



Aleanna Resources LLC

**Procedimento V.I.A. (ex D. Lgs. 152/06 e s.m.i.)
Progetto di Concessione di Coltivazione di idrocarburi
“Gradizza”**

INTEGRAZIONI AL S.I.A.

**Nota MATTM n° 1621 del 22/01/2016 e
Regione Emilia-Romagna n° PG.2015.860060 del 03/12/2015**

ALLEGATO 8



INGV
terremoti
vulcani
ambiente

ISTITUTO NAZIONALE
DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Aleanna Resources LLC
Sede Operativa: Viale Manlio Gelsomini, 14
00153 – Roma

Proposta preliminare di piano di monitoraggio delle deformazioni del suolo presso la concessione di coltivazione di idrocarburi “Gradizza” (FE).

Premessa

Il progetto di monitoraggio delle deformazioni del suolo, di cui al p.to n° 25 della richiesta di integrazioni trasmessa dal Ministero dell’Ambiente (rif. n° 0000101/CTVA del 15/01/2016) e al p.to n° 18 della analoga richiesta della Regione Emilia-Romagna (rif. n° PG.2015.860060 del 3/12/2015), sarà predisposto da INGV, in quanto Ente operante con mansioni di SPM (Struttura Preposta al Monitoraggio), in conformità al disposto di cui al par. 6.2, punto 4° delle Linee Guida emanate dal Ministero dello Sviluppo Economico in data 24/11/2014 (link a: <http://unmig.mise.gov.it/unmig/agenda/dettaglio-notizia.asp?id=238>).

Ai sensi delle citate Linee Guida (Cap. 9), INGV avrà il compito di raccogliere ed elaborare i dati registrati dalla rete di monitoraggio con la frequenza e le modalità previste in progetto. I risultati dell’analisi dei dati raccolti dalla rete di monitoraggio saranno soggetti alle forme di pubblicazione e divulgazione previste nelle Linee Guida (Cap. 8).

Al fine di analizzare, come specificato al punto n° 17, lett. a) della richiesta di integrazioni delle regione Emilia-Romagna: “...i possibili problemi al deflusso del reticolo scolante e sul sistema infrastrutturale...” si è stabilito di porre sotto monitoraggio alcune infrastrutture del sistema di drenaggio del territorio di pertinenza del Consorzio di Bonifica della Pianura di Ferrara, ovvero l’ente di gestione del menzionato reticolo scolante (impianti idrovori di scolo e irrigui, ecc.), ubicate all’interno del dominio esteso di rilevazione, che saranno segnalate dal Consorzio. Inoltre, come richiesto al punto n° 18 della stessa richiesta, il progetto definitivo del piano di monitoraggio verrà concordato con il Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna e con ARPA Direzione Tecnica. Il presente documento è da intendersi quindi come preliminare alle riunioni tra le amministrazioni sopra menzionate per l’elaborazione del progetto definitivo.



ISTITUTO NAZIONALE
DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Obiettivo del lavoro

L'obiettivo del lavoro sarà il monitoraggio delle deformazioni del suolo nei domini interno ed esteso di rilevazione delle aree in concessione, al fine di individuare eventuali movimenti del suolo con valori possibili di alcuni mm/anno sulle tre componenti Nord, Est e Verticale.

Metodologie di indagine

Le misure verranno effettuate attraverso metodologie geodetiche GPS e di telerilevamento SAR satellitare (InSAR).

Monitoraggio GPS

Le misure GPS di tipo geodetico, eseguite con strumenti a doppia frequenza con acquisizione in continuo e monumenti con standard internazionali (tipo UNAVCO) garantiscono accuratèzze dell'ordine di 0.5 mm/anno sulle componenti planari dello spostamento e di 1 mm/anno sulla componente verticale. Con le attuali tecniche di analisi dati si può determinare la posizione della stazione GPS con accuratèzze dell'ordine di alcuni millimetri nelle tre direzioni spaziali utilizzando 24 ore di osservazioni GPS continue e con accuratèzze via via meno precise per determinazioni piú frequenti (p.es. ogni 12, 6, 2 ore). Tali accuratèzze permettono il monitoraggio continuo dei transienti e delle deformazioni lente del suolo, anche in tempo reale. Per espandere la rete di misura verranno utilizzati strumenti a singola frequenza di ultima generazione che permettono il monitoraggio delle deformazioni a scala locale (< 10km) con accuratèzze comparabili (≤ 1 cm) ai ricevitori geodetici doppia frequenza, ma con costi notevolmente inferiori. Il sistema di monitoraggio GPS prevede una serie di ricevitori GPS e antenne a singola frequenza, ancorati al suolo ed un sistema di trasmissione dati. I dati GPS acquisiti presso ciascuna stazione vengono trasmessi ad un centro di elaborazione.

Il sistema, una volta integrato permette di monitorare in quasi tempo reale tutte le stazioni GPS da una singola postazione di controllo, e di seguire l'evoluzione temporale della posizione di stazione da una generica applicazione client (browser o app).



INGV
terremoti
vulcani
ambiente

ISTITUTO NAZIONALE
DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Monitoraggio con metodi InSAR

Considerate le caratteristiche superficiali dell'area in termini di copertura vegetale, il monitoraggio InSAR richiede la disponibilità di dataset costituiti da almeno 20 immagini satellitari SAR, acquisite con la stessa geometria e con separazione temporale non maggiore di 1 mese.

L'elaborazione sarà eseguita con tecniche di analisi degli scatteratori puntuali (Persistent Scatterers) o estesi (SBAS), in grado di fornire misure di spostamento di scatteratori naturali con accuratezze di 1-2 mm/anno (nelle condizioni migliori). In entrambi i casi le misure sono riferite alla linea di vista (Line of Sight-LOS) che congiunge il satellite con la superficie e possono essere ottenute solo se gli scatteratori superficiali mantengono una relativa stabilità di fase nel tempo (alta coerenza interferometrica).

La tecnica SBAS (Small Baseline Subset, Berardino et al., 2002) parte dalla generazione di una serie di interferogrammi differenziali ottenuti su coppie di immagini SAR estratte dal dataset a disposizione. Le coppie sono scelte secondo criteri che minimizzano la differenza tra le successive posizioni del satellite per le due immagini (spatial baseline) e che selezionano un intervallo temporale tra le date di acquisizione in grado di evitare perdita di coerenza.

Dalla serie di interferogrammi così ottenuti, tramite un'inversione matematica che utilizza l'algoritmo Single Value Decomposition (SVD), è possibile ottenere una mappa della velocità media di spostamento del suolo e le relative serie storiche, ovvero gli spostamenti del suolo nel tempo calcolati per ogni singolo pixel coerente della mappa. Nell'inversione vengono anche stimati e rimossi eventuali errori orbitali, residui topografici ed atmosferici.

La tecnica dei Permanent o Persistent Scatterers (PS, Ferretti et al., 2001), è basata sull'osservazione che un piccolo sottoinsieme di bersagli radar, costituito da scatteratori persistenti, è poco sensibile ad effetti di decorrelazione temporale e mantiene invariata nel tempo l'informazione di fase contenuta nell'impulso radar. I PS sono tipicamente parti di edifici, strutture metalliche, rocce esposte, o più in generale tutti quegli elementi presenti sul suolo le cui caratteristiche elettromagnetiche non variano nel tempo. Al contrario, non sono PS tutti quegli elementi che variano nel tempo, come la vegetazione, i campi arati, ecc. L'elaborazione parte da uno studio statistico delle immagini, che porta ad una prima selezione di PS, per i quali viene calcolata la storia di fase interferometrica stimando nello stesso tempo gli effetti dovuti alle variazioni delle proprietà atmosferiche tra le varie immagini e la quota topografica nel punto.

Dalla storia di fase si ricava lo spostamento del PS nel tempo e quindi la serie temporale di deformazione e la velocità media nel periodo considerato.

I vantaggi delle tecniche InSAR risiedono nella economicità del monitoraggio e nella capacità di investigare vaste aree di territorio (se coerenti).

I limiti della tecnica InSAR risiedono nella incapacità di ottenere misure su superfici che non sono stabili nel tempo, nella necessità di un numero minimo di osservazioni (immagini) per poter calcolare la serie temporale, nella misura di un valore scalare in LOS e non vettoriale come per il GPS. Per ovviare parzialmente a questo ultimo limite si generano mappe di deformazione utilizzando dati da orbite ascendenti e discendenti, in cui la superficie viene osservata da punti di vista opposti. Questo permette di calcolare con buona approssimazione le componenti verticale ed Est del movimento del suolo, ma non la componente Nord.

Per ovviare ai limiti sopra menzionati si preferisce sempre integrare le tecniche InSAR con misure GPS in continuo.

E' da notare che l'area in esame non si presenta molto favorevole al monitoraggio InSAR a causa della presenza di campi coltivati, ovvero superfici tipicamente poco stabili nel tempo. Si prevede quindi che sarà possibile ottenere una buona misura di deformazione solo su scatteratori puntuali stabili come manufatti e abitazioni, che nell'area sono distribuiti in maniera molto disomogenea.

Installazione della rete di monitoraggio GPS in continuo

Sarà installata una stazione GPS a doppia frequenza in prossimità della stazione sismica a banda larga e un numero variabile, da definirsi nel progetto definitivo, di stazioni GPS in continuo monofrequenza.

Nell'analisi dei dati della rete verranno anche utilizzati i dati delle stazioni GPS in continuo dell'INGV prossime al dominio di rilevazione. Si tratta di stazioni a doppia frequenza ad alta precisione.

Tutti i monumenti della rete verranno realizzati seguendo gli standard INGV della rete RING, che seguono standard internazionali per le reti geodetiche (pilastrino o tripode, Figura 1).



INGV
terremoti
vulcani
ambiente

ISTITUTO NAZIONALE
DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA



Figura 1 - esempi di monumentazione geodetica per GPS a doppia frequenza, a sinistra su pilastro di cemento armato, a destra su tripode in acciaio ancorato al suolo.

Analisi dei dati GPS

Le osservazioni GPS saranno rese disponibili in formato RINEX con campionamento a 30 secondi (<https://igsceb.jpl.nasa.gov/igsceb/data/format/rinex300.pdf>) e come dati elaborati, ovvero posizione e velocità dei siti. Saranno fornite le serie temporali calcolate su base giornaliera per le componenti Est, Nord e Verticale e i relativi ratei. La stazione a doppia frequenza sarà anche in grado di acquisire dati in alta frequenza (10 Hz).

Via di Vigna Murata, 605
00143 ROMA | Italia
Tel.: +39 06518601
Fax: +39 0651860501
aoo.romaf@pec.ingv.it
www.ingv.it



INGV
terremoti
vulcani
ambiente

ISTITUTO NAZIONALE
DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Come visto in precedenza la rete di monitoraggio GPS si comporrà di una stazione di riferimento a doppia frequenza, e di alcune stazioni monofrequenza distribuite in modo da coprire il dominio interno ed esterno di rilevazione. Le posizioni delle stazioni di monitoraggio saranno misurate rispetto alla stazione di riferimento, la quale sarà utilizzata per definire il sistema di riferimento locale e, insieme alle stazioni della rete RING-INGV, per caratterizzare deformazioni regionali e/o locali. In tale configurazione le stazioni monitoranti saranno molto sensibili alle variazioni di posizione (spostamenti rispetto all'origine) piuttosto che al valore assoluto delle posizioni (ad esempio movimenti areali a grande scala come i movimenti tettonici).

I dati grezzi acquisiti da ciascun ricevitore, saranno salvati su supporto di archiviazione locale (nello stesso ricevitore) e trasmessi in tempo reale ad un sistema centralizzato di elaborazione dati ubicato a Roma e Milano. Il sistema centrale fornirà le posizioni di tutte le stazioni GPS relative alla stazione di riferimento, con cadenza configurabile da 2 a 24 ore. Il sistema centrale permetterà la piena configurazione della rete monitorante ed il controllo dei parametri di funzionamento di ciascuna stazione. La visualizzazione delle stime delle posizioni ed il controllo delle funzionalità del sistema sarà possibile anche tramite un software client di facile utilizzo (app o browser), per ciascuna stazione saranno visualizzabili le componenti topocentriche (Est, Nord, Verticale) in funzione del tempo.

Il monitoraggio satellitare InSAR

L'area soggetta al monitoraggio InSAR coprirà il dominio interno ed esteso di rilevazione, come individuato dalle linee guida.

Considerate le condizioni di copertura del suolo, prevalentemente vegetato, verranno utilizzate immagini SAR in banda C, meno sensibili a queste caratteristiche rispetto ai sensori in banda X. Si prevede pertanto di utilizzare i dati SAR in banda C acquisiti dalle missioni ERS ed ENVISAT e dalla missione Sentinel-1 dell'Agenzia Spaziale Europea (ESA). I primi consentiranno di avere una copertura temporale dal 1992 al 2010 (con una assenza di dati tra il 2001 ed il 2003), mentre a partire dal 2015 la copertura avverrà esclusivamente con i dati in banda C dei satelliti Sentinel-1 (A e B).

Per i dati in banda C, verranno presi in considerazione sia i dati in orbita ascendente (ASC) che discendente (DESC), di conseguenza per lo studio ante-operam si avranno a disposizione mappe di velocità dei punti coerenti per i seguenti datasets:

- datasets ERS (ASC & DESC), copertura temporale circa 1992-2001
- datasets ENVISAT (ASC & DESC), copertura temporale circa 2003-2010
- datasets Sentinel-1 (ASC & DESC), copertura temporale dal 2015 in poi

Per la fase di produzione si produrranno solo 2 mappe basate sui dati ascendenti e discendenti dei satelliti Sentinel-1 (A e B).

Per quanto riguarda i satelliti **ERS ed ENVISAT**, saranno utilizzate direttamente le velocità medie (ascendenti e discendenti) disponibili nel database del Piano Nazionale di Telerilevamento, sul Geoportale Nazionale.

Per quanto riguarda i dati Sentinel-1, la frequenza di acquisizione attuale è di una immagine ogni 12 giorni e i dati sono direttamente scaricabili da sito web poco dopo l'acquisizione. Saranno utilizzate immagini nella modalità Interferometric Wide swath (IW) che coprono per ogni orbita una larghezza di territorio di oltre 200 km. Sarà possibile produrre una prima elaborazione di questi dati con uno dei due metodi descritti in precedenza, quando saranno disponibili almeno 20 immagini con la stessa geometria di acquisizione.

Per gli scopi del presente monitoraggio sarà elaborata una mappa dei ratei di deformazione sui punti coerenti che copra un periodo temporale di almeno un anno precedente all'inizio delle perforazioni. Successivamente all'inizio delle perforazioni la mappa sarà aggiornata con nuove immagini ogni 6 mesi. Trascorso un periodo di un anno dall'inizio della fase di sfruttamento, se non saranno visibili effetti di deformazione dovuti alle attività geotermiche, si procederà all'aggiornamento della mappa InSAR ogni 6 mesi. Tutte le mappe InSAR saranno riferite alla stazione GPS di riferimento a doppia frequenza, che sarà co-locata con uno scatteratore artificiale visibile nelle immagini Sentinel-1.

Le mappe verranno fornite nel formato Shapefile, con i valori di velocità dei punti coerenti espressi in mm/anno. Lo shapefile conterrà anche le serie temporali dello spostamento del suolo. Velocità e spostamenti saranno forniti nella linea di vista del satellite (LOS ascendente o discendente). A seguito di adeguata mediatura spaziale, sarà possibile calcolare su alcuni punti anche le componenti Est e Verticale dello spostamento e della velocità del suolo. Per fare ciò è necessario che lo stesso punto a terra sia coerente (ovvero restituisca valori significativi) in entrambi i dataset di immagini.

Si fornisce di seguito un esempio della tabella di attributi dello Shapefile delle serie temporali di spostamento del suolo.

ID	Lat	Lon	East	North	Mean Vel.	Coh.	Date 1	Date 2	Date 3	Ecc...
xxxx	41.575	15.125	702580.	5000125.	1.5	0.10	0.0	9.2	11.2	12.3



INGV
terremoti
vulcani
ambiente

ISTITUTO NAZIONALE
DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Analisi dei dati di deformazione

Nel corso del primo anno della fase di sfruttamento il confronto tra dati InSAR e GPS avverrà ogni 6 mesi, ad ogni nuova elaborazione delle mappe InSAR.

Se non saranno riscontrati movimenti del suolo riconducibili alle attività degli impianti, l'aggiornamento delle mappe InSAR sarà fatto ogni 12 mesi e con esso anche il confronto con i risultati del monitoraggio GPS.

Prodotti da consegnare

GPS - per ciascuna stazione di monitoraggio verranno consegnati:

- Serie temporali di spostamento in formato RINEX
- Grafici delle serie temporali
- Mappa dei vettori di spostamento e delle velocità medie per le stazioni della rete locale e per le stazioni limitrofe della rete regionale RING-INGV.

InSAR - per ciascun dataset di immagini elaborato verranno consegnati:

- Rapporto sull'elaborazione contenente le informazioni tecniche sul processamento (problemi riscontrati, valori dei parametri utilizzati, ecc.) e sui prodotti derivati.
- Shapefile contenente delle serie temporali di spostamento del suolo misurate sui punti coerenti.
- Mappa raster in formato Geotiff delle velocità medie annue (in LOS e per le componenti Est e Verticale) nel sistema di riferimento desiderato.

Roma, 22 marzo 2016