

Cliente Enel Produzione S.p.A.

Oggetto Centrale Termoelettrica "Teodora" di Porto Corsini (RA)
Progetto di upgrade impianto
Progetto di Monitoraggio Ambientale relativa alla Condizione Ambientale n.3 del Parere n. 409 del 14 gennaio 2022 della Commissione Tecnica VIA allegato al provvedimento DEC-00000n.17 del 28/03/2022 del Ministero della Transizione Ecologica (MiTE)
Parte 3a) monitoraggio dei movimenti differenziali del terreno e del manufatto in relazione alla subsidenza ed ad eventuali cedimenti dello stesso

Note Rev.0

La parziale riproduzione di questo documento è permessa solo con l'autorizzazione scritta del CESI.

N. pagine	8	N. pagine fuori testo	-
Data	05/08/2022		
Elaborato	Zappa Giulio - Zattoni Andrea		
Verificato	Bernardi Marina		
Approvato	Carnevale Francesco		

Indice

1	INTRODUZIONE.....	3
2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRATIGRAFICO DELL'AREA DI STUDIO	3
3	PROGETTO DI UPGRADE DELL'IMPIANTO	4
4	MISURE PERIODICHE TELERILEVATE INTERFEROMETRIA SAR PER CONTROLLO ELEVAZIONE TERRENO/CEDIMENTI.....	5
4.1	Interferometria Radar Satellitare, in cosa consiste.....	5
4.2	Misura della subsidenza della pianura emiliano-romagnola	6
4.3	Progetto di monitoraggio interferometria SAR.....	7
5	MONITORAGGIO DEL RILEVATO	7
5.1	Monitoraggio dei cedimenti.....	7

STORIA DELLE REVISIONI

Numero revisione	Data	Protocollo	Lista delle modifiche e/o dei paragrafi modificati
REV 00	05-08-2022	C2012141	Prima emissione

1 INTRODUZIONE

Nell'ambito di un più ampio progetto di monitoraggio integrato della Centrale di Porto Corsini, afferente alla condizione ambientale n. 3 del **Parere n. 409 del 14 gennaio 2022 Ministero della Transizione Ecologica Commissione Tecnica di Verifica dell'Impatto Ambientale – VIA e VAS - Sottocommissione VIA**, questo documento ha lo scopo di fornire le indicazioni su come si prevede procedere in merito al monitoraggio del progressivo abbassamento del livello del suolo e per effetto dei cedimenti eventualmente differenziali derivanti dalla realizzazione dell'edificio di stoccaggio dell'ammoniaca; si propongono misure periodiche tramite Interferometria SAR satellitare (In-SAR) implementato e completato con un progetto di monitoraggio di tipo tradizionale.

In concomitanza con le misure di livello idrografico e previsioni meteo presentate nei documenti CESI-C2012143 e CESI-C2012138, e come spiegato nel documento generale CESI-C2012140, tali misure saranno poi utilizzate congiuntamente per una previsione di eventuali situazioni critiche per l'esercizio della Centrale.

Il presente documento è redatto in ottemperanza alla condizione n. 3, parte a) quale progetto sottoposto per validazione agli enti coinvolti.

Nel seguito si descrive quindi il progetto di monitoraggio della subsidenza del sito di Centrale, unitamente alla misura degli eventuali cedimenti causati dalla costruzione dell'edificio dello stoccaggio dell'ammoniaca. I dati dei due sistemi di monitoraggio proposti qui saranno utilizzati per avere una misura dei movimenti del terreno sia nell'area del costruendo edificio succitato e a scala maggiore nell'area dell'intera Centrale. L'integrazione dei dati ottenuti dai due monitoraggi permetterà di ottenere le misure dei movimenti del terreno (cedimenti + subsidenza) già inserite in un sistema di riferimento assoluto.

2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRATIGRAFICO DELL'AREA DI STUDIO

La Centrale "Teodora" di Porto Corsini, è situata all'interno dell'area industriale del porto di Ravenna ed è ubicata in Via Baiona, 253 - 48121 Porto Corsini (RA), ad una distanza di circa 11 km dal centro storico della città di Ravenna, sulla sponda sinistra del Canale Candiano, tra il litorale Adriatico e la pineta di San Vitale.

L'area in studio appartiene al settore della piana costiera romagnola ed è caratterizzata dalla sequenza ciclica di depositi marini e continentali in successione di vario ordine gerarchico e per uno spessore di alcune centinaia di metri.

In dettaglio, nel sottosuolo del territorio comunale di Ravenna, sono presenti successioni di depositi marini, deltizi, lagunari, palustri ed alluvionali di età pliocenico-quadernaria che poggiano su un substrato

costituito da pieghe e pieghe - faglie con assi tettonici paralleli ai principali allineamenti appenninici, con direzione NW-SE.

Il sito è caratterizzato dalla presenza di una potente serie sedimentaria plio - quaternaria (rinvenuta sino a profondità superiori a 2.000 m) costituita prevalentemente da alternanze di livelli sabbiosi e argillosi-limosi, di vario spessore, depositi in ambiente marino e continentale.

L'area è soggetta al fenomeno della subsidenza, che coinvolge con intensità diversa gran parte della bassa Pianura Padana.

Da un punto di vista stratigrafico, l'area della Centrale è caratterizzata da un sottosuolo costituito da una alternanza di strati sabbiosi, sabbioso limosi ed argillosi con tracce di componenti organici.

3 PROGETTO DI UPGRADE DELL'IMPIANTO

Per il progetto di Upgrade dell'impianto è prevista la costruzione del nuovo sistema di stoccaggio ammoniacca e relativo edificio.

L'area destinata ad ospitare il nuovo sistema di stoccaggio ammoniacca è posta attualmente ad una quota pari a circa + 0,50 m s.l.m. e verrà portata alla quota di + 1,80 m s.l.m..

Verrà utilizzato allo scopo terreno di riporto, prevedendo l'utilizzo di un quantitativo di terra necessaria per l'esecuzione del rilevato stimato preliminarmente in circa 2.560 m³.

In questo contesto si inserisce il progetto di monitoraggio qui proposto.

Come ricordato nel paragrafo precedente, l'area è sottoposta ad un processo di subsidenza regionale indipendente, a tale processo si dovranno sommare i contributi dovuti ai cedimenti differenziali dovuti al peso del rilevato e delle opere civili destinate ad ospitare il nuovo sistema di stoccaggio ammoniacca, chiaramente il tutto commisurato con le fondazioni realizzate per l'opera succitata.

Diventa quindi importante rilevare quale è stata e quale sarà l'entità della subsidenza sia in relazione all'andamento regionale e sia come diretta conseguenza dell'appesantimento derivato dalla realizzazione del rilevato e delle opere annesse.

Per questo motivo la progettazione di un sistema di monitoraggio dovrà avvalersi di diverse tecnologie volte a monitorare in modo differenziale le 2 componenti.

È quindi previsto uno studio **In-Sar** per la definizione dell'evoluzione della subsidenza sia a livello locale che a più ampia scala.

Per meglio quantificare le componenti locali dei cedimenti legati alle opere alla subsidenza è prevista la progettazione di un sistema di monitoraggio locale, specifico e continuativo nel tempo, che possa quantificare la componente di deformazione del terreno dovuta al consolidamento dello stesso in relazione ai carichi applicati ed all'eventuale variazione della falda.

Lo studio **In-Sar** e il sistema di monitoraggio locale saranno tra loro complementari e saranno inseriti in un unico sistema di riferimento assoluto che permetterà di dettagliare i movimenti verticali del terreno dovuti alla somma dei due contributi.

Nei paragrafi che seguono, dopo una descrizione delle tecniche proposte, si riassumono schematicamente le tecniche di monitoraggio e le modalità di restituzione dei dati che verranno sviluppati nella progettazione, ora ancora in fase preliminare.

4 MISURE PERIODICHE TELERILEVATE INTERFEROMETRIA SAR PER CONTROLLO ELEVAZIONE TERRENO/CEDIMENTI

4.1 Interferometria Radar Satellitare, in cosa consiste

L'interferometria radar satellitare (In-SAR) consente di misurare le deformazioni superficiali attraverso l'elaborazione di immagini acquisite da satelliti equipaggiati di sensori radar, orbitanti ad una distanza di circa 800 km dalla superficie terrestre. Il confronto tra immagini radar acquisite in epoche diverse consente di misurare l'eventuale variazione di distanza tra il satellite e la porzione di superficie terrestre che da questo viene illuminata, ovvero gli spostamenti della superficie terrestre lungo la linea di vista del satellite, nota come LOS (Line Of Sight). L'ampiezza della fascia di territorio illuminata dal satellite e la risoluzione a terra variano in relazione alla lunghezza d'onda del segnale radar. I dati utilizzabili per questo studio possono essere quelli dei satelliti operanti in banda C (SENTINEL) aventi lunghezza d'onda di circa 6 cm e con una risoluzione a terra di circa 20 m x 5 m, oppure in banda X (CosmoSkyMed) aventi lunghezza d'onda di circa 3 cm con una risoluzione a terra di circa 3 m x 3 m. In considerazione del grado di dettaglio richiesto, si propone l'utilizzo di dati in banda X.

I satelliti SAR seguono orbite polari eliosincrone, ovvero orbitano intorno alla terra passando in prossimità dei poli. La combinazione tra il moto dei satelliti e la rotazione terrestre fa sì che l'intera superficie del globo venga progressivamente illuminata lungo traiettorie denominate rispettivamente "ascendente" quando il satellite si muove da sud verso nord e "discendente" quando il satellite si muove da nord verso sud. La medesima area della superficie terrestre viene illuminata con periodicità temporale regolare, che viene detta "tempo di rivisitazione", ed è di circa una settimana per i satelliti proposti per questo studio.

I satelliti radar consentono quindi di effettuare una misura monodimensionale della proiezione del vettore di spostamento reale lungo la linea di vista di ciascun satellite (Line Of Sight o LOS).

L'elaborazione di un intero dataset di immagini satellitari consente di rimuovere, o perlomeno ridurre, l'impatto degli effetti atmosferici su un sottoinsieme di celle di risoluzione dell'immagine radar e ricostruire per ciascuna di esse la relativa serie temporale di movimento. Si ottiene così un insieme di punti di misura noti in letteratura come PS (Permanent Scatterer o Persistent Scatterer) ovvero riflettori permanenti. Un PS rappresenta un bersaglio radar, contenuto entro una cella di risoluzione dell'immagine SAR, che presenta una spiccata stabilità nei valori di ampiezza e dimostra di avere una elevata coerenza nella fase in tutte le acquisizioni che compongono il set di dati a disposizione. Per tali punti, dato un numero N di immagini acquisite in un certo arco temporale, è possibile ottenere una serie temporale di N misure di spostamento distribuite nell'arco temporale considerato.

Diversi elementi presenti sulla superficie terrestre, sia di origine naturale, che di origine antropica, possono rivelarsi dei PS: affioramenti rocciosi, superfici non vegetate, massi di dimensioni molto maggiori alla lunghezza d'onda del radar, ma anche edifici, lampioni, tralicci, guardrail stradale, tubazioni e in genere qualsiasi struttura metallica in grado di comportarsi come un diedro che rifletta il segnale radar nella direzione di provenienza dello stesso.

Naturalmente, tutte le immagini utilizzate devono essere acquisite sempre nella stessa modalità. Pertanto, se si dispone per la stessa area di due serie di immagini acquisite rispettivamente in modalità ascendente e discendente, si otterranno due serie di misure distinte.

In sintesi, quindi, le misure interferometriche satellitari sono misure di spostamento unidirezionale, effettuate lungo LOS del satellite. Si tratta di misure puntuali differenziali e relative. Differenziali nel

senso che, rispetto alla misura iniziale assunta come riferimento temporale (cioè come zero), vengono calcolate le variazioni della distanza, tra ciascun punto di misura ed il satellite, misurate lungo la direzione di vista del satellite stesso (LOS) che è dell'ordine dei 30°. Relative, nel senso che gli spostamenti sono calcolati rispetto ad un PS assunto come riferimento spaziale. La scelta del punto di riferimento viene effettuata in fase di elaborazione dei dati ed è basata su parametri statistici (coerenza) associati al punto stesso, nonché sulla sua posizione nell'ambito del dataset. Solitamente vengono proposti punti in pianura o comunque in zone che, in prima approssimazione, vengono ritenute prive di movimento. Assodato che non esistono tecniche di monitoraggio in grado di fornire spostamenti assoluti, bisogna quindi considerare i PS collegati ad un determinato punto di riferimento come caposaldi di una rete di misura molto estesa, da decine a centinaia di chilometri quadrati, le cui misure di spostamento sono riferite al punto di riferimento adottato. Nel caso specifico, poiché l'intera pianura emiliano romagnola è soggetta a fenomeni di subsidenza noti, sarà necessario integrare i dati ottenuti dall'analisi satellitare con quelli delle reti GNSS presenti, raffittita allo scopo con alcuni caposaldi di nuova realizzazione nell'intorno dell'area di studio, a loro volta inquadrati nella rete GNSS regionale. In tal modo si utilizzerà la medesima procedura adottata da ARPAE (ARPAE Emilia-Romagna) a partire dalla fine degli anni '90.

4.2 Misura della subsidenza della pianura emiliano-romagnola

Com'è noto, la pianura emiliano romagnola è soggetta a fenomeni di subsidenza, che lungo la costa presentano valori medi di abbassamento di 5-10 mm/anno, con punte fino a 20 mm/anno.

Tale subsidenza è il risultato della combinazione di una serie di processi concomitanti, di natura sia naturale che antropica. I principali sono: la compattazione naturale dei sedimenti deltizi, la riduzione degli apporti di sedimenti fluviali e l'estrazione di fluidi dal sottosuolo.

Poiché vi sono ampi settori della costa al di sotto del livello del mare, la subsidenza rappresenta un fattore di rischio che potrebbe favorire l'ingressione marina, la frequenza e l'intensità delle mareggiate. Il monitoraggio geodetico della subsidenza per mezzo di misure di livellazione, eseguite da vari enti e/o istituzioni, iniziò negli anni '50.

Nel 1999 venne istituita dalla Regione Emilia-Romagna la prima rete di livellazione a scala regionale con 3.000 km di linee, integrata con la materializzazione di 60 caposaldi GNSS.

Nel 2005 venne pubblicata dalla Regione Emilia-Romagna la prima mappa di subsidenza della pianura emiliano romagnola, ottenuta dall'integrazione di misure GNSS e misure di livellazione sul 50% della rete istituita nel 1999.

Abbandonata la lettura della rete di livellazione, poiché considerata insostenibile sia in termini economici che di tempi di rilievo, si decise di proseguire utilizzando le misure interferometriche satellitari integrate e calibrate su quelle della rete GNSS. Il primo studio integrato tra misure GNSS e In-SAR risale al 2006. In occasione dello studio vennero elaborati tutti i dati radar satellitari disponibili, a partire dal 1992, a fronte del successo ottenuto, l'integrazione GNSS+In-SAR divenne l'approccio standard ancor oggi utilizzato e consigliato dalla Regione Emilia-Romagna.

Nel frattempo, venne materializzata una serie di stazioni GNSS permanenti, raggiungendo un numero di 17 stazioni gestite da enti diversi (3 IGS-EUREF + 4 INGV RING + 10 Collegio Geometri Professionisti ER). Vennero quindi eseguiti altri due aggiornamenti della misura della subsidenza regionale, rispettivamente nel 2011 e nel 2016.

4.3 Progetto di monitoraggio interferometria SAR

A fronte di quanto esposto nei paragrafi precedenti, il monitoraggio della subsidenza sarà effettuato secondo la metodologia adottata a livello regionale, che si baserà sull'integrazione di misure interferometriche satellitari (In-SAR) e misure GNSS.

L'area da analizzare dovrà avere un'estensione tale da includere almeno 4 stazioni GNSS permanenti della rete regionale. Ciò consentirà di calibrare le misure e riferirle ad un contesto geografico più ampio che includa l'intera pianura emiliano romagnola.

Si propone inoltre un raffittimento della rete GNSS nell'area in cui sarà realizzato il rilevato mediante monumentazione di 5 caposaldi GNSS.

Per la monumentazione dei caposaldi, saranno utilizzati 2 caposaldi presenti all'interno della Centrale e già previsti per l'implementazione del sistema di monitoraggio locale tradizionale (capitolo 5), mentre si cercheranno altri siti al di fuori della Centrale per la monumentazione di altri 3 caposaldi GNSS. L'area interessata all'interno della quale verranno ubicati i caposaldi avrà dimensioni massime di 500 m x 250 m.

I dati In-SAR saranno integrati con i risultati delle misure GNSS al fine di fornire il quadro delle deformazioni in atto e verificare l'impatto del rilevato su queste ultime.

Si propone la seguente tempistica:

- prima dell'inizio dei lavori di realizzazione del rilevato: esecuzione di analisi storica a partire dal 2016 (data dell'ultimo aggiornamento disponibile), finalizzata ad ottenere il quadro deformativo dell'area ante operam;
- aggiornamento successivo dell'analisi interferometrica satellitare con frequenza semestrale/annuale con rilievo della rete GNSS con inquadramento nella rete di stazioni di riferimento della Regione Emilia-Romagna e conseguente restituzione delle misure già inserite in un sistema di riferimento assoluto.

5 MONITORAGGIO DEL RILEVATO

5.1 Monitoraggio dei cedimenti

Tenuto conto dei lavori previsti per la realizzazione dell'edificio di stoccaggio dell'ammoniaca presso la Centrale, pur non essendoci evidenze di cedimenti diffusi delle strutture presenti all'interno del perimetro della Centrale stessa, sia nella parte realizzata nei primi anni '50 che in quella "nuova" dei primi anni '00, in ottemperanza alla condizione ambientale in oggetto, si propone, a completamento ed integrazione delle campagne di misura eseguite con tecnica In-SAR, la realizzazione di un sistema di monitoraggio locale di tipo tradizionale, in accordo al programma dei lavori e alla variazione dei carichi agenti.

Si propone di utilizzare rilievi topografici per misurare eventuali cedimenti del terreno di fondazione e nell'area circostante la sagoma del nuovo edificio di stoccaggio dell'ammoniaca. Il rilievo utilizzerà come capisaldi di riferimento quelli già esistenti in Centrale.

Eventuali movimenti della struttura del nuovo impianto saranno anch'essi rilevati mediante rilievo topografico.

In caso di necessità si provvederà a materializzare un nuovo caposaldo per consentire la messa in stazione dello strumento. L'ubicazione dello stesso sarà eventualmente progettata in modo che esso sia

tenuto ad una distanza tale da non essere interessato dai cedimenti derivati dalla risposta deformativa del sistema terreno-fondazione.

Prima dell'inizio dei lavori si provvederà ad eseguire un rilievo della zona interessata dall'intervento materializzando punti di misura che potranno essere rilevati nel corso dei lavori di costruzione e successivamente durante l'operatività dell'opera.

La frequenza dei rilievi dipenderà dalle fasi costruttive dell'opera. I rilievi verranno effettuati in concomitanza alle lavorazioni che prevederanno una variazione dei carichi applicati al terreno di fondazione, prima dell'applicazione del carico e successivamente dopo un tempo rappresentativo per poter cogliere eventuali effetti sui cedimenti.

Le successive misure saranno effettuate in modo sincrono con l'aggiornamento del monitoraggio In-SAR (ovvero ogni 6 mesi - 1 anno).