



Comune di Villaverla

Provincia di Vicenza

gemellato con il Comune di Tuglie (Le)



Piazza delle Fornaci, 1 - 36030 Villaverla C.F. e P.IVA 00241700244 Tel. 0445/355551 - 53 Fax. 0445/355569
Indirizzo Internet: www.comune.villaverla.vi.it e-mail: info@comune.villaverla.vi.it

Settore Tecnico

Prot. 0003544/2015
Class. 2014.VII/8
Rif. 0001583/2015

Villaverla, 23.04.2015

Alla
Provincia di Vicenza
Servizio VIA VINCA risorse naturali
Ufficio VIA
Contrà Gazzolle n. 1
36100 Vicenza (VI)
prov.vicenza@cert.ip-vicenza.net

OGGETTO : REALIZZAZIONE DI N. 2 POZZI ESPLORATIVI PER RICERCA GEOTERMICA DENOMINATI MONTECCHIO PRECALCINO 1 E MONTECCHIO PRECALCINO 2. SOCIETA' LIFENERGY SRL DI FIRENZE. OSSERVAZIONI AI SENSI DELL'ART. 24 CO. 4 D.LGS. 152/2006.

In riferimento all'istanza promossa dalla società Lifenergy s.r.l. di Firenze per l'attivazione della procedura di valutazione di impatto ambientale ai sensi del D.Lgs. 3 aprile 2006 n. 152 e successive modificazioni, con la presente, ai sensi dell'art. 24 comma 4 del D.Lgs. 152/2006, i sottoscritti rappresentanti di:

Comune di Breganze
Comune di Caldogno
Comune di Carrè
Comune di Dueville
Comune di Isola Vicentina
Comune di Malo
Comune di Marano Vicentino
~~Comune di Montebelluna~~
Comune di Sandrigo
Comune di Sarcedo
Comune di Thiene
Comune di Zanè
Comune di Zagliano
Comune di Villaverla

formulato le Osservazioni di seguito allegate a firma del Prof. Dario Zampieri specificando in particolare che in merito al progetto in argomento che prevede l'esecuzione di due pozzi profondi circa 4300 metri e lo sfruttamento della risorsa geotermica nel comune di Montebelluna e considerato:

- il materiale a corredo del Progetto Definitivo fornito;
 - l'incontro informativo avvenuto in data 2 aprile 2015 tra i rappresentanti dei Comuni e il prof. Dario Zampieri, docente presso l'Università di Geo-Scienze di Padova, che è intervenuto in qualità di esperto della geologia del territorio vicentino;
 - la relazione tecnica prodotta a seguito dell'incontro sopra menzionato dal professore stesso;
- riteniamo opportuno ribadire le seguenti considerazioni:

ORARI DI APERTURA UFFICIO TECNICO:

Lunedì e Venerdì	Dalle 10.30 alle 13.00
Martedì e Giovedì	Dalle 17.00 alle 19.30

G. Amicelli
[Handwritten signatures and initials]



Comune di Villaverla

Provincia di Vicenza

gemellato con il Comune di Tuglie (Le)



Piazza delle Fornaci, 1 - 36030 Villaverla C.F. e P.IVA 00241700244 Tel. 0445/355551 - 53 Fax. 0445/355569
Indirizzo Internet: www.comune.villaverla.vi.it e-mail: info@comune.villaverla.vi.it

Settore Tecnico

2. L'analisi condotta dal prof. Zampieri e in particolare lo studio della stratigrafia del pozzo Villaverla 1 ha evidenziato come il pozzo stesso abbia intercettato il piano di faglia e come la zona di sfruttamento della risorsa geotermica possa intercettare proprio questa faglia che, anche se non documentata, potrebbe essere la causa di terremoti passati.
3. La Relazione geologico - tecnica redatta dalla Earth Engineering and Consulting presenta delle carenze non trascurabili che possono portare a considerazioni sbagliate. In particolare, si riporta quanto scritto da prof. Zampieri pag. 18: "Presentando una carta geologica sbagliata e delle sezioni geologiche sbagliate, le considerazioni che se ne possono trarre sono invariabilmente sbagliate!" e ancora "accade esattamente il contrario, cioè all'aumentare della profondità il piano di faglia si avvicina ai fondi del pozzo dove si intende estrarre e re-iniettare l'acqua".
4. La documentazione prodotta dalla stessa Earth Engineering and Consulting e in particolare il documento "Sismicità e Subsidenza", impone alcune riflessioni che non si possono evitare:
 - a. A pagina 19 si riporta "L'iniezione di fluidi nel sottosuolo determina un aumento della pressione di poro e, conseguentemente, una riduzione dello sforzo normale effettivo sui piani di faglia che potrebbero quindi venire a trovarsi in uno stato critico";
 - b. A pagina 18 si riporta "Sono noti in letteratura diversi casi di innesco di eventi sismici a seguito di attività antropiche (Nicholson et al., 1992, McGarr et al., 2002, Gombert and Wolf 1999, McGarr 2013, Keranen et al., 2013) le cui cause possono essere sintetizzate sostanzialmente nei seguenti effetti: iniezione di fluidi, effetti poro-elastici e disequilibri isostatici";
 - c. A pagina 19 si riporta "Nel caso del campo petrolifero di Denver (Rocky Mountain Arsenal, USA; Nicholson & Wesson, 1992) a seguito dell'iniezione di elevate quantità di fluidi nelle rocce impermeabili del basamento cristallino (a 3.700 m di profondità circa) sono stati indotti nel 1967, 3 eventi con Magnitudo M=5 e M=5.5. Questi eventi sismici sono stati preceduti da una serie di fenomeni di piccola magnitudo immediatamente dopo l'avvio delle attività di iniezione fluidi. Nel 1966, quando le attività di pompaggio vengono interrotte, l'attività sismica in prossimità del pozzo cessa, e l'attività sismica inizia a propagarsi verso zone via via sempre più distanti (fino a circa 6 km) e con magnitudo sempre più elevate fino a ML=5.5."
 - d. A pagina 20 si riporta "In genere si calcola in sismologia che i terremoti naturali siano legati a cadute dello stress tra 10 e 100 bar, per cui la re iniezione di fluidi ad alte pressioni è fisicamente sufficiente ad innescare la rottura di faglie favorevolmente orientate."
5. Si sottolinea inoltre che "non vi sono particolari motivi per cui tale progetto debba obbligatoriamente essere localizzato a Montebelluna Precalcino, infatti le temperature dell'acqua ricercate derivano dal normale gradiente geotermico e si trovano ovunque scendendo alla profondità prevista" e pertanto anche nell'ambito della regione del Veneto vi sono siti idonei e privi delle criticità di quello in argomento.
6. Per ultimo ma non per importanza, bisogna valutare attentamente la vulnerabilità sismica delle strutture presenti nel territorio e in particolare quella dei centri storici. Di fatto, la maggior parte degli edifici sono stati costruiti seguendo normative che non prevedevano la progettazione antisismica e quindi vulnerabili anche alle piccole sollecitazioni telluriche.

ORARI DI APERTURA UFFICIO TECNICO:

Lunedì e Venerdì	Dalle 10.30 alle 13.00
Martedì e Giovedì	Dalle 17.00 alle 18.30

G. Zampieri

[Handwritten signatures and initials on the right margin]



Comune di Villaverla

Provincia di Vicenza

gemellato con il Comune di Tuglie (Le)

Piazza delle Fornaci, 1 - 36030 Villaverla C.F. e P.IVA 00241700244 Tel. 0445/355551 - 53 Fax. 0445/355569
Indirizzo Internet: www.comune.villaverla.vi.it e-mail: info@comune.villaverla.vi.it

Settore Tecnico

Villaverla, li 23/04/15

Firmato

per il Comune di Breganze

per il Comune di Caldogno

per il Comune di Carrè

per il Comune di Dueville

per il Comune di Isola Vicentina

per il Comune di Malo

per il Comune di Marano Vicentino

per il Comune di Montebelluna

per il Comune di Sandrigo

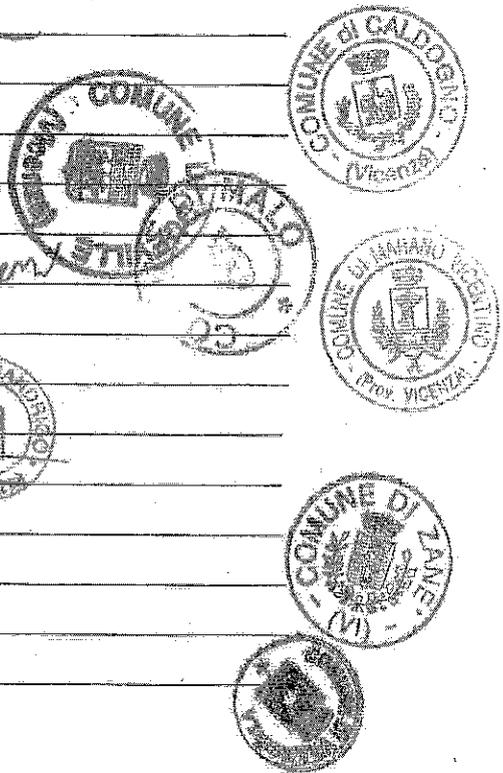
per il Comune di Sarcedo

per il Comune di Thiene

per il Comune di Zanè

per il Comune di Zugliano

per il Comune di Villaverla



ORARI DI APERTURA UFFICIO TECNICO:	
Lunedì e Venerdì	Dalle 10.30 alle 13.00
Martedì e Giovedì	Dalle 17.00 alle 18.30

Prof. Dario Zampieri
Docente di Rilevamento geologico
DIPARTIMENTO DI GEOSCIENZE
Università degli Studi di Padova
dario.zampieri@unipd.it

Comune di Montebelluna Precalcino		E
UO: 303	CIA: S.B	
N. 0002964		
03/04/2015		
CONO. UOC: SIN - ASS		

Considerazioni scientifiche sulla Relazione geologico-tecnica e Progetto
Definitivo per la realizzazione di due pozzi esplorativi geotermici denominati
"Montebelluna Precalcino 1" e "Montebelluna Precalcino 2" redatta da Earth
Engineering and Consulting

Premessa

Importante:

Questo documento è una analisi della Relazione geologico-tecnica e Progetto Definitivo per la realizzazione di due pozzi esplorativi geotermici denominati "Montebelluna Precalcino 1" e "Montebelluna Precalcino 2", condotta su incarico dei Sindaci coinvolti nell'approvazione del progetto.

Questo documento non ha pertanto finalità diverse da quella esposta e non deve essere interpretato, specialmente dagli organi di stampa, come un allarme rispetto al pericolo sismico naturale dell'alta pianura vicentina.

Il progetto in questione tocca numerosi temi di grande attualità in molti paesi avanzati, quali quello dello sviluppo delle fonti di energia rinnovabile, il rischio sismico, le problematiche connesse alla re-iniezione di fluidi nel sottosuolo, la sismicità indotta, ma anche temi di carattere più strettamente scientifico come l'assetto geologico-strutturale del territorio vicentino.

Quest'ultimo tema mi è particolarmente familiare, in quanto da quasi quarant'anni mi dedico allo studio della geologia del territorio vicentino, oltre ad essere docente dei corsi di "Rilevamento geologico" e di "Meccanica delle rocce" al Dipartimento di Geoscienze dell'Università di Padova.

Nell'esame della Relazione Geologico-tecnica del progetto mi dedicherò a mettere in evidenza i principali errori scientifici contenuti in particolare nella ricostruzione del sottosuolo mediante l'esecuzione di sezioni geologiche.

Mi sono dedicato alla revisione della Relazione Geologico-tecnica del progetto per cercare di fornire un supporto conoscitivo ai decisori politici, che nel prendere le decisioni devono essere informati nel modo più completo possibile.

Nel nostro paese la Geologia è una disciplina poco conosciuta, in quanto poco o nulla studiata nelle scuole secondarie. Tuttavia essa rappresenta la conoscenza del substrato fisico sul quale conduciamo la nostra esistenza. Solo dalla Geologia si deve partire prima di qualsiasi altra indagine finalizzata all'uso e alla trasformazione del territorio.

È tuttavia necessario precisare che la Scienza e gli scienziati non sono onnipotenti. Sono più le cose che non si conoscono, che quelle di cui si ha un certo grado di conoscenza. Questo è particolarmente vero nel caso delle Geologia, in quanto la rappresentazione del sottosuolo che produciamo, è sempre inevitabilmente una semplificazione della realtà.

Tuttavia, integrando tutte le possibili informazioni derivanti dalla stratigrafia, dalla geologia strutturale e quelle derivanti dai data base esistenti e dai dati delle indagini dirette, è possibile arrivare ad una buona descrizione del sottosuolo.

I rischi geologici per loro natura coinvolgono aree molto vaste e nel caso italiano spesso densamente abitate. Il rischio deve "sempre" essere definito in modo conservativo come precauzione per la sicurezza della popolazione - una doverosa e non negoziabile linea di condotta laddove al centro della valutazione va posta la salvaguardia di vite umane, e non il rapporto economico costi-benefici.

Sono fortemente convinto che gli scienziati, in totale autonomia e indipendenza rispetto alla politica, dovrebbero parlare con forza e chiaramente alla popolazione quando la politica potrebbe prendere decisioni che mettono a rischio vite umane, ciò perché il valore assoluto da preservare e proteggere, quando si tratta di fenomeni naturali, sono le vite umane, privilegiando il Principio di Precauzione e abbandonando la fede cieca nell'infallibilità della tecnologia.

Modello concettuale di riferimento per la ricerca geotermica

Al Cap. 5.2 pag. 38 della Relazione Geologico-tecnica del Progetto si legge: *"Il log del pozzo Villaverla 1 è indubbiamente la fonte più interessante, dal quale è stato possibile individuare l'esistenza di due reservoir geotermici: uno più superficiale, dai 1480 m ai 2588 m di profondità che interessa formazioni calcaree e dolomitiche, al quale si riferiscono i dati sopracitati, ed uno più profondo di nostro interesse, dai 3830 m ai 4205 m di profondità che attraversa formazioni calcaree, calcari di M. Spitz; Calcarea di Recoaro, formazione di Werfen".*

A pag. 42 dello stesso capitolo, si legge: *"Date le informazioni raccolte siamo quindi in grado di ipotizzare la presenza di un primo serbatoio di oltre 1000 m di spessore, con temperature documentate di circa 70°C e portate minime stimabili, per continuità di serbatoio con i dati provenienti dal pozzo Vicenza 1, intorno ai 40 l/s; ed un secondo serbatoio più profondo e separato idraulicamente da uno spessore maggiore di 1000 m di conduttivo (vulcaniti triassiche), con spessore di circa 400 m, in cui sono verificate temperature di 130°C a 3500 m di profondità. Non si hanno dati certi sulla portata di esercizio ipotizzabile per il secondo serbatoio".*

Non vi sono particolari motivi per cui tale progetto debba obbligatoriamente essere localizzato a Montecchio Precalcino. Infatti, le temperature dell'acqua ricercate (circa 130°C) derivano dal normale gradiente geotermico (circa 3°C ogni 100 m di profondità) e si trovano ovunque scendendo alla profondità prevista. Anzi, stante la stratigrafia e la paleogeografia delle unità carbonatiche di età Anisica-Ladinica (soprattutto il Calcarea di Monte Spitz), del secondo serbatoio, è piuttosto dubbio che la ricerca possa dare i valori di portata di esercizio necessari al funzionamento della centrale geotermica. Infatti questi calcari si sono depositi in piattaforme carbonatiche di limitata estensione, circondate da bacini dove si sono depositi sedimenti non permeabili (Formazione a *Nodosus*) (Barbieri et al. 1980). A differenza della unità più recente della Dolomia Principale, dove è noto (log Villaverla 1) che esiste un importante flusso di acqua, le piattaforme del Calcarea di M. Spitz sono discontinue e verosimilmente rappresentano serbatoi privi di continuità laterale e pertanto di flusso idrico.

Spostandosi da Montebellio Prealpine verso E il substrato roccioso si approfondisce e quindi la Dolomia Principale (serbatoio superficiale) si trova alle profondità dove le temperature dell'acqua sono adatte ad un impianto geotermico e non esistono faglie sospette.

La sezione geologica di Pola et al. (2013)

La Fig. 22 di pag. 30 è una figura molto importante nell'economia del progetto. Essa è stata tratta dall'articolo scientifico di Pola et al. (2013) di cui sono coautore. Il dott. Marco Pola è un mio allievo, avendo ottenuto il dottorato di ricerca nel Dipartimento di Geoscienze dell'Università di Padova sotto la mia supervisione. Attualmente egli svolge ancora attività di ricerca nello stesso Dipartimento. La figura è una sezione geologica schematica orientata NNW-SSE estesa dall'Altopiano dei Sette Comuni sino ai Colli Euganei, che verso il basso raggiunge il basamento cristallino, ad una profondità di poco superiore ai 4000 m. Nella porzione centrale la sezione è tarata sulla stratigrafia (log) del pozzo Villaverla 1.

La figura 22 è stata inserita nella relazione e commentata a pag. 32 come supporto a *"ritenere idonea la postazione dei nuovi pozzi esplorativi a circa 2.5 km in direzione SW rispetto al pozzo Villaverla 1"*. In realtà, l'osservazione della figura dovrebbe portare a ritenere esattamente il contrario. Infatti, pur nella schematicità data dalla scala molto piccola, si osserva che il pozzo Villaverla 1 (e dunque anche altri pozzi progettati all'interno dell'area di ricerca, vanno ad interferire con una faglia che ad una profondità di circa 3200 m dal piano campagna disloca tutta la successione sedimentaria interessando anche il basamento cristallino (Le faglie sono le strutture geologiche che producono i terremoti).

Nella sezione di Fig. 22 la faglia presenta una inclinazione apparente elevata per effetto del raddoppio della scala verticale rispetto la scala orizzontale.

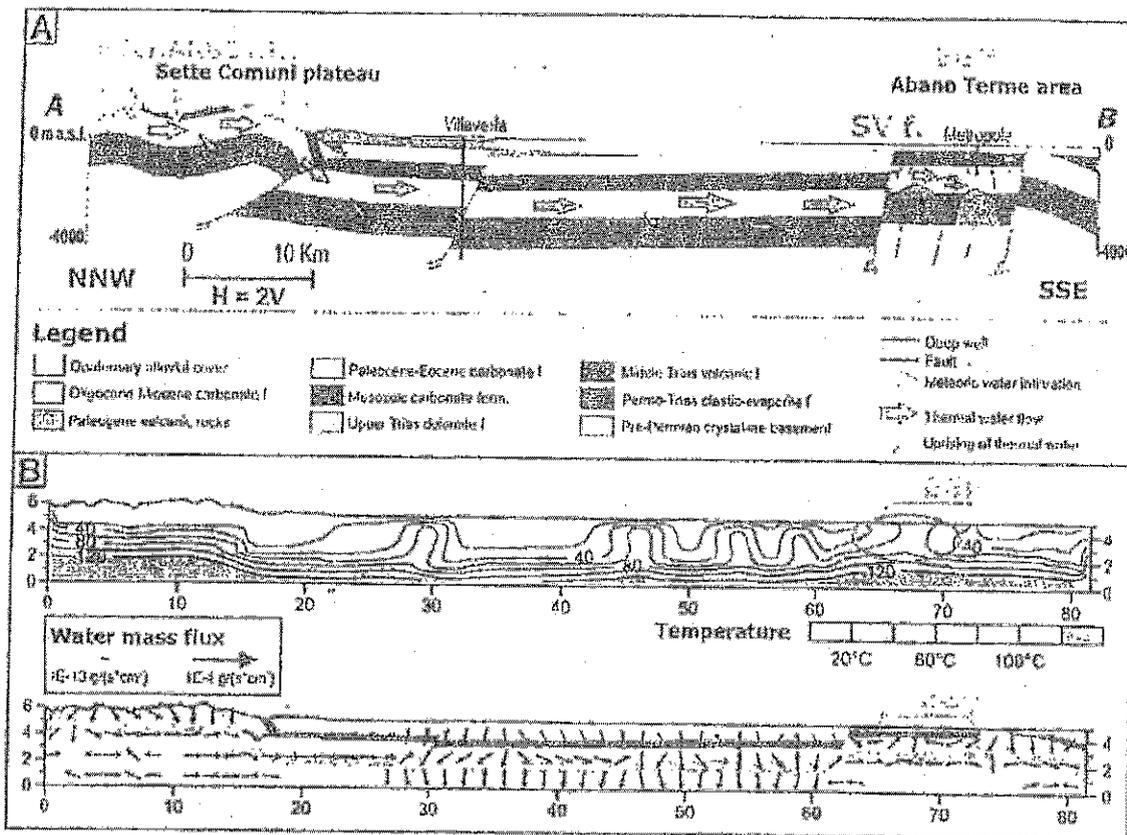


Figura 22 della Relazione geologica-tecnica del progetto tratta da Pola et al. (2013).

Interpretazione del log stratigrafico del pozzo Villaferla I

Come si può vedere dalla figura 22 ad una profondità di 3200 m il pozzo Villaferla I è attraversato da una faglia inversa immergente a nord, che presenta una inclinazione apparente elevata per effetto del raddoppio della scala verticale rispetto la scala orizzontale. La faglia in questione è rappresentata nella Carta geologica del Veneto (Antonelli et al. 1990) e nota in letteratura come Faglia Thiene-Bassano (Galadini et al. 2005; Burrato et al. 2008).

L'intersezione tra il pozzo Villaferla I e la faglia è stata posta da Pola et al. (2013) alla profondità di 3200 m dal piano campagna sulla base di un attento esame della successione stratigrafica. Infatti, alla profondità di 2610 m il pozzo ha incontrato il tetto dell'unità di rocce vulcaniche effusive di età

Ladinica, mentre il letto di tale unità è stato incontrato alla profondità di 3830 m. Lo spessore di questa unità risulta di poco superiore ai 1200 m (1242 m nella relazione geologica), un fatto assolutamente anomalo che non trova riscontro in affioramento nelle Prealpi vicentine, dove lo spessore massimo noto è di 370 m secondo Barbieri et al. (1980) e di 450 m secondo De Vecchi et al. (1986) (per una rapida conferma si confronti lo spessore della Dolomia Principale, che è di circa 800 m, con quello dell'unità vulcanica nella Fig. 16 a pag. 24).

Alla profondità tra 3165 m e 3220 m dal piano campagna, cioè a circa metà dello spessore dell'unità vulcanica, nella stratigrafia del log compaiono 55 m di rocce descritte come metamorfiche, più precisamente come calcari metamorfosati per contatto. L'interpretazione più plausibile in grado di spiegare sia l'anomalo spessore dell'unità vulcanica sia la presenza circa a metà di calcari metamorfosati è la presenza al di sotto di questi (-3220 m) di una faglia inversa che produca una ripetizione stratigrafica, tipica appunto delle faglie inverse. I calcari metamorfosati sono interpretabili come la porzione più elevata dell'unità carbonatica sottostante le vulcaniti, nota come Calcari di Monte Spitz, che è l'obiettivo della perforazione di ricerca geotermica, in quanto sospettata di ospitare acque a temperatura di circa 130°C e con ricarica idrica adeguata. Infatti, le vulcaniti sono di età Ladinica (tra 242 e 237 milioni di anni) e possono aver metamorfosato solo rocce più vecchie come il calcare di M. Spitz di età Anisica (tra 247 e 242 milioni di anni), entro le quali si sono intruse per poter risalire e poter espandersi in superficie come colate laviche.

In sostanza, attraverso il log stratigrafico del pozzo Villaverla 1 è possibile dedurre che la faglia inversa Thiene-Bassano ha portato alla sovrapposizione tettonica della parte alta del Calcare di Monte Spitz sulle vulcaniti ladiniche sottostanti. In tal modo si spiega perfettamente l'anomalo spessore delle vulcaniti, che vengono attraversate dal pozzo Villaverla 1 per due volte.

È possibile che all'interno dell'unità vulcanica ladinica, alla faglia principale siano associate altre faglie minori sintetiche, non evidenziate nel log stratigrafico del pozzo Villaverla 1. In tal modo, lo spessore anomalo di circa 1200 m delle vulcaniti può derivare da più ripetizioni parziali della successione vulcanica.

La faglia Thiene- Bassano

La faglia Thiene-Bassano rappresenta il più occidentale dei vari segmenti che costituiscono il fronte attivo della catena Sudalpina orientale (Galadini et al. 2005; Burrato et al. 2008; DISS Working Group 2010).

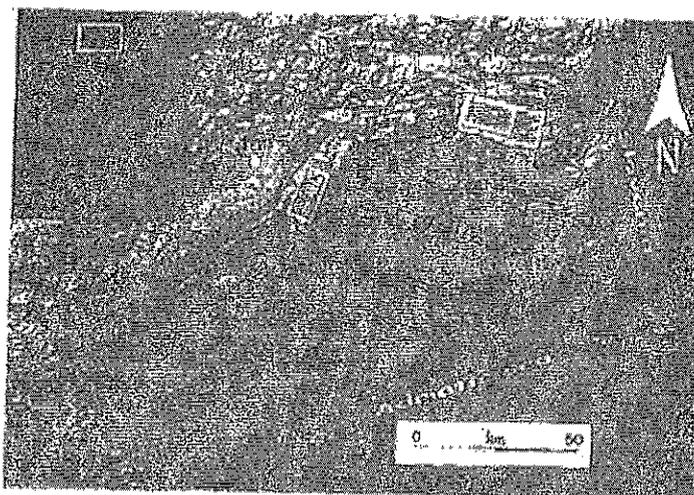


Figure 3. Map of the seismogenic sources in the Thiene-Udine sector of the eastern Southern Alps: (1) Thiene-Bassano; (2) Bassano-Cornuda; (3) Montello-Conegliano; (4) Caniglio; (5) Polcenigo-Montebelluna; (6) Alba-Rapagnano; (7) Gemona-Robarò; (8) Suvanto-Telesina; (9) Trisoglio; (10) Majano. The sources defined by black rectangles have been mostly defined through geological (both surficial and subsurficial) data; the white sources have been derived from mixed geological-seismological data (see text for further explanations).

La faglia Thiene-Bassano è il segmento più occidentale (1) del fronte attivo delle Alpi Meridionali orientali (da Burrato et al. 2008).

Nell'area del Veneto-Friuli si sono generati terremoti distruttivi con Magnitudo > 5.5 (fino a $M_w = 6.8$), generati da faglie inverse-sovrascorrimenti immergenti verso nord al di sotto della catena. Alla faglia Thiene-Bassano non sono associati terremoti storici. È oggetto di dibattito se il terremoto di Verona del 1117 ($M_w = 6.5$) sia associabile a tale sorgente sismo-genetica (Galadini et al. 2005). Escludendo nel dubbio tale associazione, in questo settore del fronte della catena negli ultimi 35 anni si sono registrati pochi eventi di bassa magnitudo ($M_{max} 3.5$).

La faglia Thiene-Bassano rappresenta dunque un *gap* sismico potenzialmente in grado di generare terremoti futuri di intensità $M_w > 6$ (Burrato et al. 2008). In base alle caratteristiche geometriche similari al segmento adiacente Bassano-Cornuda (2), cui è associato il terremoto asolano del 1695, si ritiene che la faglia Thiene-Bassano possa generare eventi con $M_w \sim 6.6$.

Table 4
 Geometric and kinematic parameters of the individual Seismogenic Sources of northeastern Italy and western Slovenia

ID	Name	Lat	Lon	Length (km)	Width (km)	Depth (km)	Strike (°)	Dip (°)	Rate (°)	Average Slip (m)	Slip rate (mm/a)	Recurrence (a)	Associated earthquake	M _w
ITGG127	Thiene-Bassano	45.69	11.54	18.0	9.5	1.0-5.8	244	30	80	1.50	0.10-1.00	1500-15000	Unknown	6.4
ITGG102	Bassano-Cornuda	45.75	11.70	16.0	9.5	1.0-6.8	240	35	80	1.50	0.70-0.87	1321-2151	25 Feb 1695	6.6
ITGG113	Monte Grappa	45.85	11.85	5.0	3.0	0.5-2.7	60	35	80	0.40	0.10-1.00	700-4000	12 Jun 1836	5.5
ITGG101	Montello	45.88	12.31	22.0	11.2	1.0-8.2	247	40	80	1.50	0.47-1.26	664-3218	Unknown	6.7
ITGG124	Cadolino	45.98	12.41	10.0	6.4	1.5-6.4	214	50	60	0.75	0.52-0.65	1149-1836	18 Oct 1638	6.1
ITGG125	Polesine-Mantovana	46.08	12.52	15.0	8.5	2.0-7.5	230	40	80	1.00	0.31-0.70	1286-2214	29 Jun 1673	6.4
ITGG108	Mantova	46.17	12.67	8.0	5.5	0.5-3.3	237	30	90	0.66	0.10-0.34	1931-6600	10 Jul 1776	5.9
ITGG109	Scaglia	46.15	12.77	16.5	9.0	1.0-6.8	259	40	90	1.00	0.10-0.26	4915-13000	Unknown	6.5
ITGG112	Tremozzi	46.27	12.77	6.0	4.5	1.0-3.6	268	35	90	0.68	0.10-1.00	700-6000	07 Jun 1704	5.8
ITGG120	Genova South	46.24	13.03	16.0	9.0	3.0-6.5	300	40	100	1.32	0.10-1.15	1443-13200	06 May 1976	6.4
ITGG122	Genova East	46.26	13.13	10.0	6.4	6.5-10.2	276	35	110	0.75	0.10-0.60	1229-7300	15 Sep 1976	6.1
ITGG121	Monterotondo	46.25	13.16	8.0	5.5	2.0-5.2	374	35	90	0.83	0.10-0.80	1360-8300	15 Sep 1976	6.0
ITGG119	Torcello	46.23	13.23	6.0	4.5	2.0-4.3	277	30	90	0.46	0.10-0.58	797-4600	11 Sep 1976	5.7
ITGG126	Adige	46.56	13.27	16.0	9.0	0.5-6.9	285	45	130	1.00	0.10-0.28	3571-10000	Unknown	6.4
SRGG002	Roveto Km	46.32	13.61	11.0	7.0	3.0-9.9	313	82	171	0.10	0.10-2.00	700-10000	12 Apr 1998	5.8
SRGG010	Udja	46.14	13.77	20.0	12.6	1.0-12.4	310	30	176	1.00	0.10-2.00	700-10000	26 Mar 1511	6.8

Geographic coordinates refer to the western upper tip of the fault plane. The ID of the sources is the same as that used in the DISS (DISS Working Group, 2007) and shown in Fig. 3. Magnitude of the associated earthquakes are taken from the CPTI (Catalogue Working Group CPTI, 2004), while the M_w of the other sources were calculated using the empirical relationships of Wells and Coppersmith (1994). Slip-rate intervals were derived from geological and geomorphologic data. Average displacement of the potential earthquake, or of the associated historical/prehistorical earthquakes, were calculated from M_w using the analytical relationships from Hanks and Kanamori (1979), and the recurrence intervals were inferred from slip-rates and average displacement. For those sources not associated with any earthquake, the minimum return time is assumed to be 700 years.

Tabella con i parametri geometrici e cinematici delle Sorgenti Sismogenetiche Individuati dell'Italia di NE e della Slovenia occidentale (da Burrato et al. 2008). La faglia Thiene-Bassano (ITGG127) è descritta alla prima riga. Nell'ultima colonna le intensità M_w.

Nella banca dati DISS 3.1.1 la faglia è invece ben rappresentata con la sigla ITCS007 Thiene-Cornuda (compilato da Burrato P., 2006). Questa sorgente appare composta da due segmenti di faglia principali, dei quali il più occidentale corrisponde alla sorgente ITGG127 Thiene-Bassano di Galadini et al. (2005) e Burrato et al. (2008) (Fig. 3).

Prof. Dario Zampieri
 Docente di Rilievo geologico
 DIPARTIMENTO DI GEOSCIENZE
 Università degli Studi di Padova
 dario.zampieri@unipd.it

Seismological Source Catalogue (SSC) - Thiene-Cornuda

Source Info Summary		Commentary	References	PICTURES
General information				
Code	ITCS007			
Name	Thiene-Cornuda			
Compiled By	Burrato, P.			
Latest Update	03/08/2006			
Parametric information				
	Parameter	Qual.	Evidence	
Min Depth (km)	0.5	LD	Based on geological data from Galadini et al. (2005).	
Max Depth (km)	6.5	LD	Based on geological data from Galadini et al. (2005).	
Strike (deg)	235 - 275	LD	Based on geological data from Galadini et al. (2005).	
Dip (deg)	30 - 40	LD	Based on geological data from Galadini et al. (2005).	
Rake (deg)	80 - 100	LD	Based on geological and geodetic data.	
Slip Rate (mm/y)	0.1 - 1	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.	
Max Magnitude (Mw)	6.5	OD	Derived from maximum magnitude of associated individual source(s).	
Q-keys:	LD = Literature Data; OD = Original Data; ER = Empirical Relationship; AR = Analytical Relationship; EJ = Expert Judgement			

Scheda della faglia Thiene-Cornuda ricavabile dal DISS 3.1.1 (Burrato 2006).

Carta geologica e sezioni geologiche

Confrontando la sezione geologica tratta da Pola et al. (2013) con quelle prodotte dalla Earth Engineering and Consulting nella Tavola 3B – “Sezioni geologiche e *reservoir* geotermico”, nonostante la diversa scala e quindi il diverso grado di definizione, si possono notare evidenti discrepanze.

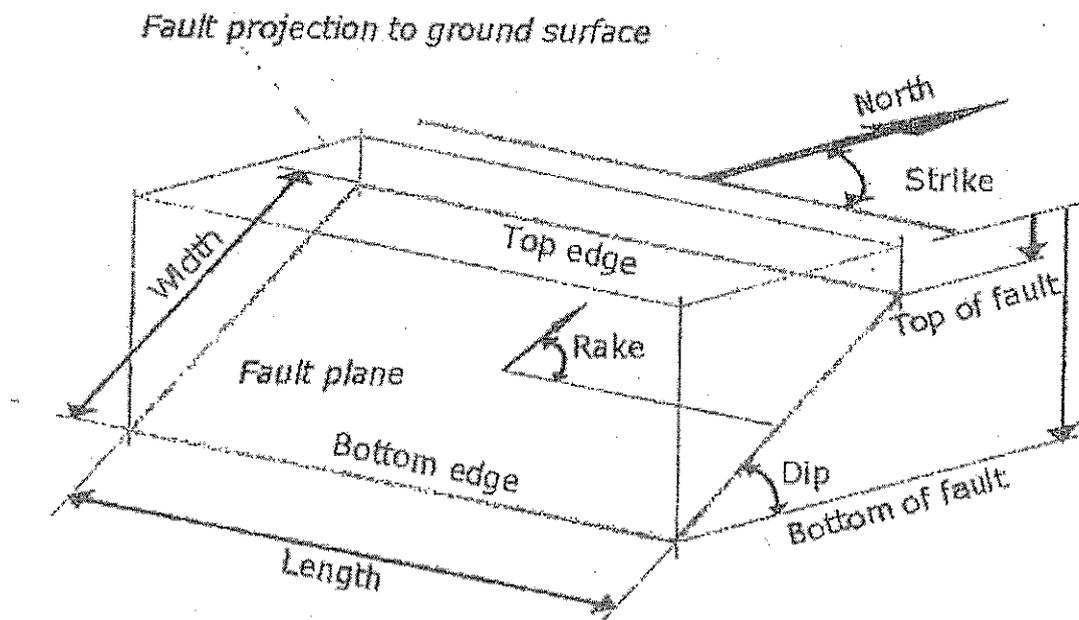
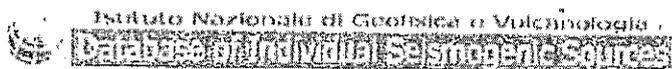
La Tavola 3B è un documento chiave, sul quale sono basate fondamentali conclusioni della Relazione. La Tavola presenta evidenti errori, che portano gli autori del progetto ad escludere interferenze con i pozzi esplorativi e quindi rischi di sismicità innescata.

Le sezioni della Tavola si basano sulla Carta geologica alla scala 1:50.000. Nella legenda della carta si legge che i lineamenti tettonici derivano dalle banche dati ITHACA (Italy Hazard from Capable faults) e DISS (Database of Individual Seismogenic Sources) 3.

In realtà, nella banca dati ITHACA la faglia Thiene-Bassano non è rappresentata, in quanto per faglia “capace” si intende una faglia che potenzialmente può deformare la superficie, cioè la cui terminazione interseca la superficie topografica o se ne avvicina molto. Tuttavia, il data base è in corso di aggiornamento.

Nella banca dati DISS 3.1.1 invece, la faglia è ben rappresentata, ma non è affiorante. Il poligono che racchiude la proiezione della faglia Thiene-Bassano sulla superficie topografica ha i vertici rispettivamente a Schio, Isola vicentina, Bassano del Grappa, Campolongo sul Brenta. La porzione ben vincolata della sorgente sismogenetica è rappresentata con un rettangolo giallo con vertici a Carré, Montecchio Precalcino, Bassano del Grappa e Campolongo sul Brenta.

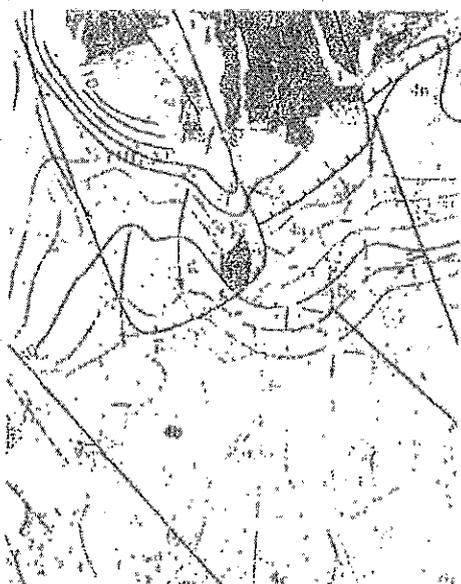
DISS_3.1.1 Individual Sources



Individual Seismogenic Source (da DISS 3.1.1)

Si consideri che la faglia non è affiorante, bensì secondo il DISS 3.1.1 si trova ad una profondità tra 1 e 6.5 km. Dunque la terminazione più elevata della rampa frontale (*top edge o tip line*) potrebbe trovarsi ad una profondità di circa 1-2 km e il lato meridionale del poligono (arancione) ne rappresenta la proiezione sulla superficie topografica.

Che eventualmente la traccia della faglia vada collocata a sud della collina si deduce anche dal confronto con la Carta Geologica del Veneto (Antonelli et al. 1990) da cui è stata tratta la geologia della carta geologica della Tavola 3B del progetto. Infatti, in tale carta la faglia Thiene-Bassano è tracciata a sud della collina di Montecchio.



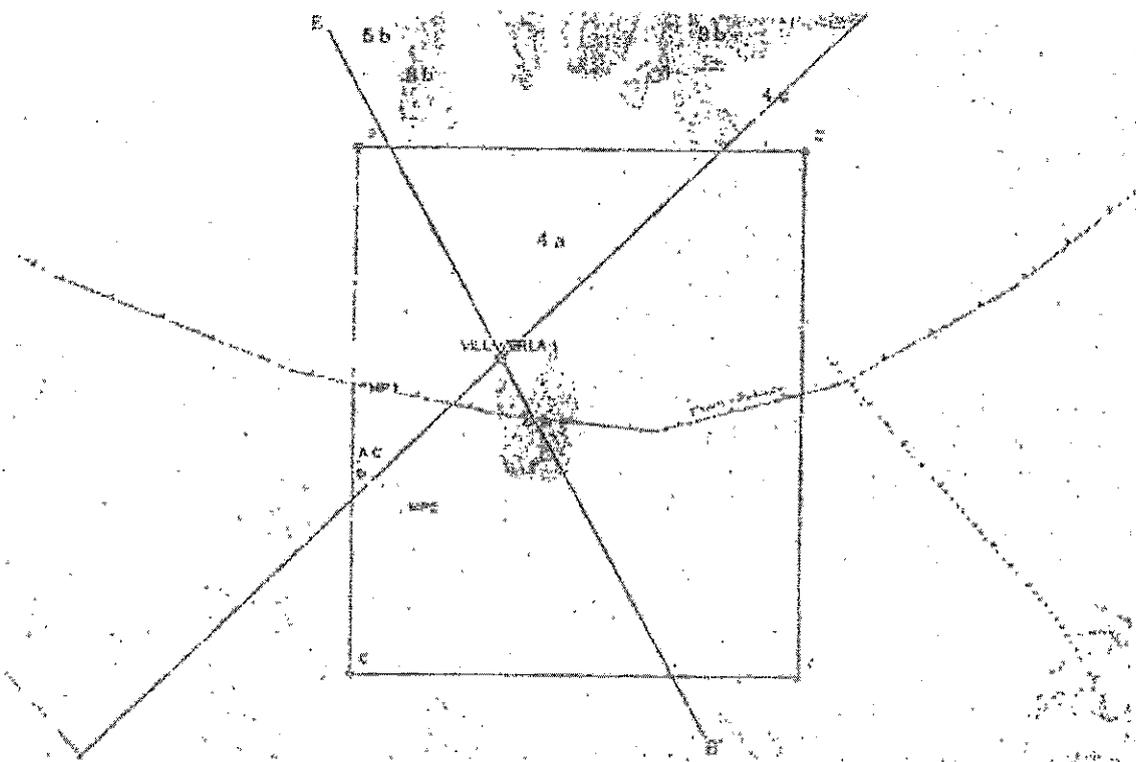
Stralcio della Carta geologica del Veneto (Antonelli et al. 1990) da cui è stata copiata la geologia. Si noti che la faglia Thiene-Bassano (linea blu) passa a sud della collina di Montecchio Precalcino.

Nella carta geologica della Tavola 3B la traccia della faglia Thiene-Bassano viene disegnata invece affiorare esattamente a metà della collina di Montecchio. Qui tra l'altro viene erroneamente disegnata come un piano verticale (indipendente dalle isoipse), mentre nella sezione B-B' la faglia ha una inclinazione reale di circa 20° (la sezione B-B' è sub-parallela alla direzione di trasporto del blocco di tetto, verso SSE, quindi l'inclinazione della faglia in sezione sarebbe quella reale).

In realtà, tenuto conto che nel Pozzo Villaverla la faglia si trova con tutta probabilità ad una profondità di 3200m dal piano campagna, con una inclinazione di 20° la faglia, se arrivasse ad intersecare la superficie topografica (*surface rupture*) dovrebbe affiorare al centro del paese di Dueville

Nella Tab. 4 di Burrato et al. (2008) si legge che l'inclinazione della faglia (Dip) è di 30° , quindi nella sezione B-B' l'inclinazione dovrebbe essere almeno di 30° , non di 20° (il valore teorico previsto dalla teoria di Anderson per le faglie inverse è di 30°).

Nel DISS 3.1.1 il parametro dell'inclinazione (Dip) viene indicato come compreso tra 30° e 40° .



Carta geologica della Tavola 3B del progetto.

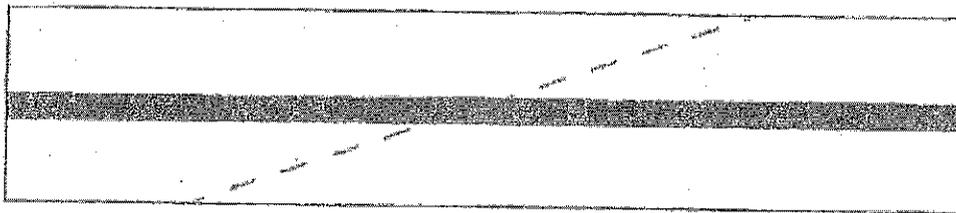
Nella Carta geologica della tabella 3B la faglia è quindi posizionata in modo errato (oltre che disegnata in modo errato, cioè come verticale e come affiorante).

Anche la sezione A-A', presenta palesi errori. La faglia Schio-Vicenza viene rappresentata come faglia ad alto angolo immergente a ovest, mentre la corretta immersione è verso est. Non si tratta quindi di faglia inversa, come viene rappresentata, bensì di faglia transtensiva (o meglio di faglia

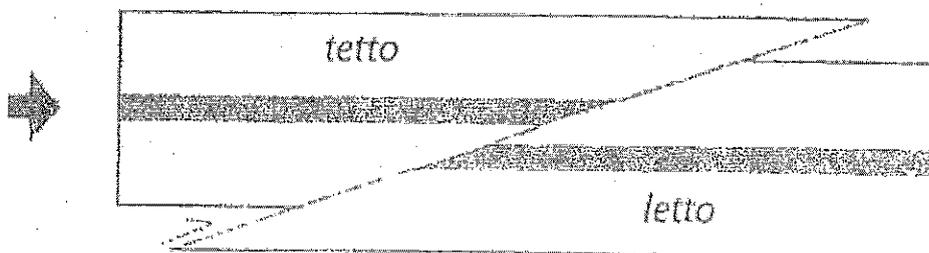
polifasica, prima normale e poi trascorrente) (si veda per esempio Zanferrari et al. 1982; Zampieri 1995; Castellarin e Cantelli 2000; Zampieri et al. 2003; Massironi et al. 2006; Zampieri e Massironi 2007; Pola et al. 2015).

Entrambe le sezioni presentano inoltre un fondamentale gravissimo errore, imperdonabile ad uno studente del 2° anno del corso di laurea in Scienze geologiche, costituito dall'assenza di rigetto dei limiti che separano le varie unità stratigrafiche (che dovrebbero essere) dislocate dalle faglie Thiene-Bassano e Schio-Vicenza. Le faglie sembrano perciò non produrre alcun effetto dislocativo sulle rocce attraversate. In pratica sono disegnate come linee sovrapposte ad una stratigrafia della regione esaminata che è totalmente indeformata.

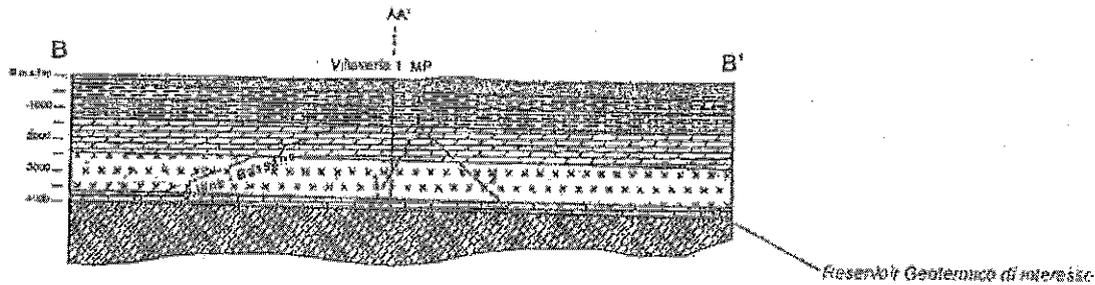
sezione indeformata



sezione deformata da faglia inversa

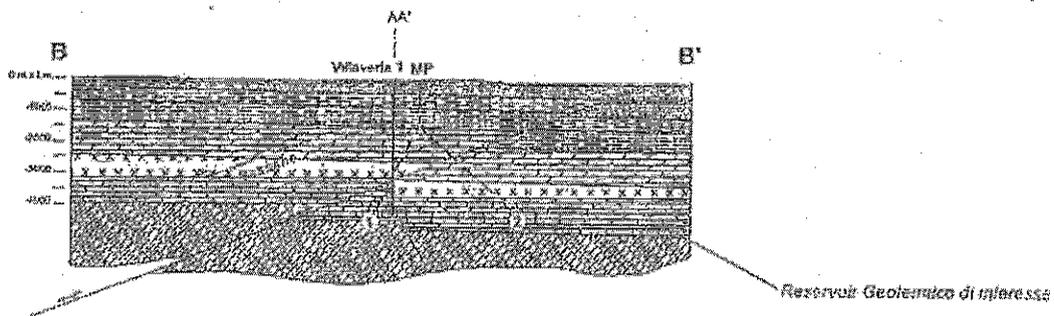


Schema di una faglia inversa che disloca una sezione originariamente indeformata. Si nota come la sezione deformata è stata raccorciata rispetto a quella indeformata.



Sezione B-B' della Tavola 3B della Relazione geologica-tecnica del progetto. Si noti l'assenza di dislocazione del tetto (blocco soprastante) della faglia rispetto al letto (blocco sottostante).

La sezione è palesemente errata.



Sezione geologica ammissibile, ma non ancora corretta, costruita da D. Zampieri sulla base delle informazioni tratte dalla letteratura (spessori delle varie unità stratigrafiche) o dalla stratigrafia del pozzo Villaverla 1. Si noti come la sezione risulta raccorciata rispetto a quella originale indeformata della figura precedente.

È stata inserita una faglia normale, che elide in parte la successione Permo-Triassico inferiore, perché gli spessori di queste unità incontrate nel pozzo Villaverla 1 sono estremamente ridotti, perciò non verosimili senza invocare delle elisioni tettoniche. La faglia normale non incide sulla vicinanza tra pozzo 1 e faglia inversa.

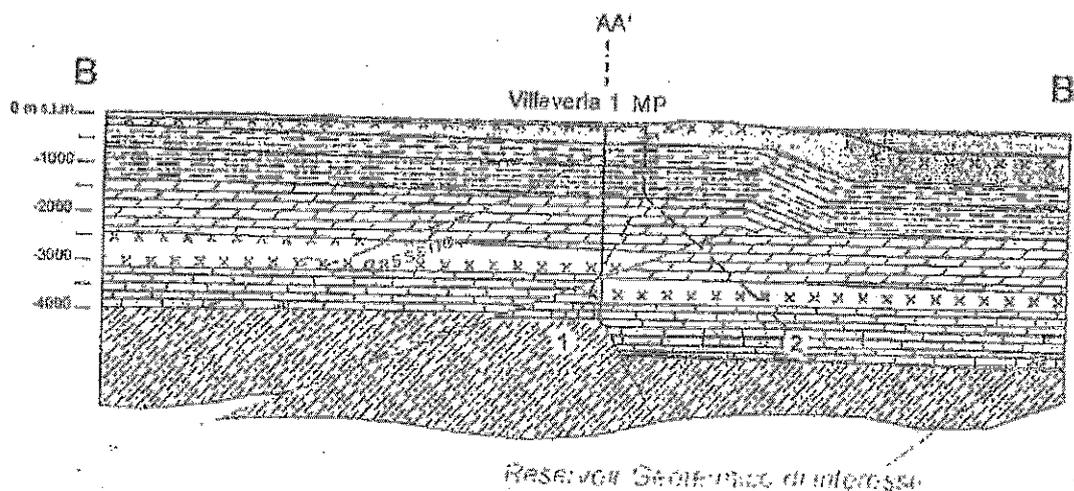
Data una inclinazione di 20°, uguale a quella usata dagli estensori del progetto, la traccia della faglia emergerebbe sotto l'abitato di Dueville, 3300 metri più a sud rispetto a dove è stata rappresentata nel progetto.

Se colleghiamo le sezioni geologiche al log stratigrafico del pozzo Villaverla 1, che abbiamo visto incontrare la faglia alla profondità di 3220 m, e si applica la stessa inclinazione di 20° proposta, si

opzione che nella sezione B-B' la faglia intersecherebbe la superficie topografica ad una distanza dalla testa pozzo Villaverla 1 di circa 4200 m e a 3300 m da dove è stata disegnata nella carta geologica e nelle sezioni (cioè sotto l'abitato di Ducville). Al contrario, nella sezione viene rappresentata affiorare sulla collina di Montecchio, ad una distanza planimetrica dal pozzo Villaverla 1 di circa 900 m.

Assumendo la geometria della faglia descritta nel DTSS 3.1.1, nella sezione A-A' la faglia risulterebbe come una linea retta, che dovrebbe intersecare la superficie ad una distanza dal pozzo Villaverla 1 di circa 8050 m (all'incrocio con la faglia Schio-Vicenza).

Se invece si assume la geometria della faglia della Carta Geologica del Veneto di Antonelli et al. (1990), la faglia dovrebbe essere caratterizzata da una rampa laterale occidentale ad alto angolo rispetto la superficie e in sezione la faglia dovrebbe bruscamente aumentare il suo angolo rispetto la superficie, per emergere a circa 4750 m rispetto il pozzo Villaverla 1. Nella tavola 3B viene invece rappresentata intersecare la superficie ad una distanza di circa 1000 m dal pozzo Villaverla 1, cioè più a nord del tratto iniziale dei pozzi geotermici di progetto.



Sezione geologica ammissibile, costruita da D. Zampieri includendo una piega anticlinale sopra la terminazione (*tip*) della faglia. La piega è stata inserita perché la faglia non va ad intersecare la superficie topografica, non essendovi scarpate che deformano la superficie alluvionale.

Inoltre: a) l'architettura anticlinale delle rocce paleogene è compatibile con la geometria e la cinematica della faglia; b) il pozzo AGIP Villaverla 1 è stato evidentemente perforato dove vi era una qualche probabilità di rinvenire idrocarburi, cioè all'interno di una struttura anticlinale (sezione sismica N-S da reperire presso l'ENI)

Si nota anche come il pozzo MP 1 di progetto va ad interferire direttamente con la faglia Thiene-Bassano. L'inclinazione della faglia è stata lasciata di 20°, per confronto con la sezione del progetto. Se si applicasse una inclinazione più corretta fra 30° e 40° (DISS 3.1.1) tenendo fissa l'intersezione della faglia con la quota - 3220 del pozzo Villaveria I, risulterebbe che il fondo del pozzo 1 di progetto va esattamente in prossimità del nucleo (*core*) della faglia.

Nella figura è stata lasciata visibile la traccia della faglia disegnata dagli estensori del progetto nella posizione errata.

Presentando una carta geologica sbagliata e delle sezioni geologiche sbagliate, le considerazioni che se ne possono trarre sono invariabilmente sbagliate!

Infatti, a pag. 87 della "Relazione Geologico-tecnica e Progetto definitivo" nonché a pag. 30 del documento "Approfondimento Sismicità e Subsidenza nel permesso di ricerca per risorse geotermiche Montecchio Prealpine" (2.9 Monitoraggio sismico) è scritto: *"Considerando che il sistema Thiene-Bassano si immerge verso Nord, quindi allontanando progressivamente il piano di faglia dall'area della concessione all'aumentare della profondità, maggiore attenzione sarà rivolta al sistema Schio-Vicenza, almeno durante la fase di ricerca della risorsa geotermica"*.

Tale frase esprime un concetto basato sulla Tav. 3B, che abbiamo visto essere palesemente sbagliata. Infatti, accade esattamente il contrario, cioè all'aumentare della profondità il piano di faglia si avvicina ai fondi pozzo dove si intende estrarre e re-iniettare l'acqua, in particolare al pozzo 1.

Sismicità dell'area e subsidenza

A pag. 87 della "Relazione Geologico-tecnica e Progetto definitivo" si legge: *"Dai dati ad oggi disponibili non si evidenziano quindi, correlazioni tra le attività di perforazioni profonde (fino anche a 4-5000 m) ed eventi sismici significativi"*.

A pag. 89 si legge: *"Allo stato attuale delle conoscenze scientifiche nazionali ed internazionali si esclude pertanto rischio di terremoti di magnitudo significativa indotti dalla perforazione in esame. Maggiore attenzione dovrà essere posta nelle fasi successive del progetto legate alla possibile estrazione e/o re-immissione di acqua (dato che stiamo sviluppando un progetto geotermico) nel sottosuolo sulle quali si apre una vasta bibliografia nazionale ed internazionale in merito, anche se la maggior parte riguarda un campo maggiormente conosciuto legato alle esplorazioni petrolifere"*.

Infatti, il problema non è quasi sicuramente la sismicità indotta dalle perforazioni, in quanto per produrre una variazione del campo di sforzo tale da caricare una grossa faglia sono necessarie estrazioni o peggio iniezioni di fluidi per volumi molto grandi. Le attività antropiche non sono in grado di indurre grandi e disastrosi eventi sismici, ma possono invece innescarli (sismicità innescata) (Priolo 2014).

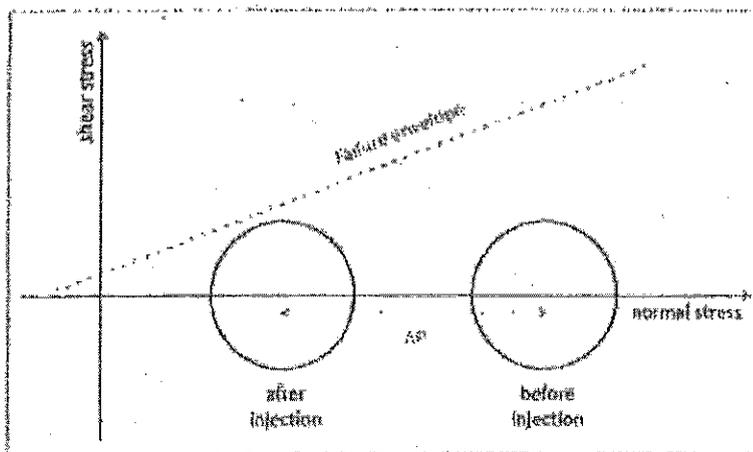
Il problema è dunque la possibilità di innescare di una faglia già carica elasticamente per cause naturali, come alcuni sospettano possa essere la faglia Thiene-Bassano (Galadini et al. 2005; Burrato et al. 2008; DISS Working Group 2010).

Le variazioni di stress necessarie per l'innescare possono essere molto ridotte ($\Delta\sigma \ll \text{KPa}$ (1 bar) ad alcune decine di km) (Stein et al., 1992, 1997).

Diagramma di Mohr-Coulomb

Sempre nella Relazione Geologico-tecnica e Progetto definitivo (8.3 Sismicità dell'area e subsidenza) a pag. 89 si legge: "Nonostante la perturbazione del sistema legata alle attività di sfruttamento della risorsa, che portano ad una variazione del campo di stress (Suckale, 2010) (Fig. 48), non è stata al momento individuata una legge fisica in grado di spiegare tali meccanismi. Anche se come anzidetto trattasi di problematiche gestibili con azioni di mitigazione (immissione a bassa pressione e portata controllata) e monitoraggio".

A supporto si presenta la Fig. 48 (Diagramma di Mohr-Coulomb che illustra come l'iniezione di fluidi diminuisca il campo di stress (estratto da Suckale, 2010).



L'affermazione che non sia stata trovata una legge fisica in grado di spiegare la variazione del campo di stress è priva di senso. Tutti i libri di Geologia Strutturale e di Meccanica delle Rocce spiegano il meccanismo della diminuzione dello sforzo normale effettivo all'aumentare della pressione di poro.

Un terremoto avviene quando lo sforzo di taglio (*shear stress*) supera la resistenza (*strength*) della roccia. Nella fase iniziale dello scorrimento della faglia la relazione tra sforzo sulla faglia, resistenza della faglia e pressione di poro (fluida) è data dal criterio di Coulomb

$$\tau = C + \mu (\sigma - P)$$

dove τ è lo sforzo di taglio, C è la coesione della roccia, μ è il coefficiente di frizione della faglia (normalmente tra 0.5 e 0.7), σ è lo sforzo normale (al piano di faglia) e P è la pressione di poro dei fluidi. La quantità $(\sigma - P)$ viene definita come sforzo normale effettivo. All'aumentare di P lo sforzo normale effettivo diminuisce. Questa relazione è stata confermata da innumerevoli casi di studio reali e da test di laboratorio validati (per esempio Byerlee 1978).

Dunque, immettendo fluidi nel sistema la componente normale dello sforzo effettivo diminuisce, mentre la componente di taglio (*shear stress*) rimane costante. In tal modo la componente di taglio dello sforzo prevale su quella normale, responsabile dell'attrito. Spostandosi verso l'origine (sinistra, *after injection*), il cerchio di Mohr, che rappresenta lo sforzo differenziale, può arrivare ad intersecare la curva di rottura (*failure envelope*) riattivando eventuali fratture o faglie sigillate presenti nelle rocce, oppure originandone di nuove.

Nessun mistero dunque, l'iniezione di fluidi nel sottosuolo è il meccanismo più efficiente per far muovere le faglie o per formarne di nuove.

Il meccanismo è noto dagli anni '60, quando a Rangely (Colorado) l'Esercito USA innescò accidentalmente dei terremoti iniettando nel sottosuolo acque reflue. L'US Geological Survey condusse allora degli esperimenti (Raleigh et al. 1972) iniettando acqua: quando la pressione di poro aumentava la faglia pre-esistente nel sottosuolo si muoveva generando terremoti, quando la pressione di poro veniva diminuita (circa 35 atmosfere) i terremoti cessavano.

Conclusioni

1) La "Relazione geologica-tecnica e Progetto Definitivo per la realizzazione di due pozzi esplorativi geotermici denominati Montecchio Precalcino 1 e Montecchio Precalcino 2" presenta difetti basilari. La faglia Thiene-Bassano è stata disegnata in carta geologica come affiorante, mentre non lo è, ed inoltre nel posto dove non potrebbe comunque essere. Inoltre le sezioni geologiche sono palesemente errate, in quanto viziate da numerosi errori. La struttura geologica del sottosuolo è dunque diversa da quella rappresentata e descritta.

Poiché il prolungamento della faglia verso la superficie tenderebbe ad affiorare a sud della collina di Montecchio Precalcino e della sua propaggine a sud-sudovest (la faglia immerge verso nord-nordovest), scendendo in profondità la faglia si avvicina ai pozzi esplorativi. In particolare, la parte finale del pozzo 1 va ad interferire direttamente con il letto della faglia, in prossimità del piano principale.

2) La faglia Thiene-Bassano rappresenta secondo alcuni ricercatori (INGV ed universitari) un *gap* sismico del sistema di sorgenti sismo-genetiche che costituiscono il fronte attivo della catena sudalpina orientale. Infatti, mentre le altre sorgenti hanno dato negli ultimi secoli forti terremoti, non si ha testimonianza di forti eventi associati alla faglia Thiene-Bassano (per la verità esiste una discussione circa la possibile associazione col terremoto di Verona del 1117).

La zona dell'alta pianura vicentina ricade nella Zona 3 della classificazione sismica del territorio nazionale. In questa zona possono verificarsi forti terremoti, ma rari (si veda il caso del terremoto 2012 dell'Emilia) (<http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/classificazione.wp1>).

La mancanza di conoscenza di forti terremoti relativi alla faglia Thiene-Bassano deve quindi far riflettere, specialmente se si propone di andare a disturbare il campo di sforzo della struttura geologica, potenzialmente in grado di generare terremoti distruttivi ($M_{max} = 6.6$). L'estrazione, ma soprattutto la re-iniezione di fluidi in prossimità del piano di faglia rischia di innescare un terremoto (sismicità innescata).

3) Da tutto quanto detto, appare chiaro che il progetto proposto, molto valido nell'intenzione di produrre energia elettrica da fonte rinnovabile, non è praticabile in una zona così densamente abitata e con un patrimonio immobiliare in gran parte vetusto (pre-ordinanza PCM 3274 del 2003).

Anche considerando che a livello nazionale e regionale si stanno approntando delle linee guida per il monitoraggio della sismicità nell'ambito delle attività antropiche, la proposta del progetto di Montecchio Precalcino si configura come un esperimento dagli esiti incerti, condotto in una zona ad alta densità abitativa.

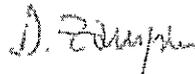
Anche se il sistema di controllo a semaforo, che si dovrebbe installare, prevede lo stop quasi immediato delle attività, bisogna sapere che alcuni sistemi generano i più grandi eventi dopo la chiusura delle operazioni (settimane, mesi o anni).

Il dott. Enrico Priolo (OGS), esperto di sismicità indotta, nella sua presentazione tenuta al Dipartimento di Geoscienze dell'Università di Padova il 19 maggio 2014, riguardo alla sismicità indotta (e innescata) afferma che *"vi sono ancora molti aspetti non chiari e quantificabili"*.

4) Non vi sono particolari motivi per cui tale progetto debba obbligatoriamente essere localizzato a Montecchio Precalcino. Infatti, le temperature dell'acqua ricercate derivano dal normale gradiente geotermico e si trovano ovunque scendendo alla profondità prevista. Spostandosi da Montecchio Precalcino verso E, il substrato roccioso si approfondisce e quindi la Dolemia Principale, che è noto rappresentare un serbatoio con portate di esercizio adeguate, si trova alle profondità dove le temperature dell'acqua sono adatte all'impianto geotermico e non esistono faglie sospette.

Padova 02.04.2015

Prof. Dario Zampieri



Articoli citati

- Antonelli, R. et al., 1990. Carta geologica del Veneto 1:250.000. *Regione Veneto, Segreteria Regionale per il Territorio*, Università di Padova.
- Barbieri G., De Vecchi Gp., De Zanche V., Di Lallo E., Frizzo P., Mietto P., Sedeo R., 1980. Note illustrative della Carta Geologica dell'area di Recoaro alla scala 1:20.000. *Mem. Sci Geol.* 34, 23-52.
- Burrato P. F., Poli M. E., Vannoli P., Zanferrari A., Basili R., Galadini F., 2008. Sources of Mw 5+ earthquakes in northeastern Italy and western Slovenia: An updated view based on geological and seismological evidence. *Tectonophysics* 453, 157-176.
- Byerlee, J. (1978). Friction of rocks. *Pure Appl. Geophys.* 116, 615-626.
- Castellarin, A., Cantelli, L., 2000. Neo-Alpine evolution of the Southern Eastern Alps. *J. Geodyn.* 30, 251-274.
- De Vecchi Gp., Di Lallo E., Sedeo R., 1986. Note illustrative della Carta Geologica dell'area di Valli del Pasubio-Posina-Laghi, alla scala 1:20.000. *Mem. Sci Geol.* 38, 187-205.
- DISS Working Group, 2010. Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.1.1: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas. <http://diss.rm.ingv.it/diss/>, © INGV 2010 - Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - All rights reserved; DOI:10.6092/INGV.IT-DISS3.1.1
- Galadini, F., Poli, M.E., Zanferrari, A., 2005. Seismogenic sources potentially responsible for earthquakes with $M \geq 6$ in the eastern Southern Alps (Thiene-Udine sector, NE Italy). *Geophys. J. Int.* 161, 739-762.
- Massironi M., Zampieri D., Caporali, A., 2006. Miocene to Present major fault linkages through the Adriatic indenter and the Austroalpine-Penninic collisional wedge (Alps of NE Italy). In: Moratti, G. & Chalouan, A. (eds) *Tectonics of the Western Mediterranean Region and North Africa. Geological Society, London, Special Publication 262*, 245-258.
- Pola M., Fabbri P., Piccinini L., Zampieri D., 2013. A new hydrothermal conceptual and numerical model of the Euganean Geothermal System - NE Italy. *Rend. Online Soc. Geol. It.*, 24, 251-253.
- Pola M., Ricciato A., Fantoni R., Fabbri P., Zampieri D., 2014. Architecture of the western margin of the North Adriatic foreland: the Schio-Vicenza fault system. *Ital. J. Geosci.*, 133 (2), 223-234, doi: 10.3301/IJG.2014.04
- Poli M. E., Burrato P., Galadini F. and A. Zanferrari, 2008. Seismogenic sources responsible for destructive earthquakes in NE Italy. *Boll. Geof. Teor. Appl.*, 49, 301-313.

- Priolo E., 2014. La sismicità indotta e un approfondimento sull'attività di stoccaggio del gas in serbatoi naturali. Pdf della conferenza tenuta il 19 maggio 2014 all'Università di Padova.
- Raleigh C.B., Healy J.H., Bredehoeft J.D., 1972. Faulting and crustal stress at Rangely, Colorado. In: Heard H.C. et al. (eds) Flow and Fracture of Rocks. *Geophysical Monograph* 16, 275-284. AGU, Washington D.C.
- Stein R.S., King G.C.P. and Lin J., 1992. Change in failure stress on the southern San Andreas fault system caused by the 1992 magnitude = 7.4 Landers earthquake. *Science*, 258, 1328-1332.
- Stein R.S., Barka A.A. and Dieterich J.H., 1997. Progressive failure on the North Anatolian fault since 1939 by earthquake stress triggering. *Geophys. J. Int.* 128, 594-604.
- Zampieri D., Massironi M., Sedeà R., Sparacino, V., 2003. Strike-slip contractional stepovers in the Southern Alps (northeastern Italy). *Eclogae geol. Helv.*, 96, 115-123.
- Zanferrari A., Bollettinari G., Carobene L., Carton A., Carulli G.B., Castaldini D., Cavallin A., Panizza M., Pellegrini G.B., Pianetti F., Sauro U., 1982. Evoluzione neotettonica dell'Italia nord-orientale. *Mem. Sci. Geol.* 35, 355-376.