

Progetto S1 – Direttore A. Argnani

S1-a. Miglioramento delle conoscenze sulla Pianura Padana

- a.1. Costruzione di un modello di velocità 2D/3D a scala regionale, da basare su dati sismologici attivi e passivi, e consistente con gli altri dati geologici e geofisici disponibili (inclusi i dati di pozzo) desunti dalla revisione (parzialmente già effettuata nei progetti scorsi) della rete di profili sismici per esplorazioni petrolifere (settore di pianura). Costruzione di una banca dati dei parametri petrofisici da dati di pozzo.
- a.2. Sulla base dei recenti sviluppi di tomografie da dati di rumore sismico, studio in dettaglio dell'Italia settentrionale per quanto riguarda la struttura crostale e sub-crostantale. Studio delle onde di superficie che permetterebbe di ottenere un modello per il mantello superiore.
- a.3. Rilocalizzazione della sismicità strumentale mediante il nuovo modello di velocità e individuazione di zone a maggior rilascio sismico, *cluster* sismici e una generale migliore definizione della distribuzione della sismicità.
- a.4. Mappa della deformazione e dello sforzo in corso nella Pianura Padana, mediante elaborazione di dati geodetici, InSAR e dati di sforzo (da pozzo, meccanismi focali, ecc.).
- a.5. Modellazione analogica e numerica, vincolata con i modelli di velocità di deformazione, per analizzare il comportamento e l'evoluzione recente delle due fasce collisionali (Sudalpino ed Appennino settentrionale) e della crosta di Adria.

S1-b. Miglioramento delle conoscenze sul potenziale sismogenico di faglie attive nell'area padana

- b.1. Localizzazione della sismicità nell'area del Montello, con maggiore precisione rispetto agli eventi presenti nei Bollettini, se si potranno usare insieme i dati di reti temporanee e permanenti attive nella zona. Si auspica l'uso di modelli di velocità delle onde sismiche studiati in S1a.
- b.2. Definizione della distribuzione della deformazione e dello sforzo (usando dati GPS, InSAR e di sforzo attivo) attraverso le strutture tettoniche nella zona del Montello; confronto con modelli numerici per identificare su quali strutture si espleta la deformazione attuale. linea di ricerca da sviluppare con le ricerche più regionali di S1a.
- b.3. Indagini morfotettoniche sui terrazzi fluviali dei principali corsi d'acqua appenninici ed analisi morfometriche dei principali indici nell'Appennino romagnolo per meglio definire alcuni parametri sismotettonici e al fine di aggiornare i database delle faglie attive..
- b.4. Modellazione numerica (es. Okada, ma non solo) delle strutture presenti nell'Appennino romagnolo per riprodurre ed analizzare i movimenti (verticali) recenti osservati con altre tecniche.
- b.5. Modellazione analogica dell'Appennino romagnolo per vincolare la geometria, la cinematica e l'evoluzione cronologica (relativa) delle strutture contrazionali sepolte (in sinergia con il sottoprogetto S1a).
- b.6. Rivisitazione terremoti storici dell'area padana, se necessario.
- b.7. Indagini stratigrafiche di dettaglio dei depositi (tardo pleistocenici-)olocenici nell'area in corrispondenza dell'Arco Ferrarese per evidenziare movimenti verticali differenziali recenti. Indagini gravimetriche di dettaglio nell'area dell'anticlinale di Casaglia. Aggiornamento del database delle faglie attive.
- b.7. Creazione di mappe e parametrizzazione delle faglie attive al fine di rivalutare la pericolosità in sinergia con i progetti S2.

S1-c. Miglioramento delle conoscenze sismotettoniche nel settore calabro-lucano (Bacino del Mercure, area del Pollino e Sannio-Beneventano)

- c.1. Indagini geodetiche della rete GPS recentemente migliorata per meglio definire il campo degli spostamenti e delle deformazioni locali al fine di produrre corrispondenti mappe (traiettorie delle deformazioni e degli sforzi) ed individuare le zone/fasce a maggior deformazione.
- c.2. Indagini geologico-strutturali in aree selezionate (da concentrare su terreni quaternari) effettuando analisi mesostrutturali sistematiche su aree selezionate per ricostruire l'orientamento degli assi principali

della deformazione (sforzo) ed evidenziare le maggiori fasce deformative (spesso polifasate) e la cinematica più recente delle strutture.

- c.3. Analisi di dettaglio della sismicità strumentale recente al fine di perfezionare le conoscenze disponibili sulla struttura crostale nell'area di interesse e per produrre un nuovo modello di velocità 3D mediante inversione di dati sismici (tomografia, receiver functions, etc) ma tenendo conto di tutti i dati geologici e geofisici disponibili.
- c.4. Analisi della distribuzione spaziale della sismicità con tecniche di localizzazione ipocentrale preferibilmente non-lineari e verifica della significatività dei sismolineamenti, inversione di forme d'onda sismiche per la stima dei meccanismi focali in particolare per eventi di magnitudo medio-bassa, determinazione dei campi di sforzo potenzialmente sismogenici e di deformazione sismico.
- c.5. Analisi integrata e sintesi delle varie informazioni geofisiche e geologiche ai fini dell'individuazione e caratterizzazione delle locali strutture sismogeniche, per la creazione di mappe di faglie attive e loro parametrizzazione al fine di aggiornare i cataloghi. In particolare, i) la determinazione dei tassi di deformazione delle strutture identificate, ii) l'analisi delle possibili relazioni tra strutture e sismicità storica, iii) la comparazione con gli sforzi derivati da dati sismologici, iv) l'interpretazione dei dati geodetici da comparare con le principali strutture sismogeniche identificate.

S1-d. Affinamento delle tecniche di indagine in geologia dei terremoti

- d.1. Il principale prodotto atteso è rappresentato dalla validazione delle diverse tecniche utilizzate nella geologia dei terremoti per parametrizzare da un punto di vista sismotettonico le faglie attive selezionando una (o più) strutture sismogeniche già ben note).
- d.2. In secondo luogo, questa linea di ricerca permetterà un aggiornamento del database delle faglie attive con tutte le informazioni acquisite per le strutture selezionate da utilizzare per una rivalutazione della pericolosità
- d.3. Effettuare profili di sismica a riflessione ad alta/issima risoluzione in prossimità della tomografie elettriche già effettuate; ciò permetterebbe un profondità di indagine superiore permettendo di meglio vincolare la geometria della struttura in profondità.
- d.4. Utilizzare altre tecniche di prospezione geofisica (es. GPR 3D e metodologie di prospezioni elettriche ed elettromagnetiche, quali il metodo del Potenziale Spontaneo, la Tomografia di Resistività Elettrica ad alta risoluzione superficiale e profonda, il metodo Magnetotellurico, con diverso potere risolutivo e profondità di esplorazione) finalizzate al confronto dei diversi livelli di risoluzione.
- d.5. Effettuare alcuni carotaggi (metrici-decametrici) a cavallo della faglia per calibrare i dati geofisici e per evidenziare variazioni di spessore e di facies dei sedimenti recenti.
- d.6. Scavo di trincee paleosismologiche per analizzare gli ultimi eventi sismici (rigetto, età, periodo di ritorno eventi, ecc.).
- d.7. Analisi degli isotopi cosmogenici terrestri (^{36}Cl), integrate con analisi delle abbondanze relative di terre rare su porzioni della *free-face* sviluppata in substrato roccioso al fine di individuare rigetti co-sismici ed eventualmente datare gli ultimi eventi occorsi.
- d.8. Misure di emissioni radon lungo transetti perpendicolari le faglie selezionate per verificare le possibili

Progetto S2 – Direttore Laura Peruzza

S2-a. Sviluppo di un modello di pericolosità sismica *fault-based* e *time-dependent* in Appennino Meridionale

- a.1. Definizione di un modello sismotettonico per l'Appennino meridionale, base di partenza per le valutazioni della pericolosità sismica, che prenderà in considerazione dati geologici quantitativi, geometrie, cinematica e tassi di deformazione delle faglie attive note.
- a.2. Definizione di un modello di ricorrenza dei terremoti per l'Appennino meridionale, utilizzando tutti i dati disponibili ed esplorando nuovi metodi per ottenere valutazioni alternative di pericolosità sismica per differenti valori di scuotimento del suolo, anche tramite approcci tempo-dipendenti.
- a.3. Analisi delle possibili interazioni tra strutture, in termini di variazione delle probabilità di accadimento dei terremoti maggiori, attraverso la valutazione delle variazioni degli sforzi di Coulomb, per migliorare gli scenari di pericolosità.
- a.4. Utilizzo dei dati di deformazione geodetica per produrre mappe di *strain rate* tettonico e di potenziale sismico per magnitudo al di sopra di una soglia determinata secondo la metodologia illustrata in Ward (2007) relative all'area pilota dell'Appennino Meridionale.

S2-b. Studio sulle procedure di validazione dei modelli di pericolosità sismica e di occorrenza (nelle due macroaree definite nell'Allegato C)

- b.1. Utilizzo di test retrospettivi per la validazione di modelli di pericolosità sismica che utilizzano approcci differenti.
- b.2. Messa a punto di test di sensibilità dei parametri che entrano in gioco nei modelli di pericolosità anche al fine di scegliere quelli sui quali investire più risorse negli altri progetti e negli anni futuri (M_{max} , *slip rates*, *foreshocks*, indicatori geochimici, geometrie del sistema di faglia, parametro b della G-R, etc).
- b.3. Validazione di diversi metodi di calcolo della pericolosità sismica (*smoothed seismicity*, *site approach*, Cornell, partendo dai risultati del progetto S2 Faccioli-Marzocchi) rispetto agli stessi osservabili e confronto tra i risultati.
- b.4. Sviluppo di simulazioni numeriche per testare modelli di occorrenza dei terremoti (individuazione o creazione *ex-novo* di un simulatore numerico di eventi sismici con analisi del tempo medio di ritorno, delle distribuzioni di probabilità, dei valori di aperiodicità etc. e test di validazione di modelli noti).

S2-c. Sperimentazione per la futura costruzione di mappe di pericolosità sismica su test area

- c.1. Creazione di mappe *soil-hazard* basate sull'analisi degli effetti di sito (soprattutto litostratigrafia e morfologia) dedotti a varia scala (dalla carta geologica a microzonazioni), se possibile anche in aree esterne alle due macroaree ove sono in corso diffusi progetti di microzonazione come l'Abruzzo.
- c.2. Utilizzo e confronto fra diversi predittori di scuotimento (intensità di Housner, accelerazione effettiva, intensità Arias, spostamento, ecc.).
- c.3. Confronto e miglioramento delle relazioni di attenuazione (eventualmente anche per terremoti profondi).
- c.4. Aspetti relativi ai processi di liquefazione.

Progetto S3 – Direttore Dario Albarello

S3-a. Produzione e sviluppo di modelli di previsione dei terremoti a breve termine

- a.1. Beneficiando di una attiva collaborazione con i progetti europei in corso per sviluppare codici finalizzati all'utilizzo pratico di tali modelli nel territorio italiano si potrebbero utilizzare i codici a disposizione per automatizzare la produzione di previsione ogni tre ore.
- a.2. Creazione di un idoneo database osservazionale contenente tutte le variazioni spazio-temporali (transienti) di segnali misurati (dati geofisici, geochimici e sismici, ecc.) associati ad un incremento della probabilità di accadimento dei terremoti e produzione di modelli di previsione che tengano conto anche dei principali parametri sismotettonici delle strutture sismogeniche.
- a.3. Verifica prospettiva e retrospettiva delle capacità predittive di ogni modello utilizzando i test che si utilizzano negli esperimenti CSEP; i risultati di questi esperimenti sono fondamentali per attribuire un peso ad ogni modello.
- a.4. Creazione di un modello unico *ensemble* tramite la media pesata di tutti i modelli. Le differenze tra le previsioni dei diversi modelli forniranno anche una valutazione delle incertezze associate.
- a.5. Le ricerche sui precursori sono ricerche a bassa probabilità di successo ma con un possibile alto impatto. Non si possono garantire prodotti utilizzabili, ma solo un chiaro e focalizzato impegno in questa direzione. Lo scopo ultimo è quello di utilizzare tutti i risultati ottenuti per migliorare i modelli prodotti in S3.a, quindi ogni modello fornito deve essere verificabile secondo le procedure CSEP.

S3-b. Sviluppo di esperimenti di validazione dei modelli di previsione a breve termine

- b.1. Il prodotto atteso principale è lo sviluppo di tecniche CSEP-type per la valutazione in tempo reale dei modelli sviluppati nel sottoprogetto S1-a. Tale verifica è fondamentale per creare modelli *ensemble*, che garantiscono le migliori performances predittive.
- b.2. Un altro prodotto atteso è quello di verifiche *ad hoc* di modelli previsionali particolari, come ad esempio su eventuali modelli di previsione a breve termine basati su precursori (ved. sottoprogetto S3-a).

S3-c. Studio di osservabili potenzialmente interessanti per la comprensione del processo di preparazione del terremoto

- c.1. Mappe giornaliere di anomalie termiche superficiali mediante sensori operanti nel visibile ed infrarosso termico in aree sismicamente attive in almeno due aree test (Pianura Padana e Appennino Calabro-Lucano).
- c.2. Studio attraverso tecniche semi automatiche dell'andamento spazio temporale del rapporto V_p/V_s e dei parametri di *splitting* delle onde S per due aree: terremoto di Ferrara e confine Calabro-Lucano. Il prodotto atteso dovrà essere rappresentato dall'analisi delle variazioni spazio temporali dei valori di V_p/V_s e dei parametri anisotropici nelle due aree test in relazione al verificarsi di scosse. L'analisi di queste serie temporali dovrà permettere di individuare variazioni che possono essere messe in relazione con l'evoluzione delle proprietà fisiche e, quindi, dello stato di sforzo nella porzione di crosta interessata dalla sismogenesi.
- c.3. Studio delle variazioni dell'emissione elettromagnetiche.
- c.4. Confronto ed analisi delle possibili correlazioni tra variazioni nella dinamica spazio-temporale della sismicità locale e anomalie termiche rilevate da satellite.
- c.5. Analisi delle variazioni elettromagnetiche per alcune aree test (Pianura Padana e Appennino Calabro-Lucano).