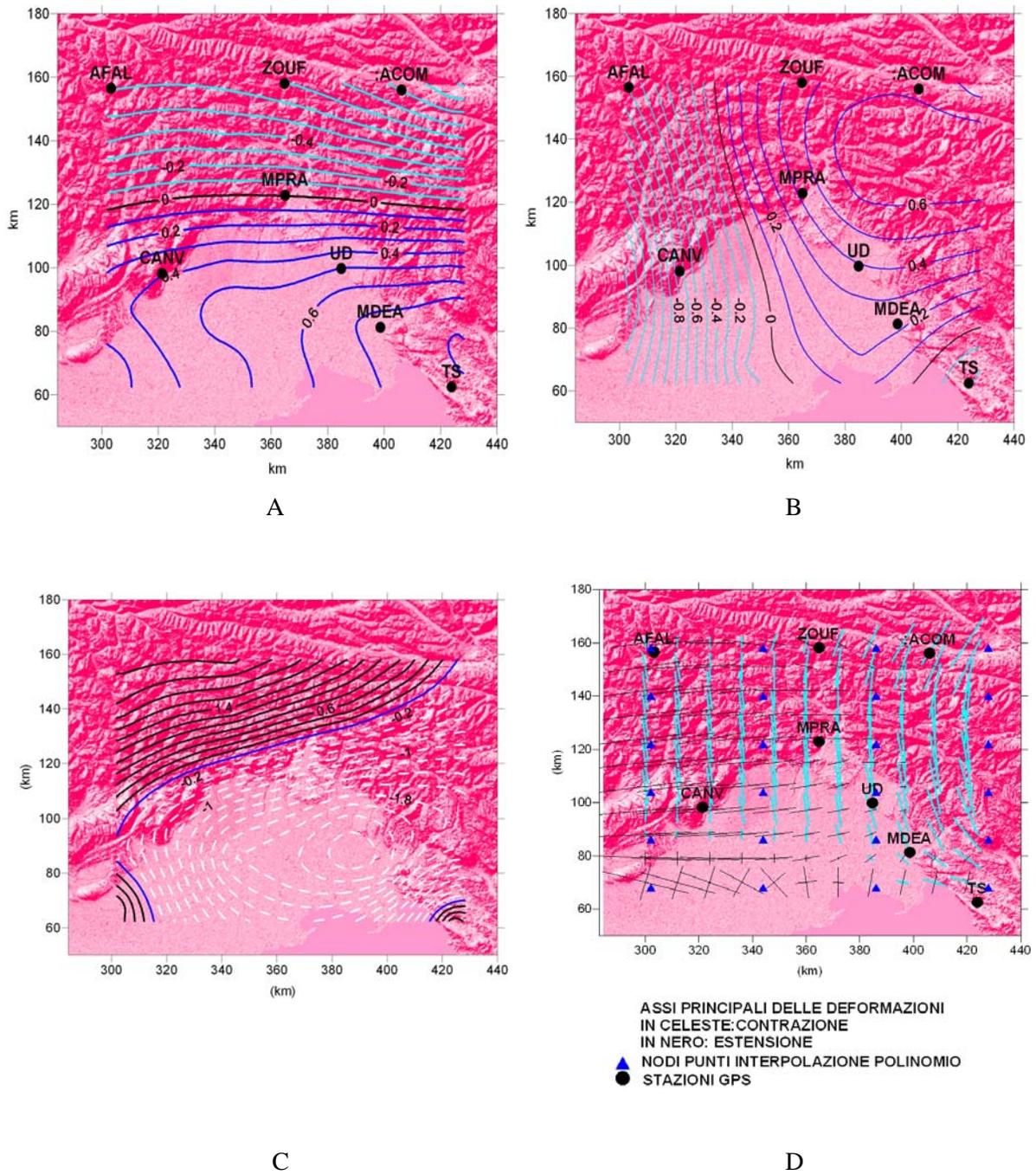


Figura 5 -Inomogeneita' del campo delle velocita' e delle deformazioni. Partendo dalle otto stazioni GPS, le velocita' osservate sono state predette nei nodi (triangoli). Le velocita' sono relative alla velocita' media dell'area indagata. A)- velocita' NS (positivo verso nord) B) velocita' EW (positivo verso est) C) velocita' verticali (positivo verso l'alto) D) Assi principali della deformazione. Nero: estensione, blu: compressione.

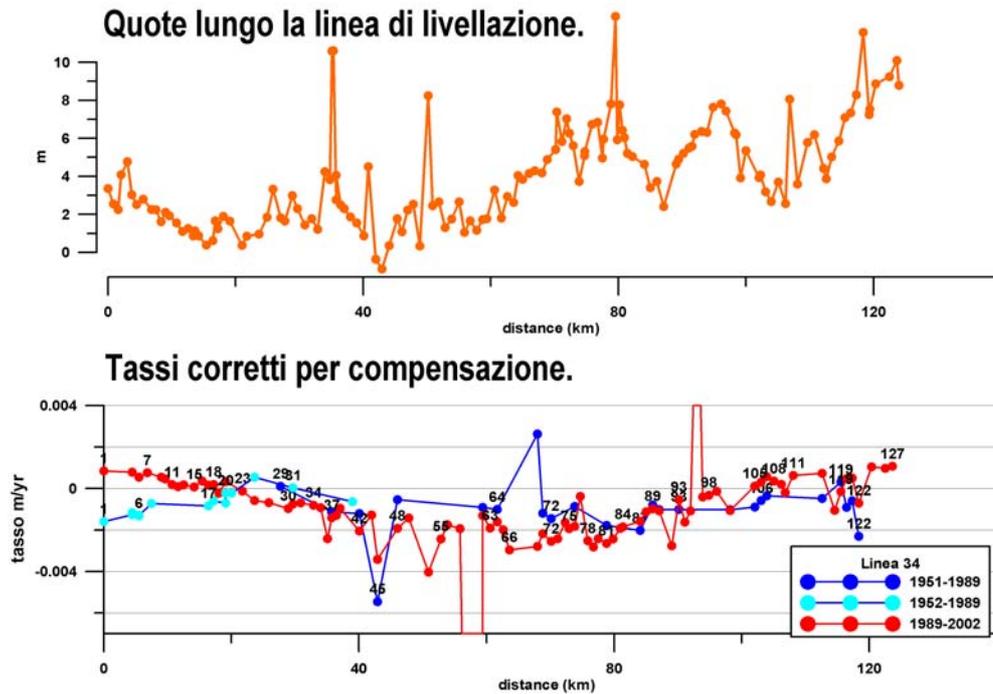


Figura 6 –Tassi di deformazione verticale lungo la linea di livellazione IGM Mestre-Ronchi dei Legionari (34). I tassi sono relativi al CS 22 (Quarto d'Altino). I valori corrispondono al tasso medio per l'intervallo 1951/1952-1989 e 1989-2002. Otteniamo una subsidenza massima fra CS 45 (San Donà di Piave) e 54 (San Stino di Livenza). I tassi di deformazione sono stabili nel tempo.



UR 3.3 - Coordinatore: Ignazio Guerra (Università delle Calabria - Dip. di Fisica)

L'attività proposta dall'U.R. 3.3 e per la quale è stato ottenuto il finanziamento era la misura in contemporanea con la tecnica GPS di tre reti planimetriche istituite in tempi differenti nell'area della Calabria Centrale dall'Università della Calabria (Pingue e Guerra, 1989 - fig 1), dal Centro Cartografico della Regione Calabria (Barzaghi et al, sd - fig. 2) e dall'INGV (Anzidei, comunicazione personale - fig. 3). Obiettivo da raggiungere erano la valutazione, ove possibile, degli eventuali spostamenti verificatisi dal momento della loro installazione e la definizione di un riferimento temporale comune a tutte le tre reti interessate. Connesse come elementi di un unico sistema di monitoraggio, la ripetizione delle misure in future campagne di osservazione consentirà la valutazione della velocità e delle zone di accumulo dello strain in un'area di grande interesse per lo studio della sismogenesi. L'area occupata dalle reti infatti è stata interessata tra il 1626 ed il 1905 da alcuni dei terremoti di massima intensità verificatisi in tempi storici in Calabria. Essa inoltre rappresenta la transizione, lungo l'asse dell'Arco Calabro-Peloritano tra due settori che da studi a carattere strutturale e petrografico risultano aver subito un'evoluzione geologica differenziata.

Per l'esecuzione del programma erano stati presi accordi con due gruppi delle sezioni Napoli Osservatorio Vesuviano ed Roma - CNT dell'INGV. Entrambi i gruppi non solo avevano la disponibilità dei ricevitori GPS necessari per le operazioni di campagna, ma erano anche (il primo in collaborazione con l'Università della Calabria) responsabili dell'installazione di due delle reti planimetriche da integrare.

Le operazioni erano state programmate per la prima annualità del Progetto, ma difficoltà di varia natura, derivanti essenzialmente dai circa 25 anni intercorsi dall'installazione della rete planimetrica Università della Calabria - Osservatorio Vesuviano, hanno consentito l'inizio delle operazioni di campagna solo nell'estate del 2006. E' da tener presente che tale rete era stata progettata a suo tempo per misure geodimetriche: i suoi nodi sono localizzati in punti di accessibilità talvolta molto difficile, specie nella stagione invernale, e materializzati mediante pilastrini alcuni dei quali sono stati ritrovati danneggiati e, in un paio di casi, addirittura abbattuti.

Altra difficoltà è derivata dalla mancata risposta alle reiterate richieste/offerte di collaborazione rivolte al Centro Cartografico della Regione Calabria per mezzo sia di fax che di tentativi rimasti senza esito di contatti telefonici con la dirigenza del Centro Cartografico. Solo per via indiretta (Barzaghi, comunicazione personale) è stato possibile alla fine appurare che in realtà la sotto-rete geodetica della Regione Calabria in Calabria Centrale non era stata mai misurata.

Le operazioni sono cominciate nell'estate del 2006 con la ricognizione dei capisaldi e la valutazione, mediante una registrazione di congrua durata, della qualità dei segnali GPS nei punti di misura.

Nell'occasione si è innanzi tutto accertato che i capisaldi della Regione Calabria sono di utilizzabilità piuttosto problematica. In qualche caso (quattro per la precisione) si è provveduto alla monumentazione ex novo a qualche metro di distanza da quelli esistenti. Tuttavia, nella necessità di dover provvedere alla reinstallazione dei rimanenti, si è addivenuti alla decisione di rinunciare ai siti scelti dalla Regione Calabria, non essendo nemmeno chiari i criteri della loro scelta. Le risorse resesi così disponibili sono state più proficuamente impiegate per definire nuovi siti, sulla base anche delle conoscenze geologiche (Moretti e Guerra, 1997) e della (micro)sismicità strumentale registrata negli anni più recenti (p. es. Guerra et al., 2006). Nelle località identificate sulla carta sono stati

eseguiti, con la collaborazione di esperti geologi, accurati sopralluoghi per la scelta dei punti in cui installare i nuovi capisaldi.

Questa fase di attività, che inizialmente non era stata prevista, è risultata piuttosto laboriosa in quanto si è cercato di utilizzare, per quanto possibile, siti protetti e localizzati su strutture di proprietà pubblica in modo da ridurre per il futuro il rischio di atti vandalici. In qualche caso la concessione delle necessarie autorizzazioni non è stata del tutto immediata.

Si è anche deciso di non misurare alcuni dei capisaldi, che, istituiti per obiettivi piuttosto particolari, darebbero al sistema una ridondanza eccessiva.

Osservazioni sono state eseguite anche sul caposaldo PORO, che, insieme a CZTC, è stato a suo tempo incluso nella rete TYRGEONET.

Si è purtroppo ritenuto necessario rinunciare al caposaldo localizzato in località Santa Maria di Catanzaro. Il pilastrino realizzato nel 1982 in un terreno di proprietà privata, previa autorizzazione da parte dei proprietari, è stato trovato spezzato a mezza altezza nel corso del sopralluogo del 2006. Il rimanente è stato accuratamente tagliato e sulla base in calcestruzzo è stata fissata la borchia filettata orizzontale in cui va avvitata l'asta porta-antenna. Dopo pochi giorni, anche questo dispositivo è stato asportato con modalità che, tenuto conto anche dell'isolamento del sito, lasciano pensare non ad un semplice atto vandalico, ma ad una precisa volontà di opposizione al rilievo.

La necessità di installare i capisaldi su affioramenti cristallini ha indotto ad localizzare un caposaldo addirittura a sud di Palmi: la rete planimetrica unificata così realizzata (fig. 4) è quindi arrivata a coprire tutta la Calabria Centrale e buona parte di quella meridionale. Il sistema di monitoraggio delle deformazioni crostali nell'area risulta ancora più efficace se si tiene conto delle stazioni sismiche di ultimo tipo (JOPP, PLAC e SERS) attivate dall'INGV, che provvedono alla registrazione continua anche dei dati GPS.

Nella tabella allegata sono riportate per ciascun caposaldo sigla, località, coordinate geografiche e codice che ne indica l'origine. Presso l'Università della Calabria sono disponibili le loro monografie in formato pdf.

L'esecuzione delle misure è stata condizionata dalla disponibilità di un adeguato numero di ricevitori GPS. La campagna di osservazioni è stata suddivisa in due fasi, per quanto possibile ravvicinate nel tempo. La prima si è svolta tra il 24 ottobre ed il 3 novembre 2006. Le misure sono state eseguite sostanzialmente da personale dell'INGV-CNT, che ha provveduto anche ad addestrare personale a contratto dell'Università della Calabria.

La seconda fase di misure è stata realizzata tra il 10 ed il 24 marzo 2007, da personale dell'Università della Calabria.

La durata delle osservazioni nelle due successive fasi e per i singoli capisaldi è rappresentata nei diagrammi delle figg. 5 e 6. Sulle ascisse sono riportati i giorni a partire da quello iniziale della campagna; lungo l'asse delle ordinate sono riportate le sigle dei capisaldi (in minuscolo quelle delle stazioni sismiche INGV della zona); in corrispondenza di ciascuna sigla l'intervallo temporale di occupazione con ricevitore GPS è indicato da uno o più segmenti orizzontali.

Riferimenti

Barzaghi R., Pinto L. e Borghi A., sd: *Reti GPS non-permanenti per il controllo geodinamico in Calabria* - <http://88.41.139.89/cartografia/documenti/doc/10011.pdf>

Guerra I., De Rose C., Gervasi A., Neri G., Orecchio B., Presti D., 2006: *Attività sismica recente in Calabria Centro-Meridionale* - in "Guerra I. e Savaglio A. (a cura di): *8 settembre 1905 Terremoto in Calabria* - Univ. della Calabria - Dip. di Fisica".

Moretti A. e Guerra I., 1997: *Tettonica dal Messiniano ad oggi in Calabria: implicazioni sulla geodinamica del sistema Tirreno-Arco Calabro* - Boll. Soc. Geol. It., 116, 125-142.

Pingue F. e Guerra I., 1989: *Geodetic monitoring of crustal deformations in the Catanzaro trough, Southern Italy* - Boll. Geod. Sc. Aff., 48, 2, p. 145-163.

Tabella*Posizione dei capisaldi*

n	Sigla	Località	Comune	Lat	Lon	Codice
1	AERO	Aeroporto	Lamezia Terme	38.90611	16.22583	1
2	AREN		Arena	38.56000	16.21667	2
3	CAPI		Capistrano	38.70000	16.27117	4
4	CARA		Caraffa	38.88194	16.49083	1
5	CESS		Cessaniti	38.66350	16.04217	4
6	CHIA		Chiaravalle	38.67800	16.41350	2
7	CMART	Casa Martinelli		38.68217	15.92783	4
8	CZTC	Timpone Comuni	Catanzaro	38.93278	16.60333	1
9	FABR	Stadio	Fabrizia	38.48789	16.28857	3
10	FALE	M. Mancuso	Falerna	39.00833	16.21889	1
11	FILA		Filadelfia	38.78667	16.29306	1
12	GABE	Gabella	Lamezia Terme	38.98917	16.27167	4
13	GASP	C.le Paladino	Gasperina	38.74889	16.49750	1
14	GROTT	M. Ferra	Grotteria	38.39679	16.25992	3
15	jopp		Joppolo	38.60680	15.88560	5
16	LAUR	Bellantone	Laureana di Borrello	38.49670	16.12901	3
17	MAMM	M. Sant'Elia	Mammola	38.34995	16.20018	3
18	NICO		Nicotera	38.55800	15.92883	4
19	PIPO	Pizzo - Polia	Polia	48.75000	16.24667	2
20	PIZZ		Pizzo Calabro	38.71133	16.30000	4
21	plac		Placanica	38.44940	16.43830	5
22	PLAT	Colle Faggio	Platania	39.03306	16.29361	1
23	PORO	M. Poro		39.60000	15.91000	4
24	SEMI	C.da Barritteri	Seminara	38.33312	15.84308	3
25	SERR	Accaria Rosario	Serrastretta	38.98639	16.37111	1
26	SERS		Sersale	39.00333	16.72944	1
27	sers		Sersale	39.03590	16.68860	5
28	SGMR	M. Cappellaro	San Giorgio Morgeto	38.37640	16.15836	3
29	SIRE	Scoglio S. Irene	Briatico	38.72517	15.99850	4
30	SORB	Colle Castagna	Sorbo San Basile	39.05000	16.54167	1
31	SPAM	Pietra Isidoro	San Pietro a Maida	38.84222	16.33361	1
32	SSOS		San Sostene	38.64333	16.48500	2
33	SVIT	Serralta	S. Vito sullo Ionio	38.75583	16.36833	1
34	TIRI		Tiriolo	38.94722	16.51694	1

Legenda:	1	UniCal + OssVes				
	2	Regione - Rimpiazzati da UniCal				
	3	UniCal				
	4	INGV				
	5	Stazioni	sismiche	&	GPS	INGV

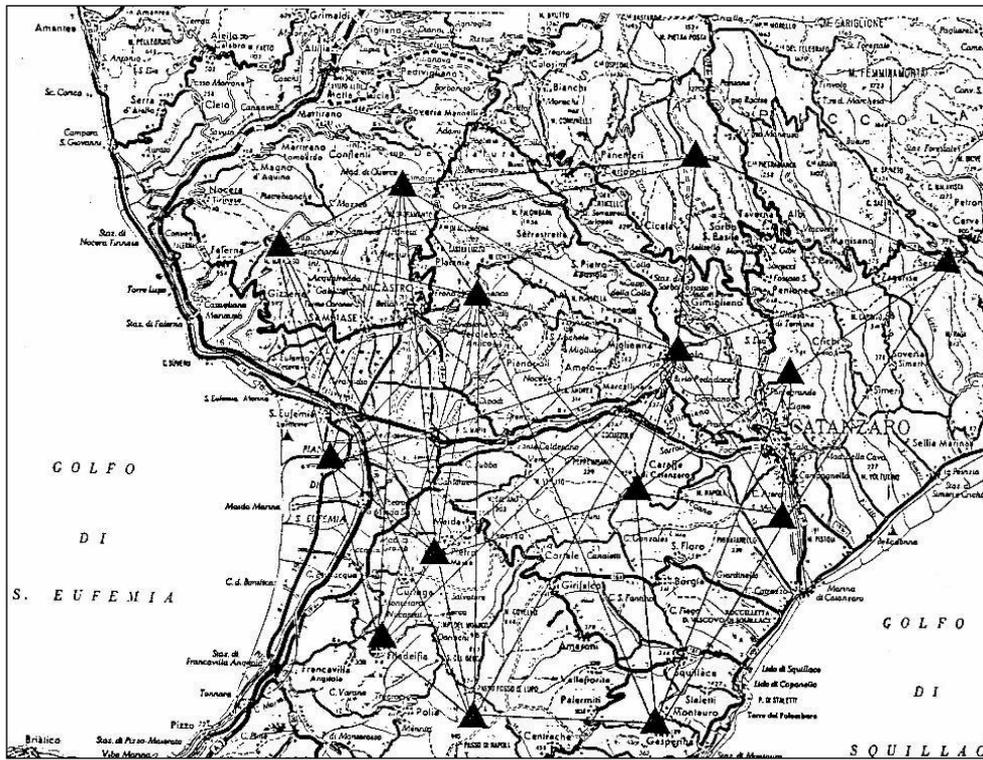


Figura 1 –Rete planimetrica UniCal - OV (Pingue & Guerra, 1989)

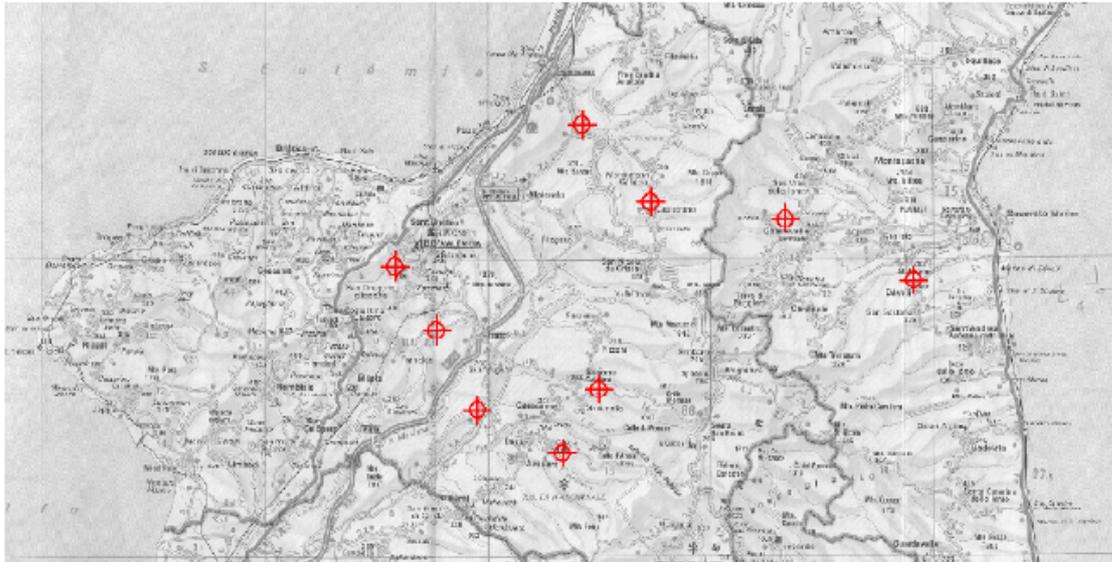


Figura 2 -La rete GPS nell'area di Vibo Valentia (da Barzaghi et al., sd)

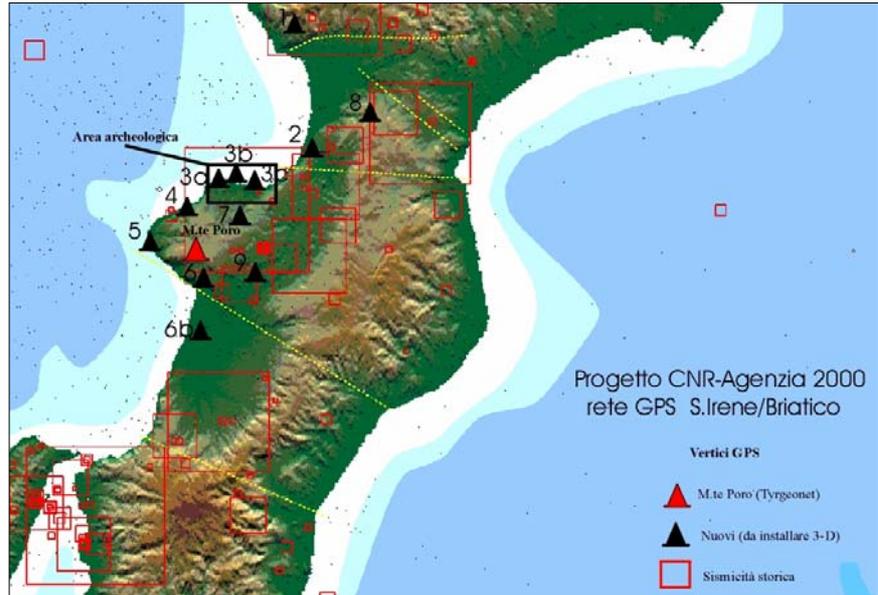


Figura 3 –Rete GPS S. Irene/Briatico (Anzidei, comun. Pers., 2005) 1: Nicastro – 2: Pizzo – 3a: Briatico – 3b: S. Irene 3c: Trainiti – 4: Tropea 5: C. Vaticano – 6: Nicotera – 7: Vibo Valentia – 8: M. Pizzinni – 9: Mileto

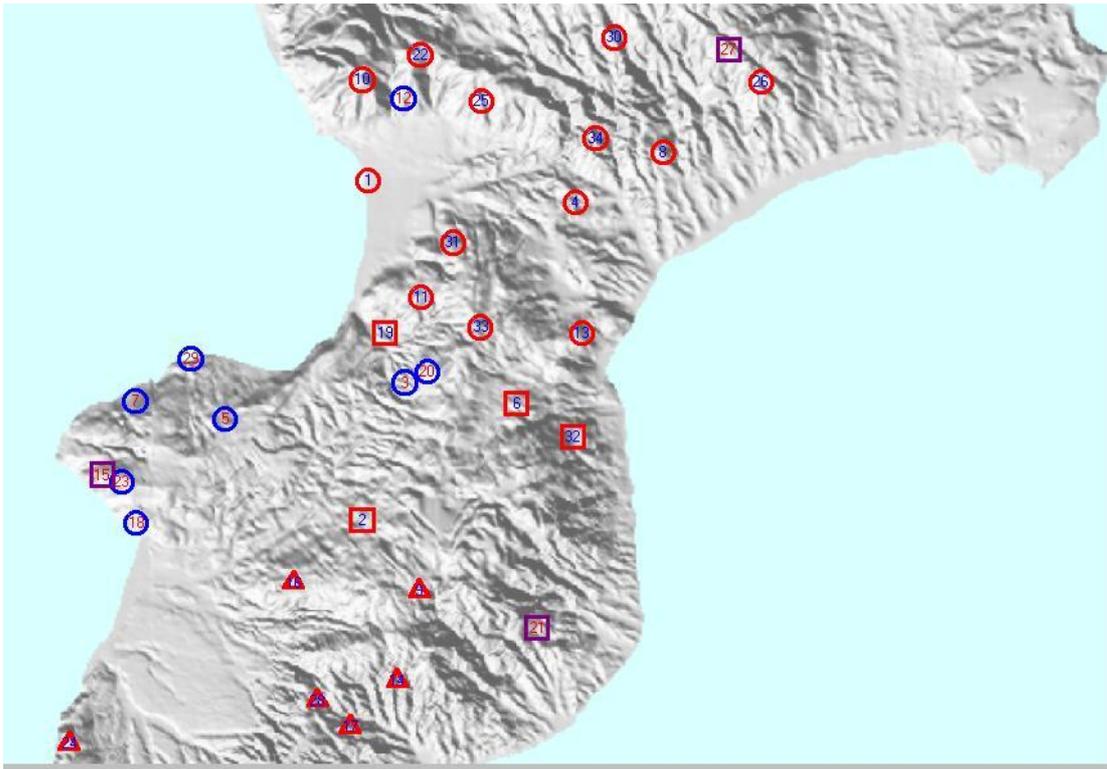


Figura 4 – La rete GPS della Calabria centro-meridionale. I diversi simboli corrispondono all'origine dei capisaldi.

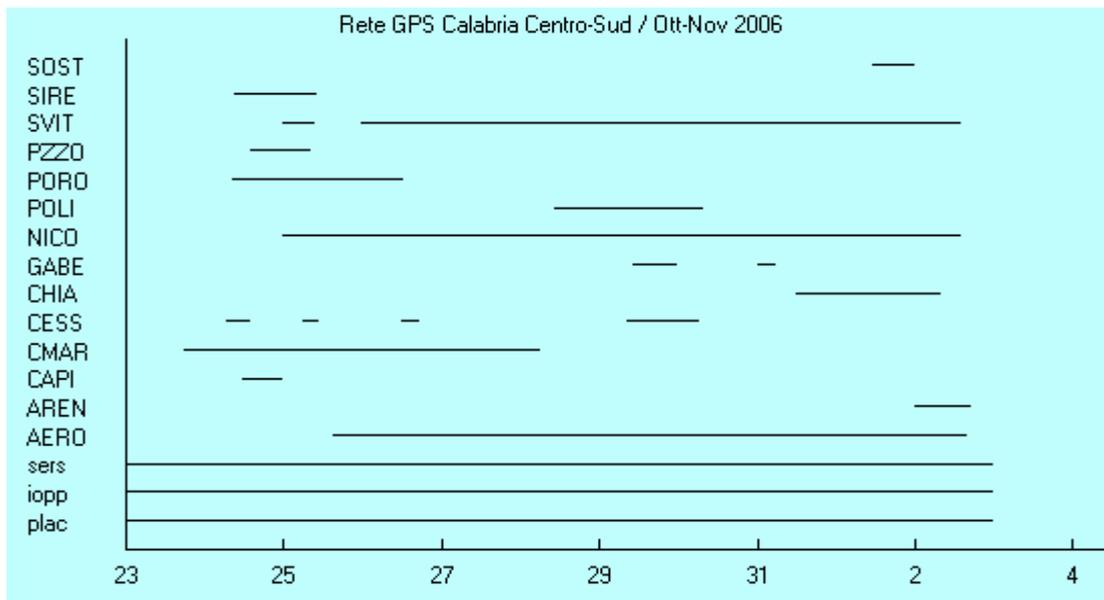


Figura 5 -Cronogramma delle osservazioni GPS nel periodo 23 ott - 3 nov 2006

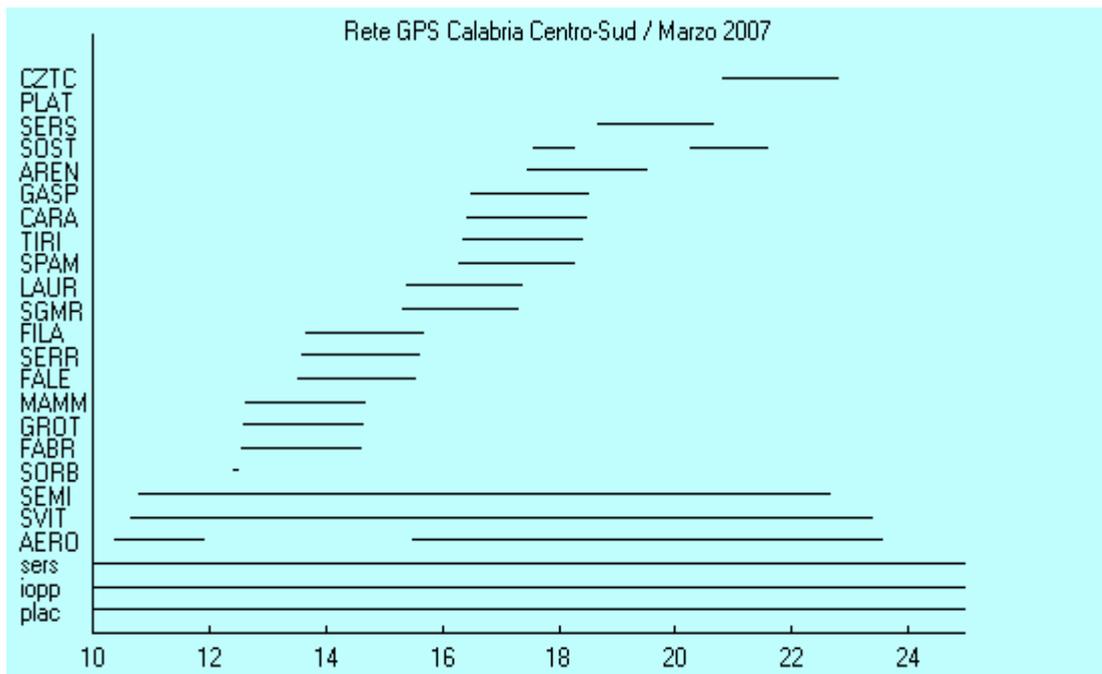


Figura 6 –Cronogramma delle osservazioni GPS nel periodo 10 – 24 marzo 2007



U.R. 3.4 Responsabile: Vincenzo Sepe (INGV-NA)

Rendiconto conclusivo (periodo 1 giugno 2005 - 31 luglio 2007)

Abstract/obiettivi del progetto

Il massiccio carbonatico del Matese occupa il settore settentrionale dell'Appennino campano, mentre i Monti del Sannio, costituiti principalmente da depositi terrigeni, sono localizzati ad est del massiccio e rappresentano il settore della catena appenninica che degrada ad E verso la Fossa Bradanica.

L'area è stata interessata in epoca storica da numerosi eventi sismici distruttivi.

Progetti finalizzati allo studio delle sorgenti sismogenetiche dell'area risalenti agli anni 1980 e 1990 hanno portato alla realizzazione di linee di livellazione e reti GPS che coprono interamente o in parte il massiccio del Matese. Nel 2002 è stata definita, per la prima volta, una rete geodetica del Matese costituita dai vertici "ereditati", ed ancora in buono stato di conservazione, dai progetti realizzati nell'area e da vertici di nuova istituzione.

L'integrazione di tutti i vertici esistenti ha permesso di definire una rete GPS dell'area Matese che comprende un totale di 38 vertici 3D, sui quali sono state effettuate 2 campagne di misura nell'ambito del Progetto ASI 2002-2004. Il contributo fondamentale che la U.R. 3.4 intende dare è la ricostruzione del campo di deformazioni statiche nelle sue componenti piano-altimetriche.

L'UR 3.4 si è proposta di raccogliere, validare i dati di deformazione del suolo esistenti integrandoli con una nuova campagna di misure, più completa ed estesa. Le conoscenze acquisite forniscono informazioni utili sui processi di accumulo di sforzo/deformazione nell'Appennino e sui tassi deformativi dell'area Sannio-Matese.

In particolare nel primo anno di attività l'attenzione maggiore è stata focalizzata alla raccolta di tutti i dati provenienti dai progetti realizzati in passato. Inoltre sono stati effettuati interventi di controllo sui dati e verifiche dei punti di misura presenti nell'area, procedendo anche all'installazione di vertici GPS 3D ad integrazione di quelli esistenti.

Nel novembre 2006 è stata condotta una nuova campagna di misure sull'intera rete GPS.

I dati relativi alle tre campagne 2002, 2004 e 2006, dopo il controllo, l'analisi di qualità e validazione sono stati riprocessati con il software Bernese v.5.0 secondo i più recenti standards IGS.

La misura sui transetti di livellazione presenti, anche se solo in parte, non è stato possibile ripeterla per i tagli apportati alla II fase del finanziamento del progetto.

Comunque, la disponibilità del database completo potrà permettere l'interpretazione delle misure geodetiche in termini di modelli di dislocazione con metodi diretti e inversi. Infine le deformazioni e/o dislocazioni saranno elaborate insieme alle altre UR del progetto per la stima dei tassi di strain nell'Appennino centro-meridionale.

1 - Risultati del progetto: aspetti generali

L'area è stata interessata in epoca storica da numerosi eventi sismici distruttivi di Intensità $I \geq IX$ MCS (1456, 1688, 1702, 1732, 1805, 1962), oltre che da sequenze sismiche di bassa energia (1885, 1903, 1905, 1990, 1992, 1997); in particolare, il 19 Marzo 1997 si è verificato un evento di $M_I = 4.1$ al confine tra le province di Benevento e Campobasso che ha dato inizio ad un'intensa attività conclusasi solo nel Settembre dello stesso anno. La distribuzione degli epicentri dei terremoti studiati dal Gennaio 1985 al Febbraio 1997 ricade in un'area compresa tra le province di Isernia, Campobasso e Benevento; in particolare, durante la sequenza del 1997, la maggior parte degli eventi è stata localizzata tra i comuni di Sepino, Sassinoro e

Morccone.

La conoscenza dei processi deformativi del ciclo sismico, ed in particolare delle fasi intersismiche, non è ancora completa per le strutture a faglie normali, che sono tipicamente dominanti nell'area appenninica e, quindi anche nell'area Sannio-Matese, su cui è centrata la nostra ricerca. Lo studio dei processi deformativi post-sismici ed intersismici su una faglia sismogenetica dell'Appennino può dare informazioni particolarmente utili per l'interpretazione sismologica, sismotettonica e geodinamica in un'area della nostra penisola, caratterizzata da un significativo ed elevato rischio sismico. Al fine di contribuire a determinare le caratteristiche sismotettoniche dell'area è di notevole interesse lo studio delle deformazioni statiche nei periodi intersismici, come quello che stiamo attraversando nelle aree sismogenetiche del Sannio-Matese o in eventuali altre strutture tettoniche attive, ma non conosciute, generatrici di deformazioni lente.

Le tecniche GPS e livellazioni, utilizzate congiuntamente, consentono di ottenere una buona risoluzione del campo deformativo ed una definizione dello strain-rate dell'area. La tecnica GPS è quella più idonea allo scopo, soprattutto in considerazione delle notevoli dimensioni dell'area oggetto di studio. Purtroppo il rilevamento della componente verticale del campo di spostamento statico, in un primo tempo previsto e finanziato, non è stato realizzato in questa II fase per tagli patiti sul finanziamento inizialmente definito.

Il contributo fondamentale che si intende dare con la U.R. 3.4 è la ricostruzione del campo di deformazioni statiche nelle sue componenti plano-altimetriche, soprattutto in termini di velocità di spostamento.

2 - Risultati del progetto: aspetti di dettaglio, per singoli task

La prima fase del progetto ha riguardato la raccolta e la validazione dei dati disponibili con la definizione di monografie aggiornate dei vertici GPS ritrovati nell'area matesina.

Alcuni progetti risalenti agli anni 1980-90 hanno portato alla realizzazione di linee di livellazione e reti GPS (13 vertici) che coprivano parzialmente il massiccio del Matese. Nel 2000 fu materializzata una piccola rete costituita da 7 vertici. Nel 2002 la rete GPS del Sannio-Matese è stata implementata con la costruzione di 18 vertici 3D, così da comprendere in totale 38 punti-stazione con una maglia di circa 10 km di lunghezza.

Il 90% dei vertici 3D è materializzato su roccia in posto secondo lo schema di seguito riportato. La rete si sviluppa tra le province di Benevento, Campobasso, Caserta, Isernia e L'aquila.

Di tutti i vertici della rete sono state realizzate dettagliate monografie.

(http://www.ov.ingv.it/italiano/pubblicazioni/openfile/04_07.htm)

Nel 2002, nel 2004 e nel 2006 sono state condotte campagne di misura sull'intera rete.

I dati relativi al 2000 riguardano una sottorete di solo 7 vertici inglobati successivamente nella rete attuale e *non sono stati considerati* nella fase di elaborazione. Di seguito è riportato lo schema delle campagne di misura GPS effettuate ed i dati a disposizione:

2000	161 - 170	09-18 Giugno 2000	7 Vertici 3D Area Sannio	MURST 40%
2002	170 - 179	02-12 Luglio 2002	38 Vertici 3D	ASI + MURST 40% + CEE
2004	174 - 187	22 Giugno - 05 Luglio 2004	38 Vertici 3D	ASI + MURST 40% + CEE
2006	308 - 324	06 - 20 Novembre 2006	38 Vertici 3D	ASI + MURST 40% + CEE
2007	06/2007	Monumentazione n° 6 nuovi vertici (solo posizionamento)	38 Vertici 3D + 6	ASI + MURST 40% + CEE + DPC-INGV S2

Durante le tre campagne 5 stazioni (Baia e Latina, BALA, Campobasso, CABA, Colli al Volturno, COAV, San Gregorio Matese, SGMA, Torrecuso, TOCU) sono state occupate in modalità continua, con intervallo di acquisizione a 15". Sugli altri 33 vertici la finestra di osservazione è stata mediamente di circa 24h-48h.

Su tutti i dati relativi alle campagne 2000, 2002, 2004 e 2006 è stata eseguita un'analisi di qualità tramite il software TeQc .

In Fig. 3 sono riportati i parametri riepilogativi (% di Osservazioni, Cicle-slips e MP1-MP2) di alcune stazioni della rete, con le specifiche della strumentazione utilizzata in ogni campagna.

Dopo l'analisi di qualità e la validazione, tutti i dati sono stati riprocessati con il software Bernese v.5.0 seguendo i più recenti standards IGS e adottando le strategie riportate in tab. 2

In Tab. 3 sono riportate le coordinate e velocità IGS05 dei vertici della rete Matese all'epoca 01/01/2000, ottenute dalla combinazione delle campagne 2002, 2004 e 2006.

Gli errori formali, sia delle coordinate che delle velocità, sono dell'ordine di qualche decimo di millimetro e quindi chiaramente sottostimati. Infatti i valori medi di RMS dei residui delle singole soluzioni rispetto a quella combinata sono mediamente 3 mm per le componenti planimetriche e 9 mm per le quote.

In fig.4 sono riportate le velocità planimetriche residue rispetto alla placca Europea (ETRF2005) ottenute sottraendo il contributo della rotazione rispetto al polo europeo ITRF2005 (Altamimi et al., 2007, JGR, in press).

3 - Eventuali difficoltà maggiori, modifiche di indirizzo, ecc.

Nel primo anno, le maggiori difficoltà incontrate hanno riguardato quasi esclusivamente l'ambito relativo alla rete ed ai dati di livellazione di precisione. Le aree su cui insistono le linee sono quelle relative alle strutture sismogenetiche del terremoto del 5 giugno 1688 (Cerreto Sannita) ed del terremoto del 26 luglio 1805 (Boiano-Baranello). Lo sviluppo in lunghezza per ognuna di tali linee di livellazione è di circa 50 km.

Sono stati ritrovati circa il 60% dei caposaldi di livellazione relativi alle linee esistenti: la perdita dei caposaldi è risultata maggiore quanto più aumentava la quota. Comunque, il taglio effettuato sul finanziamento previsto per il II anno per questa U.R. non ha consentito la loro misurazione e, di conseguenza, la stima delle variazioni sui singoli punti al fine di studiare la dinamica delle strutture sismogenetiche attraversate.

La presenza di neve nella zona N-NW non ha permesso, fino ad aprile 2007, il sopralluogo

per l'installazione dei nuovi vertici GPS 3D, ma ci è riusciti solo a maggio e, comunque, prima della chiusura del progetto.

Durante la fase di validazione ed elaborazione dei dati GPS dal 2002 al 2006, sono state evidenziati alcuni dubbi, comunque risolti, legati ai report sui fogli di campagna:

1. Ricostruzione della tipologia di antenna (es. Trimble Microcentered 33429,20 oppure 33429,00);
2. Supporti antenna (asta Gubellini), provenienti da diverse sezioni INGV (Rm, Bo, Na), di altezza diversa ($h=0.631$ m., $h=0.651$ m. e $h=0.635$ m.).

4- Presentazione dei deliverables, per singoli deliverable

L'U.R. 3.4 ha costituito, per il I anno di attività, un database relativo ai dati GPS per gli anni 2000, 2002 e 2004, con files Rinex e, per ogni stazione e per ogni anno di misura, un riepilogativo dei parametri di qualità.

Inoltre, è stato preparato un database relativo alle monografie dei vertici GPS dell'intera rete. (http://www.ov.ingv.it/italiano/pubblicazioni/openfile/04_07.htm)

Nel corso del II anno di attività, i dati GPS 2002 e 2004 validati, sono stati, quindi, integrati con quelli ottenuti con una nuova misurazione 3D del 2006.

Le misure effettuate nel 2006 sull'intera rete matesina hanno permesso di arricchire il dataset consentendo il confronto dei dati raccolti nel corso delle tre campagne effettuate nel periodo 2002-2006 per la definizione dei campi di velocità assolute e relative .

5 - Attività previste per il Progetto

La U3.4 ha costituito, per il primo anno di attività, un database relativo ai dati GPS per gli anni 2000, 2002 e 2004 con files Rinex e, per ogni stazione e per ogni anno di misura, un riepilogativo dei parametri di qualità calcolati con il software TeQc. Si è trattato di lavoro preparatorio alla campagna di misura del 2006.

Nel corso del II anno di attività l'U.R. 3.4 ha prodotto:

- Sopralluogo sull'intera rete. Ripristino vertice BARL. Materializzazione vertice SAGA, Sant'Agata de' Goti;
- Misure GPS (novembre 2006) sull'intera rete con files Rinex e, per ogni stazione un riepilogativo dei parametri di qualità calcolati con il TeQc.; Validazione ed elaborazione dei dati 2006;
- Riprocessamento dei dati delle campagne 2002 - 2004 - 2006;
- Definizione dei campi di velocità assolute e relative;
- Implementazione settore N-NW (Mainarde) della rete con la "sola" materializzazione di n° 6 nuovi vertici 3D (FODA, CFVB, MGRE, VAFI, PSFR, CVMM).

I dati dell'intera rete GPS del Matese sono disponibili dal 2002.

In seguito, i dati provenienti dai vertici della rete esistente ed ampliamenti effettuati, potranno essere integrati con quelli provenienti da stazioni permanenti della Rete GPS Nazionale dell'INGV già operante nell'area (Villavallelonga, Valle Agricola, Postafibreno).

Sarà, successivamente, compito del Task 3 integrare i dati locali con quelli medi a livello regionale, e ottenere il prodotto principale della ricerca, cioè lo stato della deformazione sul territorio nazionale. L'interpretazioni delle misure geodetiche a scala regionale darà la possibilità di definire modelli di dislocazione, con metodi diretti e inversi, delle maggiori strutture presenti in Appennino.

Riferimenti bibliografici

Boschi, E., Guidoboni, E., Ferrari, G., Mariotti, D., Valensise, G., Gasperini, P. (Eds): 2000, Catalogue of Strong Italian Earthquakes from 461 B.C. to 1997 (CFTI3). *Annali di Geofisica*, 43(4), 843-868 and CD-ROM.

Cubellis, E., Ereditato, D., Ferri, M., Luongo, G., Murino, P., Obrizzo, F., and Vetrella, S. : 1995, Geodinamica dell'Italia Meridionale e implicazioni nella tettonica del Matese. *Studi Geologici Camerti*, Special Volume 1995/2, 167- 181.

Del Gaudio C., F. Pingue, I. Aquino, S.E.P. Borgstrom, G. Brandi, G. Cecere, P. De Martino, V., D'errico, M. Dolce, A. Iannella, A. La Rocca, S. Malaspina, F. Obrizzo, C. Ricco, G., Ricciardi, V. Sepe, C. Serio, V. Siniscalchi, U. Tammaro (2004). A GPS Network for monitoring Matese Chain (Campanian Apennine-ITALY) EGS 29^h General Assembly, Nice, France, 25-30 April 2004, Geophysical Research Abstract, Vol. 6, 02341.

G. Milano, R. Digiovanbattista, G. Alessio (1999) Earthquake swarms seismic sequence in the Southern Apennines chain (Italy): the 1997 in the Sannio-Matese mountains. *Tectonophysics* 306 (1999) pag. 57-78.

G. Milano, R. Digiovanbattista, G. Ventura (2003). Local stress from seismic sequences in the Southern Apennines. Abstract. Workshop "Seismogenic faulting and seismic activity in the Calabrian Arc region" Taormina October 16-17, 2003.

Luongo, G., Obrizzo, F., Hartl, P., Thiel, K.H., Becker, D., Reich, M., Bles, J.L., Sauret, B., Murino, P., Ferri, M., Castellano, L., Russo, L., Fanelli, A., Rufino, A., Esposito, S. : 1996, Earthquakes prediction in tectonic active areas using space techniques. In: "Seismic risk in the European Union". Ghazi A. & Yeroyami M. (Eds). European Commission, 1, 79-106.

Marturano A. (Ed.) (2002). Contributi per la storia dei terremoti nel Bacino del Mediterraneo. Osservatorio Vesuviano-INGV, Ist. Italiano Studi Filosofici: Storia e Scienze della Terra. pp1-250, Salerno (Italy).

Marturano, A., and Rinaldis, V. : 1996, Seismic history and consistent seismicity: evidence from Southern Italy. *Natural Hazard*, 14, 11-21.

Pingue F., Cubellis E., De Luca G., De Natale G., Esposito T., Malaspina S., Maturano A., Obrizzo F., Serio C., Tammaro U., Troise C., (2001). *Contributo delle tecniche GPS allo studio della dinamica delle aree a Rischio : Vulcani attivi ed aree sismogenetiche in Campania*. Atti V Conferenza Nazionale ASITA, pp 1225-1232.

Sepe V., Obrizzo F., D'Alessandro A., Tammaro U., Antonecchia D., Brandi G., Dolce M., Iannella A. e Panichella C.. - *Rete GPS per il controllo delle deformazioni crostali regionali e locali nell'Appennino Centro-Meridionale (Area Sannio -Matese)*.(2002). Atti del 21° Convegno del Gruppo Nazionale di Geofisica della Terra Solida, 19-21 novembre 2002, Roma.

Sepe V., S. Baranello, S. E. P. Borgstrom, G. Cecere, C. Del Gaudio, P. De Martino, G. Milano, P. Pellegrino, G. P. Ricciardi, C. Ricco, N. Scapillati, V. Siniscalchi, I. Aquino, G. Brandi, M. Dolce, G. Lombardi, Milisci D., L. Rateni, G. Sposito (2004) *Studio delle deformazioni del suolo nel comune di Bojano (CB): primi risultati*. Atti del 23° Convegno del Gruppo Nazionale di Geofisica della Terra Solida, 40-41, 2004.

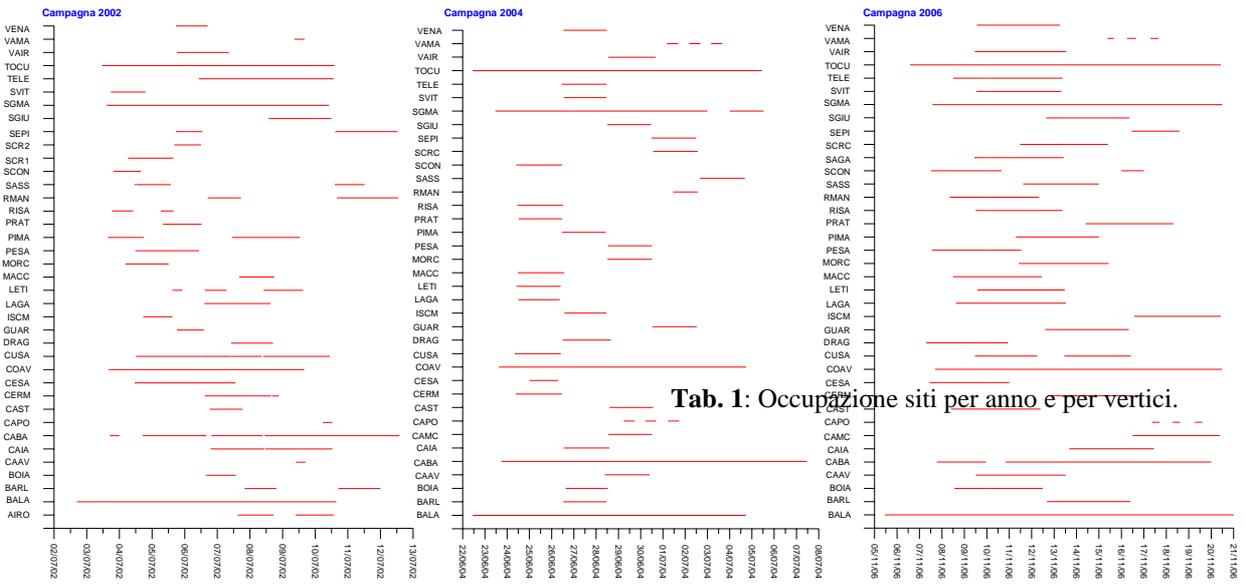
C. Del Gaudio, V. Sepe, I. Aquino, S. Borgstrom, G. Brandi, G. Cecere, A. D'Alessandro, P. De Martino, V. D'Errico, M. Dolce, G. Milano, F. Obrizzo, G.P. Ricciardi, C. Ricco, V. Siniscalchi, U. Tammaro (2007)

La rete GPS dell'area Sannio – Matese - Open File Report N. 4 2007 OV-INGV

http://www.ov.ingv.it/italiano/pubblicazioni/openfile/04_07.htm

Altamimi, Z., X. Collilieux, J. Legrand, B. Garayt, and C. Boucher (2007), ITRF2005: A new release of the International Terrestrial Reference Frame based on time series of station positions and Earth Orientation Parameters, *J. Geophys. Res.*, doi:10.1029/2007JB004949, in press

Tabella 1: *Occupazione siti per anno e per vertici.*



Tab. 1: *Occupazione siti per anno e per vertici.*

Tabella 2 – Strategie di elaborazione

ELABORAZIONE DATI GPS	
Software	Bernese 5.0
Osservabili	Differenze doppie – Combinazione lineare L3
Reference Frame	Campagne 2002 e 2004: GRAS, MATE, ZIMM, WTZR usate per soluzione ai minimi constraints in IGB00 Campagna 2006: CAGL, GRAS, MATE, NOT1, ZIMM, WTZR usate per soluzione ai minimi constraints in IGS05 Combinazione finale in IGS05
Orbite e file ERP	Campagne 2002 e 2004: Orbite precise e file EOP del GPS reprocessing project GPS-PDR (Steigenberger et al., 2006) in IGB00 Campagna 2006: Orbite precise e file EOP IGS in IGS05
Centro di Fase delle antenne	File di calibrazione assoluta delle antenne dei ricevitori (compreso RADOME) e dei satelliti IGS05.atx
Ocean loading	Modello FES2004
Angolo di cut-off	15 gradi con elevation dependent weighting (cosz)
Sampling rate	30 secondi
Baseline	OBSMAX
Ris. Ambiguità	Strategia QIF
Soluzione finale	L3 fixed
Ionosfera	Modello regionale CODE per soluzione ambiguità QIF.
Troposfera	MF “dry Niell” come modello a priori, parametri TZD stimati ogni 2h con MF “wet Niell”

Tabella 3 – Rete GPS Matese : Coordinate e velocità IGS05 all'epoca 01/01/2000.

Rete GPS Sannio-Matese		LAT N	LONG E	Up (m)	Vel N (mm/yr)	Vel E (mm/yr)	Vel Up (mm/yr)
Airola	AIRO	Danneggiato					
Baia e Latina	BALA	41° 17' 23,949400" N	14° 16' 23,551767" E	173,0795	18,5	22,4	-6,3
Baranello	BARL	Danneggiato e sostituito					
Boiano-Civita Sup.	BOIA	41° 28' 04,006260" N	14° 28' 11,763557" E	966,8554	16,5	21,4	-3,4
Capriati_Volturno	CAAV	41° 29' 03,996016" N	14° 06' 45,346824" E	237,0217	21,9	24,6	-6,9
Campobasso	CABA	41° 36' 40,733712" N	14° 39' 50,870992" E	702,0346	17	20,5	7,5
Caiazzo	CAIA	41° 10' 08,149079" N	14° 22' 10,142241" E	115,5169	12,8	17,8	-1,9
Campochiaro	CAMC	41° 26' 54,311661" N	14° 30' 07,111513" E	816,2833	17,5	16,4	-15,9
Castelpoto	CAPO	41° 07' 13,952521" N	14° 40' 53,577247" E	433,6477	16,4	20,6	1,3
Castelpizzuto	CAST	41° 31' 33,998670" N	14° 17' 54,524408" E	1088,1477	12,3	19,5	1,4
Ceremaggiore	CERM	41° 27' 24,706654" N	14° 44' 13,638089" E	1129,8876	14,9	20,6	-5,5
Cerreto_Sannita	CESA	41° 17' 28,994345" N	14° 35' 27,945570" E	630,1573	13,1	21,2	0,1
Colli al Volturno	COAV	41° 36' 34,514501" N	14° 06' 46,351311" E	615,4707	19,2	20,1	3,4
Cusano_Mutri	CUSA	41° 20' 31,111156" N	14° 30' 08,138511" E	556,8517	9,6	20,2	-6,3
Dragoni	DRAG	41° 16' 57,609086" N	14° 17' 28,620829" E	154,6384	18,6	20,7	-8,3
Guardiaregia	GUAR	41° 26' 41,303510" N	14° 33' 42,187728" E	744,3629	14,9	23	4,4
Isernia-C.Ile Martino	ISCM	41° 38' 40,980723" N	14° 12' 24,021015" E	802,3940	17,8	20,8	1,9
La Gallinola	LAGA	41° 26' 01,958493" N	14° 26' 03,334870" E	1678,2552	14,2	21,4	-1,4
Letino	LETI	41° 27' 13,608343" N	14° 15' 09,348190" E	1101,6457	18,8	21,5	-3,3
Macchiagodena	MACC	41° 34' 47,033516" N	14° 25' 34,155107" E	1367,5462	17,5	19,8	-3,8
Morcone	MORC	41° 21' 17,843132" N	14° 36' 14,972595" E	1218,8169	17,2	20,7	-2,5
PescoSannita	PESA	41° 15' 17,565170" N	14° 49' 52,949300" E	473,9801	15,8	21,8	-1,1
Piedimonte Matese	PIMA	41° 20' 23,493064" N	14° 19' 46,748200" E	176,0022	15,3	21,5	7,1
Pratella	PRAT	41° 24' 54,202376" N	14° 08' 35,517741" E	716,7827	17,3	22,2	-2,2
Rionero Sannitico	RISA	41° 42' 52,746032" N	14° 09' 00,428958" E	1177,6248	17,7	22,1	4,4
Roccamandolfi	RMAN	41° 29' 47,547066" N	14° 20' 55,455131" E	995,6231	15,9	19,7	-1,3
Sassinoro	SASS	41° 22' 28,860262" N	14° 40' 01,859764" E	578,3494	14,8	23	8,5
Scontrone	SCON	41° 45' 32,096814" N	14° 02' 13,892717" E	1300,3387	17,1	19,4	4,3
S.Croce Sannio	SCR1	41° 23' 57,275393" N	14° 44' 31,066830" E	832,1243	17,2	23,5	1,6
Sepino	SEPI	41° 25' 45,749874" N	14° 37' 05,019022" E	607,5316	14,3	19,5	1,5
S. Giuliano del Sannio	SGIU	41° 27' 52,708744" N	14° 37' 42,056271" E	758,7104	17,5	20,9	-2,2
S. Gregorio Matese	SGMA	41° 23' 13,788893" N	14° 22' 45,498166" E	939,3555	17,9	22,5	-5,5
S. Vittorino-Acquaviva	SVIT	41° 41' 22,769738" N	14° 07' 25,106148" E	1185,7493	21,2	22,4	4,4
Telese	TELE	41° 13' 21,127389" N	14° 31' 36,072730" E	115,1135	22,4	20,4	-13,3
Torreco	TOCU	41° 11' 23,678380" N	14° 40' 48,363502" E	518,0793	16	21,1	20,9
Vairano Scalo	VAIR	41° 21' 35,832863" N	14° 06' 02,515664" E	199,3135	15,9	20,3	10,4
Valle Maddaloni	VAMA	41° 03' 37,909157" N	14° 23' 59,786938" E	262,6356	20	23,4	-10,1
Venafro-M.te S. Nazario	VENA	41° 27' 12,043461" N	14° 01' 42,069437" E	373,7734	17,1	21,4	5,6
Progetto CEE (Prof. LUONGO)				1993-1995			
MURST 40% (Prof. ACHILLI)				2000			
MURST 40% (Prof. DEL PEZZO)				2000			
Progetto ASI (Prof. E. Boschi) - Resp. UR O. V. Dr. Del Gaudio				2002-2004			

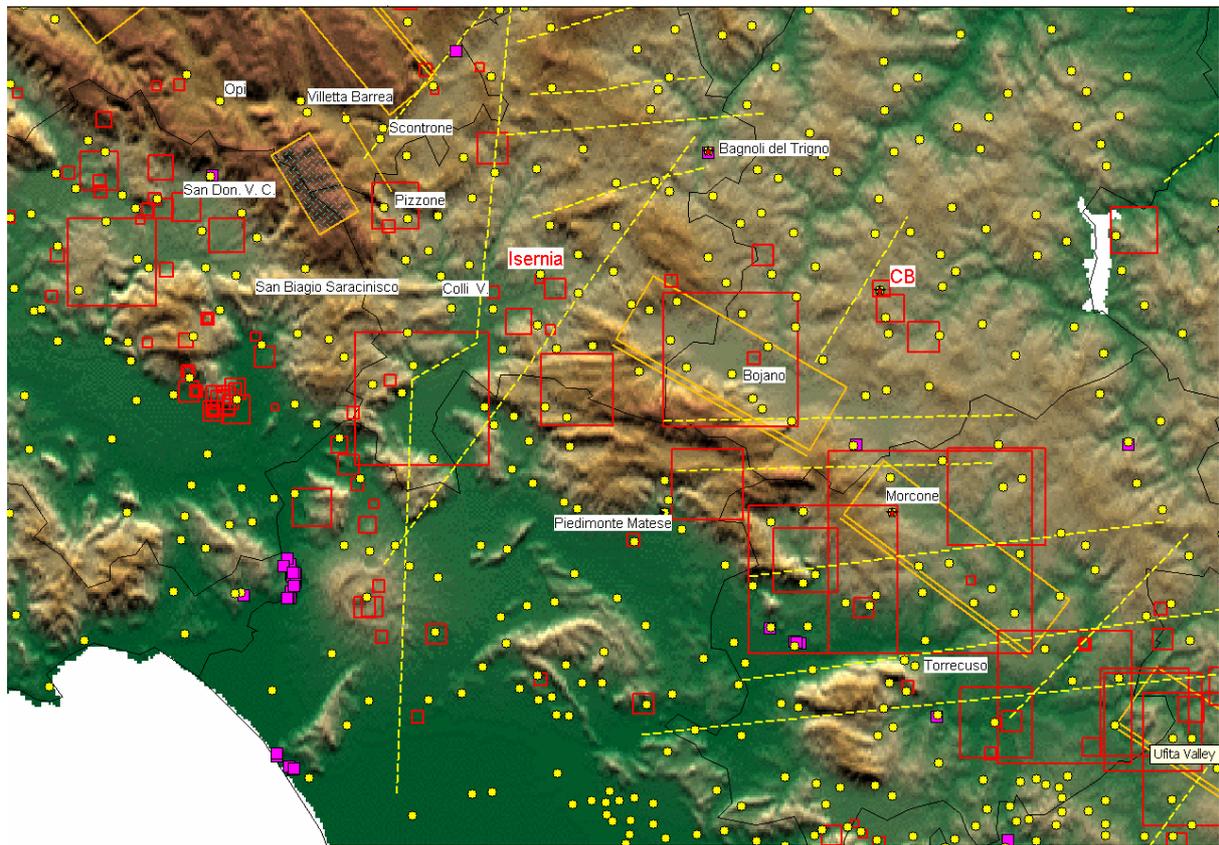


Figura 1- *Inquadramento dell'area*

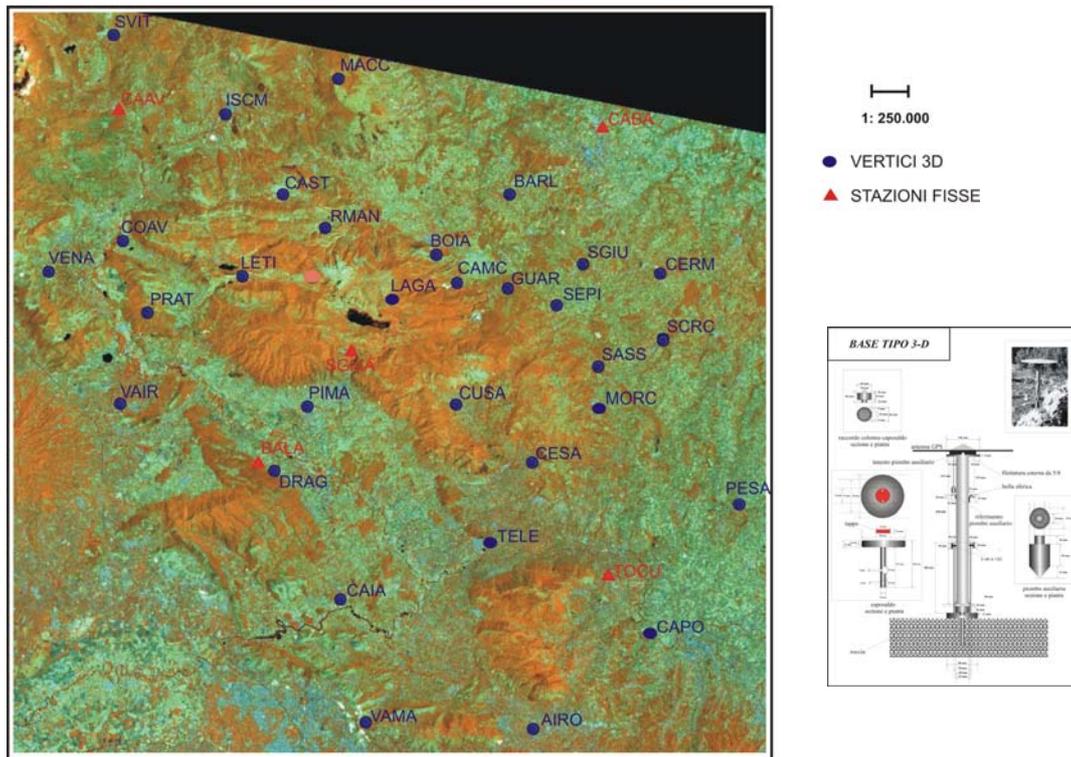


Fig. 2 - Rete GPS Matese (Landsat , by INGV-NA Geomatic & Cartography Laboratory) con schema di materializzazione di vertice 3D.

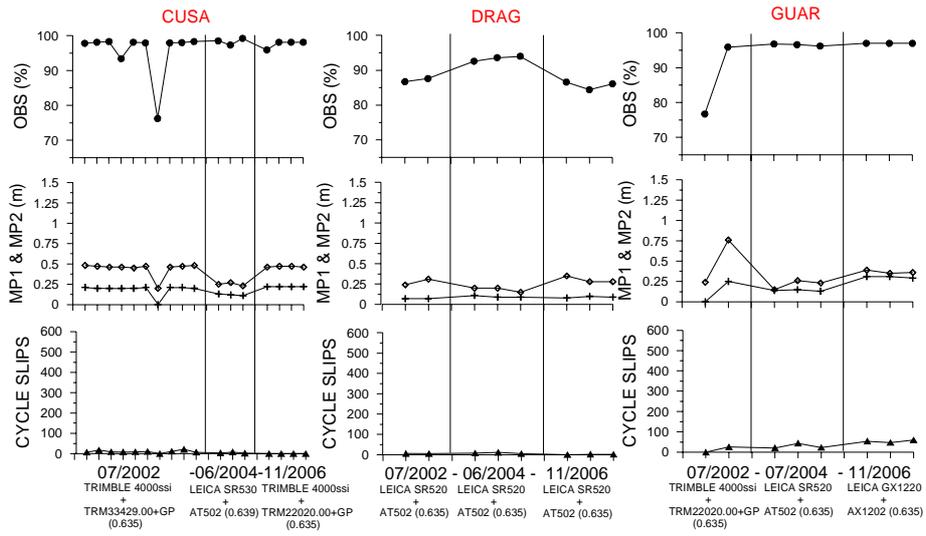


Figura 3 - Esempio di analisi di qualità per le stazioni RMAN, SASS e SCON.

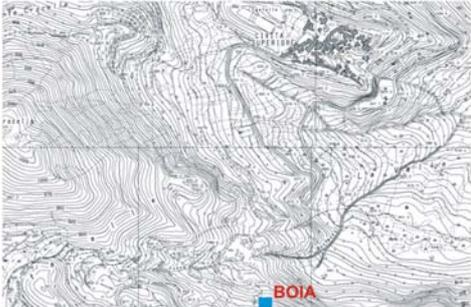
 <small>ISTITUTO ITALIANO GEOMETRI E TOPOGRAFICI Sezione di Napoli dell'Istituto Nazionale di Geometria e Topografia</small>	MONOGRAFIA SCHEMATICA RETE GPS BOJANO	BOIA
COMUNE: BOJANO PROVINCIA: CB LOCALITA': "LA COSTA" PROPRIETA':	COORD GEOGRAFICHE ROMA 40 LATITUDINE: LONGITUDINE: QUOTA slm:	COORD GEOGRAFICHE (WGS 84) LATITUDINE: 41° 28' 04.007303" N LONGITUDINE: 14° 28' 11.765663" E QUOTA elliss: 966.8186
VERTICE 3D: N° 1 PROPRIETA': O. V. ANNO DI ISTITUZIONE: 2002		
<p>Autostrada NA-BN, uscita Benevento proseguire lungo la tangenziale di Benevento in direzione di Campobasso, alla fine della tangenziale prendere la SS 87 per Campobasso Morcone, superato l'abitato di Sepino proseguire sempre in direzione di Bojano. Giunti a Bojano proseguire salendo verso Civita Superiore. Lungo la strada, dopo il cimitero, prima di giungere a Civita, al bivio voltare a sinistra, salendo per circa 2 Km superare la cava, e una volta giunti alla base della collinetta lasciare l'auto e proseguire a piedi salendo su per il crinale. Sulla roccia in posto è stato materializzato il vertice</p> <p style="text-align: right;">3 D</p>		

Figura 5 - Esempio di monografia realizzata.