



eni s.p.a.
divisione e&p

Doc. 000196_DV_CD.HSE.0175.000_00
Integrazioni allo
Studio di Impatto Ambientale
OFFSHORE IBLEO

Appendice 12

APPENDICE 12

PIANO DI MONITORAGGIO DEI FENOMENI GEODINAMICI



eni S.p.A.
divisione exploration & production

Distretto centro settentrionale

**Progetto di sviluppo dei giacimenti di gas naturale Argo e
Cassiopea denominato**

“Offshore Ibleo”

**PIANO DI MONITORAGGIO
DEI FENOMENI GEODINAMICI**

Marina di Ravenna, 02 settembre 2011



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 dei campi “Argo-Cassiopea” – Progetto Offshore Ibleo	5
3. Rete eni di monitoraggio con il controllo altimetrico della linea di costa	8
4. Rilievi batimetrici	16



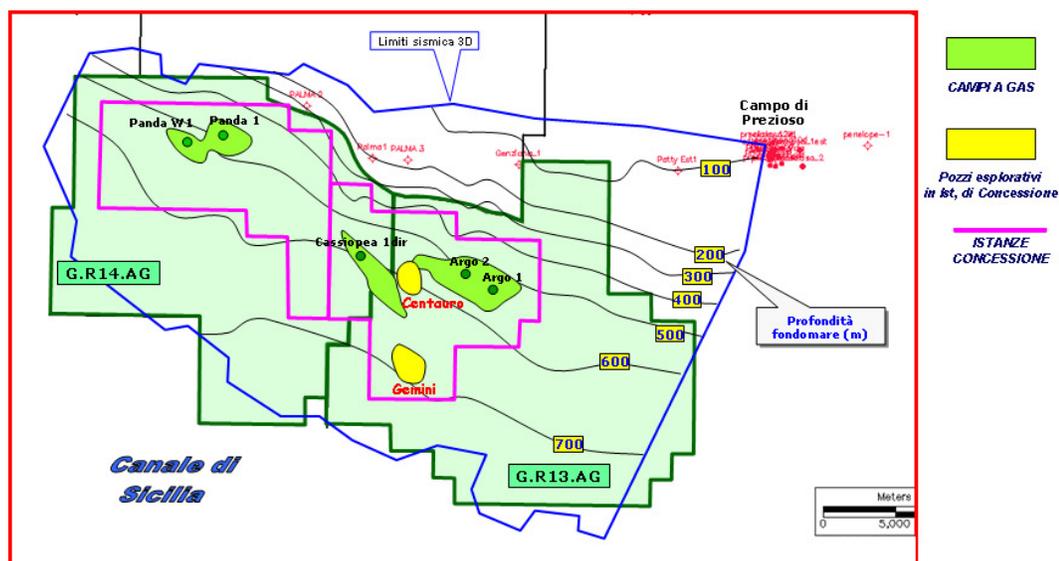
1. Dati generali di progetto

Il progetto "Offshore Ibleo" prevede lo sviluppo integrato dei campi Argo e Cassiopea e la perforazione dei pozzi esplorativi Centauro1 e Gemini 1, ricadenti nell'ambito della futura concessione 3G.C.AG, ubicata nel Canale di Sicilia, tramite l'installazione in alto fondale del "subsea production system", la posa delle sealines di collegamento fra i pozzi e la piattaforma Prezioso K, piattaforma di trattamento e compressione che sarà realizzata ex novo.

La piattaforma Prezioso K sarà collegata alla esistente piattaforma Prezioso con ponte per la condivisione dell'utilizzo degli alloggi ed eliporto e sarà collegata da apposito sealine con lo "Spare Shore Approach" di GreenStream.

Il gas prodotto sarà inviato al terminale GreenStream di Gela dove verrà realizzato un punto di misura fiscale all'interno della stessa base GreenStream, in un'area opportunamente segregata ed indipendente.

Il gas sarà, quindi, trasferito a Snam Rete Gas ed immesso nelle rete di distribuzione nazionale.



Eni in tale ambito ha già presentato lo Studio di Impatto Ambientale.



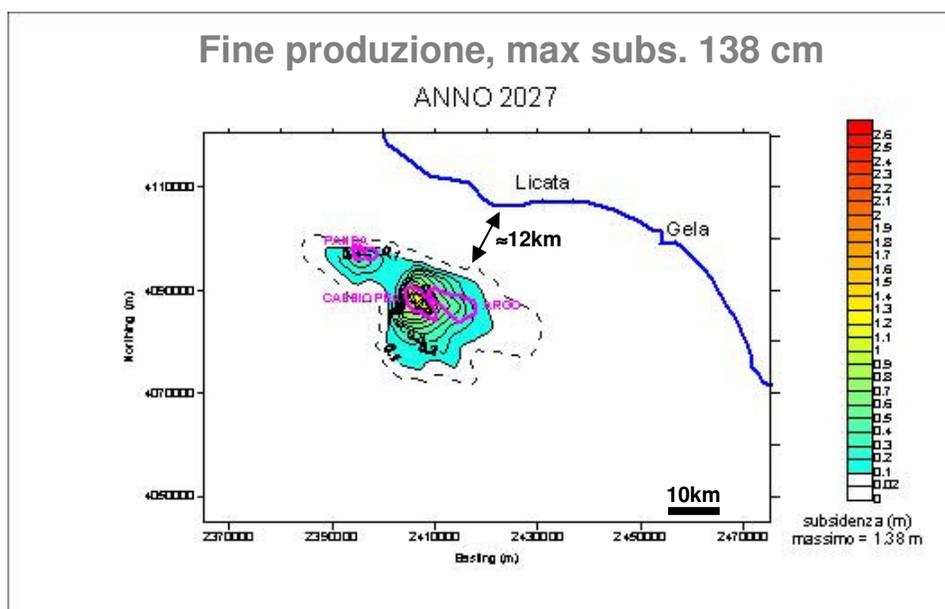
2. Piano di monitoraggio della subsidenza per lo sviluppo dei campi “Argo-Cassiopea” – Progetto Offshore Ibleo

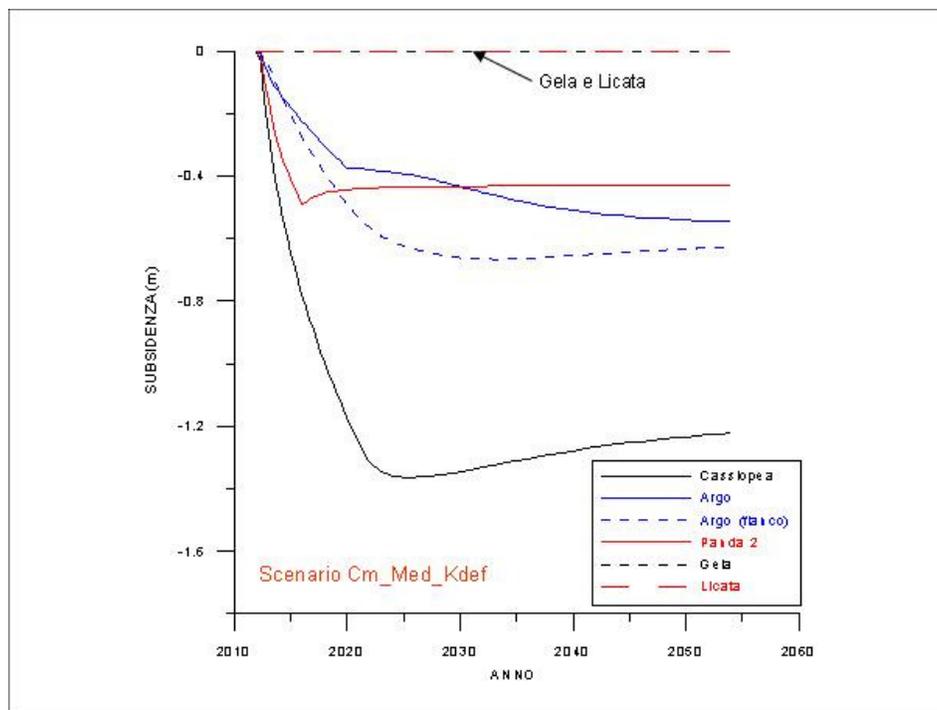
eni utilizza per il monitoraggio della subsidenza, in mare e a terra, le tecniche più avanzate, impiegando in modo integrato tutti gli strumenti offerti dalle moderne tecnologie, aggiornate continuamente allo stato dell’arte.

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, non incluso nello sviluppo dei campi Argo e Cassiopea.





	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 dei giacimenti, sia della stabilità di un esteso tratto di costa antistante i giacimenti stessi.

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 dei giacimenti "Argo e Cassiopea", 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 (DMMMSA) dell'Università di Padova.

Il Piano di monitoraggio per il controllo dei fenomeni geodinamici derivanti dalla coltivazione dei giacimenti "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:
 - misure di livellazione geometrica in alta precisione, con una periodicità del monitoraggio di 3 anni, nel rispetto di quanto riportato a tal proposito nelle "Linee Guida" del DMMMSA: *"..La periodicità del rilievo dipende dall'entità della subsidenza misurata e dovrebbe essere comunque compresa tra 2 e 5 anni.."*;
 - rilievo satellitare GPS in continuo (CGPS) *onshore*;
 - rilievi satellitari SAR della costa con analisi annuale delle immagini acquisite;
- perforazione di un pozzo superficiale piezometrico-assestometrico 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 dei giacimenti di Argo e Cassiopea.

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

1. Una rete di livellazione geometrica in alta precisione

Si tratta del metodo tradizionale e normalmente più usato per controllare le variazioni altimetriche del territorio, in standard di alta precisione, i cui dati periodicamente rilevati vengono controllati e certificati da qualificati Enti di certificazione esterni alla Società (esempio l'Università degli studi di Bologna Dipartimento di Ingegneria Civile, ambientale e dei materiali - DICAM).

La metodologia utilizzata da eni, tramite i suoi contrattisti, nell'esecuzione del lavoro di livellazione al fine di raggiungere gli obiettivi di precisione e affidabilità nei dati rilevati, viene dettagliata nelle "Specifiche Tecniche per l'Esecuzione di Misure di Livellazione". Nell'ambito del progetto "Offshore Ibleo", partendo dalla rete di livellazione eni già esistente (ca. 90 km tra Licata e Ragusa) si implementerà una nuova rete di livellazione, estendendola per ca. 125 km, fino alla città di Agrigento (circa 52 km) e realizzando alcuni anelli di compensazione (ca. 73 km) al fine di aumentare la qualità dei dati rilevati. La realizzazione della rete di livellazione ipotizzata, nella sua estensione massima implica la materializzazione di almeno 300 capisaldi e una periodicità delle misure del rilievo di 3 anni nel rispetto di quanto riportato a tal proposito sulle "Linee Guida" del DMMMSA: *"La periodicità del rilievo dipende dall'entità della subsidenza misurata e dovrebbe essere comunque compresa tra 2 e 5 anni..."*.

Una stima più precisa dei tratti di livellazione da monumentare potrà comunque essere disponibile solo a seguito dei rilievi che si realizzeranno in loco.



2. Rilievo satellitare GPS in continuo (CGPS)

Il rilievo satellitare CGPS (**C**ontinuous **G**lobal **P**ositioning **S**ystem) 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 (**N**avigation **S**atellite with **T**ime and **R**anging) che ruotano attorno alla Terra ad altezze di ca. 20 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 piano-altimetrica) di un punto e, di conseguenza, possono essere utilizzate per monitorare con altrettanta precisione anche i movimenti piano-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 subcentimetrico.



La rete di monitoraggio CGPS eni consta attualmente, in Italia, di 60 stazioni, di cui 42 *offshore* e 18 *onshore*, implementate a partire dal 1998.

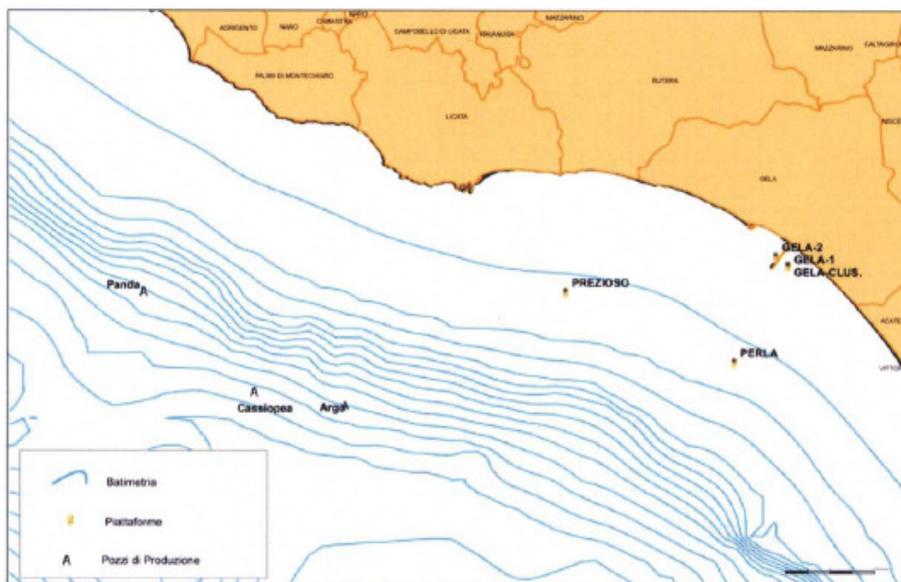
Anche per questa metodologia di monitoraggio eni ha deciso di avvalersi di un ente esterno per il controllo di certificazione dei dati elaborati (in questo caso l'università degli Studi di Bologna, Dipartimento di Fisica).

L'ente certificatore ritiene che per poter attribuire un significato fisico ai segnali misurati, siano necessari almeno 36 mesi di acquisizione continua per poter discriminare eventuali componenti periodiche del segnale.

Quanto sopra è in linea con quanto riportato a tal proposito sulle "Linee Guida" del DMMMSA " *...perché l'informazione finale assuma valore statistico significativo è necessario che i rilevamenti siano effettuati per un periodo non inferiore a 12 mesi*".

Il piano di monitoraggio per lo sviluppo dei campi "Argo e Cassiopea" prevede 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 subsidenza, ben prima di eventuali effetti sulla costa.



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, sia per le immagini radar e sia per le livellazioni che verranno acquisite. 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



eni S.p.A.
divisione exploration & production

Distretto centro settentrionale

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. Inoltre è previsto che sulla piazzola SSU sia monumentato anche un caposaldo di livellazione, che sarà rilevato contestualmente con le misurazioni topografiche descritte nel capitolo della livellazione.

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

Rete Eni di monitoraggio - Satellite Survey Unit (SSU)



Fin dal 2001 ENI E&P 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, corner reflectors SAR e caposaldo di livellazione.



3. 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.

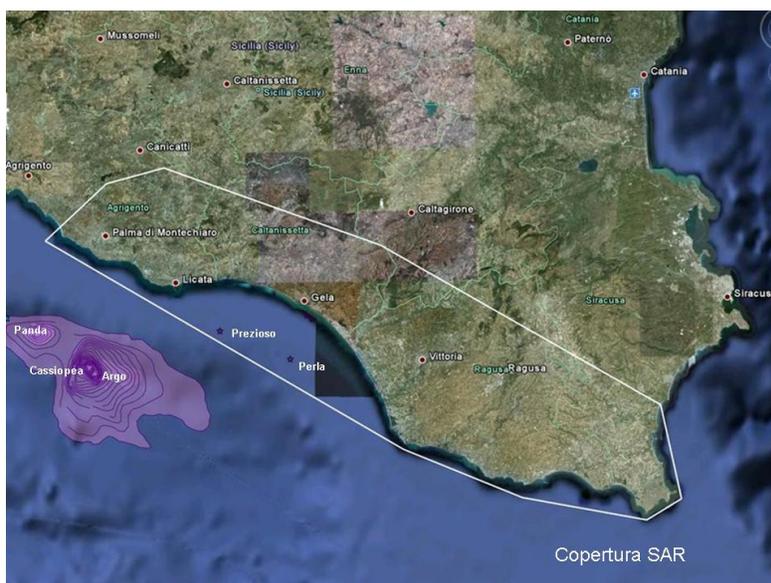
Si tratta di rilievi effettuati tramite sistemi radar che elaborano immagini multi-temporali con tecniche interferometriche e studio dei diffusori permanenti, rendendo possibile ricostruire l'evoluzione temporale della subsidenza anche per periodi passati e su aree estese con precisione millimetrica.

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 fornite 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 dei campi "Argo e Cassiopea", 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.

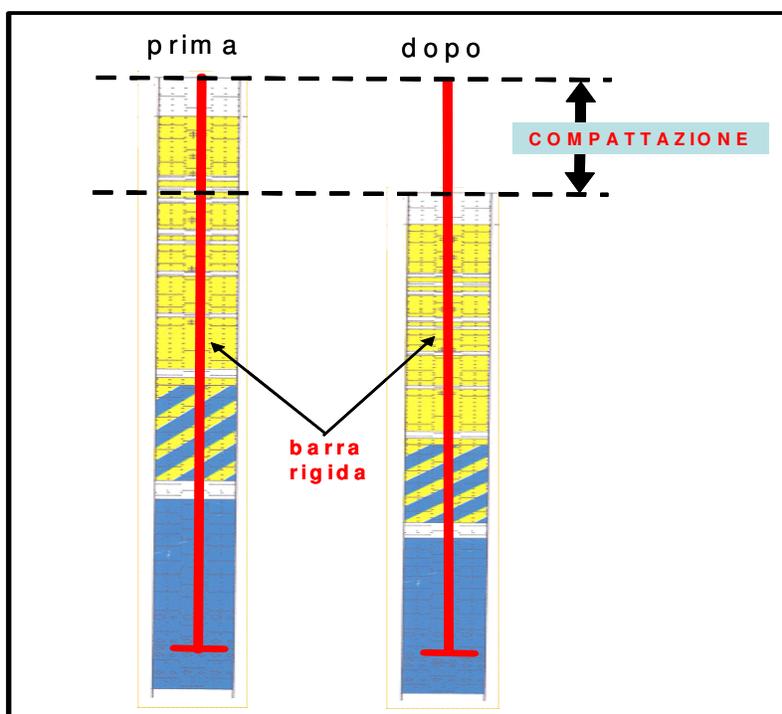
Lo studio delle immagini pregresse sarà in grado di fornire valutazioni areali sul fenomeno della subsidenza dell'area costiera in periodo sensibilmente precedente all'avvio delle attività di estrazione idrocarburi.

Per l'area di interesse 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 reflector.

4. 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.





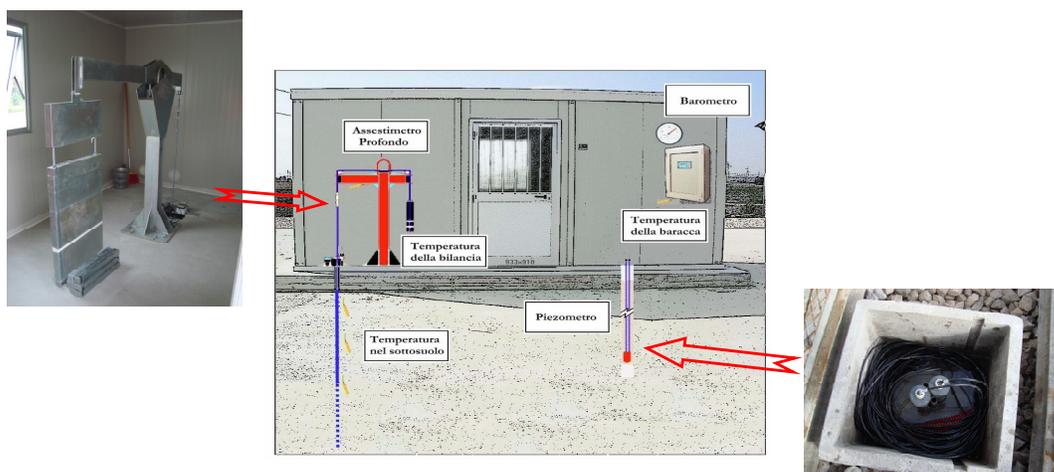
Tale strumentazione, ovviamente, può essere installata solamente in pozzetti dedicati, ubicati in terraferma.

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 S.S.U.).

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 assestimetro e misure delle variazioni della falda acquifera mediante piezometro. In questo senso saranno quindi previsti un assestimetro 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)



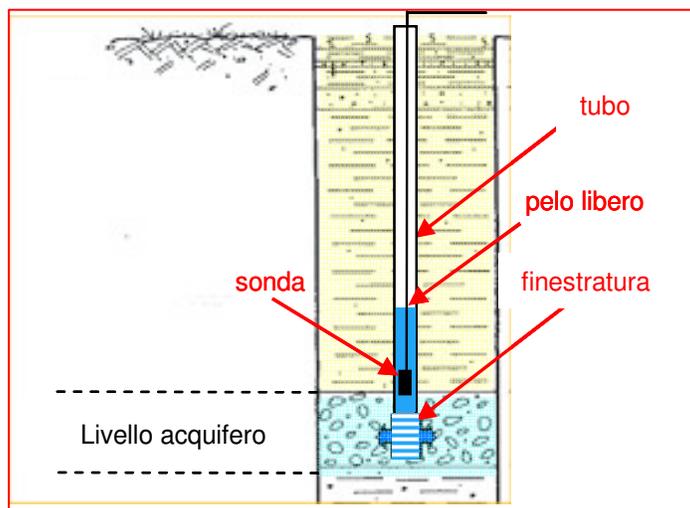
EPSU (Extensometric Piezometric Survey Unit) è una singola postazione nella quale trovano alloggio sia uno o più pozzi assestimetrici, sia uno o più pozzi piezometrici, mediante i quali possono essere ricavate informazioni necessarie alla determinazione della compattazione superficiale.



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.



4. Rilievi batimetrici

Al fine di una stima dei possibili impatti sul fondale durante la vita produttiva dei campi di Argo e Cassiopea 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

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).

3. 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.

4. 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.