

# Stoccaggio del gas nel sottosuolo della città di San Benedetto del Tronto: alcune considerazioni di carattere geologico

Serafino Angelini

Litografia Artistica Cartografica S.r.l., via del Romito, 11-13R, 50134 Firenze,  
s.angelini@lac-cartografia.it

## Riassunto

Il Ministero dello Sviluppo Economico ha messo a gara la possibilità di utilizzare un giacimento esaurito di gas naturale come serbatoio di stoccaggio nel sottosuolo di San Benedetto del Tronto. In questo serbatoio, individuato ad una profondità di circa 3.000m fra le rocce sedimentarie Plioceniche, verrebbe immesso gas ad alta pressione dopo l'acquisizione dalla rete durante il periodo estivo e l'estrazione durante la stagione invernale secondo le esigenze del mercato.

Nel presente articolo saranno chiariti alcuni aspetti geologici e verrà proposta una riflessione sulle criticità del progetto.

Parole chiave: *UGS, stoccaggio, reservoir, neotettonica, subsidenza*

## Premessa

Nel sottosuolo della città di San Benedetto del Tronto, intorno alla fine degli anni Settanta, è stata individuata la presenza di un giacimento di gas naturale, con l'aiuto di una serie di campagne di rilevamento sostenute da una solida base di letteratura scientifica e da una buona conoscenza specifica della stessa area. Infatti alla fine degli anni Sessanta fu realizzato il Foglio della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 coordinato dal Dottor Moretti e pubblicato dal Servizio Geologico. L'ufficio cartografico della Regione Marche, con il supporto di importanti centri di ricerca e di aziende private specializzate nel settore, sta svolgendo un complesso lavoro di aggiornamento della Cartografia Geologica Regionale (progetto CARG) sotto la supervisione del Servizio Geologico

d'Italia - ISPRA (Istituto per la Ricerca e la Protezione Ambientale). È un Progetto di rilevamento e di gestione dei dati opportunamente generalizzati ed inseriti in un database standardizzato a livello nazionale e, attraverso l'informatizzazione dei dati raccolti alla scala 1:10.000, prevede di realizzare la Carta Geologica ufficiale dello Stato alla scala 1:50.000. L'interrogazione, l'aggiornamento e l'analisi di questa ampia quantità di dati permettono ai tecnici del settore di integrare quotidianamente le conoscenze acquisite in passato con le più recenti teorie sulla dinamica dei corpi geologici, inoltre forniscono informazioni preziose in molti diversi settori delle Scienze della Terra.

La conoscenza geologica contribuisce in maniera significativa allo sviluppo sostenibile del territorio. Favorire la tutela e la valorizzazione del paesaggio è un dovere di tutta la comunità. La ricchezza dei dati scientifici disponibili permette di pianificare in maniera intelligente e di conservarne le risorse *finite*.



**Fig.1: un rendering della centrale di stoccaggio – vista in quota, da SW; la A14 riconoscibile immediatamente a E della centrale**

Il Ministero dello Sviluppo Economico in collaborazione con la Regione Marche, sta valutando l'opportunità di concedere l'utilizzo del *reservoir*\* esaurito come serbatoio di gas estratto dalla rete per

mezzo di una centrale (Fig.1). Nei paragrafi seguenti verranno descritte le implicazioni geologico-geomorfologiche di questo processo.

### Il progetto di stoccaggio

Il progetto di Stoccaggio del gas viene presentato oggi da un'azienda privata, nell'ipotesi che la zona interessata presenti caratteristiche ideali e condizioni di rischio accettabili per le eventuali operazioni di carico e di scarico, di pompaggio, di ri-estrazione, di raffinazione e immissione nella rete, al fine di utilizzare nuovamente il giacimento esausto come contenitore o "serbatoio" all'interno del quale immagazzinare gas durante la stagione estiva per poi estrarlo durante la stagione invernale secondo le esigenze del mercato e con la realizzazione di una plusvalenza.

### Il giacimento

Durante il Pliocene (2-5 milioni di anni fa), la geografia dell'area di San Benedetto del Tronto si presentava con una forma piuttosto diversa da come la conosciamo oggi, infatti soltanto le vette più elevate emergevano da un Mare Adriatico sensibilmente più profondo; inoltre se ci fossimo voltati con lo sguardo verso i Monti Sibillini, avremmo potuto definire la linea di costa molto più vicina alla dorsale spartiacque Adriatico/Tirreno (Fig.2).

In questo ambiente condizionato principalmente dagli agenti atmosferici e dalla forza delle acque, spesso si concretizzavano le combinazioni ideali per l'innesco di potenti *correnti di torbida\**, si trattava di correnti di fondale, dense e ricche di sedimenti organici, favorite, tra le diverse cause, da fenomeni gravitativi subacquei e subaerei, come la differenza di densità delle acque, dalla pendenza del fondo sebbene minima (sufficiente l'1%). L'imponente carico sedimentario "trasportato" da veri e propri "tubi d'acqua" a densità elevata, dalla testata del bacino, da Ovest verso Est, veniva rilasciato attraverso una dispersione a ventaglio (*conoidi*), appena le condizioni della morfologia sottomarina diventavano favorevoli (Fig.3).

Durante il trascorrere di moltissimi anni, milioni di episodi sedimentari ripetuti in successione contribuirono a generare grandi accumuli di materiale organico che in seguito si decomponeva e si

**Reservoir:** roccia serbatoio che contiene idrocarburi ed è in grado di cederne grazie alle sue caratteristiche di permeabilità e porosità; nella quasi totalità dei casi è di origine sedimentaria ed è definita clastica quando è composta da ghiaie, arenarie o conglomerati.

trasformava in idrocarburi; questa alterazione avveniva per effetto della pressione generata dallo stesso peso dei sedimenti che via via si accumulavano e per le particolari condizioni chimico-fisiche alle quali la materia organica veniva sottoposta.

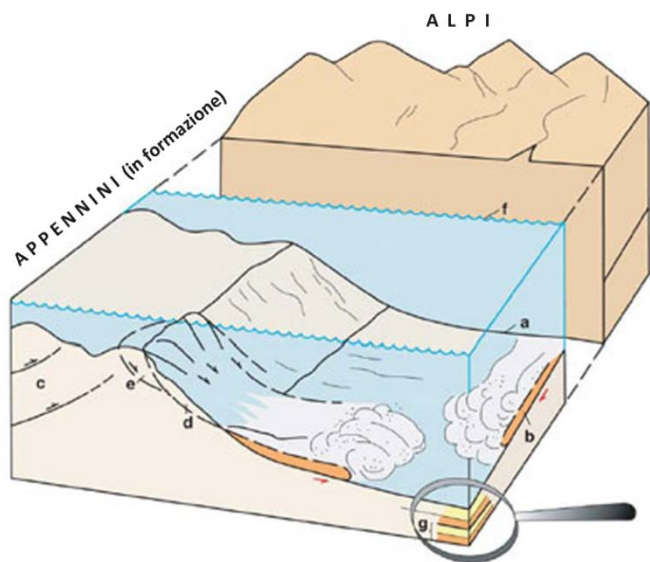


**Fig.2: terre emerse d'Italia durante il Pliocene; in blu a tratteggio, l'attuale linea di costa; in rosso, l'area di San Benedetto del Tronto**

All'atto della estrazione del gas utile, la perforazione fu progettata per raggiungere il "pacco di strati" che, grazie alle sue caratteristiche di permeabilità e di *continuità*, potesse fornire il maggiore rendimento possibile: questi dettagli furono individuati in una formazione arenacea del Pliocene Inferiore posta a circa tre chilometri di profondità e definita Formazione di Monte Pagano.

Il gas, presente in notevole quantità negli interstizi fra i singoli *clasti*, fu raggiunto e richiamato verso la perforazione grazie alla differenza di pressione generata dal foro. Negli anni Duemila, dopo più di un ventennio di resa continua, la coltivazione del

giacimento fu interrotta a causa del pareggio: la pressione interna del giacimento infatti non fu più sufficiente a condurre in superficie il gas nella quantità necessaria per un conveniente processo di raffinazione.



**Fig.3:** schema semplificato della formazione di rocce torbiditiche nell'area periadriatica: a) fondo marino; b) corrente di torbida; c) catena appenninica in formazione; d) e) nicchie di distacco che originano altre torbiditi; f) livello del mare; g) depositi torbiditici già depositi. Da "Servizio geologico, sismico e dei suoli, Regione Emilia-Romagna" modificato dall'autore

### La terra viva

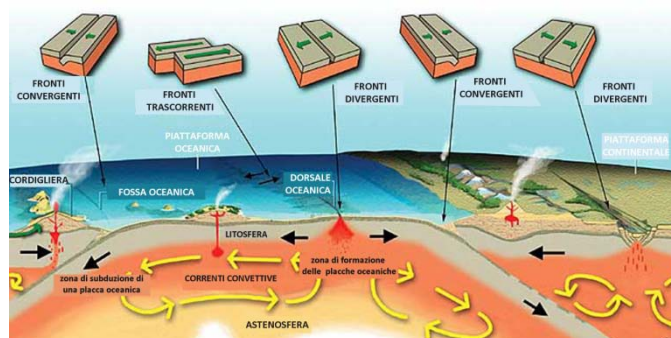
La terra è viva e ce ne accorgiamo nei momenti nei quali si avverte una scossa di terremoto, vediamo una colata di lava, si sente l'odore sprigionato da una sorgente solfurea o sperimentiamo la potenza generata da un *geyser*.

La posizione assoluta di un luogo sulla terra, espressa in termini di latitudine e longitudine può variare, sebbene il ritmo dei suoi movimenti sia molto lento; nel corso di milioni di anni le condizioni della superficie terrestre sotto i nostri piedi sono cambiate sensibilmente, così il clima.

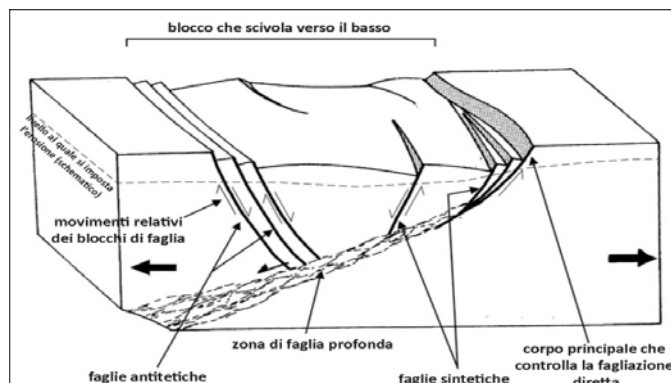
Al di sopra del giacimento di gas che si formava nel tempo si sono depositi altri due chilometri di sedimenti, con origine e composizione chimico-mineralogica a volte completamente diverse da quelle precedentemente descritte; pertanto la posizione stessa del giacimento è cambiata, essendo coinvolta nel complesso meccanismo di distensioni e di

spostamenti sotterranei generati da piani di movimento preferenziale definiti *specchi di faglia*.

Dal punto di vista geometrico, la *faglia* (specchio di) è un piano preferenziale di rottura che definisce una discontinuità del terreno per la quale due blocchi si muovono in maniera diversa, spesso opposta. Inoltre è la testimonianza, in superficie, delle sollecitazioni profonde alle quali la crosta terrestre è sottoposta per l'effetto della spinta dei moti convettivi che originano nella *astenosfera* (Fig.4).



**Fig.4a e 4b:** semplificazione grafica di alcuni tipi di movimento possibile fra due blocchi; schema di un sistema di faglie complesso



Il movimento relativo ai blocchi della crosta terrestre tende in sostanza ad accumulare energia e nella relativa intensità delle onde sismiche percepiremo il momento in cui questa energia viene rilasciata nel terreno a causa della rottura improvvisa del suo equilibrio.

La conoscenza specifica dei depositi recenti e l'analisi del substrato della superficie topografica permettono di classificare le faglie secondo l'importanza e lo stato di attività, di valutare il rischio sismico della relativa area, di riflettere sulla evoluzione geo-morfologica di un territorio.

La stabilità dei versanti può essere influenzata in maniera significativa anche per l'effetto delle fratturazioni che esistono nella zona intorno allo

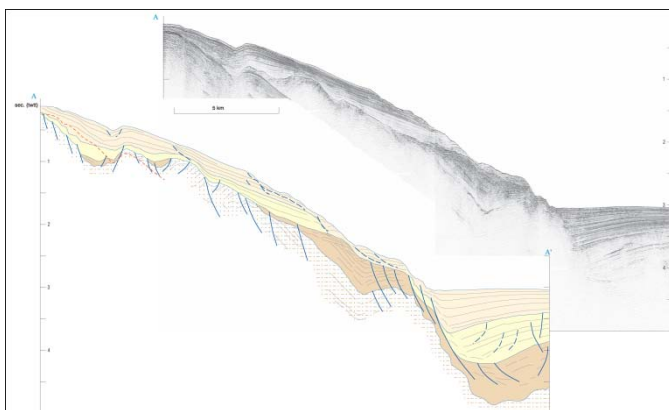
specchio di faglia; la stessa area può quindi variare secondo lo stato di attività presente e passata, il tipo di rocce coinvolte, l'importanza dei movimenti. È possibile allora ipotizzare l'entità dell'alterazione profonda delle caratteristiche meccaniche e di permeabilità della roccia.

Il *rilevamento di campagna* permette di individuare con una buona approssimazione la presenza di una faglia in un determinato luogo e il geologo rilevatore, nello studio del terreno, con l'analisi di immagini remote come le foto aeree o le immagini satellitari, può riconoscere gli indicatori della presenza di una lineazione tettonica.

L'esplorazione *indiretta* permette inoltre di confrontare i dati ipotizzati in sede di rilevamento di campagna: l'indagine attraverso le *linee sismiche* (Fig.5) o *gravimetriche* fornisce informazioni preziose sul sottosuolo altrimenti raggiungibile soltanto con l'escavazione di pozzi (o *sondaggi*).

Il territorio italiano è quasi interamente sottoposto a movimenti tettonici significativi ed evidentemente non può essere esclusa l'area geografica di San Benedetto del Tronto.

Dall'esame di alcuni autorevoli studi scientifici e della cartografia tematica relativa alla stessa area, si apprende come alcuni *geositi*\* e alcuni eventi sismici, anche recenti, possano testimoniare la rilevante attività neotettonica, *quaternaria*, riferibile cioè agli ultimi due milioni di anni.



**Fig.5: esempio di linea sismica originale (in alto) e di sezione geologica che ne interpreta il profilo (da Fanucci et al., 2010)**

Sebbene il giacimento di San Benedetto del Tronto sia considerato di grande interesse, si constata che non sono al momento disponibili le linee sismiche marcate da ENI nel corso delle indagini propedeutiche alle prime perforazioni.

È possibile comunque prendere in esame alcuni *oggetti* riferiti a zone molto vicine all'area di interesse,

**Geosito:** I geositi sono elementi, zone o località di interesse geologico di rilevante valore naturalistico ed importanti testimoni della storia della Terra. Essi rendono "peculiari" i luoghi e le aree territoriali in cui sono inseriti per i loro specifici fattori fisici, morfologici, climatici e strutturali (Servizio Geologico d'Italia – ISPRA).

come le stratigrafie note in letteratura certamente utili per la valutazione dei rischi legati alla nuova eventuale attività antropica.

### Problematiche legate allo stoccaggio in *reservoir*

"Lo stoccaggio di gas naturale in sottterraneo ha luogo in strutture geologiche che hanno caratteristiche tali da permetterne l'immagazzinamento e, quando richiesto, il prelievo."<sup>1</sup>

Nella disamina del procedimento di stoccaggio di gas naturale si fa riferimento a quattro parametri principali:

1. *Working gas* = volume di gas che può essere iniettato nel periodo estivo ed estratto nel periodo invernale senza pregiudicare la normale prestazione del giacimento.
2. *Cushion gas* = volume di gas che resta immobilizzato in giacimento per tutto il periodo in cui questo è utilizzato come contenitore di stoccaggio; il *cushion gas* ha lo scopo di consentire un efficiente funzionamento dello stoccaggio alle massime prestazioni possibili.
3. *Portata di punta* = portata giornaliera massima che può essere estratta quando il giacimento è completamente riempito.
4. *Efficienza* = rapporto tra *working gas* e gas immobilizzato; con l'espressione gas immobilizzato si intende l'insieme di *working gas*, *cushion gas* ed eventuale riserva presente in giacimento al momento della sua conversione a stoccaggio."<sup>1</sup>

Affinchè una roccia possa essere presa in considerazione quale sede di stoccaggio di gas, deve presentare caratteristiche fisiche di alta permeabilità per permettere una facile circolazione dei fluidi, di alta

<sup>1</sup> Falzolgher F., "Stoccaggio di gas naturale in sottterraneo", in ENI (a cura di), *Enciclopedia degli Idrocarburi*, 2009, 1, p.879

porosità per una maggiore capacità complessiva, di bassa saturazione in acqua per un maggiore volume utile.

Il *reservoir* esistente nel sottosuolo di San Benedetto del Tronto prefigura un luogo di stoccaggio di tipo *convenzionale* (in giacimento esaurito) e si trova confinato geometricamente entro limiti fisici eterogenei: la "trappola" geologica che dovrebbe accogliere il gas ad altissima pressione è formata da una serie di strati piegati con l'asse della piega posto in direzione circa N/S, ammantati da argille che si sono depositate contemporaneamente alla crescita verticale della piega stessa. Queste conformazioni, costitutesi nel corso di migliaia di anni, sono ancora in movimento, come testimonia l'attività neotettonica. Inoltre il confine volumetrico del serbatoio che era stato inizialmente delineato, coinciderebbe oggi con marcate discontinuità di permeabilità segnate da faglie inverse su tre lati e sul lato sud da una chiusura per pendenza degli strati.

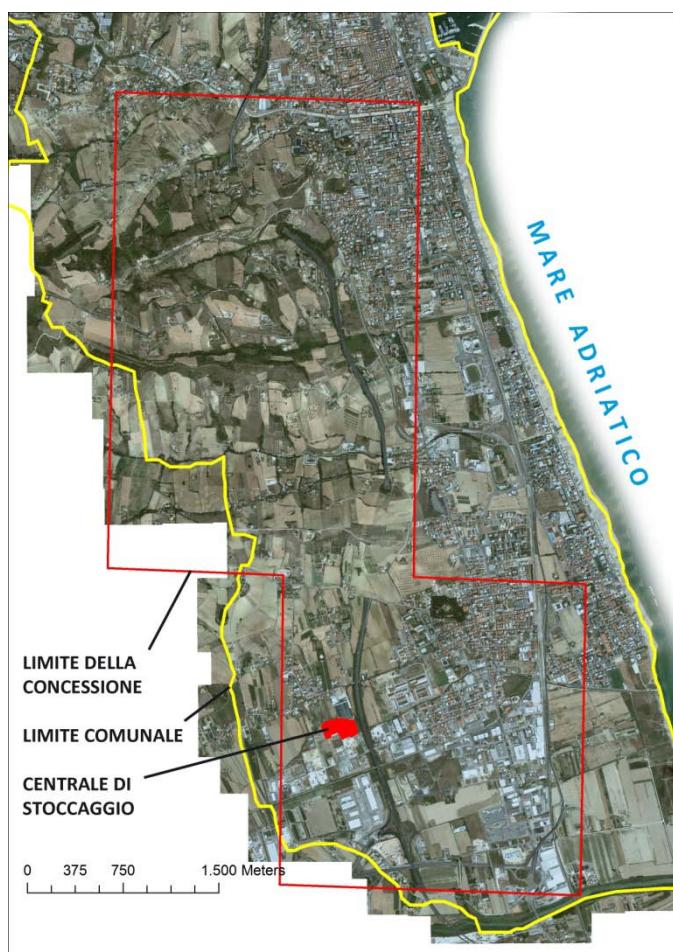


Fig.6: area occupata dalla concessione

Nel 2008 il dott. Evans ha pubblicato un report per il British Geological Survey (Servizio Geologico

Britannico) dal titolo "An appraisal of underground gas storage technologies and incidents for the development of risk assessment methodology - Una valutazione degli incidenti e delle tecnologie di immagazzinamento del gas in sottosuolo per lo sviluppo di una metodologia per la stima dei rischi".

Nel report vengono analizzati in maniera approfondita casi recenti di problematiche e di incidenti collegati all'immagazzinamento di idrocarburi in sottosuolo; le ricadute sono diverse tanto quanti sono i casi che vengono presi in esame in tutto il mondo; infatti le condizioni geologico-geomorfologiche di ogni singola area sono uniche ed irripetibili, per questo la potenzialità di rischio di ciascun giacimento non è facilmente standardizzabile/classificabile. Il controllo della predisposizione geologica e la valutazione percentuale del rischio possono aiutare gli esperti nel definire l'opportunità o meno di utilizzare il sottosuolo di un'area, sembra chiaro nello stesso tempo che non esistano strutture sicure.

Pur conoscendo la pregressa esistenza di gas, la scelta di utilizzare nuovamente uno stesso giacimento dovrebbe essere guidata da un atteggiamento costruttivo per il quale si mettano in primo piano tutte le condizioni al contorno meritevoli di ulteriori indagini. Può capitare infatti che alcune problematiche relative allo stoccaggio scaturiscano dal rapporto non sempre armonico fra la condizione di contorno e le strutture geologiche sulle quali si effettuano estrazioni e pompaggi di gas ad altissima pressione.

"...In ambito di rischio ambientale le maggiori problematiche che possono insorgere riguardo ai siti di stoccaggio sono le possibili fughe di gas dalla roccia-serbatoio sia in senso verticale che laterale. La maggior parte delle perdite sicure di gas nel sottosuolo sono favorite dalla presenza o dall'insorgere di discontinuità meccaniche nella roccia legate ai campi di stress tettonico presenti nell'area interessata come faglie (fratture con movimento reciproco dei due lembi generati dalla rottura) e fratture (discontinuità meccanica senza movimento reciproco dei lembi)."<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Castaldo R., "Monitoraggio ambientale attraverso l'utilizzo di algoritmi per la stima dell'eccesso/difetto di massa da dati

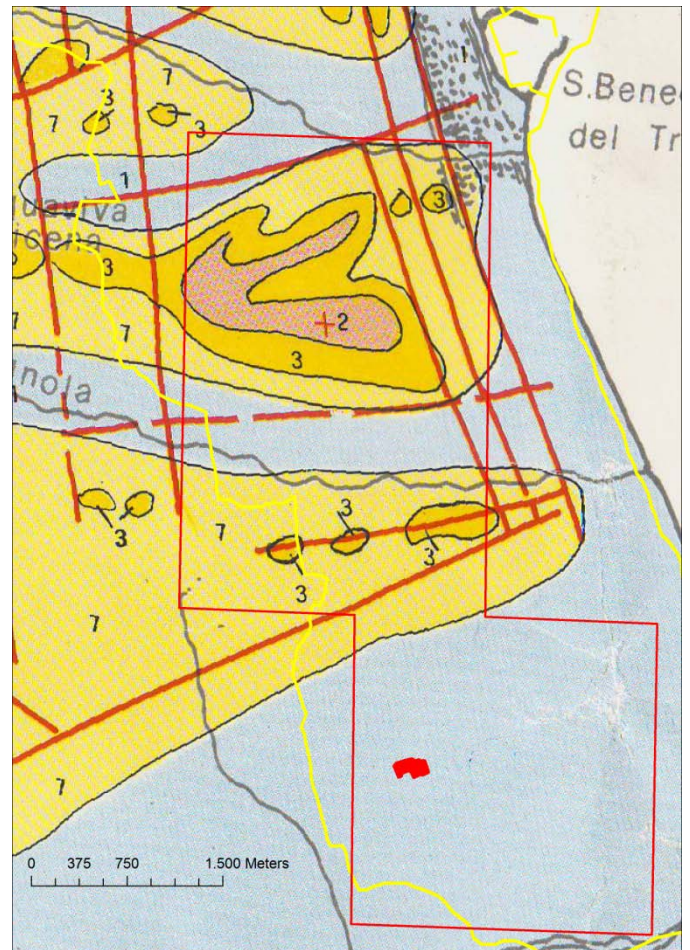
Il Progetto prevede, pur essendo a disposizione dell'ENI e degli esperti molti dati preziosi, di valutare, durante la fase di perforazione dei nuovi pozzi, la massima pressione che la copertura argillosa dell'area interessata possa tollerare.

Certamente l'analisi dello stato della fratturazione e della fagliazione, come principali cause, permette di prevedere ed eventualmente gestire le perdite verticali dal *reservoir* e le infiltrazioni di gas che inevitabilmente si riversa nella superficie topografica.

Questi passaggi operativi in passato sono stati raccomandati da ENI: "...Il valore massimo di pressione che potrà essere raggiunto viene determinato attraverso studi di giacimento aventi lo scopo di definire la geometria e l'estensione del *reservoir*, e attraverso analisi di laboratorio effettuate su carote prelevate dal tetto del *reservoir* allo scopo di caratterizzare le rocce di copertura e di determinare le caratteristiche petrofisiche e geomeccaniche delle stesse (pressione di soglia, permeabilità, porosità). Inoltre dovrà essere valutato lo stato dei pozzi già esistenti (quali elementi di debolezza, *nda*) e dovranno essere definiti la presenza di faglie e il gradiente di fratturazione delle rocce di copertura. In base alle suddette indagini si potrà così valutare la massima pressione di esercizio per evitare ogni possibile fuga di gas dovuta al superamento della pressione di soglia e ogni possibile problema meccanico alla copertura dovuto all'eventuale fratturazione."<sup>13</sup>

Purtroppo però la definizione delle caratteristiche sopra citate spesso non è sufficiente per eliminare il rischio concreto di fughe di gas dal serbatoio: "...considerando le problematiche incontrate nelle strutture [di immagazzinamento del gas, *nda*] negli Stati Uniti, il meccanismo principale di *errore* è da collegarsi alle perdite legate a problemi con la roccia di copertura. Nel 53% dei casi il gas [stoccato nel serbatoio, *nda*] è migrato verso livelli meno profondi, poiché la roccia di copertura non si è rivelata a perfetta tenuta. Nel 18% dei casi la fagliazione della

roccia di copertura sembra abbia fornito un contributo decisivo nella migrazione del prodotto dal *reservoir*."<sup>4</sup>



**Fig.7:** alcuni esempi di lineamenti tettonici (faglie) affioranti nell'area coinvolta nello stoccaggio di gas (spezzata rossa); in giallo, il confine comunale di San Benedetto del Tronto, in rosso la centrale; da Centamore *et al.*, 1983

E ancora:

"[...] andando a studiare ogni tipo di incidente occorso [...] è chiaro che nella grande maggioranza dei casi, l'incidente o il problema capitato a ogni struttura non è stato il risultato diretto solo di un errore geologico (ma la combinazione di più eventi fra cui l'errore umano riveste una particolare importanza, *nda*)..."<sup>5</sup>

"...le eccezioni, quando lo studio geologico può essere direttamente collegato all'incidente, sono:

gravimetrici", in *Dottorato di ricerca in Analisi dei Sistemi Ambientali*, A.A. 2009/2010, Università degli Studi "Federico II" di Napoli

<sup>3</sup> Falzolgher F., "Stoccaggio di gas naturale in sottosuolo", in ENI (a cura di), *Enciclopedia degli Idrocarburi*, 2009, **1**, p.889-890

<sup>4</sup> Jones, V.T. & Drodz, R.J. 1983. "Predictions of Oil and Gas Potential by Near-Surface Geochemistry". *Bulletin American Association of Petroleum Geologists*, **67**, 932-952.

<sup>5</sup> Evans D.J., "An appraisal of underground gas storage technologies and incidents for the development of risk assessment methodology", in *British Geological Survey (a cura di), RR605*, 2008, p.184

(tralasciando i casi di strutture diverse da quella nel sottosuolo di San Benedetto del Tronto, *nda*) in un numero di siti di stoccaggio del gas realizzati all'interno di giacimenti esauriti, principalmente in California, dove la roccia si è dimostrata non a tenuta essendo affetta da fagliazione. Ancora, (questi incidenti, *nda*) sono occorsi dove *reservoir* sfruttati nel corso delle ultime decadi, in aree sismicamente attive, dove le fratture in superficie corrispondono a faglie profonde conosciute come attive... Anche in questo caso, l'errore umano sta nell'aver utilizzato ai fini dello stoccaggio queste strutture nonostante le loro caratteristiche tutt'altro che sicure. In casi altrettanto rilevanti per lo sviluppo del Regno Unito, superficialità ingegneristica, regolamentazioni lassiste e cattiva gestione, hanno contribuito affinché si siano verificate perdite rilevanti nei siti di stoccaggio".<sup>6</sup>

La casistica descritta dal rapporto del British Geological Survey, prosegue prendendo in esame quali siano gli aspetti rilevanti per comprendere le principali problematiche relative allo stoccaggio di gas in giacimenti esauriti strettamente collegati a motivazioni geologiche; essi riguardano principalmente:

- il meccanismo di macroinfiltrazione legato a pozzi abbandonati o vecchie installazioni;
- rilascio di gas fra strato e strato a differente livello di impermeabilità o in zone ad impermeabilità differenziata come lungo piani di faglia e zone cataclastiche;
- sovrappressioni accidentali del deposito;
- malfunzionamento della roccia di copertura (*cap rock*) per svariate cause;
- riattivazione di una faglia nella roccia di copertura.

In particolare, quest'ultimo aspetto va considerato alla luce dei cicli di carico e scarico del serbatoio, delle possibili modificazioni del *reservoir* indotte idraulicamente, delle possibili variazioni di volume della roccia serbatoio indotte da alterazioni geochemiche.

---

<sup>6</sup> Evans D.J., "An appraisal of underground gas storage technologies and incidents for the development of risk assessment methodology", in British Geological Survey (a cura di), RR605, 2008, p.116

La letteratura scientifica è piena di esempi di problemi creati dalle fughe di gas dal *reservoir* e dalla loro migrazione verso la superficie; ciò avviene spesso attraverso debolezze della struttura rappresentate da faglie e/o fratture ed è un problema indotto dalle condizioni di utilizzo del giacimento. Le fratture sono potenziali itinerari della migrazione del gas e possono essere create nelle rocce stratificate come diretta conseguenza dell'attività antropica come perforazione, cementificazione, acidificazione, ripristino della pressione nei giacimenti abbandonati.

### Attività geologica dell'area

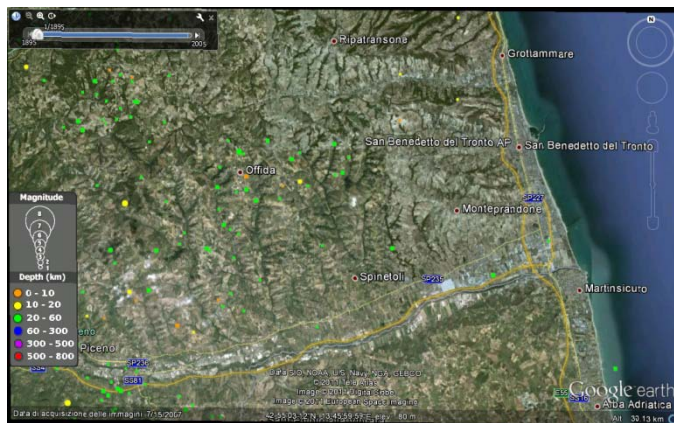
Sulla situazione geologica *superficiale* dell'area interessata nella quale si trova il giacimento e sullo stato della copertura sedimentaria del serbatoio si possono costruire ipotesi secondo le osservazioni indirette. Nel corso di moltissimi anni, la tettonica, le variazioni climatiche ed eustatiche, hanno condizionato profondamente l'assetto morfostrutturale e la dinamica deposizionale della fascia periadriatica marchigiana-abruzzese. Questa attività intensa e costante, avvenuta soprattutto "durante il Pleistocene medio-superiore è testimoniata dal controllo esercitato sull'andamento del reticolo idrografico, dalla presenza di numerose ed estese paleofrane, e di deformazioni gravitative profonde, dalla genesi di faccette triangolari o trapezoidali e di scarpate fresche, nonché dalla concentrazione anomala di fluidi gassosi e di vulcanelli di fango lungo le dislocazioni più recenti."<sup>7</sup> Si tratta evidentemente di fenomeni particolarmente interessanti e analizzati in maniera altamente specifica dagli esperti che hanno evidenziato la venuta a giorno, con cadenza irregolare, di argille ad alta temperatura, di idrocarburi, solfuro di idrogeno, zolfo, in molti punti della fascia periadriatica marchigiana; diverse sono le ipotesi sulla genesi di tali emissioni, è esclusa l'origine idrotermale ed è praticamente certa la provenienza profonda (nell'ordine di migliaia di metri)<sup>8</sup>

---

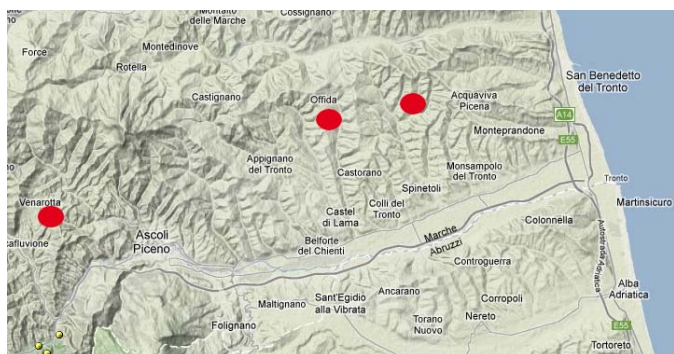
<sup>7</sup> Bigi S., Centamore E., Nisio S., "Elementi di tettonica quaternaria nell'area pedemontana marchigiana-abruzzese", in il Quaternario, *Italian journal of Quaternary Sciences*, 10(2), 1997, p.359-362

<sup>8</sup> Farabollini P., Materazzi M., Scalella G., "Le emissioni fluide dei vulcanelli di fango nelle Marche periadriatiche", in Geologia dell'Ambiente, SIGEA, 3/2004, p.86-89

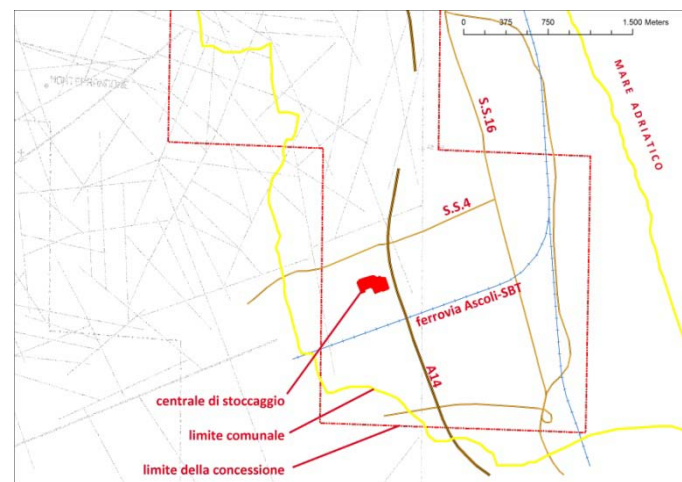
Si rilevano in quest’ottica le significative emissioni fluido-fangose (lo studio al momento è inedito) immediatamente a sud-ovest di Mass. Castagna, nel territorio del comune di Colonnella, le quali potrebbero essere strettamente collegate con la faglia WSW-ENE di importanza regionale che borda in destra idrografica la Valle del Tronto.



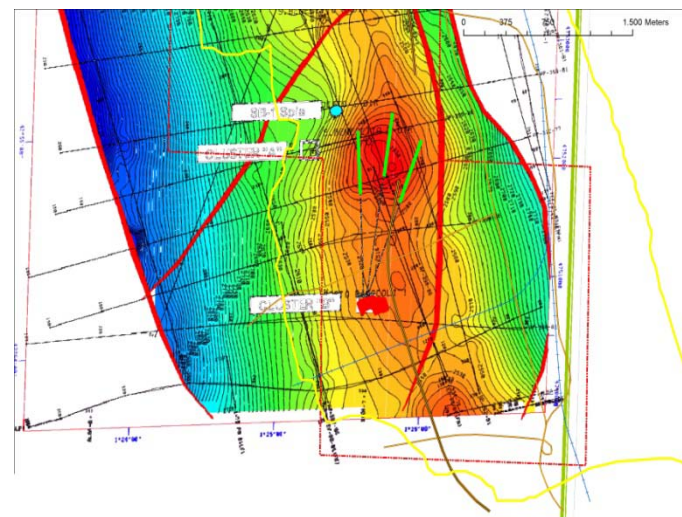
**Fig.8a e 8b: distribuzione degli ultimi epicentri nell’area circostante San Benedetto del Tronto; in evidenza nella figura in basso gli episodi del 14 e 30.10. e del 8.11.2011**



Alcuni di questi episodi si sono verificati nelle ultime settimane e, visto l’allineamento degli ipocentri e la profondità analoga, è possibile ipotizzare che appartengano a una stessa attività tettonica attualmente in atto lungo una stessa direttrice (faglia profonda) situata a Sud di Offida. Lo studio della sequenza sismica di Porto San Giorgio del 1987 per esempio comporta una riflessione sulla teoria secondo la quale la stessa zona potrebbe essere considerata a bassa pericolosità sismica.



**Fig.9a e 9b: le due immagini si riferiscono alla stessa area geografica: in alto, faglie e fratture (lineazioni nere) nella bassa Valle del Tronto, (la cartografia non copre interamente l’area della concessione), da: Istanza di concessione della Marinex Petroleum, 1989; in basso, isolinee relative al tetto del reservoir confinato fra quattro faglie principali (in rosso)**



I conglomerati presenti nell’area fra il Monte dell’Ascensione e San Benedetto del Tronto costituiscono un’altra preziosa testimonianza come indicatori di recente attività tettonica.<sup>9</sup>

Il progetto di registrazione e classificazione degli episodi sismici ad opera dell’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV)<sup>10</sup>, permette di individuare alcuni terremoti recenti verificatisi nella nostra area di interesse i quali, pur presentandosi con bassa magnitudo, esprimono l’attività tettonica in atto e vanno quindi interpretati in chiave dinamica.

<sup>9</sup> Calamita F. Invernizzi C., “Mesostructural analysis on the conglomerates of the outer Marche area (between M.Ascensione e San Benedetto)” in Boll. Soc. Geol. It, 110, 1991, 667-673.

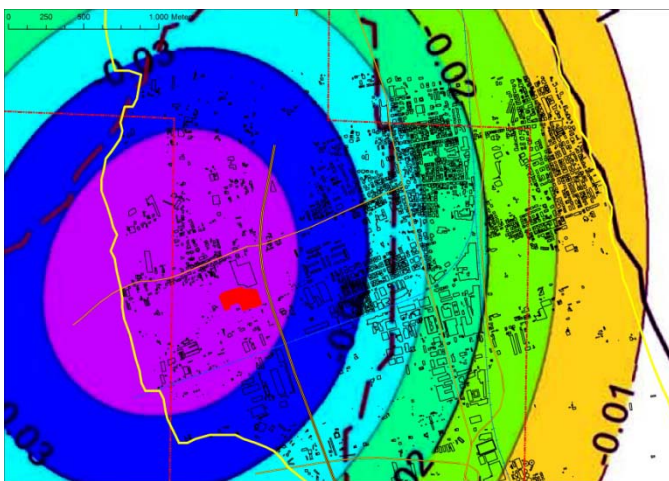
<sup>10</sup> <http://openmap.rm.ingv.it/gmaps/rec/Index.htm>



lineazioni (Fig.9a) dell'area circostante il giacimento. Dal confronto di quella quella carta con la geologia del nostro *reservoir*, si evince che molte fratture superficiali, allora censite, presentano direzioni compatibili con quelle delle tre faglie principali sottendenti il *reservoir*, e si ipotizza una corrispondenza o almeno un legame diretto fra le strutture.

## Subsidenza

L'immagazzinamento di gas in sottterraneo, la sua estrazione e la reimmissione ad alta pressione produrrebbero contrazioni ed espansioni del serbatoio in maniera ciclica e stagionale. Queste variazioni continue provocano nel mezzo (terreno) spostamenti della roccia che si comporta di conseguenza in maniera "quasi elastica", sia in direzione verticale (asse z), sia in orizzontale (xy).



**Fig.9: subsidenza stimata dal progetto di stoccaggio (in metri); in nero gli edifici di Porto d'Ascoli**

L'entità delle deformazioni della terra è legata a una serie di fattori quali la profondità del *reservoir*; la differenza fra la massima e la minima pressione sopportata dal giacimento, le proprietà geomeccaniche della roccia stessa. Queste deformazioni possono essere più o meno impattanti a seconda della loro misura e del luogo in cui avvengono.

Resta piuttosto complesso stabilire l'esatta entità dello spostamento della superficie topografica e mentre le stime del progetto parlano di alcuni centimetri al tetto del *reservoir* (Fig.9), considerando la roccia di copertura (*caprock*) come mezzo isotropo e

omogeneo, la situazione strutturale delle argille quaternarie potrebbe dar luogo a qualche variazione importante se venisse confermata la presenza di lineazioni di un certo rilievo, tanto che nel modello proposto dal progetto si fa chiaro riferimento alla considerazione riservata alla presenza di faglie quali elementi di debolezza del sistema.

Altri casi di stoccaggio in sottterraneo, come ad esempio il giacimento "Lombardia" (Pianura Padana), suggeriscono estrema prudenza nella valutazione dell'incidenza degli spostamenti verticali.

## Conclusioni

La migrazione in superficie del gas derivante da uno stoccaggio in sottterraneo è un problema che affligge le aree urbane situate in contiguità con una di queste strutture.

"L'esperienza ha mostrato che la migrazione del gas in superficie crea un potenziale rischio di esplosioni, incendi, odori nocivi e potenziali emissioni di composti cancerogeni e non dovrebbero essere posizionate in contesti urbani. È virtualmente impossibile assicurare che il gas non migri in superficie. Specialmente in caso di terremoto, le zone relative ai piani di faglia possono divenire più permeabili e potrebbero rappresentare una corsia preferenziale per il gas per raggiungere la superficie."<sup>11</sup>

La scelta del Ministero dello Sviluppo Economico di valutare l'istanza di concessione di stoccaggio di gas naturale in un'area densamente popolata come quella di Porto D'Ascoli, pone all'attenzione di tutti una serie di considerazioni sia di carattere generale sia specifico.

La mancanza di un piano energetico nazionale aggiornato (l'ultimo risale al periodo precedente la caduta del muro di Berlino), il consumo continuo di energia legato a sprechi anacronistici e alla chiusura di interi distretti industriali, la capacità di stoccaggio attualmente disponibile ben oltre ogni aspettativa del mercato, la paura di rimanere scoperti durante la stagione invernale sebbene il "rubinetto dell'Est" sia

<sup>11</sup> Gurevich A.E., Endres B.L., Robertson J.O., Chilingar G.V., 1993, "Gas migration from oil and gas fields and associated hazards", in *Journal of Petroleum Science and engineering*, 9, 1993, p.223-238

stato assorbito da un solo giacimento di stoccaggio già esistente (e sarebbe bastato ancora a lungo), la contemporanea richiesta della Comunità Europea di calmierare i consumi in campo energetico e nell'utilizzo del gas naturale in particolare entro il 2020, lascia spazio ad alcuni dubbi circa la reale necessità di realizzare un nuovo stoccaggio in sotterraneo di gas.

Inoltre, sottoporre una zona densamente popolata a rischi comprovati da pubblicazioni che parlano di pericolosità idrogeologica del sito, la sua costante attività tettonica, le problematiche geologico-strutturali evidenziate e comuni con altri siti nel mondo, appare oggi discutibile.

Subsidenza, perdite del *reservoir*, pericolo immediato per la popolazione, rischio di incidenti, appaiono attualmente problematiche sulle quali riflettere in maniera seria e approfondita.

### Bibliografia essenziale

AA.VV. Regione Marche (a cura di), 1991 - Ambiente fisico delle Marche, Foglio 2, scala 1:100.000, Ed. S.EL.Ca S.r.l., Firenze

AA.VV. ENI (a cura di), 2009 - *Enciclopedia degli Idrocarburi*, 1-5, pp.

Ambrosetti P., Carraro F., Deiana G. & Dramis F., 1982 - *Il Sollevamento dell'Italia centrale tra il Pleistocene inferiore e il Pleistocene medio* - in CNR: Progetto finalizzato "Geodinamica", Contributi conclusivi per la carta neotettonica d'Italia, parte 2, pp. 219-223

Bigi S., Cantalamessa G., Centamore E., Didaskalou P., Dramis F., Farabollini P., Gentili B., Invernizzi C., Micarelli A., Nisio S., Pambianchi G. & Potetti M., 1995a - *La fascia periadriatica marchigiano-abruzzese dal Pliocene medio ai tempi attuali: evoluzione tettonico-sedimentaria e geomorfologica* - Studi Geol. Camerti, Vol. Spec. 1995/2, pp. 37-49

Bigi S., Cantalamessa G., Centamore E., Deiana G., Ridolfi M. & Salvucci R., 1991, - *Assetto strutturale e cronologia della deformazione della zona di incontro tra le aree umbro-marchigiana e laziale-abruzzese (marche meridionali e Lazio-Abruzzo settentrionali)*. Studi Geol. Camerti, vol. spec. CROP **11**, 21-26

Bigi S., Calamita F. & Paltrinieri W., 1995b - *Modi e tempi della strutturazione della catena appenninica*

*abruzzese dal Gran Sasso alla costa adriatica* - Studi Geol. Camerti, Vol. Spec. 1995/2

Bigi S., Cantalamessa G., Centamore E., Didaskalou P., Micarelli A., Pennesi T. & Potetti M., 1996 - *L'influenza della tettonica e del clima sugli ambienti e sui processi sedimentari nel bacino periadriatico marchigiano-abruzzese durante il Plio-Pleistocene* -

Bigi S., E. Centamore & S. Nisio, 1997 - *Elementi di tettonica quaternaria nell'area pedappenninica Marchigiano-Abruzzese*, Il Quaternario, **10**(2), 1997, pp. 359-362

Boncio P., Massoli D., Lavecchia G., Federico C., 2008 - *Individuazione dei volumi sismogenetici nell'area medio-marchigiana dall'analisi della microsismicità diffusa*, GNGTS, Atti del 18° Convegno nazionale,

Boccaletti M., Calamita F., Centamore E., Deiana G. & Dramis F., 1983 - *The Umbria-Marche Apennines: an example of thrust and wrenching tectonics in a model of ensialic neogenic-quaternary deformation* - Boll. Soc. Geol. It. **102**, pp. 581-592

Bonini M., 2007, - *Interrelations of mud volcanism, fluid venting, and thrust-anticline folding: Examples from the external northern Apennines (Emilia-Romagna, Italy)*, Journal of Geophysical research, B112, p.1-21

Calamita & Invernizzi, 1991 - *Mesostructural analysis on the conglomerates of the outer Marche area (between M. Ascensione e San Benedetto)* - Boll. Soc. Geol. It., **110**, pp. 667-673

Calamita F., Mastrovincenzo S. & Invernizzi C., 1987 - *Analisi mesostrutturale sui depositi Mio-Pliocenici della zona marchigiana esterna* - Acta Nat. Ateneo Parmense, **23**, pp. 265-272

Cantalamessa G., Casnedi R., Centamore E., Chiocchini U., Micarelli A., Nanni T., Pasini G., Potetti M. & Ricci Lucchi F., 1986 - *Il Plio-Pleistocene marchigiano-abruzzese* - 73mo Congresso della Soc. Geol. It., Dip. Scienze della Terra, Università di Camerino, Guida all'escursione del 7-10 Ottobre, 43 pp.

Cantalamessa G., Centamore E., Cristallini C., Invernizzi C., Matteucci R., Micarelli A., Piccini M., Pontoni M. & Potetti M., 1987 - *Nuovi dati sulla geologia dell'Area di Porto S. Giorgio (Ascoli Piceno, Marche)*- Geologica Romana, **26**, p.359-369

- Castaldo R., - *Monitoraggio ambientale attraverso l'utilizzo di algoritmi per la stima dell'eccesso/difetto di massa da dati gravimetrici*, in Dottorato di ricerca in Analisi dei Sistemi Ambientali, A.A. 2009/2010, Università degli Studi "Federico II" di Napoli
- Centamore E., Cantalamessa G., Chicchini U., Conti A., Di Lorito L., Ferraioli R.M., Leonelli M., Marchetti P., Pesaresi A., Pontoni F., Taddei L & Di Venanzini D., 1983 – *Carta geologica dei depositi neogenico-quadernari fra il F. Potenza e il F. Tronto*, Ed. Anibaldi AN
- Centamore E., 1986 – *Carta geologica delle Marche*, scala 1:250.000, Ed. Litografia Artistica Cartografica S.r.l., Firenze
- Centamore E., 1986 – *Carta geologica dei depositi plio-pliostecini tra il F. Tenna e il F. Tronto*, scala 1:250.000, Ed. S.EL.Ca S.r.l., Firenze
- Centamore E. & Deiana G., 1990 – *Carta geologica delle Marche*, scala 1:250.000, Ed. Litografia Artistica Cartografica S.r.l., Firenze
- City of Sacramento, 2011, *Natural Gas Underground storage Project (FAQ)*, PUC Proceeding A0704013; City Project No. P07-111 California State Clearinghouse No. 2007112089
- Dramis F., Farabollini P., Gentili B. & Pambianchi G., 1995, - *Neotectonics and large-scale gravitational phenomena in the Umbria-Marche apennines, Italy*. In: Slymaker, Ed., *Steepland Geomorphology*, J. Wiley and Sons.
- Evans D.J., - *An appraisal of underground gas storage technologies and incidents, for the development of risk assessment methodology*, British Geological Survey (a cura di), RR605, 2008, p.116
- Fanucci F. e Morelli D., 2010, - *Carta geologica dell'area sommersa del Foglio San Remo*, scala 1:100.000, Regione Liguria, Ed. LAC,
- Farabollini P., Materazzi M., Scaella G., 2005, - *Proposal for preservation and protection of the Marche Region mud volcanoes (Central Italy)*, In: il Quaternario – Italian journal of Quaternary Sciences. 18 (1), vol. spec., p.179-184
- Farabollini P., Materazzi M., Scaella G., 2004, - *Le emissioni fluide dei vulcanelli di fango nelle Marche periadriatiche*, In: *Geologia dell'ambiente*, XII, 3/2004, p.86-89
- Gas plus Storage S.r.l., 2011, - *Progetto Istanza di concessione di stoccaggio di Gas nel sottosuolo di San Benedetto del Tronto*, Documentazione Varia
- Gentili B., 2005 – *Carta dei processi erosivi del rilievo monoclinale marchigiano-abruzzese (Italia centrale)*, scala 1:100.000, Ed. Ed. Litografia Artistica Cartografica S.r.l., FI
- Gurevich A.E. Endres B.L., Robertson J.O., Chilingar G.V., 1993 - *Gas migration from oil and gas fields and associated hazards*, in *Journal of Petroleum Science and engineering*, 9, p.223-238
- INGV – Istituto di Geofisica e Vulcanologia, 2011, <http://openmap.rm.ingv.it/gmaps/rec/Index.htm>
- Jones V.T. & Drodz R.J., 1983, - *Predictions of Oil and Gas Potential by Near-Surface Geochemistry*, in *Bulletin American Association of Petroleum Geologists*, 67, 932-952
- Jones V.T. & Pirkle R.J., 2004, <http://www.eti-geochemistry.com/FinalVersion1.10.htm>
- Marinex Petroleum, 1989 – *Istanza di concessione Fiume Tronto – Campo totale delle lineazioni*, scala 1:25.000, Geomap, Firenze
- Morgan C.D., 2004, - *Turn up the thermostat and turn on the shower....what if we all do it at the same time?* Utah Geological Survey, Survey Notes, 36(3) July 2004, 4-5.
- Riegle J.R., 1953 – *Gas storage in the Playa del Rey Oil Field*, in: summary of Operations, California Oil Fields, State of California Division Oil and Gas, San Francisco (Ca), 39 (2),17-23
- Teatini P., Gambolati G., Castelletto N., Ferronato M., Janna C., Cairo E., Marzorati D., Colombo D., Ferretti A., Bagliani A., Bottazzi F. & Rocca F., 2010, - *Monitoring and modelling 3-D ground movements induced by seasonal gas storage in deep reservoirs*, EISOLS 2010, Atti del Convegno, Queretaro (MEX), 339