

Sequenza sismica di Amatrice

Risultati iniziali delle analisi interferometriche satellitari

Per il gruppo di lavoro INGV/IREA-CNR per le analisi di dati SAR, hanno contribuito:

Christian Bignami, Cristiano Tolomei, Simone Atzori, Salvatore Stramondo, Stefano Salvi - INGV-CNT
Raffaele Castaldo, Francesco Casu, Claudio De Luca, Vincenzo De Novellis, Riccardo Lanari, Antonio Pepe, Susi Pepe, Pietro Tizzani, Ivana Zinno - IREA-CNR

Citare come: Gruppo di lavoro IREA-CNR & INGV, 2016 Sequenza sismica di Amatrice: risultati iniziali delle analisi interferometriche satellitari, DOI: 10.5281/zenodo.60935

Sono presentati nel seguito i primi risultati delle analisi di interferometria SAR e della successiva modellazione della deformazione statica per il terremoto di Amatrice del 24/8/16.

Sono state elaborate tre (3) acquisizioni SAR pre- (01/07/15, 09/09/15, 27/01/16) ed una (1) post-evento (24/8/16) effettuate dal satellite giapponese ALOS-2, con un sensore operante in banda L.

Le acquisizioni, effettuate tutte in modalità Stripmap, sono state ottenute dalla Agenzia Spaziale Giapponese nel quadro dei dati assegnati a progetti scientifici preesistenti dell'IREA-CNR e dell'INGV. La figura 1 mostra la sismicità legata alla sequenza in atto e l'estensione delle immagini ALOS-2 utilizzate.

Dalle acquisizioni SAR suddette sono stati generati tutti e sei (6) gli interferogrammi differenziali possibili, dei quali tre (3) co-sismici; tra questi è risultato maggiormente coerente e non affetto da significativi artefatti atmosferici l'interferogramma differenziale relativo alla coppia che copre il periodo temporale 09/09/2015-24/8/2016 e quindi include le deformazioni del suolo causate da tutti i terremoti inclusi tra quelle date, il contributo maggiore deriva però chiaramente dagli eventi maggiori del 24 agosto (mainshock M6.0 delle ore 1:36 UTC e aftershock M5.3 delle 2:33 UTC).

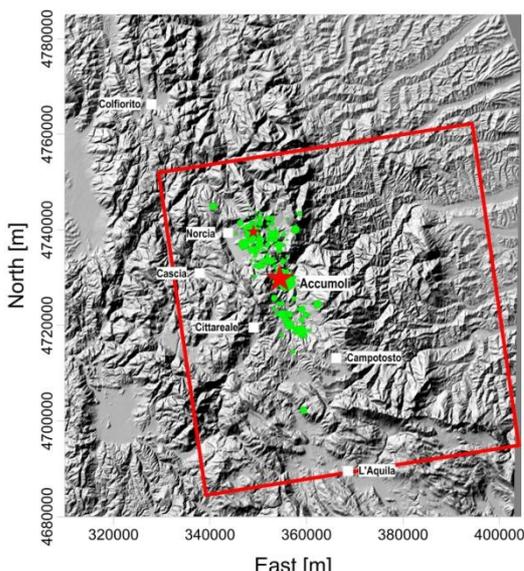


Figura 1: modello digitale del terreno dell'area analizzata con sovrapposta la sismicità legata alla sequenza in atto; le stelle rappresentano il mainshock ed il principale aftershock mentre in rosso è evidenziata l'area illuminata dalle acquisizioni del sensore ALOS-2 utilizzate per le analisi di interferometria SAR differenziale mostrate nel seguito.

L'interferogramma¹ differenziale risultante da questa coppia è mostrato in figura 2. Tra i paesi di Amatrice e Norcia è visibile una zona di abbassamento orientata NNW-SSE delineata da una frangia di interferenza. Questa zona è sovrapponibile alla sismicità e contiene al suo interno il mainshock.

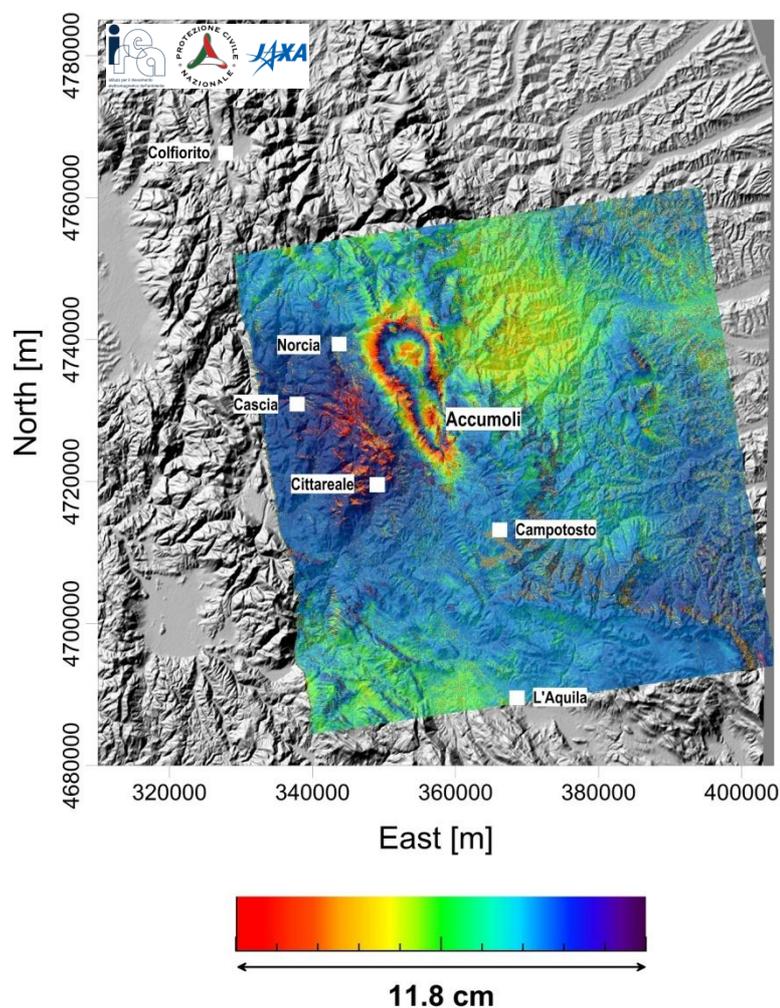


Figura 2: interferogramma differenziale ottenuto dalla coppia di acquisizioni ALOS-2 che copre l'intervallo temporale 09/09/2015-24/8/2016.

La figura 3 mostra invece la mappa di spostamento del suolo in cm nella direzione di vista del satellite. Il massimo dello spostamento verso il basso (allontanamento dal satellite) si verifica nell'area di Accumoli, circa 20 cm. Più a nord è visibile un secondo massimo di abbassamento del suolo (fino a 18 cm), dovuto verosimilmente all'aftershock di M 5.3 verificatosi circa un'ora dopo il mainshock.

¹L'interferogramma SAR dà una misura delle deformazioni del suolo avvenute tra le date delle due immagini da cui è ricavato. Rappresenta una mappa dei movimenti del suolo, proiettati secondo la direzione di vista del satellite, in termini di cicli di colore. Ogni ciclo (o frangia) indica una deformazione del suolo tra le due date di circa 11.8 cm (nel caso di ALOS-2). La successione dei colori in ognuna delle frange indica il verso (riportato nella legenda) del movimento del suolo. Per ottenere il massimo spostamento del suolo avvenuto tra le due date nell'area analizzata, le frange con lo stesso verso del ciclo di colore vanno sommate.

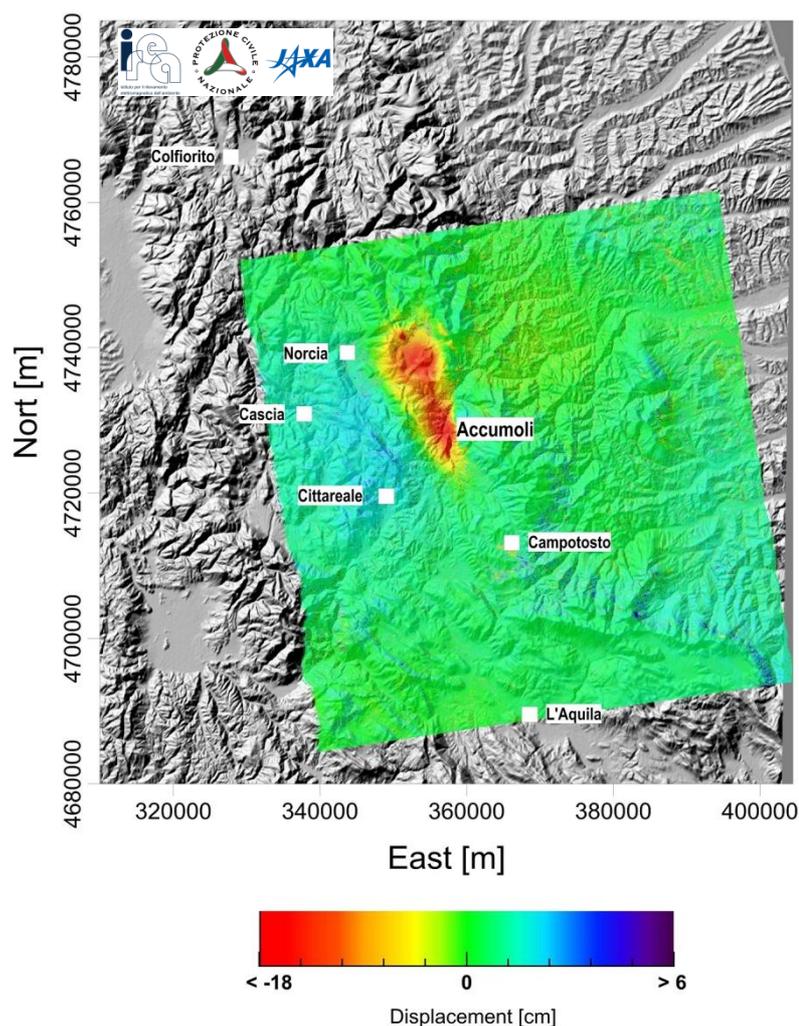


Figura 3: mappa di deformazione, nella linea di vista del radar, ottenuta dall'interferogramma differenziale di figura 2.

Si segnala infine che alcuni pattern di deformazione particolarmente localizzati meritano un ulteriore approfondimento per valutare la possibilità che riguardino effetti di instabilità di versante o di subsidenza.

Modellazione preliminare della sorgente

Lo spostamento del suolo rappresentato in Figura 2 è stato modellato con inversione non-lineare e lineare. In questa inversione preliminare non sono stati utilizzati altri dati geodetici.

Vengono presentati i risultati di una inversione per singola sorgente e per due sorgenti distinte.

Singola faglia

L'inversione non-lineare ha utilizzato come unico vincolo il valore di dip della faglia individuato dal meccanismo focale elaborato da L. Malagnini per il mainshock, ovvero 50°. La geometria individuata

dall'inversione non-lineare è stata quindi utilizzata per l'inversione della distribuzione di slip sul piano di faglia. Il risultato è visibile nelle Figure 3 e 4, mentre la Tabella 1 mostra i parametri geometrici della faglia.

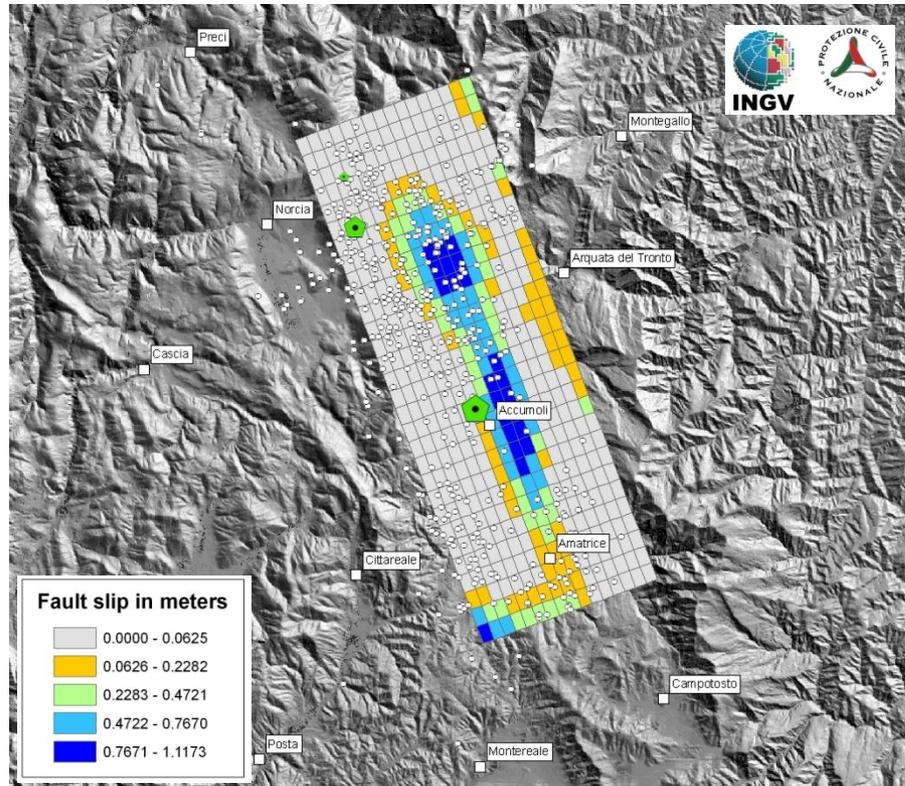


Figura 3 - Distribuzione di slip sulla singola faglia. Sono mostrati anche i due eventi maggiori della sequenza al 25/8 (pentagoni verdi) e tutti gli aftershock fino al 25/8 (cerchi bianchi).

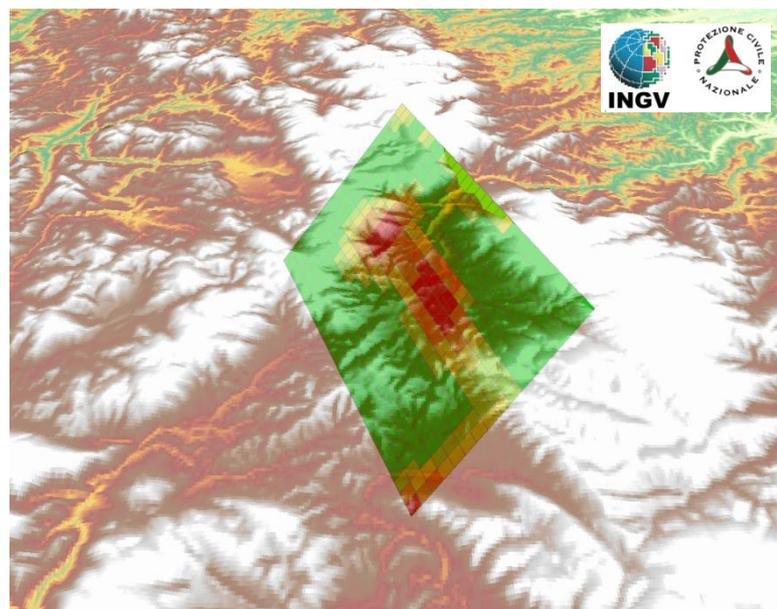


Figura 4 - Rappresentazione 3D del modello di slip a una faglia.

Tabella 1

Modello	Mw osservata	Magnitudo geodetica	Lunghezza	Larghezza	Profondità del tetto	Strike	Dip	Rake	Slip max	RMS
Singola faglia	6.0 + 5.3	6.1	~26 km	~12 km	~3000 m	160°	50°	-85°	100 cm	2.1 cm
Doppia faglia	6.0	6.1	~16 km	~8 km	~2000 m	162°	50°	-97°	100 cm	2.1 cm
	5.3		~10 km	~10 km	~200 m	122°	46°	-108°	99 cm	

Nota: i valori indicati di lunghezza, larghezza e profondità sono relativi alle aree di maggiore slip

Doppia faglia

Anche in questo caso l'inversione non-lineare ha utilizzato come unico vincolo il valore di dip della faglia individuato dai meccanismi focali elaborati da L. Malagnini, per il mainshock (50°) e per l'evento di M5.3 (46°). Le geometrie individuate dall'inversione non-lineare per le due faglie sono quindi state utilizzate per l'inversione della distribuzione di slip sui piani di faglia. Il risultato è visibile nelle Figure 5 e 6. La Tabella 1 mostra i parametri geometrici delle 2 faglie.

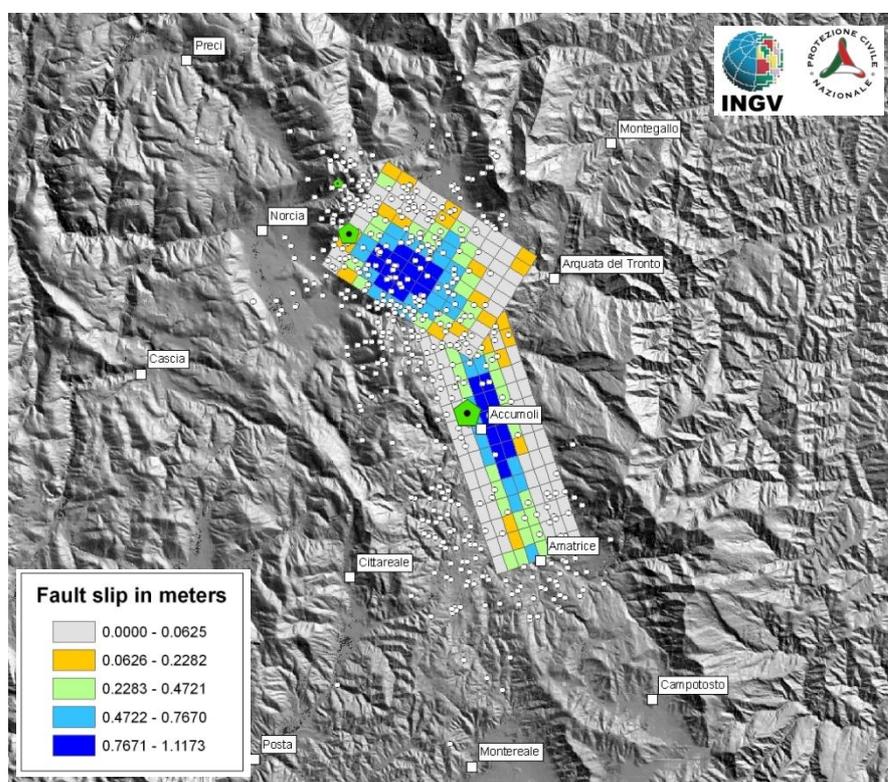


Figura 5 - Distribuzione di slip sulle due faglie. Sono mostrati anche i due eventi maggiori della sequenza al 25/8 (pentagoni verdi) e tutti gli aftershock fino al 25/8 (cerchi bianchi).

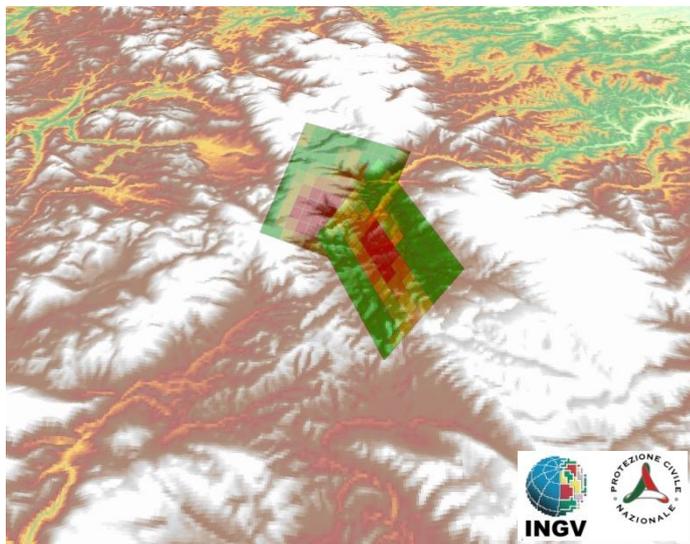


Figura 6 - Rappresentazione 3D del modello di slip a due faglie.

I due modelli fittano i dati in modo identico (Tabella 1) e pertanto in mancanza di ulteriori vincoli si può dire che i due modelli sono egualmente possibili.

La modellazione conferma che si tratta di faglie normali ad alto angolo immergenti ad Ovest, in accordo con la tettonica distensiva dell'area. Lo slip risulta piuttosto concentrato ed è probabile che nel corso della sequenza si osservi una ulteriore re-distribuzione dello slip sui piani individuati.

I dati di slip possono essere utilizzati per calcolare la variazione di stress di Coulomb (ΔCFF) sulle faglie vicine. In particolare a N a S delle faglie modellate sono presenti le strutture del M. Vettore e del Gorzano/Laga, sulle quali potrebbe essersi verificato un accumulo di sforzo. Non appena saranno disponibili le geometrie di queste strutture sarà possibile stimare i valori di ΔCFF .