

RAPPORTO

USO RISERVATO

APPROVATO

C3300387

Cliente Enel Green Power S.p.A.

Oggetto Centrale termoelettrica "Teodora" di Porto Corsini (RA). Progetto di Installazione di un sistema di immagazzinamento di energia elettrica (BESS).
Progetto per il monitoraggio dei cedimenti

Ordine Attivazione n.3500433903 del 20/03/2023

Note A1300004505 – Lettera di Trasmissione C3300388

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

N. pagine 10

N. pagine fuori testo 2

Data 13/06/2023

Elaborato Zappa Giulio (ISMES SCS), Ciferri Flavia (ISMES SCS)
C3300387 3438638 AUT C3300387 2659081 AUT
Geom. Pezzali

Verificato Zattoni Andrea (ISMES TCD)
C3300387 115032 VER

Approvato Carnevale Francesco (ISMES IAD)
C3300387 3194063 APP

Indice

1	INTRODUZIONE	4
2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRATIGRAFICO DELL'AREA DI STUDIO	4
3	PROGETTO DEL SISTEMA DI IMMAGAZZINAMENTO DI ENERGIA ELETTRICA (BESS)	5
4	MISURE PERIODICHE TELERILEVATE INTERFEROMETRIA SAR PER CONTROLLO DELL'ELEVAZIONE TERRENO/CEDIMENTI	5
4.1	Interferometria Radar Satellitare	6
4.2	Misura della subsidenza della pianura emiliano-romagnola.....	7
4.3	Progetto di monitoraggio con interferometria SAR	7
5	MONITORAGGIO SISTEMA BESS	8
6	ALLEGATI	10

STORIA DELLE REVISIONI

Numero revisione	Data	Protocollo	Lista delle modifiche e/o dei paragrafi modificati
REV.00	13/06/2023	C3300387	Prima Emissione

Il presente rapporto è stato predisposto con il supporto del Geom. Diego Pezzali.

1 INTRODUZIONE

Nell'ambito della procedura di Verifica di assoggettabilità alla VIA del Progetto di installazione di un sistema di immagazzinamento di energia elettrica (BESS) nella Centrale termoelettrica "Teodora" di Porto Corsini (RA) ID_VIP: 7515, la Commissione Tecnica VIA, con parere n. 461 del 6 aprile 2022 ha accertato che il progetto non determina incidenza né potenziali impatti ambientali significativi e negativi e pertanto non deve essere sottoposto al procedimento di VIA secondo le disposizioni di cui al Titolo III della parte seconda del D.Lgs.n.152/2006 e s.m.i..

In particolare, avendo il piano di monitoraggio molti aspetti in comune con l'analogo Progetto elaborato per l'Upgrade della centrale termoelettrica di Porto Corsini (Prot. CESI C2012141), il presente rapporto costituisce un'integrazione al suddetto progetto, con focus particolare sull'area in cui è prevista la realizzazione del sistema di immagazzinamento di energia elettrica (BESS - Battery Energy Storage System).

Il Progetto per il monitoraggio dei cedimenti è suddiviso in due punti:

- **Monitoraggio In-Sar** che riguarda in modo generalizzato tutta l'area della Centrale e quindi ricalcherà quanto già predisposto per il progetto "Porto Corsini Upgrade".
- Per quanto riguarda il **monitoraggio topografico locale** di punti quotati significativi delle strutture di sostegno dei container delle batterie, per il controllo delle variazioni di elevazione del terreno, in particolare per effetto dei cedimenti eventualmente differenziali, è stato progettare un sistema integrato alle misure In-Sar sulla base delle caratteristiche costruttive dell'opera (BESS) ed in accordo allo stato dei luoghi individuati durante il sopralluogo eseguito dai tecnici ISMES in data 10 maggio 2023.

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 di 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 - quadernaria (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 DEL SISTEMA DI IMMAGAZZINAMENTO DI ENERGIA ELETTRICA (BESS)

Il progetto prevede l'installazione di un sistema BESS e cioè un impianto di accumulo elettrochimico di energia costituito da sottosistemi, apparecchiature e dispositivi necessari all'immagazzinamento dell'energia e alla conversione bidirezionale della stessa in energia elettrica in media tensione. La tecnologia degli accumulatori (batterie) è composta di celle elettrochimiche al litio. Le singole celle sono tra loro elettricamente collegate in serie ed in parallelo per formare moduli di batterie. I moduli, a loro volta, vengono elettricamente collegati tra loro ed assemblati in appositi armadi in modo tale da conseguire i valori richiesti di potenza, tensione e corrente. Ogni "assemblato batterie" è gestito, controllato e monitorato, in termini di parametri elettrici e termici, dal proprio sistema BMS.

Di seguito è riportata la lista dei componenti principali del sistema BESS:

- Sistema di accumulo (BESS) composto da:
 - Celle elettrochimiche assemblate in moduli e armadi (Assemblato Batterie)
 - Sistema bidirezionale di conversione dc/ac (PCS)
 - Trasformatori di potenza MT/BT
 - Quadro Elettrico di potenza MT
 - Sistema di gestione e controllo locale di assemblato batterie (BMS)
 - Sistema locale di gestione e controllo integrato di impianto (SCI) - assicura il corretto funzionamento di ogni assemblata batteria azionato da PCS anche chiamato EMS (Energy Management System)
 - Sistema Centrale di Supervisione (SCCI) che coordina l'esercizio del Gruppo della Centrale e del sistema BESS
 - Servizi Ausiliari
 - Sistemi di protezione elettriche
 - Cavi di potenza e di segnale
 - Trasformatore di isolamento MT/MT
- Estensione /derivazione del Condotti Sbarre MT, di collegamento al sistema elettrico dei gruppi;
- Container o quadri ad uso esterno equipaggiati di sistema di condizionamento ambientale, sistema antincendio e rilevamento fumi.

Tutto l'impianto BESS (container batterie, conversione e trasformazione energia, ecc.) verrà realizzato su un rilevato alla quota di +1,8 m s.l.m., in modo tale che l'impianto sia collocato al di sopra del tirante idrico di 50 cm presente nell'area del progetto sulla base della Variante al Piano Stralcio per il Rischio idrogeologico (PAI) di integrazione con il Piano di gestione del rischio alluvioni (PGRA).

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

Scopo del monitoraggio In-Sar è quello di fornire informazioni quantitative sul comportamento deformativo dell'area di interesse per l'identificazione, la mappatura e la caratterizzazione evolutiva di eventuali fenomeni deformativi in atto. A tal fine, i risultati ottenuti mediante le analisi dovranno essere interpretati prendendo in considerazione le caratteristiche tecniche sito-specifiche dell'area ed eventuali dati integrativi di carattere geologico, geomorfologico e strutturale, oltre ai dati raccolti dalla rete topografica locale (Par. 5).

4.1 Interferometria Radar Satellitare

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 con 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 avrà 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 di infittire la rete GNSS nell'area in cui sarà realizzato l'impianto mediante monumentazione di ulteriori caposaldi GNSS.

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 nuovo sistema di immagazzinamento di energia elettrica BESS 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 dell'analisi interferometrica satellitare con frequenza semestrale 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 SISTEMA BESS

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 nella realizzazione del sistema di immagazzinamento di energia elettrica (BESS).

In particolare, si propone di utilizzare rilievi topografici tradizionali per la misura di eventuali cedimenti del terreno di fondazione e dell'area circostante l'area interessata dalla realizzazione del sistema BESS. Il rilievo utilizzerà come riferimento un caposaldo esistente presente all'interno dell'area della Centrale (p.to P4 nella tavola in Allegato 1).

In aggiunta, saranno installati n.4 capisaldi su edifici e strutture di Centrale non interessate ai lavori (p.ti 6-9 nella tavola in Allegato 1). Nella figura seguente vengono indicate le posizioni dei nuovi capisaldi; la tavola completa è riportata in Allegato 1. L'ubicazione dei nuovi capisaldi è stata individuata durante il sopralluogo eseguito in data 10 maggio 2023, ed è tale da non essere interessata dai cedimenti derivati dalla risposta deformativa del sistema terreno-fondazione.

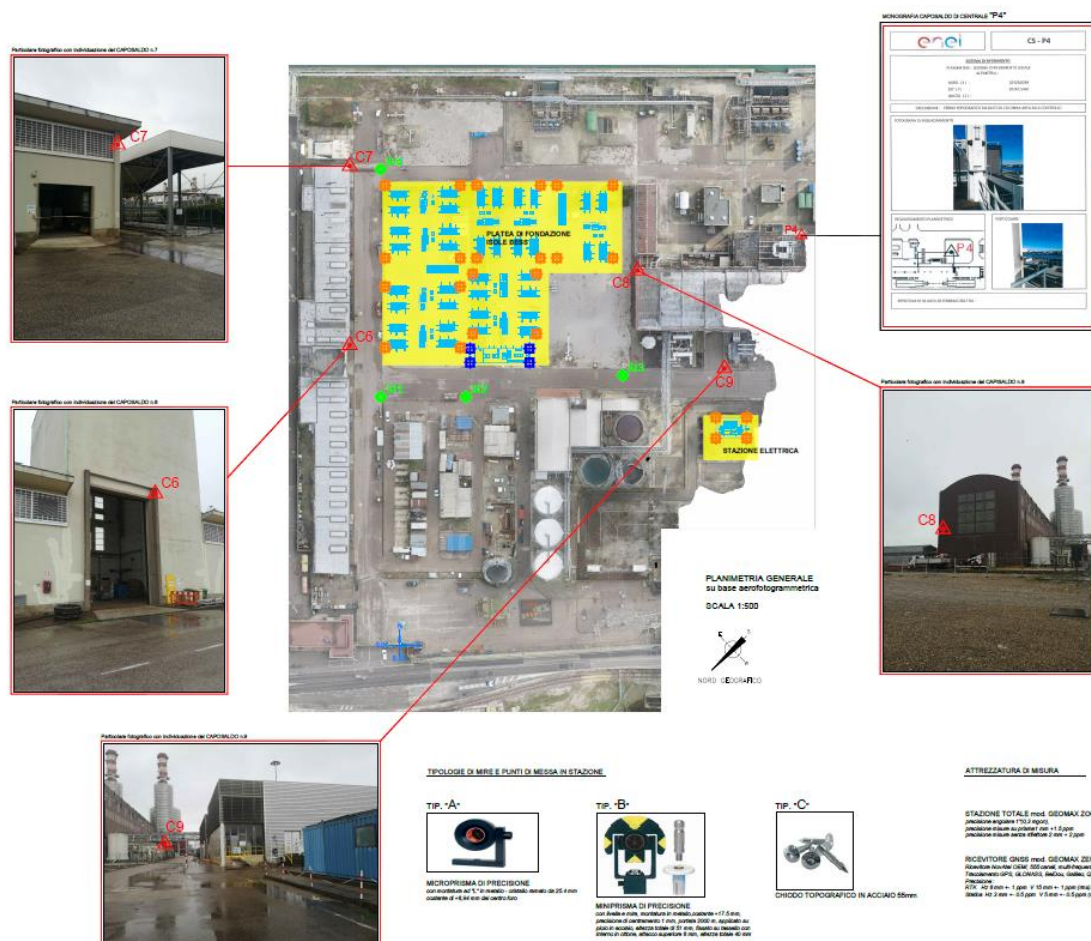


Figure 1 – Planimetria generale con posizione capisaldi e punti di misura per il rilievo dei cedimenti nell’area in cui è prevista la realizzazione del nuovo sistema di immagazzinamento di energia elettrica (BESS).

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

In dettaglio si propone di eseguire le seguenti campagne di misura topografiche:

- **Misura di zero**, da eseguirsi prima dell’inizio dei lavori, materializzando tutti i capisaldi necessari alla messa in stazione dello strumento nonché i punti interessati dalla realizzazione del sistema di immagazzinamento di energia elettrica (BESS). Tali punti saranno materializzati a terra a partire dalle coordinate GPS del punto P4. In questa fase si provvederà ad eseguire la misura di zero anche per l’area della futura sottostazione.
- Campagna di misura al **termine dell’esecuzione delle platee di fondazione dell’assemblato batteria**. In questa occasione si installeranno n. 4 chiodi (configurazione tipo B nella tavola di progetto qui allegata) per ogni singola isola mire su ogni “assemblato batterie” dove verranno posizionate le mire ottiche durante il monitoraggio. E’ stata scelta questa soluzione tecnica per arrecare il minore impatto possibile alle lavorazioni in cantiere e garantire al contempo la materializzazione dei punti.

- Campagna di misura della sottostazione materializzando 4 punti di misura anch'essi realizzati con la stessa modalità di quelli degli assemblati batterie (configurazione tipo B nella tavola di progetto qui allegata);
- Esecuzione misura topografica a seguito del **posizionamento delle batterie di immagazzinamento di energia elettrica** per verificare l'effetto dell'applicazione dei carichi.

Le frequenze dei rilievi sopra indicate potranno subire delle variazioni in funzione dalle fasi costruttive dell'opera. Potranno essere, inoltre, eseguiti rilievi aggiuntivi 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.

In occasione delle campagne di misura, si provvederà anche al rilievo GNSS di 4 capisaldi appartenenti alla rete della Regione Emilia-Romagna.

Al termine delle fasi di carico, le successive misure saranno effettuate in modo sincrono con l'aggiornamento del monitoraggio InSAR (ogni 6 mesi).

6 ALLEGATI

- ❖ Allegato 1: Piano per il monitoraggio topografico dei cedimenti durante i lavori di realizzazione di un nuovo sistema di immagazzinamento di energia elettrica (BESS) nella Centrale termoelettrica "Teodora" di Porto Corsini (RA)
- ❖ Allegato 2: Monografia caposaldo di Centrale P4