 <p>eni S.p.A. Exploration & Production Division</p>	<p>Data</p> <p>Aprile 2014</p>	<p>Doc. 000239_DV_EV.HSE.0022.001_00</p> <p>Integrazioni allo Studio di Impatto Ambientale OFFSHORE IBLEO Campo Gas PANDA</p>	<p>Appendice 7</p>
--	--------------------------------	---	--------------------

APPENDICE 7

Piano di Monitoraggio Subsidenza



eni S.p.A.

Divisione Exploration & Production

Distretto Centro Settentrionale

Progetto di sviluppo del giacimento di gas naturale "Panda"

Offshore Ibleo

**PIANO DI MONITORAGGIO
DEI FENOMENI GEODINAMICI**

Marina di Ravenna, 17 aprile 2013



eni S.p.A.

Divisione Exploration & Production

Distretto Centro Settentrionale

Indice:

1. Dati generali di progetto	4
2. Piano di monitoraggio della subsidenza per lo sviluppo del campo "Panda" – Offshore Ibleo	5
3. Rete eni di monitoraggio con il controllo altimetrico della linea di costa	8



eni S.p.A.

Divisione Exploration & Production

Distretto Centro Settentrionale



eni S.p.A.

Divisione Exploration & Production

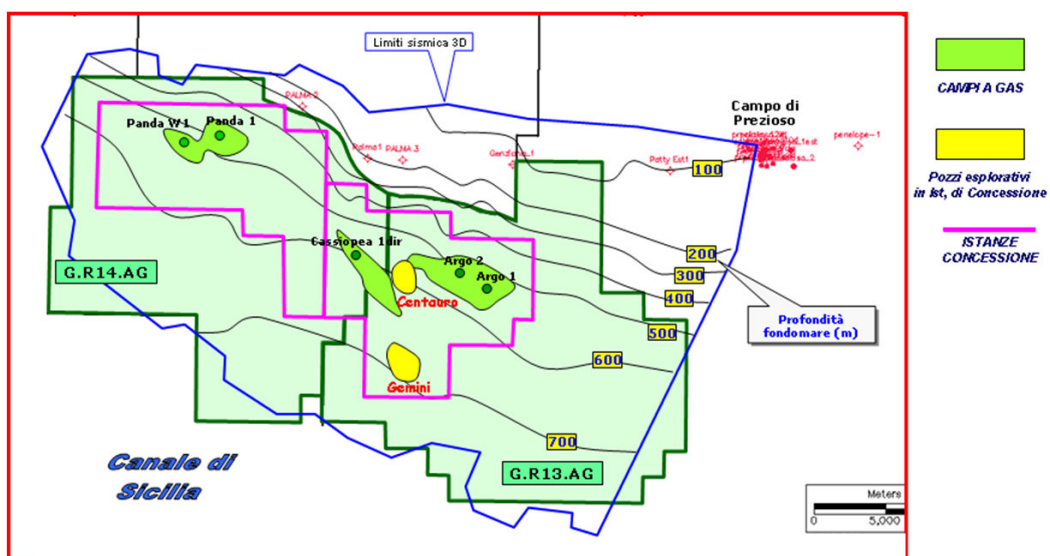
Distretto Centro Settentrionale

1. Dati generali di progetto

Il progetto di sviluppo del campo gas Panda rientra nell'ambito del più ampio Progetto "Offshore Ibleo" che prevede anche lo sviluppo dei campi di Argo e Cassiopea e la perforazione dei pozzi esplorativi Centauro1 e Gemini 1, (progetto per il quale è stato separatamente presentato specifico SIA ad Aprile 2010 (Doc. eni e&p 000196_DV_CD.HSE.0128.000_00) e successive Integrazioni a Settembre 2011 (Doc. eni e&p 000196_DV_CD.HSE.0175.000_00).

Il progetto relativo allo sviluppo del solo giacimento Panda prevede le seguenti fasi:

- una prima fase di perforazione durante la quale sarà perforato e completato il pozzo Panda W2, posizionato a circa 21 km dalla costa. In seguito, in base ai risultati minerari ottenuti durante la prima fase di sviluppo, sarà valutata la perforazione del pozzo Panda 2dir, posizionato a circa 20 km dalla costa.
- installazione di una sealine da 8" di diametro di collegamento tra i Pozzi Panda e il Manifold di raccolta di Cassiopea, il cui tracciato si troverà a una distanza minima dalla costa di circa 22 km. La sealine si estenderà per circa 16,5 km terminando all'interno dell'Istanza di Concessione di Coltivazione "d3G.C.-AG". La rotta della sealine è stata definita in modo tale da minimizzare la lunghezza della linea stessa e i rischi associati alla geologia locale;
- installazione in alto fondale delle strutture subacquee necessarie al collegamento tra i pozzi Panda e il Manifold di raccolta di Cassiopea e installazione dei Cavi Ombelicali di controllo dal Manifold di Cassiopea ai pozzi.





eni S.p.A.

Divisione Exploration & Production

Distretto Centro Settentrionale

2. Piano di monitoraggio della subsidenza per lo sviluppo del campo "Panda" – Offshore Ibleo

Lo sviluppo del campo di Panda si inserisce in un contesto areale comune a quello già analizzato per lo sviluppo dei campi di Argo e Cassiopea. In quest'ambito il piano di monitoraggio, già elaborato, si ritiene possa essere esaustivo anche per il progetto di sviluppo di Panda essendo lo studio geomeccanico iniziale già comprensivo degli effetti cumulativi dei campi di Panda, Argo e Cassiopea e comune risulti il tratto di costa considerato ai fini del monitoraggio dei possibili effetti geodinamici.

eni utilizza per il monitoraggio della subsidenza, in mare e a terra, le tecniche più avanzate, impiegando in modo integrato tutti gli strumenti offerti dalle moderne tecnologie, aggiornate continuamente allo stato dell'arte.

Le informazioni ottenute dal monitoraggio rispondono a un duplice obiettivo:

- accertare con continuità e tempestività se i fenomeni di subsidenza e gli eventuali impatti che ne possono derivare si evolvono secondo la previsione iniziale. Ciò al fine di predisporre, in caso di necessità e per tempo, interventi di mitigazione del fenomeno stesso e/o di protezione dell'ambiente;
- fornire dati per la periodica revisione e taratura dei modelli matematici utilizzati per previsione della subsidenza.

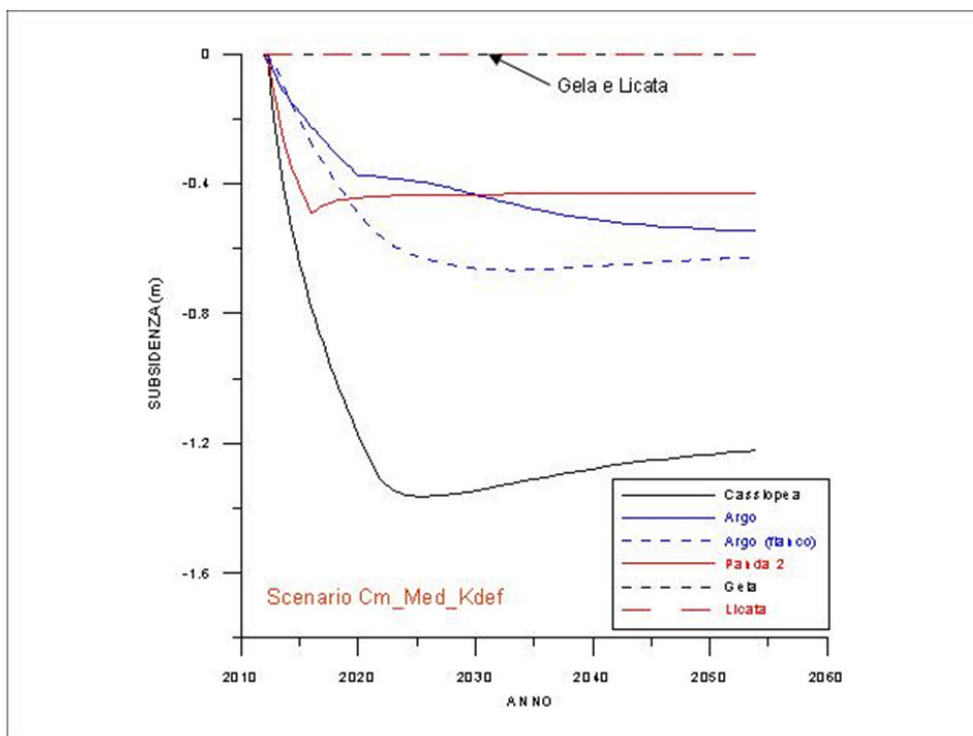
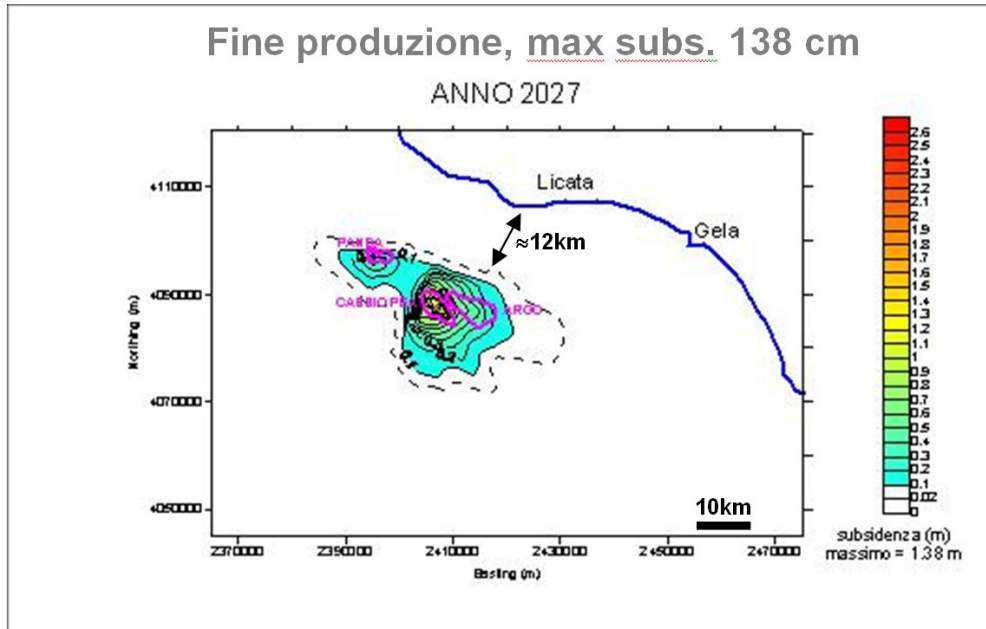
La previsione iniziale di subsidenza (già presentata nel S.I.A.), eseguita con criteri del tutto conservativi e con metodologie e strumenti in linea con il più avanzato stato dell'arte in campo internazionale, mostra come la isolina di "2 cm" che delimita il cono di subsidenza rimane, per lo scenario di riferimento, anche 27 anni dopo la fine della produzione, sempre ad una distanza maggiore di 12 km dalla costa, implicando modesti impatti ambientali, data l'elevata profondità, la distanza dalla costa e la localizzazione dei campi oltre la scarpata continentale. Il risultato di questo scenario considera, conservativamente, il contributo del campo di Panda e dei campi Argo e Cassiopea.



eni S.p.A.

Divisione Exploration & Production

Distretto Centro Settentrionale





eni S.p.A.

Divisione Exploration & Production

Distretto Centro Settentrionale

	2027 (fine prod.)	2054 (fine simul.)
Scenario	Max sub (cm)	Max sub (cm)
Cm_Med_Kdef	138 (in corrispondenza al campo di Cassiopea)	124

In tale situazione è stato stabilito un programma di monitoraggio in grado di rispondere agli obiettivi sopra riportati basato su una serie di misure e rilievi sia della subsidenza nella zona del giacimento, sia della stabilità di un esteso tratto di costa antistante il giacimento stesso.

Tali misure e rilievi saranno ovviamente integrati con tutte le informazioni sul comportamento produttivo del giacimento (es. misure di pressione, portate di gas ed acqua, ecc.) che **eni** acquisisce di routine su tutti i campi dove opera.

eni, al fine del controllo dei fenomeni geodinamici durante la coltivazione del giacimento "Panda", propone l'implementazione del Piano con l'impiego di varie tipologie di monitoraggio, per ciascuna delle quali è stata anche stabilita la frequenza ideale di campionamento.

Le metodologie proposte sono di seguito ampiamente esaminate e descritte.

Il Piano è stato elaborato nel rispetto delle indicazioni fornite dalla Relazione Conclusiva "CONTROLLO E MONITORAGGIO DEI FENOMENI GEODINAMICI DI CUI AI DECRETI DI COMPATIBILITA' AMBIENTALE RELATIVI AI PROGETTI DI COLTIVAZIONE DI IDROCARBURI IN MARE PER I GIACIMENTI: REGINA, ANNALISA, ANEMONE II FASE, BARBARA NW, CALPURNIA, CLARA EST, CLARA NORD, PORTO CORSINI MARE, NAIDE, CALIPSO", redatta dal Gruppo di Lavoro della Commissione per le Valutazioni dell'Impatto Ambientale del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare nel luglio 2007 .

Nella redazione del Piano, **eni** ha altresì seguito le linee guida riportate nel documento del gennaio 2007: "Linee guida per lo studio dei fenomeni di subsidenza nell'ambito di progetti di sviluppo sostenibile di campi ad olio o gas", prodotto dal Dipartimento di Metodi e Modelli Matematici per le Scienze Applicate (DMMSA) dell'Università di Padova.



eni S.p.A.

Divisione Exploration & Production

Distretto Centro Settentrionale

Il Piano di monitoraggio per il controllo dei fenomeni geodinamici derivanti dalla coltivazione del giacimento "Panda", come già predisposto per il progetto di Argo e Cassiopea, prevede:

- creazione di una rete **eni** di controllo altimetrico della linea di costa antistante i giacimenti tramite le seguenti metodologie di rilevamento:
 - rilievo satellitare GPS in continuo (CGPS) *onshore*;
 - rilievi satellitari SAR della costa con analisi annuale delle immagini acquisite;
- perforazione di un pozzo superficiale piezometrico-asestimetrico sulla costa;
- installazione di CGPS su ognuna delle due piattaforme ("Prezioso" e "Perla"), con rilievo satellitare *offshore* in continuo;
- rilievi batimetrici multibeam del fondale per monitorare l'estensione areale dell' eventuale cono di subsidenza per la verifica delle previsioni progettuali secondo le seguenti modalità:
 - il "bianco" prima dell'avvio della produzione del campo a coprire l'area di disturbo di subsidenza, così definita dal modello previsionale;
 - successivamente, in base ai valori di subsidenza ipotizzati da modello, verranno eseguiti ulteriori rilievi durante la vita produttiva del campo.
- acquisizione dati (carote di fondo, logs e prove di permeabilità) per la caratterizzazione geomeccanica del *reservoir* e delle coperture.

In accordo con quanto previsto nelle "Linee Guida" del DMMMSA dell'Università di Padova, sarà effettuato un *follow up* del piano di monitoraggio proposto durante la vita produttiva del giacimento, cosicché il programma originario possa essere calibrato e adattato man mano che nuove informazioni verranno raccolte durante lo sviluppo del campo.

3. Rete eni di monitoraggio con il controllo altimetrico della linea di costa

Ormai da tempo **eni** utilizza per il monitoraggio della subsidenza in mare e a terra, tutte le tecniche più avanzate e universalmente riconosciute come le più efficaci per lo studio del fenomeno.

In tale contesto, la costituzione ed il rilievo di una rete di monitoraggio per il controllo altimetrico della linea di costa per il progetto "Offshore Ibleo" costituirà il punto "zero" precedente l'inizio della coltivazione del giacimento di Panda.

Per la creazione della rete **eni** di monitoraggio della costa si prevedono diverse metodologie di rilevamento, di seguito illustrate.



eni S.p.A.

Divisione Exploration & Production

Distretto Centro Settentrionale

- **Rilievo satellitare GPS in continuo (CGPS)**

Il rilievo satellitare CGPS (Continuous Global Positioning System) consente di monitorare in continuo l'andamento altimetrico nel tempo di strutture onshore ed offshore. La tecnica CGPS utilizza i segnali di 24 satelliti NAVSTAR (Navigation Satellite with Time and Ranging) che ruotano attorno alla Terra ad altezze di ca. 20.000 km, con un periodo orbitale di circa 12 h, e che trasmettono continuamente su due frequenze distinte, denominate L1 e L2, sulle quali sono modulate informazioni binarie contenenti tutti i parametri per la determinazione della loro orbita.

Tali informazioni consentono di determinare con elevata precisione le coordinate (posizione plano-altimetrica) di un punto e, di conseguenza, possono essere utilizzate per monitorare con altrettanta precisione anche i movimenti plano-altimetrici di una determinata struttura rispetto ad una rete di riferimento. Per tale motivo è ormai divenuta prassi comune in campo internazionale monitorare la subsidenza sulle installazioni offshore (es. piattaforme di produzione) con il sistema CGPS.

Nella pratica, il monitoraggio consiste nella ricezione continua dei segnali satellitari sia da parte di un ricevitore posto sulla piattaforma da monitorare sia contemporaneamente, da parte di una serie di ricevitori posti su alcune stazioni di riferimento di cui siano note le coordinate assolute con elevata precisione.

L'elaborazione dei segnali registrati consente di determinare i movimenti relativi della piattaforma monitorata rispetto alle stazioni di riferimento, rilevandone le velocità di movimento con un'accuratezza di ordine sub centimetrico.

La rete di monitoraggio CGPS **eni** consta attualmente, in Italia, di 63 stazioni, di cui 43 *offshore* e 20 *onshore*, implementate a partire dal 1998.

Anche per questa metodologia di monitoraggio eni ha deciso di avvalersi di un ente esterno per il controllo di certificazione dei dati elaborati (in questo caso l'università degli Studi di Bologna, Dipartimento di Fisica).

Il piano di monitoraggio per lo sviluppo del campo "Panda" prevede, come già disposto per il progetto di Argo e Cassiopea che insiste sullo stesso tratto di costa, di strumentare due postazioni CGPS offshore utilizzando le piattaforme esistenti di Perla e Prezioso al fine di acquisire un data set sufficiente alla definizione di un trend altimetrico antecedente l'avvio della produzione dei nuovi campi.

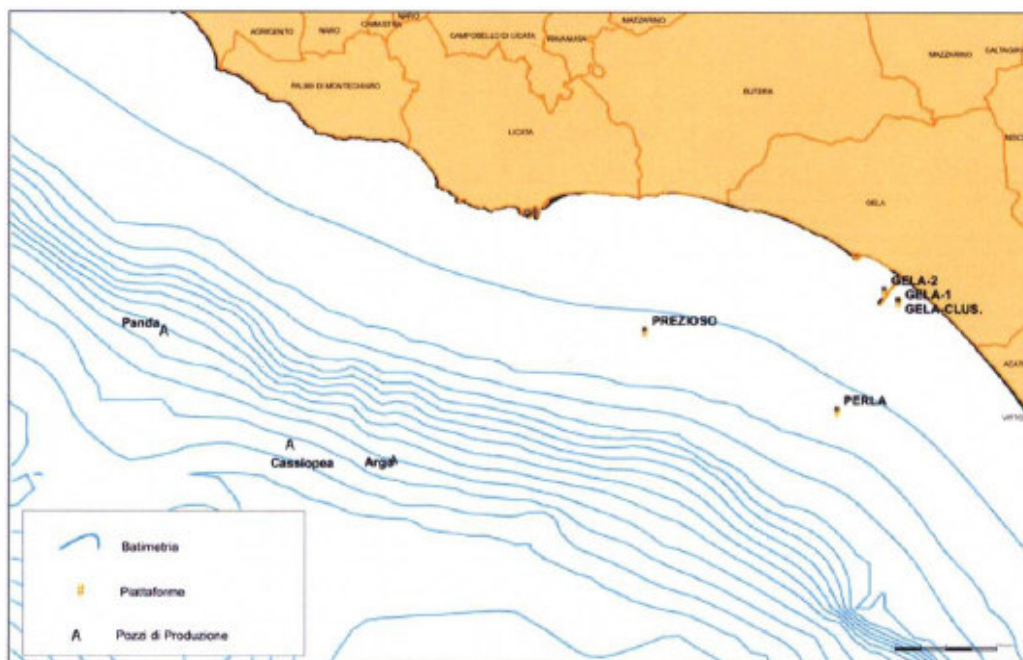
L'installazione dei CGPS sulle piattaforme di Perla e Prezioso ubicate in posizione mediana tra il futuro sviluppo e la costa, permetterà, quindi, di monitorare l'eventuale presenza di un qualsiasi trend subsidenziale, ben prima di eventuali effetti sulla costa.



eni S.p.A.

Divisione Exploration & Production

Distretto Centro Settentrionale



In aggiunta a queste postazioni, ed in considerazione della notevole estensione dell'area monitorata e del grande sviluppo della zona costiera (la distanza tra Gela ed Agrigento è di circa 70 km), sono state ipotizzate due postazioni CGPS, monumentate come S.S.U. (Satellite Survey Unit), tra Gela e Agrigento che permetteranno anche di disporre di punti di calibrazione per le immagini radar. La postazione SSU è la realizzazione, concepita e progettata da **eni**, di una stazione unica, capace di generare un "valore aggiunto" della qualità dei segnali satellitari CGPS e SAR, utilizzando al meglio le singolari peculiarità: quella di elevata precisione, ma puntuale, del CGPS, con quella di altrettanto elevata precisione, distribuita su una grande superficie, ma relativa ad un punto con dinamica di movimento, propria del SAR.

I rilievi mediante CGPS saranno condotti in continuo (360 gg/anno, 24h/gg) e permetteranno di tarare i dati SAR.



eni S.p.A.

Divisione Exploration & Production

Distretto Centro Settentrionale

Rete **eni** di monitoraggio – Satellite Survey Unit (SSU)



Fin dal 2001 **eni** ha studiato la possibilità di utilizzare in modo congiunto due diverse tecnologie satellitari: CGPS e SAR. Gli studi e le successive esperienze hanno evidenziato il valore aggiunto di questo utilizzo e attraverso fasi successive sono state implementate le procedure operative per la monumentazione di un manufatto strumentato con antenna CGPS e corner reflectors SAR.



eni S.p.A.

Divisione Exploration & Production

Distretto Centro Settentrionale

Rilievi satellitari SAR

Un'altra tecnica che si è sviluppata nel corso degli ultimi 10 anni per il monitoraggio della subsidenza riguarda l'analisi interferometrica di dati radar da satellite. Questo metodo consente oggi la mappatura dello spostamento della superficie terrestre su aree estese con elevata precisione.

Si tratta di rilievi effettuati tramite sistemi radar che elaborano immagini multi-temporali con tecniche interferometriche e studio dei diffusori permanenti, rendendo possibile ricostruire l'evoluzione temporale della subsidenza anche per periodi passati e su aree estese con precisione millimetrica.

Il *radar ad apertura sintetica* (**S**ynthetic **A**perture **R**adar) è un sensore attivo, montato a bordo di satelliti, che emette radiazioni elettromagnetiche e registra la potenza del segnale riflesso della superficie calcolando anche il tempo intercorso fra l'emissione e il ritorno del segnale stesso.

Il rilievo SAR, viene usualmente condotto utilizzando i dati rilevati dai satelliti dell'European Space Agency ERS ed ENVISAT e per aumentare la quantità di informazioni a disposizione, anche le immagini forniti dai satelliti canadesi RADARSAT.

La tecnica interferometrica, poiché fornisce spostamenti relativi, rappresenta la migliore soluzione per lo studio di aree *on shore* di vasta dimensione se associata a livellazioni di precisione e/o a rilievi GPS in continuo.

L'analisi dei dati, acquisiti ripetutamente nel tempo su una stessa area di interesse da sensori radar satellitari, consente l'individuazione di alcuni bersagli al suolo (denominati PS) su cui risultano possibili misure di spostamento estremamente accurate (precisione di anno ordine millimetrico).

Il piano di monitoraggio SAR, per lo sviluppo del campo "Panda" prevede l'analisi annuale delle immagini che vengono acquisite dal satellite Radarsat (ca. 16 per anno). Per l'area di interesse, ipotizzata, si dispone già di un dataset aggiornato al 30 novembre 2010, mentre si è già disposta l'acquisizione delle immagini Radar relative al 2011.

Lo studio delle immagini pregresse sarà in grado di fornire valutazioni areali sul fenomeno della subsidenza dell'area costiera in periodo sensibilmente precedente all'avvio delle attività di estrazione idrocarburi.

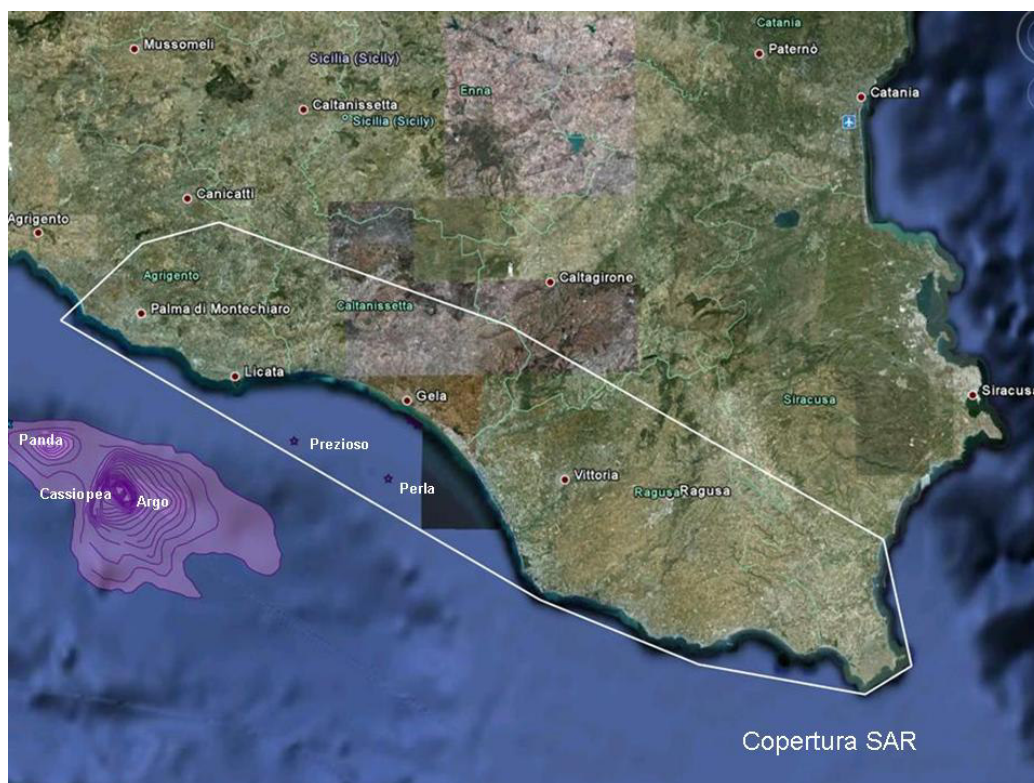


eni S.p.A.

Divisione Exploration & Production

Distretto Centro Settentrionale

Per l'area di interesse (vedi figura) e al fine di garantire un numero sufficiente di punti su cui effettuare un'analisi statistica dettagliata delle variazioni altimetriche dei dati radar satellitari, verrà valutata la monumentazione preventiva di un numero sufficiente di postazioni permanenti di *corner reflectors* quali bersagli radar artificiali rilevabili con il satellite RADARSAT.



Nel caso delle postazioni S.S.U. è, invece, già prevista la monumentazione dei *corner reflectors*.



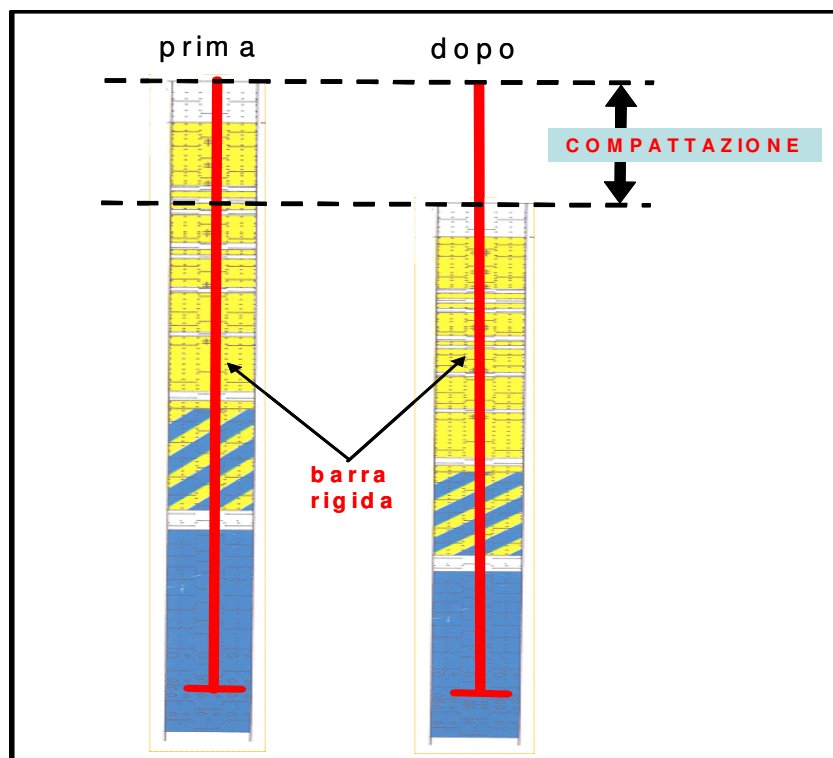
eni S.p.A.

Divisione Exploration & Production

Distretto Centro Settentrionale

- **Misura della compattazione superficiale tramite stazione assestimetrica-piezometrica (Extensometric Piezometric Survey Unit – EPSU)**

Rilievi della compattazione superficiale della subsidenza vengono effettuati installando assestimetri, che misurano la compattazione degli strati superficiali attraverso la fuoriuscita dal terreno di una barra metallica ancorata a fondo pozzo.



Tale strumentazione, ovviamente, può essere installata solamente in pozzetti dedicati, ubicati in terraferma.

Gli assestimetri misurano, con precisione del millimetro, la compattazione che ha luogo tra la superficie del suolo e la profondità entro la quale sono compresi gli acquiferi, soggetti normalmente ad un intenso emungimento idrico. Oltre alla misura della componente superficiale - naturale e/o antropica - della subsidenza, l'accoppiamento dell'assestimetro con uno o più piezometri permette il monitoraggio delle variazioni della quota piezometrica nei livelli acquiferi maggiormente emunti.

L'assestimetro fornisce indicazioni locali: per una visione corretta del fenomeno della subsidenza in un quadro regionale è necessario ubicare, in corrispondenza degli assestimetri, capisaldi di livellazione o sistemi di misurazione satellitare (stazioni SSU).



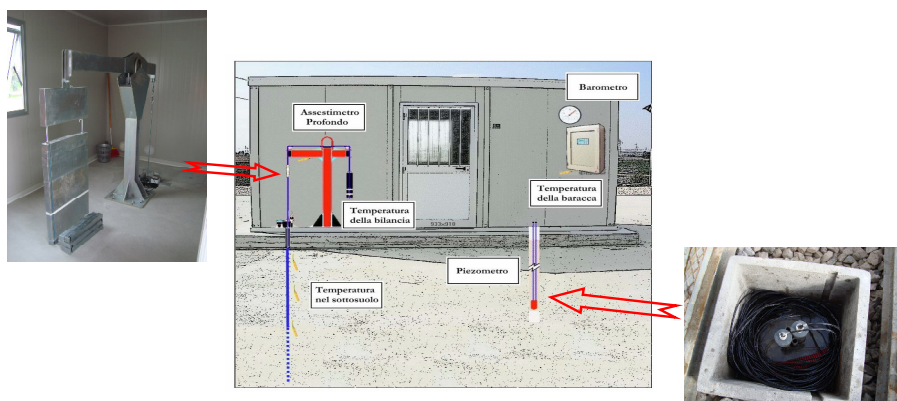
eni S.p.A.

Divisione Exploration & Production

Distretto Centro Settentrionale

Per ottenere informazioni sulla percentuale di subsidenza ascrivibile alla compattazione superficiale e all'emungimento idrico, sarà, quindi, realizzata una stazione EPSU, tramite la quale, nell'ambito del monitoraggio geodinamico dell'area, saranno effettuate misure dirette della compattazione superficiale mediante l'uso di un assestometro e misure delle variazioni della falda acquifera mediante piezometro. In questo senso saranno quindi previsti un assestometro profondo (fino al limite inferiore degli acquiferi sfruttati) ed una serie di piezometri di controllo anche relativamente alla problematica della vulnerabilità degli acquiferi.

Rete Eni di monitoraggio – Extensometric Piezometric Survey Unit (EPSU)



EPSU (Extensometric Piezometric Survey Unit) è una singola postazione nella quale trovano alloggio sia uno o più pozzi assestometrici, sia uno o più pozzi piezometrici, mediante i quali possono essere ricavate informazioni necessarie alla determinazione della compattazione superficiale.



eni S.p.A.

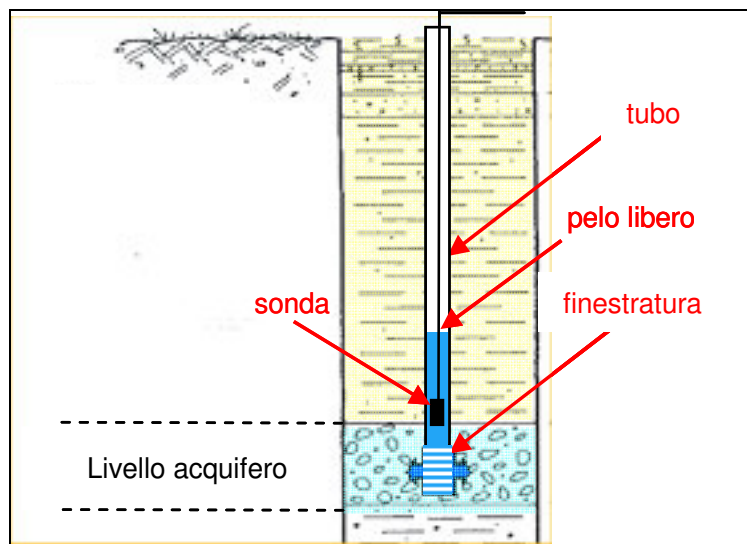
Divisione Exploration & Production

Distretto Centro Settentrionale

Piezometro

Un piezometro è generalmente costituito da un tubo che riveste un pozzo perforato fino al raggiungimento del livello acquifero (artesiano o freatico) di interesse.

In corrispondenza dell'acquifero il tubo è finestrato in modo che il fluido raggiunga entro il tubo il proprio livello idrostatico o piezometrico. Una sonda immersa nel fluido rileva nel tempo le variazioni della quota del pelo libero della falda indotte da cause naturali (regime di ricarica) o antropiche (emungimenti idrici), come mostra lo schema sotto riportato.



Profondità ed ubicazione dei sondaggi saranno stabilite a valle di uno studio geologico preliminare, basato su tutti i dati disponibili nell'area. La piazzola di basamento sarà realizzata in stretta connessione con la postazione SSU, come già detto.

Per la perforazione e la posa in opera della postazione assestometrica e piezometrica è previsto l'impiego delle migliori tecnologie attualmente disponibili. In particolare sarà messo in opera quanto necessario per impedire qualunque comunicazione fra le eventuali varie falde acquifere attraversate. I dati piezometrici saranno correlati a quelli della compattazione superficiale e ai dati ottenuti dai sistemi di monitoraggio che il presente piano prevede siano installati.



eni S.p.A.

Divisione Exploration & Production

Distretto Centro Settentrionale

- **Rilievi batimetrici**

Al fine di una stima dei possibili impatti sul fondale durante la vita produttiva del campo di Panda viene predisposto il seguente piano di rilievi batimetrici:

1. 1° rilievo base: esecuzione di un rilievo al tempo "zero", ovvero prima dell'inizio della produzione dei campi, per avere una ricostruzione iniziale della morfologia del fondale marino e soprattutto per avere il riferimento al tempo "zero" per i rilievi successivi all'entrata in produzione degli stessi.
2. 2° rilievo: da confrontarsi con il precedente, quando la subsidenza avrà interessato una zona sufficientemente ampia intorno alle piattaforme di produzione. In generale il secondo rilievo potrebbe essere acquisito dopo circa 5 anni dall'inizio della produzione conseguentemente alla necessità di misurare abbassamenti del fondale che siano di entità sicuramente superiore alla precisione della misura batimetrica
3. Per stabilire orientativamente a quale data acquisire questo secondo rilievo sono state esaminate le previsioni di subsidenza riportate nel SIA (Campi di Argo, Panda e Cassiopea: Modello predittivo di subsidenza – Management Summary) per lo scenario di riferimento (Cm_Med_Kdef).
4. rilievi successivi: in base ai risultati del 2° rilievo e dai valori attesi da modello (previsione iniziale e successivi aggiornamenti) potranno essere eseguiti ulteriori rilievi con cadenza da stabilire.
5. revisione e taratura periodica: i rilievi batimetrici, i dati di pozzo (carote, log misure di pressione, dati di produzione) saranno, inoltre, utilizzati, ad integrazione dei dati sul comportamento produttivo dei campi, per la revisione e la taratura periodica dei modelli matematici utilizzati per le previsioni di subsidenza.

Inoltre, verrà acquisito un rilievo batimetrico LADS (Laser Airborne Depth Sounder) con tecnologia laser aviotrasportata al fine di ottenere un batimetria digitale 3D del fondale marino in prossimità della costa.

- **Rilievo LIDAR onshore (Laser Imaging Detection and Ranging)**

Al fine di ottenere un D.E.M. (Digital Elevation Model) dell'area costiera antistante i campi di Panda, Argo e Cassiopea sarà effettuato un 1° rilievo LIDAR, aviotrasportato, prima dell'inizio della produzione, per mappare e monitorare le condizioni della linea di costa e più in generale per un migliore e più dettagliata valutazione dell'assetto geomorfologico costiero. Un 2° rilievo da confrontarsi con il primo, potrà essere acquisito eventualmente dopo un periodo di tempo "significativo" (5-10 anni) in base alle indicazioni dei monitoraggi altimetrici installati sulla costa.



eni S.p.A.

Divisione Exploration & Production

Distretto Centro Settentrionale

- **Misura della compattazione profonda**

Per la misura della compattazione profonda, vista la particolare configurazione del progetto di sviluppo (teste pozzo sottomarine) che esclude l'utilizzo della tecnica dei markers radioattivi, si prevede di acquisire un numero sufficiente di carote di fondo, in uno o più pozzi, per una caratterizzazione geomeccanica (calcolo del C_m - coefficiente di compressibilità, da prove geotecniche di laboratorio) delle formazioni *reservoir* e delle coperture.