

Pericolosità sismica del teramano ed i laboratori del Gran Sasso

Il teramano secondo uno studio dell' INGV del 2005 non ha fonti sismogenetiche attivate in tempi storici (pertanto chiamate 'silenti') almeno non è dimostrato (con alcune dubbi). Di per se però questo non comporta un rischio basso di attivazione di faglie (studio INGV pag 16 e pag 20 del **documento 1 (*)**) e nel nostro caso purtroppo con intensità di rilascio energetico (nel nostro caso medio ed alta) ed inoltre presenta, in prossimità, di queste faglie, edifici critici come il Laboratorio del Gran Sasso e la diga di Campotosto.

Le faglie pericolose non sono solo quelle attivate in tempi storici recenti o antichi e preistorici ma anche quelle che hanno avuto un' attività negli ultimi 125 mila anni (cioè fino al tardo Quaternario ossia Pleistocene Superiore-Olocene) e vengono definite **'attive'**; c'è da aggiungere che anche faglie considerate **'non attive'** (ossia la cui ultima attività risale, o pare risalire, al Pleistocene inferiore ossia da 2.5 a 0.7 milioni di anni fa) possono in certi casi riattivarsi → (*****)**Documento 12**

Considerazioni generali su terremoti e zone di deformazione:

Nell'Appennino ci sono molte faglie ma frastagliate e spezzettate ma vicine e quindi 'comunicanti', pertanto si manifestano molti sismi anche ravvicinati nello spazio e nel tempo di potenza mediamente però solo medio-alta (Mw 6-6.5) invece che un unico sisma di potenza altissima (come ad esempio avviene in Giappone o in Cile), anche se non meno pericolosi.

→ cit. Marco Mucciarelli Prof. Di Sismologia Applicata presso l'Università della Basilicata
<http://tersiscio.blogspot.it/2015/09/perche-un-magnitudo-8-non-uccide-1000.html>

L'area abruzzese si è strutturata dapprima in ambiente marino e poi subaereo con le dorsali come il Gran Sasso, La Maiella e il sistema Velino-Sirente, e con le depressioni come la Piana del Fucino, la Piana di Sulmona e la piana dell'Aquila. Tali depressioni sono state riempite nel PlioPleistocene da una potente coltre di depositi detritici alluvionali e lacustri (bacino dell'Aquila e del Fiume Aterno).

→ file:///E:/quaderno70.pdf

Tettonicamente e sismologicamente ci limitiamo ad una zona compresa tra l'Appennino e le Alpi Dinaridi (monti dell'ex Jugoslavia) fino alle Ellenidi (Nord della Grecia, Cefalonia, Albania) chiamata **'placca adriatica o placca Apula'** → **fig 1a** che si staccò nel Cretaceo dalla placca africana e che spingendo contro la placca euro-asiatica verso Nord/Nord-Est ha causato i rilievi alpini ed quelli appenninici (compressione e subduzione), spingendo contro il blocco Sardo-Corso ed i fenomeni magmatici del Sud Italia (è presente anche una componente di rotazione della placca adriatica in senso antiorario). A causa della pressione della sua parte occidentale verso Est tende a restringere il mare adriatico ed allo stesso momento la placca tirrenica spinge verso Nord-Ovest creando appunto dei gradienti di velocità da cui si genera la fagliazione secondo appunto **4 fondamentali modalità di deformazione** per la parte prevalentemente estensiva ossia propagazione laterale della sismicità (deformazione-distensione) → (**)**Documento 2** :

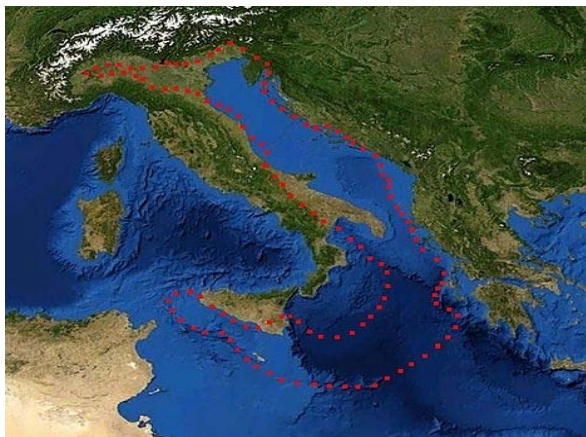


fig 1a(wikipedia)

1) Il meccanismo deformativo innescato dai rilievi Ellenidi che spingono sui rilievi dell'Appennino calabro(inducendo sismi) → **fig 2** che a loro volta trasmettono la deformazione a tutto l'Appennino fino al centro Italia e le Alpi orientali.

Per la sequenza storica → <http://www.meteoweb.eu/wp-content/uploads/2014/02/0342.jpg>

Una volta che tutta la deformazione si è trasmessa, la placca ha completato un singolo movimento 'migrazione verso Nord' (che dà il nome al meccanismo di propagazione della deformazione) → **fig 1b**

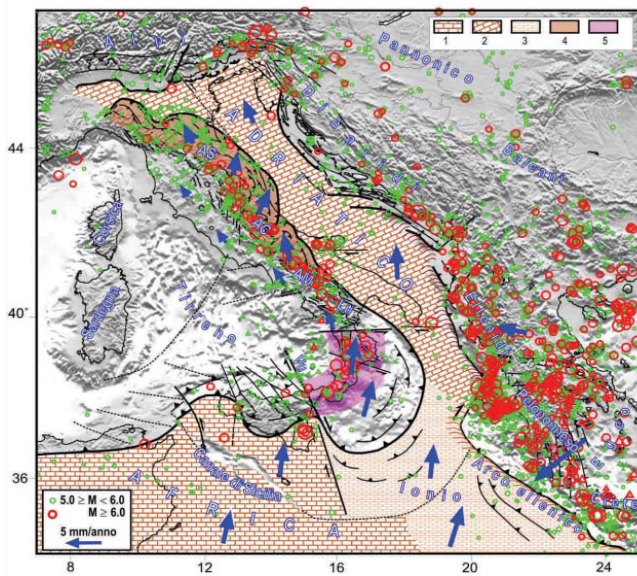


fig 1b

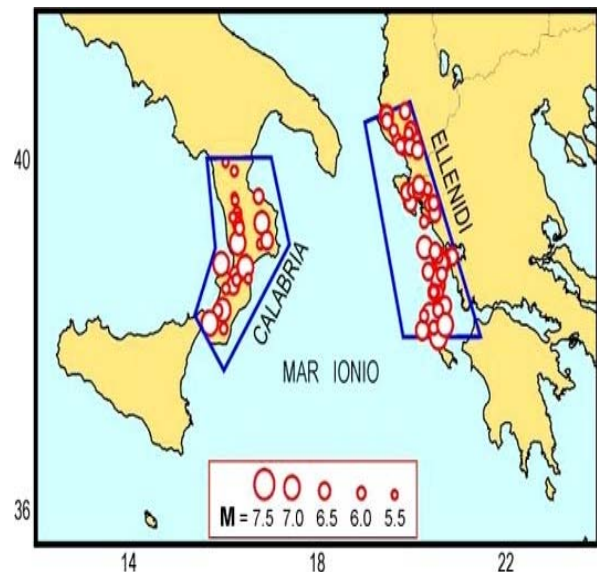


fig 2

2)Le Dinaridi meridionali invece spingono verso l'Appennino meridionale ed un sisma da quelle parti ,se abbastanza potente,in un certo tempo trasmette la deformazione e replica sul nostro lato → **fig 3**; Detta deformazione poi migra verso Nord sommandosi ad altre eventuali deformazioni provenienti dall'Appennino calabro(vedi punto 1)

Sequenze storiche: <http://www.meteoweb.eu/wp-content/uploads/2014/02/0142.jpg>

fig 3

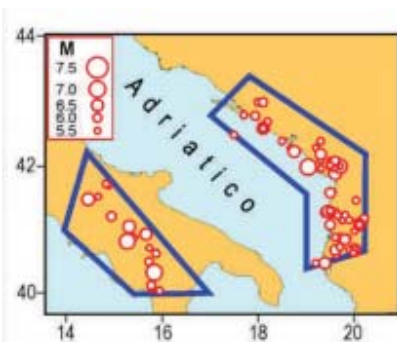
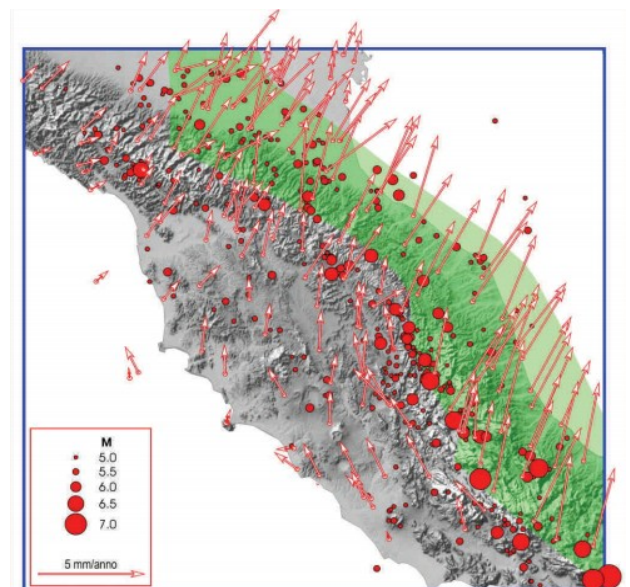


fig 4



3) La diversa velocità con cui si muove la zona suddetta (specie Appennino centro e Nord) di circa 5mm/anno direzione Nord-est e la zona tirrenica, ossia Ovest dell'Appennino, circa 2mm/anno direzione nord-nord ovest → **fig 4**. Questa diversità di direzione e modulo della velocità (gradiente spaziale) crea una deformazione che arriva in modulo anche a 3mm/anno che quindi in 100 anni sono 30cm e possono tranquillamente provocare, una volta accumulata abbastanza energia deformativa dalla faglia, la rottura della stessa e quindi il rilascio di energia accumulata mediante un sisma anche di magnitudo Mw 5.5

Come si vede nell'immagine il massimo spostamento si ha sulle coste adriatiche ma essendo lì il campo circa uniforme in direzione e modulo ecco che non si creano deformazioni rilevanti mentre la zona più fratturata è proprio quella appennica dove la 'velocità' sia come modulo ma soprattutto come direzione è molto diversa

4) Il rompersi di una faglia che rilascia molta energia può caricare con la propagazione dell'onda sismica e dell'energia deformativa ad essa associata, faglie vicine anche se non appartenenti allo stesso sistema di faglie e romperle (se si trovano vicino al carico di rottura) provocando sismi e/o creare zone di instabilità che preludono a prossime o future rotture di faglia (sismi)

In questo modello si schematizzano questi 4 meccanismi che si sommano ed interagiscono in quanto il campo di deformazione innescato da un sisma sui rilievi Ellenidi dopo un certo periodo di tempo arriverà sull'Appennino calabro e poi a salire fino all'Appennino centrale ed Alpi Orientali ma innescherà la rottura (sisma) solo di faglie che, avendo accumulato energia deformativa di cui al punto 3 (e per altri fenomeni), sono arrivate a maturazione ossia prossime al loro carico di rottura.

Per questi due fenomeni, ed altri che si tralasciano (per approfondimenti per il centro Italia → **(****) documento 4**) si genera una sequenza 'incompleta' (così definita perché non porta a rottura tutte le faglie ma solo di quelle vicine al carico di rottura) di sismi che si spostano mediamente verso Nord. Sequenze storiche secolari che mostrano la migrazione verso Nord:

<http://www.meteoweb.eu/wp-content/uploads/2014/02/0528.jpg>

Valido esempio della interazione di quei meccanismi (quindi globalmente migrazione verso nord) è la sequenza innescata fine 800 in Grecia (Ellenidi) (M=7.0); poi Calabria 1905 (M=6.9) e 1908 (M=7.2); Campania 1910 M5,9; poi 13 gennaio 1915 Fucino (M=7); 17 maggio e 16 agosto 1916 Riminese (M=5.9 e M=6.1); 16 Novembre 1916 Reatino (M=5.5); 26 Aprile 1917 Alta Val Tiberina (M=5.9); 10 Novembre 1918 Appennino romagnolo (M=5.9); 29 giugno 1919 Mugello (M=6.3); 7 settembre 1920 Lunigiana-Garfagnana (M=6.5)

Per approfondimento → <http://www.meteoweb.eu/2014/02/terremoti-al-sud-e-sui-balcani-lesperto-ma-adesso-una-forte-scossa-e-piu-probabile-al-nord/262593/>

O al documento completo → **(**) Documento 2**

Sequenza non certo casuale che è poi proseguita ed ancora oggi in atto, infatti devono ancora recuperare (sfasamento temporale) tutte quelle faglie allora non ancora arrivate al carico di rottura ma che poi nel tempo di ritardo hanno accumulato sufficiente energia deformativa, di cui al punto 3/4, per arrivare a rottura.

Nel modello in questione, la sequenza spazio-temporale è come se tornasse indietro (direzione Sud o laterali Est Ovest) e provoca il sisma dell'Aquila del 2009 che poi si propaga a Nord (impiega circa 7 anni) coinvolgendo anche faglie collaterali che diventano instabili.

Quindi si ha la sottosequenza spazio-temporale 2009-2016 direzione sud-nord l'Aquila-Campotosto-Amatrice-Norcia..

E questo anche se la faglia dell'Aquila è separata da quella di Campotosto (attivata nel 2009 con 5.6Mw dopo il 6.3Mw dell'Aquila) e quella di Campotosto separata da quella di Amatrice. → Doglioni/Pantosti (INGV) <http://www.ansa.it/scienza/notizie/rubriche/terrapoli/2016/11/08/terremoto-doglioni-ingv-la-sequenza-durera-a-lungo-5697882b-5495-4c62-af38-716fa643bc81.html>

Per quanto riguarda il sisma dell'Aquila 2009, uno studio di Hunstad ed altri ricercatori del 2003 avrebbero calcolato per la sola regione abruzzese della zona dell'Aquila un deficit di quella deformazione che la rotazione antioraria della zolla adriatica induce equivalente a 23×10^{18} Newtonmetro (misura dell'energia rilasciata o rilasciabile da un terremoto) equivalente $1.188502227437E+22$ erg. "Questo è un momento sismico di poco inferiore a quello del terremoto dell'Irpinia del 1980 e - spiega Valensise - confrontabile con il terremoto del Fucino del 1915. Corrisponde a una magnitudo momento (Mw) 6.8-6.9". La sequenza sismica vicino L'Aquila avrebbe ridotto ma non azzerato questo deficit. Il che lascia pensare, se le misure dovessero essere confermate, a un significativo potenziale sismogenetico ancora inespresso in Abruzzo e nelle regioni limitrofe. Le osservazioni interferometriche del Satellite Envisat dell'Agenzia Spaziale Europea e le analisi geofisiche in corso, confermeranno o meno queste ipotesi. Se si somma l'attività sismica dal 2003 ad oggi in quella zona (anche se non sono chiari i confini da considerare) si arriva ad un residuo di circa metà di quell'energia. Ecco lo studio → http://homepages.see.leeds.ac.uk/~earrjw/pdfs/walters_etal09.pdf
E Valensise (INGV) che ne ha parlato → <http://www.abruzzo24ore.tv/news/La-faglia-nel-mar-Adriatico-e-debolmente-attiva/13367.htm>

Il periodo di ritorno medio sismico delle faglie appenniniche cosiddette 'silenti' è circa 1800-2000 anni in cui la faglia si 'carica' ed accumula energia di deformazione che poi rilascia alla sua rottura. Tanto più tempo la faglia è silente tanto più può essere pericolosa (a maggior ragione se si dovesse scatenare con un unico evento sismico) anche se simili periodi di ritorno, mediati su valori molto diversi, hanno poco significato predittivo e di fatto rendono il sisma imprevedibile anche a lungo termine.

Anche per i ritorni brevi (300 anni) non potendo contare su numerosi precedenti storici e preistorici sono di fatto poco affidabili. Si può stimare l'energia approssimativa massima rilasciabile da una faglia in caso di attivazione, in base alla lunghezza (se è la dimensione dominante) della stessa affiorante in superficie o dalle tre dimensioni quando possibile (o mediante stima approssimativa) affidandosi a analogie con strutture analoghe. Non è detto che una faglia si attivi rilasciando il massimo dell'energia di cui è capace, ma può rilasciarne meno (specie se si è scaricata precedentemente).

Non è detto che l'energia rilasciata, massima possibile o meno della massima, sia rilasciata in un unico sisma o più sismi di entità minore.

Faglie presenti nel teramano e in zone limitrofe.

Nel teramano e zone adiacenti (confine con l'Aquila) sono presenti le seguenti faglie principali (come risulta dal **documento 1(*)** tab. 1 a pag 18 e tab. 2 a pag 20)

E come risulta per la faglia Montagna dei Fiori → **documento 1(*) e 5 (*****)**

Montagna dei Fiori – Montagna di Campli (cartina C) lunghezza della faglia normale 15 km; attività stimata del Pleistocene superiore (a cui risale l'attività estensiva sigillata successivamente da attività compressiva) quindi considerata silente/non attiva anche se non è chiaro come siano collegate in profondità le faglie del sistema (e la natura ed il rapporto di causa-effetto di alcune dislocazioni limitrofe) la cui attività passata però è stata responsabile della dislocazione di circa 900 m del substrato carbonatico, mentre l'esposizione della stessa è dovuta ad attività gravitativa erosiva-selettiva

<http://www.earth-prints.org/bitstream/2122/3094/3/Gori%20et%20al.%20Camerino%202007.pdf>

La natura delle piccole ‘deformazioni fragili’ li presenti (che sono 1157) , sono a carattere prevalentemente distensivo(anche se esistono componenti a carattere compressivo,zona meridionale)
→(*****) documento 11 pag 339-340-341 paragrafo ‘deformazioni fragili’

Recenti studi hanno mostrato un aumento di sismicità procedendo verso la Montagna dei Fiori i cui ipocentri si abbassano fino a 35km
→(*****) documento 10

Zona Campotosto/Monti della Laga :lunghezza circa 20km , max Mw 6,6

Gran Sasso:zona L’Aquila :Campo Imperatore-Assergi-Monte San Vito-Monte Cappucciata lunghezza circa 38km , max Mw 6.9 , faglia **silente** ,quindi pericolosa
→ (***) documento 3 pag 17 e 19

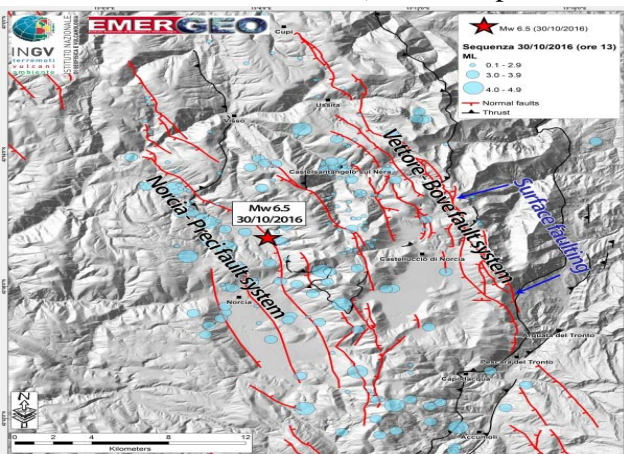
Valle Dell’Aterno:zona L’Aquila: Media Valle(attività tardo Pleistocenica va da Molina Aterno fino ad Acciano faglie principali :dell’Annunziata, di S. Demetrio e del Lago Linizzo). Alta Valle (attività tardo Pleistocenica Monte Pettino,Capitignano, Monte marine,San Giovanni comprende anche le faglie denominate di Montereale e Aquilano):la zona considerata pericolosa è lunga circa 25km in quanto ha dato segni di attività recenti e passate ,max Mw 6.7
→ <http://sgi1.isprambiente.it/sinkhole/tesi%20di%20stage/Daniela%20Ludovico.pdf>

Norcia : faglia attivatasi nel 1703 con Mw 6.65 ,lunghezza 30Km max Mw 6.8;riattivatasi nella sua parte Nord(monti Preci) il 30 ottobre 2016 con Mw 6.5

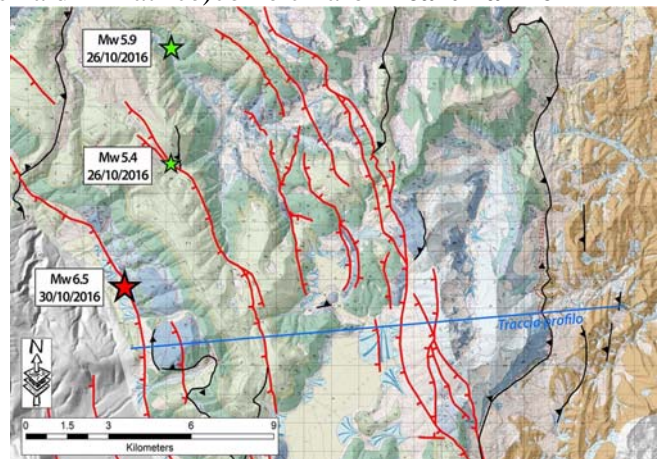
Amatrice-Accumoli epicentro faglia del Monte Vettore considerato come faglia **silente** fino a 24/8/2016 attivatasi con Mw 6.0 ;lunghezza 18km max Mw 6.5

Per ulteriori dettagli su queste faglie →(****) documento 4 tab1 pag7

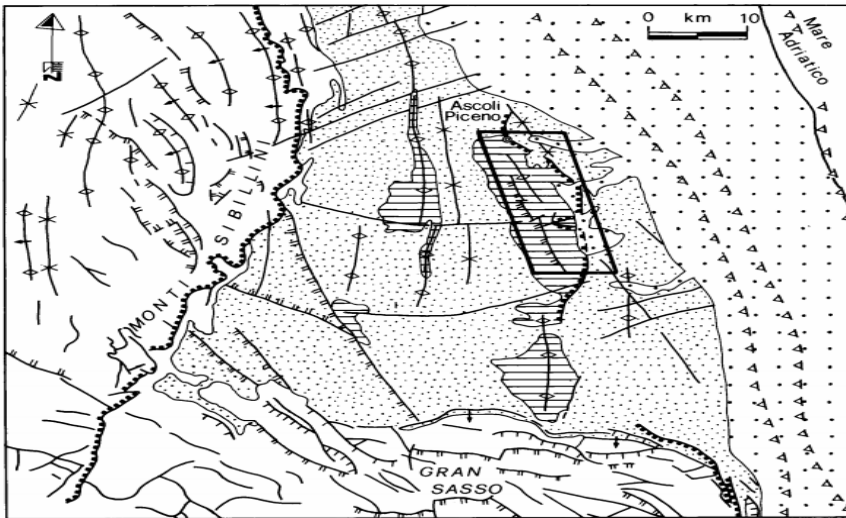
Il sistema di faglie attivatesi tra Agosto ed Ottobre sono parallele e vicine (e quindi si sollecitano reciprocamente sotto un sisma di alta intensità) precisamente faglia di Norcia-Monti Preci e faglie Monte Vettore-Monte Bove (da dove è partito il sisma di Amatrice)come chiaro in **cartina A e B**



Cartina A



Cartina B



Cartina C (Montagna dei Fiori)

Storicamente il 14 gennaio 1703 si attivò la faglia con epicentro Cittareale-Cascia ,quindi zona Amatrice, con 6.8Mw che sollecitò ed attivò l'intero complesso della Valle dell'Aterno(con epicentro Cagnano Amiterno-Montereale) che distrusse l'Aquila il 2 febbraio 1703 con sisma di Mw 6.7

→ https://it.wikipedia.org/wiki/Terremoto_dell'Aquila_del_1703

Per altri dettagli sulla sistema di faglie Valle Dell'Aterno le altre faglie abruzzesi e sismi storici:

→ (*****)**Documento 12**

Per consultare il database delle principali faglie italiane:

→ ftp://ftp.ingv.it/pro/gndt/Pubblicazioni/Meletti/2_01_galadini.pdf

Qui per la sismicità storica della zona Amatrice-Norcia.

<https://ingvterremoti.wordpress.com/2016/08/26/sequenza-sismica-in-italia-centrale-la-sismicita-storica-dellarea/>

<https://ingvterremoti.wordpress.com/2016/10/30/sequenza-sismica-in-italia-centrale-approfondimento-e-aggiornamento-30-ottobre-ore-16-00/>

La sequenza sismica attivatasi il 24 agosto-30ottobre ancora in atto secondo l'INGV è la naturale conseguenza della instabilità ,anche in profondità,creata dall'enorme energia rilasciata nel sisma dell'Aquila del 2009 ,come detto sopra.

Per quanto riguarda invece la faglia del Gran Sasso essa è costituita da una serie di faglie di lunghezza non elevata (se prese singolarmente nel tratto affiorante in superficie)e poste a poca distanza una dall'altra.

Ma l'enorme scarpata di faglia del Monte San Vito-Monte Cappucciata,lunga però solo 15km (quindi incapace ,da sola,di dare sismi elevati tali da produrre quella rilevante scarpata) insieme alle relative dislocazioni dei depositi del tardo Pleistocene ,si può dedurre si sia formata sotto l'azione di un sisma di magnitudo molto più rilevante di quello producibile da quella sola faglia .Conclusione :le faglie affioranti in superficie sono una unica faglia collegate in profondità con le faglie di Assergi e Campo Imperatore che corrono parallele.

Ecco perché il sistema di faglie del Gran Sasso è considerato come un'unica faglia di lunghezza complessiva di 38km il che può dare un sisma di magnitudo 6.9(precisamente 6.95)
→ (***) documento 3 pag 17 e 19

La faglia è silente in epoca storica(→(*)documento 1 tab 1 pag 18) per questo pericolosa (vista anche la sua lunghezza/dimensione)

Sebbene 'silenti' in epoca storica, lo studio dell'INGV (→(*)documento 1) attribuisce i sismi del 1950 e del 1951 circa 5.4-5.6Mw (→(*)documento 1 pag 34 e schema pag 36) proprio rispettivamente alla faglia del Gran Sasso e quella di Campotosto deducendolo, secondo gli archivi storici, dall'indice della scala Mercalli dei danni allora riportati.
Ci sono altri studi (e la stessa ipotesi alternativa dell'INGV)che invece individuano gli epicentri entrambi nella faglia di Campotosto

Poco importa se i sismi del 1950-1951 furono entrambi con epicentro Campotosto o Campotosto/Gran Sasso, rimane il fatto che sotto al Gran Sasso corre una faglia che può dare al max Mw6.9 e nei pressi di Campotosto max Mw6.6

Considerazioni geologiche-sismologiche-ingegneristiche:

Tra i sismi quelli particolarmente distruttivi sono quelli le cui onde sismiche contengono picchi (per un sisma si hanno picchi tra 0.1-20hz)sulle stesse frequenze delle principali frequenze proprie di oscillazione della struttura(cosiddetto fenomeno della **risonanza**) generalmente tra 1-10hz per costruzioni tipiche, perché questo porta alla massima oscillazione(e quindi deformazione elastica o plastica fino anche alla rottura)della struttura sottoposta a stress meccanico; vedi simulazione qui → https://www.youtube.com/watch?v=LV_UuzEznHs

In fase di costruzione, il geologo/sismologo interagisce col progettista per scongiurare un fenomeno ancora più distruttivo ,la **risonanza doppia** , ossia si cerca di evitare che la struttura da costruire abbia le principali frequenze proprie troppo vicine ai picchi di frequenza del terreno su cui andrà costruito l'edificio(optando qualora necessario per diverse tipologie e schemi costruttivi).
Frequenze di picco tipiche del sisma sono tra 0.1-20hz mentre del terreno tra 0.25-10hz anche in questo caso molto probabili fenomeni di risonanza (terreno-onda sismica)

Ad esempio se il terreno ha una frequenza principale(picco massimo, che non è detto sia la frequenza più bassa ma può essere anche una frequenza più alta → vedi terreni multistrato) a 4.5hz (tra 0-30hz) si dovrà evitare di costruirci sopra una struttura che abbia la frequenza massima di oscillazione propria nei dintorni di 4.5hz , perché questo causerebbe ,in caso di un sisma con frequenza di picco intorno ai 4.5Hz sia una picco di oscillazione del terreno sia dell'edificio e le due oscillazioni sommandosi porterebbero la struttura ad avere una oscillazione troppo elevata che porterebbe la stessa ,ed i materiali, in campo plastico ed alla rottura quindi con esiti distruttivi.

I picchi di frequenza (amplificazione)del terreno in superficie possono essere minimi ,bassi o alti e questo dipende dal tipo di terreno non solo in prossimità della superficie ma anche molto in profondità(fino al bedrock sismico che definisce lo strato geologico sotto il quale non è attesa amplificazione con $V_s > 800\text{m/s}$)

La maggior parte dei terreni appenninici tende ad amplificare l'onda sismica incidente più o meno e questo avviene a seconda del tipo di materiale e della sua stratigrafia della sua compattezza/densità/rigidezza legata alla V_{s30} (che rappresenta la velocità delle onde di taglio, V_s , di uno strato omogeneo equivalente a 30 m), con la rigidezza legata alla densità del terreno ρ e alla V_s , ma anche a seconda del **contrasto di impedenza**, tanto più alto quanto più sono diversi sismicamente ed elasticamente il comportamento di due strati contigui ad esempio tra il piano di campagna e il bedrock (nel caso di terreno monostrato nel caso di terreno multistrato vanno considerati tutti gli strati ed il loro contrasto di impedenza).

Per cui se un terreno è meccanicamente buono (rigido e compatto alta V_s) in prossimità della superficie (pochi metri) potrebbe far pensare a scarsa amplificazione questo può ingannare e quindi si dovrà studiare come è il terreno molto più in profondità (individuazione delle discontinuità sismiche, ossia strati con diverso comportamento elastico, perchè si potrebbe dare amplificazione, tanto maggiore quanto maggiore il contrasto di impedenza tra i due strati adiacenti, ossia con alto rapporto tra i rispettivi ρV_s) rispetto a quando il terreno è meccanicamente meno buono/rigido in superficie (bassa V_s ; basta anche arrivare a 30 metri in questo caso) il che appare controintuitivo per cui spesso conduce ad errori nella prassi periziale.

Ovviamente la profondità a cui va studiato il terreno aumenta con l'altezza (in prima approssimazione) della struttura che si intende edificare nel terreno oggetto dello studio geologico → grafici di fig 3 pag 18 <http://www.aracneeditrice.it/pdf/9788854844957.pdf>
Per il documento completo → (*******Documento 13*******)

A titolo di esempio se ho un terreno rigido (terreno categoria A $V_{s30} \geq 800$) migliore meccanicamente e voglio costruire una struttura a 3 piani, circa 10 metri, dovrò studiare il terreno fino a circa 60 metri di profondità per capire quanto vale l'amplificazione alla frequenza di risonanza se invece ho un terreno alluvionale (categoria C con $V_{s30} = 200$) meccanicamente peggiore e meno rigido per scongiurare la doppia risonanza e stimare reale amplificazione è sufficiente studiare il terreno fino ad una profondità di 30 metri. → <http://www.aracneeditrice.it/pdf/9788854844957.pdf>

In poche parole non ci si può accontentare di una classificazione dei suoli sulla sola base della **V_{s30}** (che comunque dà informazioni sulla rigidezza e quindi smorzamento delle vibrazioni) ma va considerato anche il **contrasto di impedenza** anche (e più in profondità) nei terreni apparentemente migliori meccanicamente (ossia più rigidi in prossimità della superficie) ammenochè non siamo sicuri (da indagini geologiche disponibili del luogo) che sia il bedrock stesso ad affiorare.

Per trovare i picchi di amplificazione (ad ogni picco corrisponde una discontinuità sismica, ossia uno strato con diverso comportamento elastico) di un terreno si procede sperimentalmente con tromografo e si ricostruisce, usando il microtremore ambientale, la curva H/V (metodo HVSR) ed è necessario, per l'affidabilità del risultato, conoscere la profondità di un riflettore noto dalla stratigrafia (prova penetrometrica, sondaggio, rilevamento geologico, ecc.) e riconoscibile nella curva H/V → <http://www.aracneeditrice.it/pdf/9788854844957.pdf>

Oltre a fenomeni stratigrafici (dovuti ai contrasti di impedenza 1D) ci sono anche conformazioni di terreno che possono dare amplificazione diffrazione, intrappolamento, focalizzazione, interferenza onde di volume-superficie, 'intrappolamento' → effetti di valle (2D-3D), oppure effetti topografici (2D-3D) → <http://www.geostrutture.eu/images/download/adeguamento-sismico/sapienza-risposta.pdf>

Alla luce di queste considerazioni, da tener presente prima di costruire, ma da tener presente anche dopo costruito (la maggior parte del costruito non è eseguito in base a perizie geologiche che non erano

obbligatorie) per evidenziare eventuali criticità delle strutture e procedere a miglioramento sismico ove non sia possibile l'adeguamento (spesso troppo oneroso ammesso sia fattibile). Quindi sia il privato ma soprattutto il pubblico dovrebbero procedere ad una microzonazione che identifichi zona per zona le criticità che possono amplificare il sisma, quanto meno la massima ampiezza di amplificazione di un eventuale sisma e le massime accelerazioni **pga** che ci si possono aspettare (e anche le frequenze di max accelerazione) e così si scoprirebbe che molte zone di città classificate **zona 2** (accel. tra 0.15-0.25g) come Teramo sono in realtà **zona 1** accel. $\geq 0.35g$ ed addirittura maggiore.. si tenga infatti presente che in alcune zone di Amatrice sono state rilevate accel. degli edifici pari a 1.8g quindi 5 volte superiore l'accelerazione prevista dal massimo grado, che è la zona 1, così come a l'Aquila (tipo fuori dal centro storico di Navelli) sono state rilevate accel. oltre 1g (con tutta probabilità risonanza o ancor più probabile doppia risonanza)

Esempio di microzonazione → (*****) documento 7

Edifici critici presenti nel territorio teramano.

Esistono 2 edifici critici presenti vicino a quelle faglie, la diga di Campotosto ed il laboratorio del Gran Sasso (LNGS), occupiamoci in questo articolo solo del secondo (anche se il primo è altrettanto critico). Il laboratorio è a 1000slm, posto in profondità dentro il massiccio del Gran Sasso, incrocia (o è in prossimità) a 1400 metri di profondità, sotto la roccia, la faglia di Campo Imperatore – Assergi, motivo per cui occuparsene in questo articolo.

Fabrizio Galadini, Paolo Galli and Marco Moro

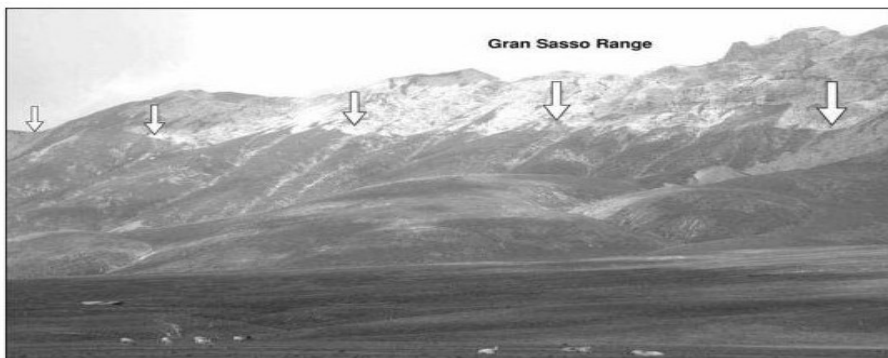


Fig. 2. View of the Campo Imperatore Plain and of the southern slope of the Gran Sasso Range; arrows mark the position of the bedrock scarp related to the main fault; trenches have been excavated across minor faults located in the large alluvial fan in the foreground (see next figures for further details).

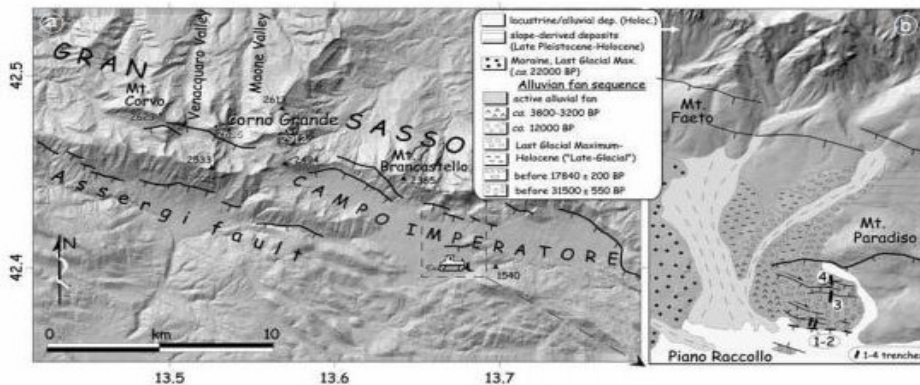


Fig. 3a,b. a) Plan map showing the faults of the Gran Sasso Range area characterised by Late Pleistocene-Holocene activity. b) Geomorphological map of the Mt. Paradiso area and location of the trench sites.

Esso è *di fatto* sotto tutela del Ministero della Difesa(d'altronde sin dalla sua progettazione è stato coinvolto nelle procedure di acquisizione dei pareri e sui nullaosta) il che è quanto meno improprio se si tratta, come è dichiarato ufficialmente ,solo di un laboratorio di ricerca di tipo civile ,tra l'altro sarebbe l'unico caso in Italia che gode di simili tutele. A causa di questa tipologia di inquadramento,pur essendo un laboratorio di ricerca civile, nessun ente civile ed indipendente può avere accesso per verifiche di sicurezza e vulnerabilità sismica e questo viola la convenzione di Aarhus https://it.wikipedia.org/wiki/Convenzione_di_Aarhus

Già nel sisma del 2009 nessun ente pubblico (come invece avviene per tutti gli edifici civili)ha potuto avere accesso per verificare eventuali danni alla struttura ...ma ci si è dovuti fidare di quanto dichiarato dall'LNIGS

Nemmeno oggi dopo i sismi del 24 agosto e di ottobre 2016 fino a quello di 6.5Mw nessuno è potuto accedere alla struttura a verificare i danni eventuali...

Aldilà dei danni eventuali causati alla struttura dai sismi 2009-2016 cosa sappiamo di questo laboratorio costruito su una faglia sismica enorme(quella appunto del Gran Sasso capace di 6.9Mw) nei pressi di essa e sulla sua vulnerabilità sismica?

Esistono ,dove sono e quale ente ha effettuato le prove sismiche per stabilire la vulnerabilità sismica dell'edificio?

Come ha reagito ai sismi 2009-2016?

Esistono simulazioni su cosa accadrebbe se si attivasse la faglia chiamata appunto Gran Sasso (ossia Campo Imperatore-Assergi-Monte Cappucciata) nei pressi di cui il laboratorio è costruito?

Quali simulazioni da ente terzo sono state fatte sull'impatto che tale sisma avrebbe sulla struttura?

Esiste uno studio di impatto ambientale sia delle attività del laboratorio?

Perché non esiste un piano di evacuazione della popolazione dei paesi circostanti in caso di incidente?

Appurarlo è di notevole importanza visto che nel laboratorio sono contenute sostanze pericolose tra quelle dichiarate come lo pseudocumene,ma soprattutto Argon liquido(760tonnellate usate per l'**esperimento Icarus** che per fortuna col suo rivelatore sarà trasferito nel 2017,pare, al Fermilab in USA [https://en.wikipedia.org/wiki/ICARUS_\(experiment\)](https://en.wikipedia.org/wiki/ICARUS_(experiment)) ed è una buona notizia!) .

L'Argon liquido è infatti incolore ed inodore,quindi subdolo e difficile da rivelare ma può produrre nubi più pesanti dell'aria ed in scarsa concentrazione di ossigeno divenire asfissianti
→<http://www.siad.it/pagina.asp?m=4&id=262>

→http://www.firest.eu/documenti/1283843442Pericoli_dei_gas_inerti_e_della_carenza_di_ossigeno.pdf pag 6-7-8

Per l' **esperimento GALLEX** ,poi divenuto **GNO** , ci sono invece 103 tonnellate di tricloruro di Gallio GaCl₃(contenenti 30,3tonnellate di Gallio) sostanza molto solubile in acqua sia fredda che calda quindi potenzialmente una perdita o un incidente potrebbe inquinare pesantemente fiumi e quindi la fauna o penetrare nella pietra calcarea di cui è costituito il Gran Sasso e quindi inquinare la falda acquifera sottostante con cui si disseta mezzo Abruzzo.Il tricloruro di Gallio è un mutageno oltre ad essere potenzialmente mortale per inalazione→(*****) **documento 9** pag 1398 di 3063

Ma lo stesso Gallio di per se è molto tossico per inalazione ,anche in minima quantità, può portare ad edema polmonare e morte → (*****) **documento 9** pag 1397 di 3063

Inoltre pare siano stipate parecchie(qualcuno afferma 1800) tonnellate di isoalcani (miscelati con altre sostanze)che ,come da letteratura scientifica,possono formare nubi di gas,più pesanti dell'aria,quindi

asfissianti ma anche miscele vapori/aria esplosive. Inoltre costituiscono un pericolo cronico di bioaccumulo in ambiente acquatico; tossici per l'uomo, mutagenicità ancora in studio dipendentemente anche dalla miscelazione (quando col benzene, sicuro mutageno)

Una menzione a parte va fatta allo **Pseudocumene** (1-2-4 Trimetilbenzene) oltre 1000 tonnellate, liquido scintillatore/rivelatore, il cui sversamento portò all'incidente del 16 agosto 2002 quando pur soli 50 litri dell'esperimento Borexino, furono sversati, per errore, nell'acqua bianca, tramite tombino, dove finiva abitualmente anche l'acqua inquinata di risciacquo dei vasconi (procedura non permessa, perché finisce nei fiumi, e nessun permesso di questo tipo di scarico era stato mai concesso, dagli enti preposti al Laboratorio, quindi abusiva!) d'altronde il tombino non era presente in planimetria, come accertato dai tecnici <http://www.agenziadistampa.eu/nucleare/wwfincidente056.html>

Pertanto l'incidente più che a fatalità è stato solo una conseguenza della 'cattiva' pratica di smaltimento delle acque di lavaggio dei vasconi. Dopo la chiusura di alcuni parti del Laboratorio richiesto dalla Magistratura si attuarono lavori di miglioramento della sicurezza con introduzione del concetto di ridondanza (la stessa che si usa sui sistemi e strumentazioni degli aerei, ma cadono lo stesso ogni tanto!) ma non si è mai capito se i miglioramenti siano solo ridotti alla Sala C dove era posta la strumentazione.

Ecco il racconto delle notevoli lacune ravvisate durante l'ispezione dei tecnici del magistrato all'interno del Laboratorio e 'dei famosi buchi pieni d'acqua nel pavimento della sala C' <http://cerca.unita.it/ARCHIVE/xml/90000/85687.xml?key=iervasi&first=891&orderby=0&dbt=arc>

La sostanza finì nei fiumi inquinando il Mavone (come accertato dall'Arta) e decimando i macroinvertebrati (specie i gamberi, considerati bio-indicatori).

Lo pseudocumene è una sostanza volatile poco solubile in acqua e risulta dagli ultimi studi principalmente mutageno/cancerogeno delle cellule germinali (quindi trasmissibili alla progenie) classificato come tale con codice rischio salute **GSH08** (Health hazard: tossico per la salute umana) che comporta rischio mutageno per le cellule germinali e cancerogeno, entrambi di **categoria 1A, categoria 1B, categoria 2**, dallo stesso produttore Sigma-Aldrich (proprietà della Multinazionale Merck)

<http://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/sial/45996?lang=it®ion=IT>

Queste 3 categorie 1A, 1B, 2 (all'interno del codice GSH8) insieme, indicano rischio non solo probabile ma dato per accertato non solo **in vitro** (ossia su cellule in provetta) ma anche **in vivo** (sull'essere vivente) ed infine acclarato anche con numerosi studi epidemiologici condotti sull'uomo http://www.schc.org/assets/docs/ghs_info_sheets/schc_ghs_fs6_mutagenicity.v4.pdf

<https://www.osha.gov/Publications/OSHA3844.pdf>

Lo Pseudocumene, anche in piccolissime quantità, si accumula nel tempo (effetto cronico: bioaccumulo) principalmente nei tessuti grassi dove può permanere per anni e da dove può svolgere la sua azione mutageno/cancerogena

Il livello di pericolo per l'ambiente, soprattutto acquatico, invece è **GHS09** (Hazardous to the aquatic environment: 'tossico per l'ambiente acquatico')

e precisamente:

- a) Acute hazard (pericolo acuto) **categoria 1**: ossia una quantità di sostanza minore od uguale ad 1 mg/L che distrugge in 96 ore di esposizione alla sostanza tossica, il 50% del campione di pesci giovani, esposto alla sostanza (analogamente per crostacei e alghe/piante marine)
- b) Chronic hazard (pericolo cronico, bioaccumulo) **categoria 1,2**: ossia una quantità di sostanza tra 1 e 10 mg/L ma in altri casi anche minore od uguale ad 1 mg/L che causa, dopo un

esposizione di 96ore alla sostanza tossica, al 50% di pesci adulti fertili (o uova fecondate, o embrioni esposti alla sostanza),danni che si manifesteranno nel loro ciclo vitale (analogamente per crostacei e alghe/piante marine)

→<http://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/sial/45996?lang=it®ion=IT>

→<http://www.ilo.org/legacy/english/protection/safework/ghs/ghsfinal/ghsc14.pdf>

Per approfondimento e per la metodologia di armonizzazione del rilevamento del danno acquatico→ ((*****)**documento 9 cap 4.1** da pag 219 di 568)

Quindi una bassissima quantità(piccola anche per una sostanza poco solubile in acqua come lo pseudocumene)può essere disastroso per l'ambiente marino.

Lo Pseudocumene è anche altamente infiammabile come liquido,gas,aerosol ed autoinfiammabile sotto certe condizioni <http://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/sial/45996?lang=it®ion=IT>

Se ne conclude che il rischio sismico,nel caso del laboratorio indurrebbe,o potrebbe indurre, un rischio di enorme impatto sull'ambiente e sull'uomo senza contare che del resto vista la scarsissima trasparenza sulle sostanze presenti(altre eventuali) ,nulla si sa con certezza,non essendo possibili ispezioni da parte di enti terzi ed indipendenti

Giova anche ricordare,come lezione della storia, che la totale mancanza di dati certi, non teorici, ma reali sul sistema geologico ed idrogeologico del Gran Sasso(quelli che si hanno sono datati ,parziali,estrapolati) non sono solo un problema reale per oggi ma lo sono stati anche per il passato quando a causa di evidenti errori di superficiali perizie geologiche che situavano la falda acquifera più in basso ,si distrusse, con la perforazione, il bacino della falda che si abbassò di ben 600metri(dimezzandone di fatto la portata totale),danno idrogeologico senza precedenti nella storia...di fatto furono completamente distrutte alcune ricche sorgenti nel dettaglio di tab1

Tab1

Valle Fredda	-95%
Ruzzo	-70%
Sopra Casale S. Nicola	-70%
Rio Arno	-40%
Chiarino	-40%
Mortaio d'Angri	-40%
Vitello d'Oro	-40%
Tempera	-25%
Vetoio	-25%
Tirino	-10%
Aterno	-10%

Esistono solo 2 altri laboratori al mondo analoghi a quello del Gran Sasso ma uno è lontano 150km dal più vicino centro abitato ai confini del deserto del South Dakota negli USA(Sanford Underground Research Lab https://en.wikipedia.org/wiki/Sanford_Underground_Research_Facility) ed un altro è in Russia nascosto tra i monti del Caucaso, è il laboratorio sotterraneo di Bakasan (dove fu effettuato l'esperimento STAGE simile al GALLEX , ma col gallio metallico invece che liquido) la distanza dai centri abitati minimizzerebbe il danno sugli abitanti nel caso di un incidente o in caso di sisma...

Il nostro laboratorio invece è in un parco naturale(Parco Gran Sasso-Laga)densamente abitato(lo era anche all'epoca della costruzione,ovviamente).In ogni caso costruire queste 2 strutture (Laboratorio e diga di Campotosto)sopra o nei pressi di grosse faglie potenzialmente distruttive (note da tempo prima della loro costruzione) , è stato un azzardo ed un atto di incoscienza a cui si dovrebbe porre rimedio quanto prima iniziando a garantire la trasparenza almeno per poter stimare la vulnerabilità sismica,da ente terzo ed indipendente,ed in secondo tempo valutare la quantità e la compatibilità di sostanze pericolose , stipate nel laboratorio stesso,con un

ambiente abitato(che solo un ente terzo ed indipendente può appurare mediante ispezione).Per alcune delle sostanze sopraccitate l'unica misura di sicurezza efficace è la raccomandazione principale per ogni sostanza chimica pericolosa,non stiparla in grosse quantità,come raccomandato dalle agenzie di

sicurezza ambientale internazionali, stante pure il fatto che in caso di incendio/esplosione di codeste immense quantità non esiste un metodo efficace di spegnimento (non essendo mai stato provato per simili quantità di elementi così pericolosi a contatto più o meno ravvicinato di altre grosse quantità di sostanze altrettanto pericolose). Ma a quanto risulta ad oggi (come in passato) non è nell'agenda di nessun programma di governo di nessuna forza politica, neanche abruzzese, eppure dovrebbe.

Un'unica nota sulla diga di Campotosto per dire che essa non solo preoccupa perché ha vicino una grossa faglia che potenzialmente può dare Mw 6.6 ma secondo tutti gli studi internazionali sono proprio le dighe e gli invasi stessi ad essere un problema grave di per se in quanto possono innescare, esse stesse, la rottura di faglie vicine (come in questo caso) ossia funzionare da **trigger** (triggered earthquake, sisma innescato da una piccola perturbazione in questo caso la quantità di energia rilasciata, dipende da quanto era carica la faglia e dalla sua grandezza) o essere causa-concausa della rottura ossia funzionare da **inductor** (**inducted earthquake**, ossia apportare uno stress meccanico alla faglia che ne era prima o parzialmente priva, tale da portarla a rottura, in questo caso l'energia rilasciata dipende anche dallo stress apportato alla faglia dalla diga)

In uno studio della **società sismologia americana**, come nello studio **Ichese**, gli invasi sono ritenuti responsabili di sismi anche di magnitudo molto elevata e questo in un tempo, dalla loro costruzione, che non è possibile determinare a priori in quanto dipendente dal singolo caso, terreno, tipo di invaso e cicli/livelli di riempimenti/svuotamenti.

Lo studio americano si riferisce all'invaso artificiale Swift Reservoir nella zona di Washington <http://bssa.geoscienceworld.org/content/76/6/1573> (si intende in questo caso di **inducted earthquake** con magnitudo **ML da 4 a 5.1**) mentre lo studio internazionale Ichese riporta esplicitamente: **'Reservoir impoundment (2.0 - 7.9 ML)'**

ossia la magnitudo minima e massima che può provocare un invaso che appunto va da magnitudo 2 a 7.9 (si intende **triggered earthquake** per i valori di magnitudo maggiori) il che è per nulla rassicurante! → (*****) **documento 6** pag 8-9-12

(*) **Documento 1** dell'INGV scaricabile al link :

http://m.provincia.teramo.it/aree-tematiche/sicurezza-e-prevenzione/protezione-civile/scenari-speditivi-di-danno-in-caso-di-terremoto/relazione%20finale%20TE_2.pdf/at_download/file

(**) **Documento 2** dell'Università di Siena scaricabile al link:

http://www.dsfta.unisi.it/sites/st01/files/allegatiparagrafo/23-10-2014/assetto_tettonico_e_potenzialita_sismogenetica_appennino_tosco_umbro_marchigiano_parte-1.pdf

(***) **Documento 3** del CNR/INGV/DPC scaricabile al link:

<http://www.annalsofgeophysics.eu/index.php/annals/article/download/3456/3501>

(****) **Documento 4** dell'INGV scaricabile al link :

ftp://ftp.ingv.it/pro/gndt/Pubblicazioni/Meletti/2_06_Calamita.pdf

(*****) **Documento 5** scaricabile al link :

https://www.researchgate.net/publication/27774102_Analisi_dell'attivita_quaternaria_delle_faglie_normali_della_Montagna_dei_Fiori_e_del_bacino_di_Leonessa)

(*****) **Documento 6** scaricabile al link :

http://www.bollettinoadapt.it/wp-content/uploads/2014/04/ICHESE_Report.pdf

(*****) **Documento 7** scaricabile al link :

http://www.protezionecivile.gov.it/resources/cms/documents/Impaginato_MCZ_2010_parte_IV_M_Z.pdf

(*****)**Documento 8** scaricabile al link :

https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/danger/publi/ghs/ghs_rev04/English/ST-SG-AC10-30-Rev4e.pdf

(*****)**Documento 9** scaricabile al link :

<https://static.complianceonline.com/docs/Sittigs-Handbook-of-Toxic-and-Hazardous-Chemicals-and-Carcinogens-2012.pdf>

(*****)**Documento 10** scaricabile al link:

http://www.dsfta.unisi.it/sites/st01/files/allegatiparagrafo/23-10-2014/assetto_tettonico_e_potenzialita_sismogenetica_appennino_tosco_umbro_marchigiano_parte-2.pdf

(*****)**Documento 11** scaricabile al link:

http://tetide.geo.uniroma1.it/dst/grafica_nuova/pubblicazioni_DST/geologica_romana/Volumi/Vol%2026/GR_26_327_347_Mattei.pdf

(*****)**Documento 12** scaricabile al link:

https://eppursimuoveaq.files.wordpress.com/2011/03/pericolositc3a0-sismica-abruzzo_lavecchia-etal2006.pdf

(*****)**Documento 13** scaricabile al link:

http://roccoditomaso.xoom.it/index_file/STESSA_libro.pdf