

Risposte alle “osservazioni” alla Sezione 1 (Geologia Strutturale) del rapporto finale dell’Università degli Studi di Siena

Nel secondo paragrafo è riportata l'unica carta geologica prodotta: si tratta di uno 1-schema geologico semplificato, che contiene meno informazioni geologiche di quelle contenute nella Carta Geologica Regionale in scala 1:10.000. Ci sembra evidente che tale carta riveste solo un carattere di inquadramento, non essendo sufficiente a definire l'assetto strutturale dell'area amiatina, in relazione agli aspetti idrogeologici che devono essere chiariti in merito alla geotermia.

Questa è appunto l'utilità, specificamente dichiarata, della citata Fig. 1 che è, intenzionalmente, una sintesi semplificata della carta 1:10000 della Regione Toscana e che ha la funzione di servire come base per l'introduzione geologica, senza altre finalità aggiuntive.

Nel terzo paragrafo vengono dapprima definite le caratteristiche di faglie e fratture e quindi sono brevemente elencati i sistemi di fratturazione che sono stati individuati ((*)si presume sulle vulcaniti), (**senza però indicare il numero di misure effettuate (ai fini della validità statistica), né sono allegati degli stereogrammi di distribuzione spaziale degli elementi individuati.

(*)si presume sulle vulcaniti

Certamente sì, come opportunamente specificato alla fine del paragrafo 2 del testo.

(**)senza però indicare il numero di misure effettuate (ai fini della validità statistica), né sono allegati degli stereogrammi di distribuzione spaziale degli elementi individuati.

In senso stretto, questo potrebbe essere considerato alla stregua di una mancanza di completezza della documentazione. Si fa notare però che tale documentazione, ove riportata, avrebbe comunque portato al riconoscimento dei sistemi di fatturazione e delle relative giaciture ampiamente illustrati nella Sezione 1 (questa sì, non eliminabile) che in definitiva costituiscono la sintesi di quella documentazione. Si conferma pertanto che i dati presentati sono più che sufficienti a sostanziare le conoscenze di campo acquisite.

□ Zona Pian delle Mura: le osservazioni dello studio sono riferite a (*)fatturazione presente sul “versante di faglia”, che comunque (**concordano abbastanza con quelle dello studio Edra (che cita tale faglia come una di quelle che meglio testimoniano una fase di sprofondamento dell'edificio vulcanico). Nello studio si afferma che (***) non è stato però possibile stabilire i caratteri del movimento della faglia (a parere degli scriventi i caratteri morfo-strutturali della zona sono a sostegno della tesi Edra); inoltre nello studio mancano (****) osservazioni sulle superfici delle colate laviche tagliate dalla faglia delle Mura, che avrebbero potuto fornire altri elementi conoscitivi in merito.

(*) fratturazione presente sul “versante di faglia”

L'espressione “versante di faglia” non compare nella Sezione 1. Si ritiene utile, inoltre, specificare che la struttura descritta in zona Pian delle Mura è la faglia e non il “versante di faglia”. Quest'ultima espressione, per altro, non è affatto chiara, ma potrebbe voler dire che i revisori

interpretano l'intero versante Nord di Pian delle Mura (dove esiste la faglia) come uno dei due blocchi della struttura: così certamente non è, né è questo che è riportato nella Sezione 1.

(**) concordano abbastanza con quelle dello studio Edra (che cita tale faglia)

Lo studio EDRA **non parla di questa faglia**, bensì di quella che coinciderebbe con la valletta orientata O-E presente subito a Nord di Pian delle Mura e che, secondo la Sezione 1, semplicemente non esiste. Con questa affermazione si vuole rimarcare che la “faglia di Pian delle Mura” di EDRA **è altra cosa**, per espressione morfologica e dati di campo, rispetto alla “faglia di Pian delle Mura” del nostro studio, presentata attraverso documentazione fotografica e descrizione di obiettive caratteristiche geometriche 3-D.

(***) non è stato però possibile stabilire i caratteri del movimento della faglia (a parere degli scriventi i caratteri morfo-strutturali della zona sono a sostegno della tesi Edra)

A sostegno di quanto si è affermato nella relazione si rimanda ai dati acquisiti e comunicati, nei quali non compaiono osservazioni e misure di inequivocabili indicatori cinematici: questo è il *non-dato* che giustifica la dichiarata indeterminabilità della cinematica della faglia. Di contro i revisori non esplicitano alcun dato obiettivo limitandosi ad un indefinito parere sui caratteri morfo-strutturali dell'area. In generale tali caratteri sono inutilizzabili ai fini di determinare giacitura e cinematica di una faglia (ammesso che esista), possono solo essere espressione di un allineamento di discontinuità planari, che, evidentemente, non sono automaticamente delle faglie.

(****) osservazioni sulle superfici delle colate laviche tagliate dalla faglia delle Mura, che avrebbero potuto fornire altri elementi conoscitivi in merito

Quali colate laviche? Noi non abbiamo per nulla scritto di avere riconosciuto, nei dintorni della “nostra” faglia di Pian delle Mura, evidenze di *layering* lavico rivelatore di originari flussi eruttivi in sequenza temporale. Ma neanche i revisori citano tali presunte evidenze, inducendoci a pensare che anch'essi non ne abbiano distinte e si limitino ad azzardare ipotesi.

Quali altri elementi conoscitivi? La risposta non può venire da queste righe in quanto noi non abbiamo osservato altri elementi conoscitivi se non quelli strutturali esposti nella Sezione 1. Ma tale risposta potrebbe forse esser fornita dai revisori, visto che entrano in argomento (..... a ragion veduta?).

□ Zona Poggio Falco - Poggio Pinzi: lo studio riconosce la presenza di una faglia, con un movimento trascorrente sinistro. Sulla base delle osservazioni mesostrutturali di campagna, senza altri tipi di indagine, né richiamando i risultati della Sez. 4, viene dedotto che non esiste il graben sommitale indicato negli studi preliminari di Edra.

Per quanto a noi noto dalla letteratura scientifica e per esperienza di ricerca, i tipi d'indagine necessari e sufficienti a mettere in chiaro l'esistenza o meno di faglie in superficie sono quelli adottati nel lavoro di campagna svolto a suo tempo e le cui risultanze sono del tutto adeguate a sostenere quanto affermato nella relazione. Tuttavia, se i revisori sono a conoscenza di altri e più idonei metodi scientifici, siamo disponibili ed ansiosi di conoscerne caratteristiche e tecniche d'uso.

Gli autori usano una logica per la quale le faglie esistono solo quando confermate dai rilievi strutturali alla mesoscala. senza considerare che le litologie vulcaniche presenti non sono certo le migliori per tali

osservazioni e neppure in tale fase vengono considerati i "lineamenti tettonici" individuati nella sez. 4 dello stesso studio.

Le osservazioni di campo dimostrano che le vulcaniti dovevano essere fredde e solide quando hanno subito la deformazione fragile con sviluppo di faglie (non di rado corredate da *cracking* più o meno diffuso lungo il piano di faglia) e dei connessi *set* di fatturazione. Le documentate strutture attestano che le lave amiatine sono rocce del tutto adatte per le osservazioni sui loro assetti strutturali e per le connesse deduzioni, al pari di calcari, diaspri, arenarie, granitoidi, filladi, gneiss, ecc.

Inoltre, l'assenza di evidenze di campagna dirette (esposizione dei piani di faglia e degli indicatori cinematici) e indirette (*offset* di *marker* litologici, ecc.) è sufficiente ad indicare che un certo lineamento morfologico, pur evidente, possa corrispondere ad un semplice *set* di fratture e non ad una sicura faglia.

Si vuole qui far notare che una faglia può esistere anche se il rilievo di campagna non ne consente l'individuazione, considerando soprattutto che le emissioni vulcaniche tendono a ricoprire e "distruggere" le evidenze delle discontinuità tettoniche che ne hanno permesso la risalita.

Nel loro scritto i revisori si riferiscono, in questo caso, alle faglie (secondo loro anche solo fratture) lungo le quali i magmi sarebbero risaliti obliterando, alla fine, le evidenze di quelle stesse discontinuità (probabilmente anche chiudendole). E' quindi un fatto ovvio che tali faglie sono, cronologicamente, da *pre-* a *sin-*emissioni laviche e non successive ad esse. Come già sottolineato poco sopra, risulta invece che le vulcaniti erano già solidificate, fredde e rigide quando hanno subito lo svilupparsi delle strutture fragili (anche nell'ipotesi del *volcanic spreading*), quindi queste sono post-emissioni laviche. Naturalmente è possibile che alcune delle discontinuità di prima generazione siano state riattivate nelle deformazioni fragili successive all'attività vulcanica, ma questa è solo una circostanza fortuita e non la regola.

La verifica sul campo delle faglie ipotizzate da Edra si è basata solo su un'analisi mesostrutturale (peraltro su un numero di misure non dichiarato e senza l'elaborazione di stereonet) su litologie vulcaniche non molto favorevoli a tale tipo di indagine. Si deve anche osservare che in questi casi sarebbe stato utile affiancare alle analisi mesostrutturali delle indagini fotogeologiche e geomorfologiche.

Nella ricchissima letteratura scientifica sulle strutture deformative legate alla tettonica fragile, qualunque deduzione, discussione e conclusione prende invariabilmente corpo a partire da una meticolosa indagine mesostrutturale di campo. Ciò è esattamente quello che ovunque, in Italia e all'estero, viene insegnato agli studenti degli anni 2° e 3° dei C.L. Scienze Geologiche, attraverso l'esecuzione di rilievi geologico strutturali dettagliati e la raccolta di dati giacitureli convenientemente abbondanti. Alla luce di ciò, il termine "solo" usato nella nota dei revisori è riduttivo, fuorviante e inaccettabile. Il metodo da noi adottato per lo svolgimento dell'incarico è stato quello universalmente condiviso e praticato da tutti i ricercatori delle varie scuole di analisi strutturale.

Riguardo al numero di misure non dichiarato e senza l'elaborazione di stereonet, si veda quanto scritto al terzo commento di questa parte.

Riguardo al fatto che le litologie vulcaniche non sono molto favorevoli a tale tipo di indagine, al nono commento di questa parte.

Riguardo all'utilità di affiancare alle analisi mesostrutturali delle indagini fotogeologiche e geomorfologiche, le indagini fotogeologiche ci sono. Queste sono state effettuate dal gruppo di lavoro degli esperti in telerilevamento del Centro di Geotecnologie di San Giovanni Valdarno. Sia

nella Sezione 4 del rapporto finale dell'Università di Siena sia in varie esposizioni orali avvenute nei mesi passati è stato ripetutamente evidenziato che i lineamenti rivelati dagli esami fotogeologici di rado possono essere direttamente assegnati a strutture certe. Si è quindi molto insistito sul fatto che, **comunque**, è assolutamente necessario operare i dovuti controlli sul campo per formulare o validare le ipotetiche attribuzioni.

Analisi geomorfologiche: poiché nella materia trattata dalla Sezione 1 non era di interesse studiare i processi evolutivi dei lineamenti morfologici identificati, questi sono stati trattati come *marker* di possibili strutture, e in questo senso si ritiene, fondatamente, che la suddetta analisi fotogeologica includa anche quella geomorfologica.

Viene detto che i lineamenti morfologici possono corrispondere a fratture. A tal proposito si deve osservare che se la demarcazione fra faglie e fratture è indice dell'esistenza di uno spostamento dei blocchi, è chiaro che la classificazione di un elemento tettonico in uno dei due tipi, dipende dalla scala di indagine.

Si riportano esattamente le definizioni sintetiche di *faglie* e *fratture* come riportate in alcuni testi di riferimento di geologia strutturale, tra quelli più utilizzati negli ultimi 25 anni, pubblicati da maestri della materia riconosciuti a livello mondiale. Una piccola avvertenza: quella che in italiano viene detta "frattura" in inglese è tradotta come "joint". Il termine "fracture" è più generale e designa la discontinuità lungo la quale una roccia ha perso la propria continuità (quindi anche una faglia è una *fracture*, come specificato nella Sezione 1 del nostro rapporto finale).

Davis G.H. & Reynolds S.J., 1996. Structural geology of rocks and regions. John Wiley and Sons, Inc., 1-776.

Pag. 204: " *Joints are planar fractures, commonly on the scale of centimetres to tens or hundreds of meters in length, along which there has been imperceptible "pull-apart" movement the movement that takes place when a joint forms is nearly microscopic in scale. Thus the amount and direction of movement represented by the existence of a joint cannot be identified in outcrop Joints commonly become sites where minerals precipitated in the form of veins. The precipitation of minerals "seals" the fracture "*

Pag. 269: " *Faults are fractures along which there is visible offset by shear displacement parallel to the fracture surface Faults range in length and displacement from small break with offsets wholly contained within individual hand specimens or outcrops, to regional crust breaks some shear fractures are actually microfaults, but they generally go unrecognized as such because the tiny offset caused by shear cannot be easily resolved without aid of microscope "*

Hatcher R.D. Ju., 1995 – Structural geology. Principles, concepts, and problems. Prentice Hall, 1-525.

Pag. 138: " *Fractures along which there has been no appreciable displacement parallel to the fracture and only slight movement normal to the fracture plane are joints "*

Pag. 163: " *A fault is a fracture having appreciable movement parallel to the plane of fracture "*

Twiss R.J. & Moores E.M., 1992 – Structural geology. W.H.Freeman and company, 1-532.

Pag. 37: " *Most outcrops of rocks exhibit many fractures that show very small displacement normal to their surfaces and no, or very little, displacement parallel to their surfaces. We call such fractures joints "*

Pag. 51: " *A fault is a surface or narrow zone along which one side had moved relative to the other in a direction parallel to the surface or zone "*

Ramsay J.G. & Huber M.I., 1987 - The techniques of modern structural geology. Volume 2: folds and fractures. Academic Press, 309-700.

Pag. 505: “ *Faults are fracture discontinuities in a rock along which a significant differential displacement ($> 0,5$ mm and generally much larger than this minimum value) has taken place* “

Pag. 561: “ *We will use the term fracture to cover all discrete breaks in a rock mass where cohesion was lost. This general term covers faults, where the two sides were displaced relative to each other, joints where the two sides show no differential displacement* “

Pag. 641: “ *Joints are defined as fractures of geological origin along which no appreciable displacement has occurred* *even when thin sections of joints are viewed with the microscope* *no obvious displacement can be detected* “

Park R.G., 1983 – Foundations of structural geology. Blackie and Sons Ltd, 1-148.

Pag. 1: “ *Rock fractures are* *cracks across which the cohesion of the material is lost* *Where there is a measurable displacement across the fracture plane, that is, where the rock on one side has moved along the fracture relative to the other side, the fracture is termed fault. Where there is no displacement, or where the displacement is too small to be easily visible, the fracture is termed joint. Although the distinction between the two appears somewhat artificial, and depends on the scale of observation, in practice, the great majority of fractures show no, or negligible, displacement and are classified as joints* “

Price N.J., 1981 – Fault and joint development in brittle and semi-brittle rock. Pergamon Press, 1-176.

Pag. 57: “ *A fault is a plane of fracture which exhibits obvious signs of differential movement of rock mass on either side of the plane* “

Pag. 110: “ *Joints are cracks and fractures in rock along which there has been extremely little or no movement* “

In sintesi (come già specificato nella nostra relazione), una *faglia* è una frattura con spostamento relativo dei due blocchi, mentre una *frattura* è, in senso stretto, una discontinuità priva di spostamento relativo dei blocchi, oppure nella quale lo spostamento è così piccolo da poter essere preso in considerazione solo in analisi strutturali a scala microscopica.

Poiché (1) le strutture fragili in oggetto hanno dimensioni dalla mesoscala (circa 1-10 m) alla megascala (da 10 m in su), e (2) per nessuna delle strutture qualificate da EDRA come faglie si riconoscono segni inequivocabili che permettano di risalire all'entità dello spostamento, sono da considerare faglie solo quelle strutture che, all'attento esame di campo, mostrano sicuri *marker* di movimento (l'aspetto spianato e regolare, in qualche punto quasi levigato, della superficie di faglia, cenni di striature e/o di scalini in roccia, associazioni sistematiche tra superfici nette e con bassi angoli tra loro, ecc.). Tutte le altre discontinuità, più o meno irregolari, lunghe e organizzate in *set*, sono certamente da considerarsi delle semplici fratture.

Inoltre si deve ricordare che nell'edificio vulcanico, anche se inquadrabili solo come fratture, alcune di esse hanno consentito la fuoriuscita di emissioni laviche, indicando un collegamento profondo delle stesse, cosa poi importante ai fini generali dello studio per chiarire se esistano possibili collegamenti tra le 2 falde.

In sintonia con quanto sostenuto (pur con argomentazioni diverse) dai vari autori che si sono dedicati allo studio del vulcano Amiata, le emissioni laviche si sono prodotte a partire da discontinuità principalmente orientate SO-NE. Tali discontinuità sono da riferire ai sistemi disgiuntivi fragili ad andamento antiappenninico, e cinematica trascorrente, che in varie aree

interrompono e/o traslano le precedenti successioni neogeniche del Miocene sup. - Pliocene-Pleistocene inf., variamente disseminate a scala regionale.

E' assai probabile che al termine dell'attività eruttiva tali discontinuità siano state "sigillate" dallo stesso materiale magmatico in risalita. In questo modo si sono verosimilmente formati dei sistemi filoniani, più o meno concentrati, entro le rocce del substrato, lungo le vie di risalita delle lave del Complesso basale, e poi altri sistemi ancora nel substrato e in parte anche nelle vulcaniti basali attraverso i quali sarebbero risalite le lave del Complesso 2. Risulta evidente che tali fratture hanno quindi cessato di essere delle "vie aperte" disponibili per la futura circolazione di fluidi. Come già riferito, il perdurante regime tettonico trascorrente può avere riattivato alcune di esse nei successivi sviluppi delle strutture fragili del Pleistocene sup.-Olocene, ma questa è solo una casualità e certo non la regola.

Per quanto riguarda i diapiri (indicati nel numero di 7 da Edra) lo studio conclude che in base a sopralluoghi e ad analisi delle giaciture di strato riportate nelle carte geologiche esistenti, la loro effettiva presenza non è documentata. Non sono però prodotte carte di sintesi delle suddette analisi.

Si ammette con rammarico che la Sezione 1 avrebbe potuto riportare i prodotti cartografici consultati (Calamai et alii, 1970; Pandeli et alii, 2005: Cartografia geologica Reg. Toscana, anni vari), con le specificazioni dei tratti di sezioni geologiche attraverso i presunti "diapiri" di EDRA. Si ritiene per certo che queste indicazioni puntuali avrebbero costituito una documentazione più che illuminante a sostegno della conclamata inesistenza delle strutture diapiriche immaginate da EDRA, sostituendo in modo più che adeguato ulteriori elaborati cartografici che, evidentemente, sono ritenuti indispensabili dai revisori.

In relazione alle sinclinali ipotizzate da Edra intercalate fra i diapiri ed a questi correlate come genesi, è chiaro che tali ipotetici effetti secondari si sovrappongono alla giacitura a sinclinale alla base delle colate vulcaniche esterne all'edificio vulcanico, che già in origine si sono deposte su morfologie vallive, anche se oggi, per il fenomeno di inversione del rilievo (maggiore resistenza all'erosione rispetto alle rocce di base) queste colate costituiscono strutture positive.

Non è chiaro cosa i revisori intendano con l'espressione "*colate vulcaniche esterne all'edificio vulcanico*": probabilmente essi si riferiscono alle parti più periferiche della copertura costituita dalle trachidaciti del Complesso basale. Se così fosse, è abbastanza evidente che quelle lave si sono messe in posto lungo le "morfologie vallive" esistenti al tempo della loro effusione, circa 300.000 anni fa. Non è altrettanto scontato che quelle valli corrispondessero a "giaciture a sinclinale" nelle formazioni del substrato. Molto spesso non è così e, comunque, tale coincidenza non è certo la regola ma solo un caso fortuito.

Una nostra analisi del rilievo 3D del DEM dell'area, ha comunque evidenziato che almeno sui lati nord ed ovest dell'area amiatina esistono tratti molto evidenti di strutture (di faglia?), che coincidono abbastanza con quelle di Edra e sulla cui presenza e natura nulla dice lo studio.

E' del tutto evidente che gli argomenti da noi manifestati per mettere in profonda discussione l'esistenza delle strutture EDRA valgono anche per i "*tratti molto evidenti di strutture*" ricordati dai revisori. Se, invece, questi ultimi avessero riconosciuto nuovi e più chiari lineamenti strutturali, sarebbe, allora, doveroso da parte loro indicare quali sono, dove sono, che orientazione hanno, ecc.,

e ciò ben prima di contestare di averli trascurati a noi che, evidentemente, “non siamo stati in grado di individuarli” (per incapacità nostra o perché non esistono?).

Aldilà di quanto sopra espresso e di quanto alle successive conclusioni, la Sez. 1 dello studio, appare nei contenuti più orientata a sviluppare “controdeduzioni allo studio Edra con note di geologia strutturale” che non lo “studio geostrutturale dell'apparato vulcanico amiatino”.

Infatti un effettivo studio geostrutturale avrebbe dovuto basarsi sui seguenti elementi qui solo sintetizzati:

1. analisi dei dati contenuti nei vari studi geologici esistenti e approfondimento dei dati contenuti nella carta geologica al “10.000” della Regione Toscana;
2. confronto con le indicazioni dello studio fotogeologico;
3. elaborazione di un modello di evoluzione dell'area amiatina, riferito anche al vulcano, basato su carte geologiche e sezioni geologiche, nonché su schemi vulcano-tettonici.
4. applicazione del modello suddetto per una valutazione del possibile-probabile collegamento che le faglie hanno sulle 2 falde idriche in discussione.

Si concorda sul fatto che l'espressione “studio strutturale” nel titolo del rapporto finale dell'Università di Siena possa risultare ridondante rispetto all'effettivo contenuto della Sezione 1. Detto ciò si sottolinea nondimeno che (1) tale sezione ha correttamente preso le mosse da quanto specificato nella convenzione RT-US, e che (2) l'enfasi colta nella suddetta espressione nulla toglie al significato di quanto è stato scritto in tema di struttura geologica dell'Amiata.

Circa l'articolazione di uno studio strutturale crediamo di avere idee molto chiare ed abbastanza diverse da quanto indicato dai nostri critici:

- a) la ricerca bibliografica sugli “*studi geologici esistenti*” è utile per appurare lo sviluppo delle conoscenze geologiche della regione. Di solito questa fase è piuttosto delicata, almeno nella nostra concezione, si tratta infatti di: (1) comprendere le “opinioni” scientifiche dei vari autori e valutare i dati che essi hanno acquisito a sostegno delle stesse; (2) mettere a confronto tali dati e “opinioni” con attenzione alla loro successione nel tempo; (3) evitare di schierarsi per una qualsiasi delle posizioni esistenti e recepirle tutte con senso di obiettività; (4) sforzarsi di non far prevalere le proprie idee e conoscenze sull'argomento (che comunque si hanno) sulle altre mettendo a punto un programma, obiettivo e scrupoloso, di indagini di campo e di laboratorio (elaborazioni dati, microscopia, ecc.). Per quanto in veste molto speditiva, questa parte sostanziale per la ricerca compare come introduzione della Sezione 1, ma potrebbe essere ampliata e approfondita;
- b) lo “*studio fotogeologico*” serve per riconoscere ed ubicare, in via preliminare, i lineamenti morfologici di potenziale interesse strutturale. A questa necessità ha provveduto la Sezione 4, che si proponeva anche finalità d'indagine indipendenti dallo studio strutturale in senso stretto. Nel nostro studio le indicazioni fotogeologiche sono state utilizzate per i successivi e necessari controlli sul campo;
- c) la parte di gran lunga preponderante dello studio strutturale è il lavoro di campagna, consistente nel rilievo geologico-strutturale di tutte le zone “critiche” della regione in studio identificate attraverso i due precedenti passaggi (soprattutto il primo);
- d) lo scopo finale è quello di raccogliere dati strutturali per ognuna delle zone critiche individuate con l'obiettivo di pervenire alla stesura di carte e sezioni a grande scala e con l'intento non di allestire un modello globale della regione in studio, ma di acquisire puntuali conoscenze dirette e obiettive atte a ricostruire (per quanto oggettivamente possibile!) l'evoluzione geologica della regione medesima.

Parlando della zona del Monte Amiata, un progetto di ricerca del tipo sopra descritto potrebbe realisticamente essere sviluppato nell'arco di alcuni anni (3-4). Non è evidentemente un programma realizzabile nell'ambito di un "affidamento di studio" (come recita la citata convenzione) della durata di solo qualche mese (4, con proroga di altri 4).

Relativamente ai punti 3 e 4, riteniamo molto rischioso, scientificamente parlando, il finalizzare le ricerche alla produzione di un "modello". Pensiamo sia preferibile, nell'affrontare una ricerca geostrutturale e non solo, orientarsi ad una corretta raccolta dei dati e sui dati raccolti impostare confronti e operare valutazioni e deduzioni congruenti con questi ultimi, quindi scientificamente sostenibili.

Ad ogni buon conto, ci par di capire che il "*modello di evoluzione dell'area amiatina, riferito anche al vulcano*" sia un elaborato abbastanza confrontabile con quanto espresso al precedente punto d), anche se resta piuttosto oscuro cosa gli scriventi intendano per "*schemi vulcano-tettonici*".

Facciamo notare che il *modello evolutivo* consiste nell'esposizione scritta della storia geologica della regione (prima è accaduto questo, poi quest'altro, ecc ...), al massimo accompagnato da schemi bi- o tri-dimensionali, non in scala, per tentare di rappresentare passati scenari che, visti in serie, portano alla configurazione attuale (tipo Fig. 7 di Ferrari *et alii*, 1996).

In questo sforzo di rappresentazione, comunque molto approssimata e a ritroso nel tempo, a nulla servono le carte geologiche rilevate e le relative sezioni, che invece sono la "fotografia" (nelle intenzioni la più attendibile e obiettiva possibile) della configurazione attuale. Queste sono certamente essenziali durante lo sviluppo progressivo delle conoscenze, ma risultano come dati acquisiti quando si passa alla successiva ricostruzione della storia geologica di una certa regione.

Se, invece, per "*modello*" i revisori intendessero la rappresentazione 3-D delle discontinuità (faglie o fratture) dell'insieme vulcaniti-substrato, si ritiene sia praticamente impossibile produrre un *block-diagram* in scala che dia un'immagine reale, esauriente e fedele, di frequenza e continuità orizzontale e verticale dei sistemi di discontinuità rilevati in superficie.

Forse sarebbe possibile produrre via *software* una rappresentazione 3-D che desse un'idea approssimata di quale potrebbe essere l'assetto interno del corpo geologico studiato, ma siamo piuttosto scettici circa la sua attendibilità. Diciamo di più, riteniamo scientificamente molto scorretto utilizzare un elaborato di questo tipo tal quale, come se si trattasse di un **dato reale**, per ogni successivo passaggio analitico.

In ultimo, a proposito di "*..... valutazione del possibile-probabile collegamento che le faglie hanno sulle 2 falde idriche in discussione.*", ci chiediamo: in discussione da parte di chi? Nella Sezione 1 del nostro rapporto finale non vi sono riferimenti alla questione del supposto "*collegamento*". Mi pare quindi che la frase contenga una presa di posizione preconcepita dei revisori, secondo la quale studi, elaborati e discussioni devono comunque adeguarsi ed inquadrarsi nell'improbabile scenario di *volcanic spreading* "decretato" da EDRA.

SINTESI FINALE

Quale commento alla sintesi finale dedicata dai tecnici della Regione Toscana a questa sezione della relazione finale dell'Università di Siena valgono le considerazioni fin qui espresse cui si ritiene di dover aggiungere quanto segue.

Infine, oltre alla fase di confutazione delle faglie Edra, non sono stati presentati dati che illustrassero una sintesi degli effetti dell'evoluzione tettonica regionale dell'area amiatina (riferita agli elementi faglie e fratture principali), né dell'evoluzione del vulcano Amiata (a tal proposito è bene ricordare che un vulcano non è un "oggetto statico" che nasce e tale rimane! accade invece che le fasi eruttive siano anche fasi di profondi mutamenti dell'edificio preesistente).

L'evoluzione tettonica cui sono state riferite le faglie oggettivamente riconosciute, e riconoscibili, è ben posteriore alle "fasi eruttive" che hanno creato il vulcano. Queste ultime erano del tutto esaurite quando si sono sviluppate ed evolute le strutture fragili di cui trattasi.

Relativamente alla non esistenza del graben sommitale lo studio non considera nemmeno i risultati dello studio fotogeologico (sez.4), che evidenziano alcune faglie sommitali che sembrerebbero invece compatibili con la struttura a graben di Edra.

Tutti i lineamenti fotointerpretati sono stati oggetto di controlli di campo sufficientemente approfonditi da permettere di riconoscere le faglie **realmente esistenti**, che sono state indicate e descritte nelle loro caratteristiche d'affioramento.

Nel caso specifico si ribadisce che la faglia nord-occidentale del cosiddetto "graben sommitale" (zona La Montagnola) non esiste, anche se un qualche lineamento geologico è ricavabile e posto in evidenza dalla fotointerpretazione. Questo lineamento, rilevato dal nostro gruppo di lavoro, e ancor prima dal lavoro di EDRA e da non poche pubblicazioni antecedenti dovute a vari autori, non è una faglia.

Riguardo alla dichiarata non esistenza del "volcanic spreading", si ritiene che non siano stati prodotti dati ed analisi capaci di sostenere tale dichiarazione.

Riguardo a questa opinione, che si sottolinea essere non argomentata, dei revisori:

- si conferma che i dati forniti nella Sezione 1 del rapporto finale dell'Università di Siena e le argomentazioni che essi impongono e comprovano siano sufficienti a sostenere la manifesta inesistenza del *volcanic spreading*. Se secondo i nostri critici quest'affermazione è falsa, si chiede che, conseguentemente, si dispongano (come la prassi scientifica richiede) a confutare punto per punto quanto da noi scritto alla luce dei **loro** dati originali (cioè né i nostri, né quelli di EDRA).

- sottolineiamo l'incoerenza e la parzialità insiti nell'accusare noi di non aver prodotto "*dati ed analisi capaci di sostenere*" le nostre affermazioni, e nell'accettare acriticamente quanto viene etichettato da EDRA (2006) come verità scientifica, sia pure in totale assenza di dati geologici controllabili (cosa da noi accertata) e quindi condivisibili.

L'affermazione che la tettonica fragile sia in questa area solo postvulcanica è chiaramente riferita al complesso delle rocce vulcaniche e non al substrato. Non viene però in questo paragrafo considerata la probabile esistenza di movimenti dell'edificio vulcanico durante la sua evoluzione, anche connessi a tettonica regionale.

Non si è affatto scritto questo, lo scritto dice che le strutture oggi rilevabili nelle vulcaniti devono essere nate quando le vulcaniti erano già solidificate e fredde, così da potersi fratturare. Non è scritto da nessuna parte che tali strutture sono confinate alle sole vulcaniti senza interessare anche il substrato. E che ciò sia, per altro, impossibile si comprende in modo inequivocabile poco oltre, quando si fa riferimento alla tettonica fragile regionale del Pleistocene sup..

L'analisi fotogeologica (sez. 4) avrebbe dovuto essere preliminare alla parte geologico-strutturale, che invece non sembra considerarne i risultati.

Si concorda che la Sezione 4 avrebbe potuto precedere, nell'indice della relazione, lo studio strutturale. E' invece palesemente falso affermare che i risultati dello studio fotogeologico non sono stati considerati.

La sez.1, per come risulta impostata, presenta piuttosto caratteri di "controdeduzioni allo studio Edra", che non quelli di uno studio geologico strutturale dell'Amiata. Infatti non viene definito in modo compiuto un modello geologico strutturale (salvo alcune indicazioni di carattere generale), dopo aver controbattuto alle ipotesi Edra; peraltro secondo una logica per la quale: 27-"ciò che non vedo con il mio metodo non esiste"; senza considerare i diversi campi di indagine che spesso sono necessari per giungere a risultati negli studi geologici.

Il metodo da noi utilizzato sul campo non è "*il mio metodo*", ma è quello scientificamente più valido, e per questo motivo anche il più praticato, come si è in precedenza illustrato.

Le carenze sopra elencate fanno considerare che la mancata definizione di un modello strutturale degli elementi tettonici che possono collegare l'edificio vulcanico con i campi geotermici sottostanti (soprattutto attraverso i camini vulcanici), priva la successiva parte idrogeologica dello studio delle basi conoscitive per una valida modellazione.

Sembra dunque di intuire che i nostri critici avrebbero auspicato la costruzione di un modello strutturale che poi il gruppo di lavoro degli idrogeologi avrebbe dovuto applicare per costruire un modello idrogeologico. Riguardo al modello strutturale si ribadisce quanto espresso alle pagine 8 e 9 di questo scritto; si rimanda ogni ulteriore commento alla Sezione di Idrogeologia che qui appresso segue.

Risposte alle “osservazioni” alla Sezione 2 (Idrogeologia) del rapporto finale dell’Università degli Studi di Siena

Note introduttive

Complessivamente l’insieme delle “osservazioni” si configura come un mero riepilogo (riassunto) dei contenuti della relazione dell’Università di Siena. E’ per altro davvero singolare il fatto che, nonostante le decine e decine di analisi numeriche riportate nel lavoro, dette “osservazioni” non si occupino mai di analizzare a fondo i dati riportati, magari per una loro confutazione.

Malgrado quanto ora affermato, nel testo a noi recapitato si fa esplicito riferimento ad una “*valutazione comparativa*” del nostro lavoro. Emerge, tuttavia, piuttosto chiaramente dallo scritto prodotto, che i tecnici della Regione Toscana stimano come uniche fonti valide di comparazione alcune speculazioni, molto astratte ed indimostrate, evitando di valersi di valutazioni quantitative (ce ne sono decine in letteratura) comparabili con quelle effettuate e riportate nel nostro studio. In definitiva non si può non notare una marcata predisposizione a trattare l’argomento in termini meramente descrittivi facendo, se mai, riferimento a modelli interpretativi precostituiti piuttosto che ad evidenze scientifiche basate su dati quantitativi, i soli che, correttamente analizzati ed interpretati, possono far pervenire a conclusioni fondate.

A ben vedere sembra quasi che nella percezione dei tecnici regionali l’utilizzo di correlazioni statistico-matematiche per l’individuazione di corrispondenze *causa-effetto* tra fenomeni naturali misurabili e misurati (piogge, temperature, portate) sia elemento scarsamente probante al quale sarebbe da preferire un approccio *filosofico - descrittivo* basato non su dati reali, o correttamente ricostruiti, ma su ipotesi e sensazioni cui fare riferimento in via preventiva. E’ a tutti evidente come la scienza non viva di ipotesi indimostrate ma della concretezza di dati correttamente elaborati ed interpretati. Dati concreti, debitamente validati, con i quali chiunque abbia strumenti conoscitivi adeguati possa confrontarsi e, all’occorrenza, verificarne la veridicità.

Passiamo quindi ad una disamina analitica e puntuale delle “osservazioni” e alla dovuta replica.

Nell’introdurre il loro lavoro gli estensori delle osservazioni affermano quanto segue.

“L’analisi è basata su una lettura critica dello studio, comparata con altri dati geologici pubblicati e valutando quanto emerso da ripetuti sopralluoghi. Si sono infine analizzate in via preliminare le foto aeree e immagini DEM tridimensionali con esagerazione delle altezze.”

Desta non poco stupore la premessa, qui sopra testualmente riportata, di una valutazione comparativa di questo studio con altri lavori pubblicati dal momento che questa premessa è stata seguita nei fatti da un unico riferimento ad un singolo lavoro del 1990, per altro inedito, effettuato da dei professionisti (2 ingegneri ed 1 geologo) per conto della Comunità Montana. Di altri lavori sull’argomento, editi su riviste scientifiche nazionali ed internazionali (ne esistono almeno una decina), non vi è traccia.

Passando alle “osservazioni” s.s. gli autori delle stesse dicono quanto segue.

“Nella parte introduttiva di questa sezione si indica che scopo dell’incarico ricevuto dalla Regione Toscana era quello di verificare la correlazione in termini qualitativi e quantitativi tra sfruttamento geotermico e la falda superficiale ospitata nelle vulcaniti.”

"Gli autori di questa sezione utilizzano dati derivati da studi e indagini pregressi poiché "...visto il modesto budget e il brevissimo tempo a disposizione non hanno potuto avvalersi di studi ideologici ex novo".

"Le verifiche vengono affrontate attraverso evidenze di tipo idrologico, idrogeologico e correlazioni tra input (piogge efficaci ed infiltrazione) e output (deflusso sotterraneo). Tali verifiche si basano su uno schema teorico generale mai oggettivato rispetto al modello geologico della zona. Lo sviluppo della sezione 2 infatti non fa mai riferimento alla struttura vulcanica e agli aspetti dinamici e strutturali connessi."

Crediamo non sfugga al lettore il fatto, davvero bizzarro, che si ritenga il Bilancio idrogeologico di un acquifero (Infiltrazione = Deflusso sotterraneo, vedi Castany, 1985; Celico, 1988) *"uno schema teorico generale"* e non, quale esso è, una sperimentata e consolidata procedura di ricerca alla quale è prassi comune far riferimento, in ambito scientifico, per l'analisi e la valutazione delle risorse idriche sotterranee.

Ci riesce poi davvero difficile comprendere come si possa affermare che le verifiche di bilancio non siano *"mai oggettivate rispetto al modello geologico della zona"*. Una siffatta affermazione o è frutto di una distratta lettura della relazione o di una concezione scientificamente azzardata ed imprudente di come debbano essere condotti degli studi scientifici e le analisi tecniche ad essi correlate. In pratica si sottintende nelle "osservazioni" che uno studio che abbia i crismi della scientificità debba inizialmente (cioè "a prescindere") assumere la validità di un ipotetico modello geologico-strutturale, ancor prima di effettuare le indispensabili verifiche analitiche. E' oltremodo evidente che un tal modo di procedere è scientificamente inaccettabile. E', infatti, del tutto palese che proprio sulla veridicità di dati oggettivi, opportunamente controllati, viene a poggiare la effettiva validità di un modello interpretativo. E' prassi consolidata, per chi si occupa di ricerca scientifica, che in prima istanza vengano effettuate delle misure, seguite dall'ispezione analitica dei dati reali ottenuti, e solo successivamente vi sia la elaborazione di un modello interpretativo congruente con questi ultimi. Non è certo possibile invertire questa procedura.

Si sottolinea in ogni caso, per chiarezza, che il preventivo riferimento ad un qualsivoglia modello non avrebbe in alcun modo potuto modificare l'esito delle valutazioni scientifiche sul piano idrogeologico. Ciò in quanto queste ultime sono state basate su dati "misurati" di input ed output del sistema idrogeologico amiatino. E' del tutto evidente che i dati misurati tali sarebbero quantitativamente rimasti, qualsiasi modello geologico-strutturale fosse stato prescelto.

Nella fattispecie, si è scelta la via, certamente appropriata, di operare delle valutazioni il più possibile ancorate a fatti oggettivi, non influenzabili da modelli precostituiti, con il preciso scopo di verificare se le ipotesi avanzate di interrelazione tra i 2 acquiferi potessero trovare o meno giustificazione nei dati misurati disponibili e nelle relative elaborazioni scientifico-tecniche.

Comunque sia è indubitabile che ad un lettore attento, quand'anche non competente in materia, non poteva certo sfuggire che già nell'introduzione della relazione (punto 3 pag. 23) si facesse specifico riferimento al modello logico-concettuale utilizzato nello studio. Qualora non si fosse colta la natura del modello "idrogeologico" di riferimento in quel punto, sempre all'attento lettore non sarebbe certamente sfuggito quanto riportato a pag 63 dove si legge: "La geometria dell'acquifero può essere ricondotta a quella di un cono, costituito dalle vulcaniti del Monte Amiata; tali rocce vulcaniche, sovrastano un complesso flyscioide (costituito prevalentemente dalle formazioni di facies ligure s.l.) a bassa permeabilità che ne costituisce un limite inferiore di tipo geologico impermeabile (substrato impermeabile)"; e dove ulteriormente si definiscono le sorgenti amiatine "come sorgenti per soglia di permeabilità sottoposta" definizione cui è collegata una struttura di acquifero ben precisa ed individuata (vedi Civita 1972; Civita 2005).

"Il paragrafo 1 valuta la ricarica dell'acquifero superficiale per infiltrazione attraverso dati climatici e loro elaborazione (punto 1.1). Gli autori evidenziano come l'altitudine e l'azione mitigatrice del mare rappresentino gli elementi principali che determinano il clima amiatino."

Si tratta di una ripetizione pedissequa di ciò che è scritto nella relazione. Di conseguenza non è dato di capire in cosa consisterebbe l' "osservazione" né per quale motivo siano state scritte queste righe.

Per la caratterizzazione climatica i principali parametri da considerare sono le precipitazioni e le temperature ai quali si affiancano l'intensità della irradiazione solare e l'eliofania. Gli autori precisano che per questi ultimi aspetti non esistono stazioni di misura utilizzabili per il Monte Amiata.

Si tratta di una ripetizione pedissequa di ciò che è scritto nella relazione. Di conseguenza non è dato di capire in cosa consisterebbe l' "osservazione" né per quale motivo siano state scritte queste righe.

I dati utilizzati, relativi al periodo 1939 - 2007, si riferiscono a 6 stazioni climatiche (4 pluvio-termometriche e 2 pluviometriche). Gli autori evidenziano la presenza di diverse lacune di registrazione dei dati. I dati mancanti vengono ricostruiti con il procedimento delle medie analoghe di Hann utilizzando i dati disponibili per lo stesso periodo di tempo dalle altre stazioni. Ben 5 stazioni climatiche utilizzate sono ubicate alla base del vulcano.

L'unica stazione in quota (Casello del Guardiano) presenta solo 4 anni di registrazione (1951, 1953-1955), si ricorda che gli stessi autori sottolineano come l'altitudine rappresenti uno degli elementi principali per la definizione degli input dell'acquifero.

Il procedimento delle medie analoghe di Hann "...è molto diffuso in idrologia: per il suo mezzo si sopperisce alla deficienza di particolari serie di osservazioni..." Tonini (1983).

Vengono valutati gli afflussi medi mensili e annui sulla base dei dati delle 6 stazioni utilizzate (Castel del Piano, Vivo d'Orcia, Casello del Guardiano, Abbadia San Salvatore, Piancastagnaio, Santa Fiora). Come già precedentemente detto le lacune di registrazione vengono "riempite" con il procedimento delle medie analoghe di Hann. Si osserva che il numero di anni con i dati ricostruiti con tale procedimento per il periodo 1939-2007 risultano i seguenti:

Stazione Castel del Piano: nessun anno ricostruito

Stazione Vivo d'Orcia: 6 anni ricostruiti su 69

Stazione Casello del Guardiano: 65 anni ricostruiti su 69

Stazione Abbadia San Salvatore: 21 anni ricostruiti su 69

Stazione Piancastagnaio: 31 anni ricostruiti su 69

Stazione Santa Fiora: 13 anni ricostruiti su 69.

Le sperimentazioni effettuate in tal senso, tese a confrontare i dati ricostruiti con questo procedimento con dati realmente registrati nella stessa stazione, evidenziano che l'errore medio del dato ricostruito ammonta allo 0,2% per ogni anno mancante. Il che nel nostro caso significa:

Stazione Castel del Piano: nessun anno ricostruito

-nessun errore

Stazione Vivo d'Orcia: 6 anni ricostruiti su 69

-errore ricostruzione = $6 \cdot 0.2 = 1.2\%$ che mediato rispetto ai 69 anni dell'AI medio risulta pari a **0.1%** ($1.2 \cdot 6 / 69$).

Stazione Casello del Guardiano: 65 anni ricostruiti su 69

-errore ricostruzione = $65 \cdot 0.2 = 13\%$ che mediato rispetto ai 69 anni dell'AI medio risulta pari a **12%** ($13 \cdot 65/69$).

Stazione Abbadia San Salvatore: 21 anni ricostruiti su 69

-errore ricostruzione = $21 \cdot 0.2 = 4.2\%$ che mediato rispetto ai 69 anni dell'AI medio risulta pari a **1.3%** ($4.2 \cdot 21/69$).

Stazione Piancastagnaio: 31 anni ricostruiti su 69

-errore ricostruzione = $31 \cdot 0.2 = 6.2\%$ che mediato rispetto ai 69 anni dell'AI medio risulta pari a **2.8%** ($6.2 \cdot 31/69$).

Stazione Santa Fiora: 13 anni ricostruiti su 69.

-errore ricostruzione = $13 \cdot 0.2 = 2.6\%$ che mediato rispetto ai 69 anni dell'AI medio risulta pari a **0.5%** ($2.6 \cdot 13/69$).

Si sarebbe stati in grado di operare una determinazione più precisa e aderente alla realtà se non si fossero ricostruiti i valori mancanti? Ci pare che ogni ulteriore commento sia superfluo.

Si mette in evidenza come la stazione con la quasi totalità degli anni ricostruiti e quella del Casello del Guardiano (l'unica in quota).

Per la valutazione delle precipitazioni medie sull'intero acquifero viene utilizzato il metodo dei topoi. Si osserva che i valori attribuiti al poligono comprendente la stazione del Casello del Guardiano si basano su dati ricostruiti. Il grafico relativo ai valori annuali di precipitazione sull'acquifero dell'Amiata evidenzia un trend di diminuzione delle piogge di circa 6 mm. annui.

La patologica assenza di stazioni pluviometriche in quota è assai nota e trattata nella letteratura scientifica specialistica ed anche in quella scientifico - divulgativa.

Alla usuale carenza di stazioni di misura alle quote più alte si sopperisce attraverso la tecnica dei Pluviometri fittizi (Civita 1973, Celico, Civita e Corniello 1977, Celico e De Riso 1978, Viparelli C. 1964, Garcia Agreda et Al.1973, Garcia Agreda 1978, ecc) la quale tecnica consiste nel creare ex novo, alle quote non coperte da pluviometri, stazioni pluviometriche fittizie la cui piovosità è calcolata sulla base di gradienti pluviometrici individuati attraverso analisi regressive di misure effettuate in stazioni pluviometriche locali.

Anche in questo caso non è certo agevole individuare in cosa consista “ l'osservazione”, ma se questa dovesse riguardare il perché della ricostruzione dei dati di Casello del guardiano, oltre a quanto sopra detto, potremmo ulteriormente argomentare come segue:

- l'apparato vulcanico amiatino, ha una superficie in affioramento (utile per l'infiltrazione = input) di circa 81 km² dei quali solo 12 (pari al 14%) posti a quote uguali o inferiori (ca. 800 m s.l.m.) alle stazioni pluvio di più lungo funzionamento. La restante superficie (86%) non è controllata da nessuna stazione con osservazioni di lungo periodo.

Ciò detto, è proprio perché consapevoli dell'importanza dell'azione del rilievo sull'entità delle precipitazioni che si è deciso di utilizzare la vecchia stazione di Casello del Guardiano, piuttosto che creare ex novo un pluviometro fittizio (comunque necessario, in sua assenza) dove i dati da ricostruire sarebbero stati il 100%. Tale stazione, posizionata a circa 1400 m s.l.m., ha consentito di avere un controllo pluviometrico sul 93% della superficie in affioramento, mentre con la sua esclusione e senza l'inserimento di stazioni fittizie, tale controllo si sarebbe limitato al 14% dell'apparato vulcanico.

Se non avessimo adottato tale procedura, avremmo sì evitato le imprecisioni nella ricostruzione dei dati, ma avremmo sicuramente commesso un **errore concettuale gravissimo** di entità imprecisata, ma sicuramente notevole. Così operando, infatti, qualsiasi tipo di elaborazione pluviometrica

avrebbe erroneamente indicato che sulla vetta dell'Amiata le precipitazioni sono inferiori a quelle registrate alla base del vulcano.

Abbiamo pertanto ritenuto più corretto, dal punto di vista scientifico, l'utilizzo di una determinazione imprecisa (ma che fosse riferibile a tutto il vulcano) piuttosto che una determinazione **concettualmente errata** (in pratica una non determinazione) poiché riferibile a solo il 14% della superficie in affioramento.

Si osserva a questo proposito che i valori individuati nel bilancio idrologico eseguito dalla Comunità Montana Amiata nel 1990 mostra valori diversi da quelli calcolati dagli autori di questa sezione.

Questa osservazione critica sconcerta molto ed è, probabilmente, paradigmatica di una scarsa dimestichezza degli estensori delle "osservazioni" con la cultura idrologica ed idrogeologica.

La notazione sottende, infatti, un aspetto seriamente preoccupante in quanto racchiude grossolani errori concettuali. Riesce persino imbarazzante commentare un tentativo di mettere a confronto delle elaborazioni relative a 69 anni di dati pluviometrici con un singolo dato che, come è riportato nelle relazione dei tecnici regionali, è attinente al solo **anno solare 1990**. Una affermazione siffatta rappresenta una palese (ed al contempo inescusabilmente grave) sciocchezza in termini scientifici. E' noto che in un bilancio idrico i dati dei parametri utilizzati devono essere riferiti ad un anno idrologico medio, (comprendente una finestra temporale minima di 10 anni con un optimum di 30 o più anni). Sorprende molto che i lavori scientifici che esistono sull'idrologia ed idrogeologia amiatina, pubblicati su riviste scientifiche nazionali ed internazionali, siano stati semplicemente ignorati e si sia invece fatto riferimento alla relazione tecnica di tre professionisti che, pur facendo del loro meglio, palesano chiare carenze di base sia teoriche che tecnico-analitiche.

Tuttavia, se è in qualche modo scusabile il fatto che dei non specialisti facciano determinazioni non corrette, meraviglia molto che a questi si faccia riferimento, da parte di organi tecnici istituzionali, per elaborare delle "osservazioni" ad un lavoro di ben diversa valenza.

Vengono utilizzate le stazioni termometriche di:

Castel del Piano

Abbadia San Salvatore

Piancastagnaio

Santa Fiora

Anche in questo caso le lacune di registrazione vengono riempite con il procedimento delle medie analoghe di Hann. Si osserva che alle stazioni del Vivo d'Orcia e del Casello del Guardiano (prive di registrazioni termometriche) vengono attribuiti dati totalmente ricostruiti. Viene quindi prodotto il grafico delle temperature medie annue per il periodo di osservazione considerato (1939-2007). Il grafico evidenzia un trend di leggera diminuzione delle temperature.

Si tratta di una ripetizione pedissequa di ciò che è scritto nella relazione. Di conseguenza non è dato di capire in cosa consisterebbe l' "osservazione" né per quale motivo siano state scritte queste righe.

Sulla base dei valori termici e pluviometrici ricavati secondo le metodologie sopra riportate vengono effettuate stime sull'evapotraspirazione reale annua e sulle precipitazioni efficace annue (parametri di base di input e di output per il bilancio idrologico).

Dato che queste determinazioni sono volte a derivare il valore della ricarica per infiltrazione, è a molti noto (ma evidentemente non a tutti) che tale parametro rappresenta l'input (le entrate) dell'acquifero e non l'output (cioè le uscite per deflusso sotterraneo).

Viene utilizzata la formula di Turc. L'elaborazione evidenzia un trend di leggera diminuzione dell'evapotraspirazione reale media annua. Si osserva che la definizione del valore dell'evapotraspirazione rappresenta uno degli aspetti più critici nel bilancio idrologico trattandosi inevitabilmente, se non a mezzo di costosi e prolungate misurazioni, di calcoli indiretti.

Da quando è entrata in vigore la 183/89 e le altre leggi a seguire (decreto Sarno, ecc.) le Autorità di Bacino nazionali, interregionali e regionali, sono tenute a redigere, seguendo delle linee guida ministeriali, il bilancio idrico dei bacini e quello idrogeologico dei principali acquiferi.

Non esiste un solo esempio in Italia, dove l'evapotraspirazione reale sia stata direttamente misurata. Qualora "l'osservazione" sopra detta avesse la funzione di insinuare che il calcolo dell'evapotraspirazione con formule empiriche è un dato impreciso (e quindi le determinazioni, che in cascata ne conseguono, non sarebbero da ritenere valide) occorrerà avvertire tempestivamente la Regione Toscana ed il Ministero dell'Ambiente che i bilanci, da loro approvati nell'ambito delle relative competenze, sono tutti da rifare. Non solo, questi ultimi potranno essere riproposti validamente solo quando esisterà sul territorio nazionale una rete adeguata di apparati lisimetrici. I lisimetri servono a misurare (non in modo preciso) l'infiltrazione per giungere alla entità dell'evapotraspirazione per differenza con le piogge misurate in corrispondenza del lisimetro, tenuto conto dell'acqua di ritenzione nel sottosuolo (quindi **indirettamente**). E' quindi evidente che oltre all'apparato lisimetrico si rende necessaria anche l'installazione di una centralina climatica.

Risulta invece che negli ultimi 10 anni la Regione Toscana non abbia installata anche una sola stazione climatica e, come se non bastasse, alcune stazioni pluviometriche storiche (Piancastagnaio, Vivo d'Orcia) sono state, improvvidamente, spostate a notevole distanza con il risultato di aver fatto perdere la continuità delle relative serie storiche. Nè si è avuto cura di approntare dei semplici apparati di misura per raccogliere dati indispensabili come quelli relativi alle portate delle sorgenti amiatine, (almeno di quelle captate), e ciò appare davvero inescusabile se si pensa che, nella maggior parte dei casi, sarebbe stato sufficiente un comune contatore da acquedotto.

Le piogge efficaci si ottengono per differenza tra le precipitazioni e l'evapotraspirazione reale e rappresentano la risorsa idrica totale. Vengono calcolate, per ogni anno, le precipitazioni efficaci per il periodo di osservazione. Anche il grafico relativo all'andamento annuale delle precipitazioni efficaci evidenzia un trend di diminuzione delle stesse. Anche la definizione dei valori di precipitazione efficace deriva da un calcolo basato su parametri in parte ricostruiti o individuati per via indiretta e quindi affetti da un margine di errore.

Si insiste monotonamente sull'argomento della ricostruzione dei dati, del quale si è già detto nella parte inerente la pluviometria.

Questa "osservazione" ci da tuttavia l'estro di ribadire che la scienza è spesso chiamata a dare comunque delle risposte anche a fronte di conoscenze carenti o non ottimali. Queste vanno, con il necessario pragmatismo, opportunamente integrate ed interpolate attraverso criteri rigorosamente scientifici che, come quelli qui adottati, non sono certo frutto di intuizioni estemporanee, ma criteri ben noti nella letteratura scientifica sia specialistica che divulgativa. Le determinazioni qui fatte sono sicuramente imprecise (a causa delle carenze di raccolta dei dati sensibili cui si è fatto riferimento poco sopra), ma sono certamente inappuntabili dal punto di vista scientifico-tecnico e forniscono, comunque, risultati non esatti ma scientificamente corretti.

Ci sembra infine opportuno sottolineare fortemente che quando ci si avventura nella critica di un risultato, reso trasparente in tutte le sue sfaccettature, sarebbe buona norma che gli si contrapponessero dei dati, aventi almeno la stessa valenza, e si dimostrasse che con essi si ha la

possibilità di giungere a risultati diversi e più attendibili. Ciò comporta, evidentemente, di rendere palesi questi dati e le elaborazioni che determinano il risultato alternativo. Non è certo lecito né presentabile opporre ad un dato, sia pure imperfetto, degli improbabili “modelli” privi di qualsiasi elemento oggettivo e verificabile a sostegno.

L'infiltrazione rappresenta il parametro di input fondamentale (ricarica) dell'acquifero. Si mette in evidenza che tale valutazione, inevitabilmente e come evidenziato nello stesso titolo del paragrafo in questione, è di natura indiretta.

Se fossero state a disposizione alcune decine di piezometri (ma in prima istanza anche solo i 4 che l'AATO6, su indicazione di questa Università, aveva in animo di eseguire alla fine del secolo scorso) certo si sarebbe potuto fare molto meglio.

Per il calcolo dell'infiltrazione viene utilizzato un coefficiente di infiltrazione potenziale elevato (0,90). Anche il grafico relativo alle piogge efficaci evidenzia un trend di diminuzione delle stesse.

Il coefficiente di infiltrazione utilizzato (precauzionalmente elevato) deriva da dati di letteratura. I valori dei vari coefficienti attribuiti in letteratura ai diversi tipi litologici hanno un valore indicativo e utilizzabili per un bilancio idrologico di massima.

In realtà il CIP utilizzato è quello precauzionalmente più basso tra quelli indicati in letteratura per queste litologie. Un dato, sia pure indicativo, è comunque un dato non un'ipotesi. Le elaborazioni svolte nella relazione sono il meglio che si potesse fare. Viene, a questo punto, spontaneo chiedersi con quali altri dati, altrettanto *indicativi*, è stato possibile effettuare un *bilancio di massima* dal quale risulti una situazione diversa da quella proposta dallo studio dell'Università di Siena?

Vengono descritte le caratteristiche principali dell'acquifero dotato di elevata permeabilità per macrofratturazione con immagazzinamento prevalente a carico della microfessurazione. Viene descritta la geometria dell'acquifero caratterizzato dal cono vulcanico che sovrasta rocce a bassa permeabilità che costituiscono un substrato impermeabile.

Si osserva che il modello geologico dell'acquifero preso a riferimento dagli autori di questa sezione non tiene conto di elementi geologico-strutturali (che possono favorire il collegamento idraulico del sistema geotermico) riportati in numerosissime pubblicazioni scientifiche (comprese quelle di ENEL) ma anche citati nelle sezioni 1, 3 e 4 del lavoro dell'Università di Siena.

Gli elementi geologico-strutturali che favoriscono il collegamento idraulico sono costituiti da: faglie e fratture, camini vulcanici e contatto diretto tra le vulcaniti e i termini superiori della falda toscana (zona Abbadia San Salvatore).

Si mette in evidenza che:

- la sezione 1) dello studio riconosce che l'edificio vulcanico è interessato da tettonica regionale probabilmente attiva,*
- nella sezione 3) paragrafo B figura 1 viene riportato lo schema stratigrafico e tettonico del Monte Amiata (da Brogi et alii 2005) con evidenziato un camino vulcanico e alle pagine 200 e 201 viene riprodotta nelle figure 14 e 15 la sezione geologica della miniera di Abbadia che evidenzia il contatto diretto tra le vulcaniti e le formazioni superiori della falda toscana dove attualmente fuoriescono fluidi geotermici da pozzi minerari.*
- nella sezione 4) viene confermata la presenza di faglie e fratture ad alto angolo interessanti l'edificio vulcanico.*

La sezione 2 dello studio dell'Università di Siena risulta pertanto scollegata dalle altre sezioni e non svolge alcune considerazioni sugli elementi geologico-strutturali sopra elencati.

Le “imprecise” valutazioni di input ed output (in ogni caso imperniate su dati reali) sono basate su grandezze (piogge, temperature, portate sorgive) che, chiaramente, non mutano al variare del modello geologico strutturale adottato.

Qualora tra **input** ed **output** fossero emerse delle significative differenze si sarebbe potuto porre il problema di quale modello geologico strutturale potesse adeguatamente spiegare tali evidenti difformità. Ma questo dato, con buona pace di tutti noi, non è emerso dalle valutazioni svolte. Ne discende pertanto che qualsiasi modello geostrutturale si prediliga, quest'ultimo non può assolutamente congetturare interscambi tra i 2 acquiferi per il semplice motivo non vi sono evidenze scientifiche, né qualitative né quantitative, che ciò avvenga. Questo stato di cose è stato del resto dimostrato nei capitoli relativi alle analisi geochimiche ed idrogeologiche. Una volta detto ciò, si ritiene utile precisare che gli elementi geostrutturali, non necessariamente giocano un ruolo nel regime idraulico di un acquifero. Nel caso in questione, le oltre 150 sorgenti emergenti tutt'intorno all'apparato vulcanico stanno ad indicare una circolazione sotterranea diffusa e causata da una microfessurazione continua in tutto l'apparato (probabilmente dovuta al rapido raffreddamento lavico) e non legata ad ipotetiche macrostrutture deformative.

Viene citata la principale emergenza idrica dell'acquifero (circa 700 l/sec) presente nella zona di Santa Fiora. Gli autori precisano che di tale emergenza non sono disponibili misure di portate prolungate nel tempo. L'unica emergenza dell'intero acquifero della quale sono disponibili misure di portata prolungata è quella dell'Ermicciolo (ad eccezione del periodo tra il 1998 e il 2004). Delle altre emergenze sono disponibili solo misure saltuarie.

Tutto il calcolo relativo al deflusso sotterraneo dell'acquifero amiatino si basa in buona parte su dati incompleti e ricostruiti quindi inevitabilmente affetto da un margine di errore. Tale sezione riporta nell'allegato 1 il censimento e relativa localizzazione delle sorgenti amiatine. Tale elaborato, estremamente puntuale, rappresenta un'importantissima banca dati indispensabile per la definizione di dettaglio del bilancio idrico dell'Amiata.

Questa monotona insistenza su degli errori (in realtà imprecisioni di cui sono stati ampiamente esplicitati i motivi) appare fortemente indicativa della assenza di sostanziali motivi di critica. Vale quanto detto in proposito al punto 1.1.3.1

Viene ribadito il fatto che l'unica sorgente dotata di misure continuative, ad eccezione del periodo 1998-2004, è quella dell'Ermicciolo (si coglie l'occasione per segnalare la bella mostra in corso a Siena sui lavori dell'acquedotto del Vivo: "Viva l'acqua del Vivo"). Per le sorgenti di Santa Fiora sono disponibili misure quantitative dal 1990 ad oggi. Si osserva che anche la carenza di dati relativi al deflusso sotterraneo, soprattutto nel periodo di inizio dello sfruttamento geotermico (1959), non può che determinare approssimazioni sulla definizione di questo parametro.

Anche sul deflusso sotterraneo si continua ad insistere sulle approssimazioni nella definizione di questo parametro, quasi che la carenza di misure idrogeologiche fosse colpa dei redattori di questo studio e non di chi aveva il dovere, e lo ha disatteso, di procedere alla misura in continuo delle portate di tutte le sorgenti amiatine (almeno quelle captate).

Viene dettagliatamente ricostruita la cronistoria relativa alla costruzione delle opere di captazione in galleria delle emergenze di Santa Fiora. Si osserva che il diagramma riportato in figura 2.3 evidenzia una portata complessiva delle emergenze del Fiora nel 1961 di circa 1000 l/sec.. Stante la carenza di misurazioni delle captazioni del Fiora l'esame degli idrogrammi viene circoscritto al periodo 1990-2007 e per le sole sorgenti "Galleria Nuova" e "Galleria Bassa". L'analisi degli idrogrammi relativi alla "Galleria Nuova" evidenzia un trend di diminuzione delle portate nel periodo considerato. La portata media nell'intervallo di tempo in esame è di 552 l/sec.. Si osserva che nel 1967 la portata media considerata stabilizzata dopo i lavori finali di captazione era di circa 800 l/sec.

Quando si parla di parametri idrologici ed idrogeologici è sempre bene tener presente il ruolo del "fattore tempo" dato che si ha a che fare con grandezze "casuali" e fortemente variabili nello spazio e, in uno stesso punto, nel tempo.

Se fosse stata posta attenzione alla notevole mole di dati e di elaborazioni esplicitati nelle decine di tabelle e di grafici, e questi fossero stati ben compresi ci si sarebbe resi conto, per rimanere sui dati reali misurati che:

- la serie storica delle portate misurate alla sorgente Ermicciolo (Tab. 2.10 pag 85) assume nel periodo 1939-2007 un valore medio di 145 l/s ed una deviazione standard di 45 l/s (variabilità, esplicitabile in un coefficiente di variazione pari ad oltre il 30%). Ora l'analisi delle serie temporali insegna che i valori annuali di portata di tale sorgente possono in futuro prevedersi, con la probabilità del 66%, nel range media +/- deviazione standard (vale a dire $145 \pm 45 = 100-190$ l/s) e, con la probabilità del 99%, nel range media +/- 3 volte la deviazione standard (vale a dire $145 \pm 135 = 10-280$ l/s).

Questo dimostra che prendere in esame qualche dato isolato di parametri "casuali" non ha alcuna valenza scientifica e risulta anzi fuorviante per chi voglia realmente comprendere il funzionamento di un sistema idrogeologico.

Si "osserva" che il diagramma riportato in figura 2.3 evidenzia una portata complessiva delle emergenze del Fiora nel 1961 di circa 1000 l/sec. In realtà nel grafico citato (pag. 67) sono riportate delle portate istantanee misurate mensilmente ed il valore ricordato dai nostri critici è (volutamente?) erroneo per eccesso. Si tratta in realtà di una "osservazione" doppiamente sbagliata, sia perché il picco di portata del 1961 è riferito ad un mese e non ad un anno, sia perché il picco stesso non è **di circa 1000**, ma solo **di 850 l/s**.

A ben leggere i dati del grafico, in tale anno la portata media misurata delle emergenze del Fiora risulta essere poco meno di **650 l/s**. Una tale portata risulta inferiore sia ai **675 l/s** misurati mediamente nel 2007, sia alla portata media misurata nel periodo 1990-2007 che è pari a **666 l/s**.

Ci sembra a questo punto opportuno sottolineare quello che è stato l'effetto della nuova galleria drenante. Quest'opera idraulica ha portato nell'immediato ad una apparente stabilizzazione delle portate sul valore di 800 l/s, portata talmente stabile (negli anni 65, 66 e 67) da essere costante (quindi anomala rispetto al naturale e variabile regime delle sorgenti) e da poter essere letta, con sicurezza scientifica, come l'effetto indotto dai lavori di drenaggio. Tale temporaneo aumento delle portate (ben evidente nel grafico citato), avutosi in concomitanza dei lavori di captazione e subito dopo, è cosa del tutto prevedibile e "naturale" in quanto alla portata che sarebbe naturalmente uscita dalla sorgente, si somma lo svuotamento "artificiale" della porzione di acquifero sovrastante la nuova opera di drenaggio e da questa indotto. Questo effetto (Celico, 1988; Civita, 2005), dovuto allo svuotamento della riserva regolatrice immagazzinata nella porzione di acquifero circostante l'area di captazione tende ad esaurirsi, attenuandosi nel tempo, e la sorgente torna gradualmente ad erogare una portata commisurata, quindi in equilibrio idrodinamico, alla naturale ricarica per infiltrazione. Una captazione artificiale non genera nuova risorsa, fa solamente uscire momentaneamente più acqua del dovuto. Si genera così uno svuotamento anomalo dell'acquifero che può non ritrovare mai più lo stato di equilibrio naturale e portare, come effetto collaterale, ad

un'accelerazione dello svuotamento (quindi dell'abbassamento della superficie piezometrica) del corpo idrico. E' un po' come fare uno foro più grosso in una botte piena di vino: esce più vino, ma nella botte la quantità di liquido è la stessa ed essa si vuoterà più velocemente.

Vengono analizzati i dati di portata a cadenza mensile dell'unica sorgente amiatina che presenta continuità di misure dal 1939 al 2007. Vengono considerate non corrette le misure relative al periodo 1990-1997 in quanto anomale (valori nettamente più bassi) rispetto all'idrogramma generale. L'andamento delle portate dal 1939 al 2007 evidenzia una trend di diminuzione passando da circa 200 l/sec nel 1939 ai 90 l/sec attuali. Nel periodo 1896-1899 venivano registrate portate dai 157 ai 274 l/sec. (fonte Mostra "Viva l'Acqua del Vivo" Siena 2009).

Con monotona consuetudine si fa uso di alcuni dati numerici decontestualizzati. Non è indifferente avere come riferimento un periodo storico invece che un altro. Occorrerebbe chiedersi: quanto è piovuto e nevicato negli anni precedenti il 1896? E ancora: quelli citati sono dati medi, cioè misurati a cadenza mensile in quegli anni, o sono una misura istantanea per ogni anno?.

Comunque sia, avendo le "osservazioni" più o meno apertamente criticato l'utilizzo della stazione di Casello del Guardiano, che di anni di misure mensili ne aveva 4, ci corre l'obbligo di indicare quantomeno una palese incoerenza da parte degli osservatori. Sarebbe come se nello studio ideologico avessimo ritenuto che le precipitazioni medie di tutto il periodo 1939-2007 sulla vetta dell'Amiata, fossero corrispondenti al valore medio di quei 4 anni di misure alla stazione di Casello del Guardiano. Una tale congettura è scientificamente errata e concettualmente inammissibile stante la notevole variabilità temporale di quel parametro.

Per quanto concerne i valori "anomali" del 1990-1997, essi sono relativi agli anni di passaggio delle consegne tra Intesa ed Acquedotto del Fiora. A detta degli operatori non è escluso, anzi è molto probabile, che tali misure si riferiscano ad una sola delle 2 tubazioni che escono da quell'opera di captazione e poichè tali valori corrispondono a circa i 2/3 della portata media della sorgente, ciò appare del tutto plausibile.

Ad ogni buon conto, può essere senza dubbio di interesse sapere che le portate della sorgente Ermicciolo, dopo un fine 2008 ed un inizio 2009 piovosi, sono aumentate del 50%, cioè da circa 80 l/s del dicembre 2008 agli oltre 120 l/s di fine marzo 2009 (fonte Fiora spa 2009).

Vengono definiti i cicli di esaurimento di alcune sorgenti che dispongono di misurazione di portata sufficienti utilizzando la formula di Maillet ritenuta la più idonea per l'acquifero amiatino. Vengono individuati variazioni del valore del coefficiente di esaurimento non solo tra le sorgenti esaminate ma anche di anno in anno per la stessa sorgente. Tali variazioni vengono imputate all'entità e al tipo della ricarica e secondariamente alle precipitazioni nel periodo di esaurimento. Nessuna considerazione viene svolta sull'eventuale incidenza dello sfruttamento geotermico sul coefficiente di esaurimento.

Le variazioni del coefficiente di esaurimento, ricavate per la stessa sorgente, sono variazioni che si riscontrano nell'analisi degli idrogrammi, in regime non influenzato, in tutte le sorgenti "normali" del mondo non solo in quelle amiatine. Questo è uno dei motivi per i quali detto coefficiente non può essere utilizzato a cuor leggero per la sua originaria funzione previsionale. Infatti in Celico 1988 e Civita 2005, si trova scritto: **"...sia pure entro limiti relativi, il coefficiente di esaurimento varia di anno in anno nella stessa sorgente, in relazione all'entità della ricarica invernale, al tipo di ricarica (ad esempio con prevalenza di pioggia o di neve), all'entità delle riserve regolatrici dell'anno idrologico (che non è l'anno idrologico medio) precedente ed all'eventuale influenza delle precipitazioni nel periodo di esaurimento....."**. Tra queste cause

non compare lo sfruttamento geotermico di un altro acquifero di cui si suppone una interferenza con quello studiato; quindi dato che l'esperienza scientifica individua solo in quelle sopra riportate le cause di variazione annuale di α sarebbe forse più logico, e scientificamente corretto, imputare ad esse, e non ad altro, le sue variazioni.

Nonostante nell'analisi dei cicli di esaurimento si sia pervenuti alla determinazione di α si sarà notato che tale parametro (per i motivi scientifici suddetti) non è stato considerato più di tanto, visto che l'obiettivo delle analisi era quello di verificare, attraverso la determinazione dei tempi di esaurimento, la "fragilità" ed il "rapido svuotamento" dell'acquifero.

Verrebbe da domandarsi come mai tutto ciò sia sfuggito ai revisori, tanto è vero che non ne fanno menzione. E' facile, per altro, verificare come i risultati di dette analisi dimostrino tempi lunghi di esaurimento e, conseguentemente, un acquifero poco fragile ed a lento-lentissimo svuotamento.

A causa della lacune e della carenza dei dati di portata delle sorgenti amiatine viene utilizzato una metodologia finalizzata alla individuazione dei coefficienti medi di correlazione con l'unica sorgente (Ermicciolo) dotata di misure di portata continue. Tali coefficienti vengono quindi utilizzati per "riempire" le lacune di portata delle sorgenti amiatine e calcolare il deflusso sotterraneo dell'acquifero. Tale metodologia di tipo "indiretto" è inevitabilmente soggetta ad approssimazione. La buona corrispondenza tra il valori di input e di output dell'acquifero, con una differenza dell'ordine del 5%, viene considerata elemento unico per validazione di tutta la metodologia utilizzata fatto questo che stride con il carattere di approssimazione dei dati utilizzati.

La messa in opera di semplici apparati di misura delle portate delle sorgenti amiatine, almeno di quelle captate (basta, nella maggior parte dei casi, un usuale contatore da acquedotto), era tra gli obiettivi prioritari del piano di lavoro adottato dalla Giunta Regionale della Toscana nel 2001. Non abbiamo notizia che ad oggi si abbiano dei dati.

A proposito dei criteri utilizzati per la valutazione del deflusso sotterraneo corre l'obbligo di far notare che dette metodologie di analisi non sono invenzioni estemporanee, ma il frutto di ricerche scientifiche pubblicate su riviste nazionali (*Barazzuoli e Salleolini, 1994- Quaderni di Geologia Applicata*) ed internazionali (*Barazzuoli e Salleolini, 1995- Environmental Geology*) dove appunto, con riferimento all'acquifero amiatino, venivano presentati i criteri determinativi in questione. La validazione scientifica della metodologia utilizzata è quindi attestata dal prestigio delle riviste scientifiche che hanno pubblicato questi lavori. L'autorevolezza scientifica non è ottenibile per autocertificazione o per il ruolo ricoperto, ma vive unicamente dei lavori scientifici pubblicati su riviste specializzate con dei *referèes* a garanzia della scientificità di quanto scritto.

Venendo all'accusa di essere approssimativi occorre un forte richiamo alla consapevolezza. Le valutazioni operate possono, a buona ragione, ritenersi imprecise ma certo non approssimate anche perché per valutare il grado di approssimazione bisognerebbe avere dei riferimenti reali, cioè dei dati, che purtroppo, e non per nostra responsabilità, non ci sono ancora. Le uniche determinazioni scientificamente validate, e basate su tutti i dati reali disponibili, sono quelle summenzionate e ripetute in questo studio. Essendo le sole, sono anche la pietra di paragone con la quale confrontarsi, quindi le nostre determinazioni non possono essere approssimate rispetto a loro stesse. Quando si opporranno nuovi dati e nuove elaborazioni, scientificamente altrettanto valide, potremo eventualmente valutare quale sia stato il grado di approssimazione. Al momento non possono che considerarsi sostanzialmente perfette.

Per quanto riguarda la buona corrispondenza tra il valori di input e di output dell'acquifero, con una differenza dell'ordine del 5%, considerata quale elemento unico per validazione di tutta la metodologia, si consiglia la lettura di Celico 1988, Castany 1968 e 1982, Custodio & Llamas 1983, Civita 2005. Ciò potrebbe far acquisire consapevolezza del fatto che quanto determinato è il meglio

si potesse fare sul piano scientifico e che il criterio di validazione utilizzato è l'unico scientificamente accettato. Le insinuazioni dubitative non dimostrate e non dimostrabili non sono certo di aiuto.

Il confronto tra i parametri di input e di output dell'acquifero viene svolto utilizzando i valori ottenuti secondo le metodologie descritte nei punti precedenti e utilizzando il modello concettuale schematico dell'acquifero che considera le vulcaniti poggianti su substrato impermeabile continuo. Si ribadiscono le osservazioni e le critiche a tale modello già riportate nel precedente punto 2. Tutte le valutazioni descritte convergono nell'attestare una correlazione caratterizzata da margini di errore ritenuti utilizzabili per validare tutta la metodologia utilizzata. I parametri di base utilizzati derivano anche in questo caso da dati ricostruiti e da metodi di calcolo di natura indiretta.

Il modello concettuale cui si fa riferimento non influenza in alcun modo la validità scientifica delle analisi, delle correlazioni e delle risultanze finali dello studio, dato che queste sono derivate dall'utilizzo di tutti i dati misurati disponibili e quindi sono frutto di elaborazioni di valori numerici e non di ipotesi.

E' già stato detto che, qualunque potesse essere il modello logico inizialmente adottato, solo i risultati delle elaborazioni numeriche possono condurre o meno ad una validazione scientifica delle ipotesi concettuali di lavoro.

Nel nostro caso, avendo riscontrato una corrispondenza pressoché perfetta tra i valori numerici assoluti di input ed output ed un alto grado di correlazione tra di questi, si può, con serenità, affermare che il modello concettuale idrogeologico così definito *“La geometria dell'acquifero può essere ricondotta a quella di un cono, costituito dalle vulcaniti del Monte Amiata; tali rocce vulcaniche, sovrastano un complesso flyscioide (costituito prevalentemente dalle formazioni di facies ligure s.l.) a bassa permeabilità che ne costituisce un limite inferiore di tipo geologico impermeabile (substrato impermeabile)”* risulta pienamente confermato dalle risultanze ottenute.

Per quanto concerne i margini di errore si ribadisce che si deve semmai parlare di imprecisioni (imprecisioni dovute alla carenza di dati, che a sua volta discende da negligenze a noi non imputabili e pertinenti alla Regione Toscana). Gli errori possono essere determinati a valle della ripetizione di misurazioni degli stessi parametri in cui siano stati ricavati valori numericamente diversi. Dall'elaborazione statistica di questi risultati, e con riferimento alla loro dispersione intorno al valore medio delle determinazioni (deviazione standard), si definisce l'errore probabile da cui sono affette le singole determinazioni numeriche. Dal momento che di determinazioni numeriche in questa ricerca ne esiste una soltanto, non si può scientificamente parlare di *errore* né in senso relativo (per confronto con altre determinazioni che non ci sono), né in senso assoluto (con il confronto con misurazioni precise, sistematica e di lungo periodo di tutti i parametri in gioco, che come noto non esistono).

Negli studi scientifici in generale, ed in quelli geologici, in particolare, occorre sempre guardarsi dall'assumere atteggiamenti dogmatici e dal coltivare certezze assolute anche quando, come in questo caso, i dati disponibili indicano inequivocabilmente che vi è un solo modello interpretativo.

Nel nostro caso, come nella stragrande maggioranza degli studi idrogeologici, alla verità scientifica è opportuno cercare di avvicinarsi nella maniera più corretta. Questo modo pragmatico di procedere è comunque opportuno nella consapevolezza che un miglioramento delle conoscenze potrà portare ad un affinamento delle determinazioni. Se questo miglioramento alla fine ci sarà non potrà, tuttavia, ribaltare il modello logico-scientifico emerso da questi studi giacché i risultati non ne lasciano intravedere altri. I dati e le rigorose elaborazioni effettuate portano ad escludere qualsivoglia altra ipotesi che non sia la strettissima interdipendenza del deflusso sotterraneo in uscita dalle sorgenti amiatine con l'entità della ricarica naturale per infiltrazione meteorica.

Considerato "l'altissimo" grado di correlazione statistica tra infiltrazione e deflusso sotterraneo gli autori attestano che la oggettiva diminuzione delle portate delle sorgenti registrata nel corso degli anni è da attribuire unicamente alla diminuzione delle precipitazioni.

I trend di input e output sono pressoché equivalenti ed altissima è la corrispondenza tra i relativi valori per vari anni idrologici.

A riprova basti vedere l'andamento della portate dell'Ermicciolo dopo un fine 2008 ed inizio 2009 piovoso: sono aumentate del 50%, da meno di 80 l/s del dicembre 2008 agli oltre 120 l/s di fine marzo 2009.

Gli autori concludono tuttavia la sezione 2 con la seguente affermazione: "altre interpretazione (con riferimento alla riduzione delle portate delle sorgenti n.d.r.), pur potendo rientrare nel campo del possibile sono, allo stato attuale delle conoscenze, da ritenersi altamente improbabili".

Sarebbe come dire che non si può escludere che domani un meteorite colpisca la terra causando una catastrofe come quella che ha causato la scomparsa dei dinosauri ma, non esistendo in giro delle meteoriti, riteniamo un impatto altamente improbabile.

Si ribadisce che la validazione di tutta la metodologia utilizzata si basa unicamente sul buon livello di correlazione statistica tra i dati di input e output dell'acquifero, dati, come detto, ricostruiti e con procedure di calcolo di tipo indiretto.

Non è chiaro quale altro tipo di validazione scientifica si proponga come alternativa. Si tratta forse delle congetture di EDRA? Le correlazioni matematico-statistiche sono *scienza* non illazioni ed i dati ricostruiti portano a risultati con un qualche grado di imprecisione ma non sono di certo concettualmente errati.

Si ricorda ancora che il piano di lavoro adottato dalla Giunta regionale è principalmente indirizzato all'acquisizione di dati di input e di output reali e di dettaglio.

I dati reali e di dettaglio dicono che in 10 anni la commissione diretta da funzionari regionali non è approdata a nulla di concreto .

Si concorda pertanto con la parte dell'affermazione conclusiva della sezione 2 che considera possibile una diversa interpretazione sulla riduzione dei deflussi sotterranei dell'acquifero amiatino.

Si è già chiarito in precedenza questo aspetto che era, per altro, già molto chiaro di per sé nel testo della relazione.

Il paragrafo riguarda valutazioni sullo studio EDRA richiesto dalla Direzione Generale e non compreso nell'incarico affidato a EDRA dal Settore Tutela del Territorio e della Costa. Gli autori (Università di Siena) controdeducono, negandole, le valutazioni espresse da EDRA.

Affermano tuttavia che in questa fase, in carenza di dati certi e di dettaglio, risultano premature valutazioni di tipo quantitativo sull'interferenza geotermia-acquifero superficiale. Viene inoltre evidenziato il grado di incertezza (10%) delle indagini geofisiche eseguite dal CNR di Pisa finalizzate anche alla ricostruzione della superficie piezometrica. In merito a questo paragrafo vengono svolte le seguenti considerazioni.

Quanto detto non corrisponde a verità per il semplice fatto che non è possibile controdedurre a delle mere ipotesi, o opinioni, non supportate da dati. Le congetture fatte da EDRA sono state invece analizzate e verificate, implicitamente, nel corso dell'intero studio.

Si legge, infatti, in introduzione:

“Visto il mandato della Regione Toscana e le conclusioni dello studio di EDRA, nelle quali si individua una stretta interrelazione tra sfruttamento geotermico e la falda ospitata nell'acquifero superficiale delle vulcaniti amiatine, appare prioritario verificare l'esistenza di tale correlazione sia in termini qualitativi che quantitativi”.

Risulta, quindi, del tutto chiaro che la verifica della rispondenza alle conoscenze di tali congetture era l'obiettivo di tutto questo studio. Per facilitarne la lettura si è dedicato, alla fine dello studio, un intero capitolo a questo argomento (pagg. 105-123) dove, fra le altre cose, si dice in relazione a quanto affermato da EDRA e riportato qui di seguito in corsivo:

“Esiste una correlazione inversa tra portate di vapore geotermico estratto e portata delle sorgenti del Fiora. Cioè, tutte le volte che la portata di vapore aumenta, la portata delle sorgenti diminuisce e viceversa”.

La conclusione della nostra analisi recita:

“... indicano tutti un'assenza della relazione causa-effetto tra le due variabili al contrario di quanto ipotizzato da EDRA che, invece, supponeva una costante corrispondenza tra la diminuzione della produzione di vapore e un corrispondente aumento delle portate sorgive del Fiora”.

E ancora:

“Stesse considerazioni possono farsi anche se analizziamo tutti i dati disponibili nella storia geotermica amiatina (figg.4.11, 4.12 e 4.13). Da queste ultime, in particolare, risulta ancor più marcata l'assenza di correlazione tra vapore estratto e portate della sorgente Fiora; si ricava infatti (in relazione al periodo 1990-2007, fig. 4.13) un $r^2 = 0,02$ ”.

In relazione a questa affermazione di EDRA:

“I dati indicano che a Bagnore ad 1 Kg/s di vapore estratto corrispondono 7,5/15 l/s di portata mancante alle sorgenti del Fiora. Ne consegue che, qualora non siano sopraggiunti o sopraggiungano elementi di isteresi ed irreversibilità nell'interrelazione tra acquifero geotermico ed acquifero freatico, la portata originaria delle sorgenti del Fiora, pari a circa 900/1300 l/s, potrebbe con probabilità essere recuperata riducendo adeguatamente lo sfruttamento del campo geotermico”.

La conclusione della nostra analisi è stata:

“Da queste valutazioni e dal confronto con i dati di bilancio, se ne conclude che gli impatti previsti (quelli medi), anche qualora fossero limitati solo all'interferenza del campo di Bagnore, non sono sostenibili in quanto sarebbero necessarie entità di afflusso meteorico pari ad oltre il 130% di quelle valutate.

Se considerassimo invece come impattanti tutti e 2 i campi, dovremmo avere sull'Amiata un afflusso meteorico pari a quasi il 230% di quello valutato (e questo supponendo invariati i valori di evapotraspirazione reale, che invece con quell'aumento non realistico delle piogge, tenderebbero anch'essi ad aumentare).

Se, viceversa, confrontiamo i volumi in uscita dall'Amiata nelle ipotesi degli impatti previsti da EDRA con i valori di pioggia efficace (PE, che alimenta, per ca. il 90% del suo valore, l'infiltrazione e quindi la ricarica naturale dell'acquifero), si ricava che **in nessuna ipotesi di impatto, l'infiltrazione calcolata con il bilancio idrico delle vulcaniti amiatine sarebbe in grado di offrire una quantità di alimentazione atta a sostenerle.**"

In relazione all'affermazione di EDRA:

5) *"L'acquifero freatico del Vulcano Amiata, a causa dei forti gradienti topografici nel basamento subvulcanico e dell'alta permeabilità delle lave risulta essere particolarmente fragile tendendo a "svuotarsi" facilmente qualora non sia alimentato in modo sufficiente dalla ricarica o qualora sia artificialmente estratta acqua da esso"*

La conclusione della nostra analisi è stata:

"Questi dati indicano, al contrario di quanto supposto, un lento svuotamento; in pratica sono necessari tempi lunghi, ed a volte lunghissimi (circa tre anni) perchè le sorgenti alimentate dall'acquifero esauriscano l'input di ricarica per infiltrazione".

In relazione all'affermazione di EDRA:

6) *"La superficie di falda rappresentata dal modello numerico rispecchia quella pubblicata nel lavoro di Calamai et al. (1970), ma è molto diversa dalla superficie recentemente misurata con metodi di geoelettrica e magnetotellurica (Manzella 2006). Quest'ultima superficie è caratterizzata da una serie di depressioni della falda che implicano un abbassamento della stessa di circa 500 m rispetto a quella originaria misurata prima dello sfruttamento dell'energia geotermica. Tale abbassamento registra la ricarica del campo geotermico da parte dell'acquifero superficiale. Esso è talmente spinto da costituire una situazione di rischio effettivo di inquinamento della falda acquifera idropotabile superficiale, particolarmente rispetto alle sorgenti del Fiora".*

La conclusione della nostra analisi è stata:

"Tutto quanto sopra esposto dimostra, pur con i limiti derivanti dall'assenza di dati idrodinamici certi, che tale supposizione non è in alcun modo compatibile con la realtà idrogeologica amiatina perché, se fosse stata realistica, avrebbe in pratica portato allo svuotamento pressoché completo dell'acquifero superficiale e le sorgenti, che da esso si alimentano, oggi non dovrebbero più esistere. Ma queste viceversa esistono (e le misure reali di portata lo dimostrano) e quindi esiste anche l'acquifero la cui falda, se eroga meno acqua oggi che in passato, è semplicemente perché è diminuita di circa il 25% la ricarica naturale per infiltrazione a causa della diminuzione delle piogge sull'area di alimentazione dell'acquifero amiatino".

Quindi quanto asserito nelle "osservazioni":

"Affermano tuttavia che in questa fase, in carenza di dati certi e di dettaglio, risultano premature valutazioni di tipo quantitativo sull'interferenza geotermia-acquifero superficiale"

è smentito dalle citazioni testuali sopra riportate ed estratte dal testo della relazione che riferisce gli esiti dello studio dell'Università di Siena.

Come noto sia la campagna geofisica eseguita per conto della Provincia di Grosseto che quella eseguita dal CNR per conto della Regione (3 anni di misure) evidenziano una superficie piezometrica della falda superficiale notevolmente diversa da quella individuata da Calamai et alii.1970.

Analizzando i risultati delle campagne geofisiche del 2006 si rileva (vedi tab.) che queste ricavano risultati diversi da quelli di Calamai, ma anche notevolmente diversi tra loro nelle 6 campagne dei 3 anni di misura citate.

m slm	Manzella 1	Manzella 2	Manzella 3	Manzella 4	Manzella 5	Manzella 6	CALAMAI 75
Piezometria media	915	930	930	973	972	944	942
Substrato medio	783	798	830	855	828	847	740
Spessore saturo medio	132	132	100	118	144	97	202

E' per gli scriventi davvero misterioso come si faccia a prendere per "realta' oggettiva" delle determinazioni dove anche il limite del *substrato* (che dovrebbe, evidentemente, essere stabile) *balla* mediamente di oltre 70 m e la piezometria di quasi 60 m in 3 anni? Ciò è palesemente inverosimile.

Facciamo pacatamente notare che una variazione di spessore saturo dell'acquifero di 10 m coinvolge un volume d'acqua immagazzinato di oltre 80 milioni di mc e che +/- 60-70 m significano +/- 500-600 milioni di mc d'acqua.

Si fa presente che le valutazioni fatte della ricarica dell'acquifero individuano un valore medio intorno ai **50 milioni** di mc d'acqua all'anno, cioè circa **6 m di escursione della superficie piezometrica**. Rispetto a questo valore, che non sarà preciso ma è realistico come ordine di grandezza (stante anche la sua notevole corrispondenza con i valori del deflusso sotterraneo), risulta a tutti evidente che gli errori della metodologia geofisica sono completamente fuori scala, fisica e scientifica, rispetto all'entità dei parametri che si intenderebbe analizzare. Persino l'errore di 1 m (8 milioni di mc), dal momento che rappresenta già un 16% rispetto al valore della ricarica, risulta poco accettabile perfino per valutazioni di massima.

Si mette in evidenza che la piezometrica riportata nella pubblicazione del 1970 è stata riprodotta nel sopraccitato lavoro della Provincia e utilizzata per la modellazione della falda acquifera operata dall'ing. Pizzi per conto dell'Acquedotto del Fiora a supporto della progettazione di un campo pozzi. Le campagne geofisiche evidenziano quindi una depressione della falda spiegabile unicamente con una ricarica indotta a favore del campo geotermico.

Riguardo alla "modellazione della falda acquifera operata dall'ing. Pizzi per conto dell'Acquedotto del Fiora," c'è solo da ricordare che la modellistica idrogeologica è argomento molto serio e complesso e chi, come gli scriventi, se ne occupa responsabilmente ha molto chiaro che prima di procedere all'uso di tale strumento previsionale è necessario mettere a punto un accurato modello concettuale dell'acquifero in cui siano definiti in modo preciso ed univoco:

- **le condizioni ai limiti (geologici ed idrodinamici) cioè la sua definizione spaziale;**
- **la caratterizzazione idrodinamica ed il comportamento idraulico dell'acqua di falda in rapporto all'acquifero;**
- **molti altri parametri da misurare direttamente (porosità, porosità efficace, permeabilità, trasmissività, coefficiente di immagazzinamento) anche in relazione alla loro variabilità spaziale, così come il posizionamento del substrato impermeabile e della superficie piezometrica (quest'ultima nella sua variabilità stagionale ed annuale).**

Quanto sopra, una volta propriamente acquisito, consentirebbe di tarare una *modellistica numerica* sulla base dei reali comportamenti idrogeologico-idrodinamici dell'acquifero attraverso simulazioni basate su dati misurati. Se queste simulazioni forniscono un esito positivo allora, e solo allora, si può ritenere che il modello approssimi con accettabile precisione la realtà idrogeologico-idrodinamica dell'acquifero e risulta quindi utilizzabile ai fini progettuali e previsionali.

Tutto quanto ora prospettato non è ad oggi fattibile **proprio per l'assenza dei suddetti dati**. Studi recenti condotti presso questa Università (Salleolini e Gobbini 2005) hanno inequivocabilmente dimostrato l'impossibilità di costruire, allo stato delle attuali conoscenze, un modello numerico attendibile dell'acquifero amiatino. In pratica, ad oggi, l'acquifero del Monte Amiata non è

modellabile numericamente e chiunque lo faccia contrabbandandolo per vero compie un falso scientifico certamente deprecabile anche sul piano etico. I modelli per loro natura danno comunque sempre delle risposte, **ma se l'input è non veritiero anche l'immane output lo sarà.**

Le principali critiche sulla ricostruzione della piezometrica del CNR riguardano l'imprecisione delle indagini geofisiche che lo studio di Siena individua nell'ordine del 10% e il fatto che tali indagini non sono state tarate sulle stratigrafie di pozzi esistenti. Nessuna considerazione viene svolta dall'Università di Siena sulle indagini geoelettriche svolte per la Provincia di Grosseto che vedeva tra l'altro il prof. Barazzuoli tra i responsabili scientifici. Neanche nella pubblicazione conclusiva del lavoro commissionato dalla Provincia di Grosseto vengono citati e commentati i risultati delle indagini geoelettriche e non si ritrovano spiegazioni sul fatto che negli elaborati finali (sempre della Provincia) viene ancora riproposta la piezometrica ricostruita da Calamai et alii nel 1970.

Nella relazione per la provincia di GR cui si fa riferimento, si trova scritto: "Per l'acquifero principale, ospitato nelle vulcaniti, la soggiacenza è stata valutata a partire dalla ricostruzione piezometrica di Calamai et al. (1970) che è purtroppo assai incerta in quanto non derivata da misure dirette;....."

Lo studio per la Prov. di Grosseto utilizza la geofisica solo per determinare **ampi range** di soggiacenza ai fini della valutazione parametrica (insieme ad altre 6 variabili) della vulnerabilità intrinseca (<50m, >50m). Per questo 5-10 m in più o in meno non recano danno dato che le carte di vulnerabilità non sono, notoriamente, degli elaborati da utilizzare ai fini scientifici e tecnici (per la progettazione, ad es.) ma sono degli elaborati, ad uso della pianificazione, utili per indirizzare il miglior uso del territorio in relazione alla problematica della protezione degli acquiferi attraverso l'indicazioni di vincoli all'uso medesimo, non certo per fare calcoli precisi.

Bisognerebbe iniziare a capire la natura dei dati e quale possa essere il loro uso più corretto. Se si ha necessità di un *numero* indicativo, anche la geofisica può tornare utile, ma quando da questa si ricavano dati per utilizzarli come elemento portante per determinazioni precise, si compie scientificamente un falso perché la loro imprecisione non lo consente. Nel lavoro citato le indagini geofisiche sono utilizzate per indicare ampi range di soggiacenza della falda ai fini della definizione della vulnerabilità dell'acquifero nella consapevolezza che errori del 10% danno comunque una indicazione accettabile per quel tipo di obiettivo.

Per amore di chiarezza, a proposito della affermazione "l'imprecisione delle indagini geofisiche che lo studio di Siena individua nell'ordine del 10%" si fa notare che tale valore non è una asserzione estemporanea dell'Università di Siena, ma è stimato da **J. L. Astier** nel suo trattato "**Géophysique appliquée a l'Hydrogeologie**" dove, a proposito della precisione delle prospezioni elettriche, si afferma "**Pour une meme station,....l'écarte moyen quadratique est en général de l'ordre de 10%; cette précision est suffisante pour les études de reconnaissance...**" e tale valore deve ritenersi valevole per situazioni ottimali in quanto l'errore compiuto in questo tipo di prospezioni (Custodio & LLamas, 1983) può anche superare il 20% della profondità investigata.

Recentemente sono stati reperiti gli esiti di più campagne geofisiche svolte per conto di ENEL nella prima metà degli anni 1960 e tarate sui sondaggi ENEL. Anche queste indagini evidenziano una possibile depressione della falda (a pochi anni dall'inizio dello sfruttamento geotermico) nella stesso settore dell'Amiata individuato successivamente dal lavoro commissionato dalla Provincia di Grosseto e dalla Regione Toscana (CNR).

E' del tutto evidente che se avessimo ritenuto attendibili i dati geofisici ai fini di una corretta individuazione della superficie piezometrica non avremmo certo scritto quanto poco sopra riportato.

Si ribadisce che l'errore del 10% è da considerarsi un errore minimo, esso può arrivare anche oltre il 20% e si possono addirittura prendere degli abbagli colossali, come si è cercato di spiegare nella relazione:

“Quanto invece analizzato attraverso varie campagne di indagine indirette di tipo geofisico [da Calamai et al. (1970) fino a Manzella (2006)] non può considerarsi quantitativamente attendibile dal punto di vista idrogeologico, vuoi per l'imprecisione di tali valutazioni (spesso maggiori del 10% della profondità investigata, soprattutto in assenza di tarature basate su dati reali), vuoi per il fatto che comunque questo tipo di indagini **possono evidenziare superfici di separazione aventi tutt'altra natura rispetto a quelle che si intende individuare**, soprattutto in assenza di reali conoscenze dirette (stratigrafie, piezometrie) attraverso le quali “aggiustare” queste prospezioni indirette”.

Il fatto che tale depressione sia stata rilevata anche dalle campagne successive e con attrezzature più moderne rende indubbiamente il problema aperto. Con riferimento ai principi di fluidodinamica dei sistemi geotermici è possibile che tale depressione, a pochi anni dall'inizio delle sfruttamento geotermico (1959), non sia solo correlata alla produzione di vapore (da 102.000 t/anno nel 1959, 892.000 1960, 1.360.000 1961, 1.700.000 1962 - dati ENEL), ma anche alle prime operazioni (1956-1957?) che hanno comportato l'espulsione in atmosfera dei gas incondensabili presenti al tetto del campo geotermico superficiale (depressurizzazione e "liberazione" di volumi di roccia originariamente occupati dai gas incondensabili con richiamo indotto dell'acqua di falda).

Le correlazioni fra sfruttamento geotermico e regime della falda, semplicemente non esistono se non nella fantasia di chi si avventura in affermazioni di tal fatta.

Tutte le relazioni esplorabili tra vapore estratto e portate sorgive sono state considerate in questo studio (idrogeologico e geochimico). Tutte inconfutabilmente dimostrano che non esiste alcuna relazione tra questi due aspetti.

In conclusione siamo costretti a prendere atto del fatto che nonostante i ripetuti interventi in proposito della Dr.ssa Manzella, le risposte della geofisica vengono molto stressate e poi interpretate in chiave geologico-stratigrafica, idrogeologica ecc. Come ha sempre cercato di spiegare la Dr.ssa Manzella le prospezioni geofisiche da lei condotte sul Monte Amiata sono giunte solo alla prima fase dato che, in assenza di dati reali su cui tarare la metodica, non è al momento possibile desumere neppure una ipotesi di massima circa l'andamento della piezometria.

Nella relazione si è cercato di spiegare, sembrerebbe purtroppo invano, che le anomalie elettriche ed elettromagnetiche correttamente rilevate, non necessariamente dipendono da una sola causa, ma possono essere indotte anche da fattori per nulla collegati alla presenza o meno di zone sature d'acqua: come, per esempio, a discontinuità tra le varie colate laviche attraverso le quali si è formato il rilievo vulcanico; o ancora, a differenti concentrazioni dei minerali ferro-magnesiaci (notoriamente dei buoni conduttori). Sia in colate diverse, che all'interno di una stessa colata (l'omogeneità mineralogica di una roccia lavica è elevata nell'insieme, ma non lo è nel dettaglio e in posizioni spaziali diverse, così che la distribuzione random di questi minerali può sostanzialmente modificare il comportamento geoelettrico della roccia. L'influenza della mineralogia può anche superare quella della presenza o meno di un'acqua oligominerale (come quella che fuoriesce dalle sorgenti amiatine) la quale, contenendo pochi sali disciolti, risulta scarsamente conduttiva e quindi non in grado di alterare sensibilmente la conducibilità del complesso acqua/roccia.

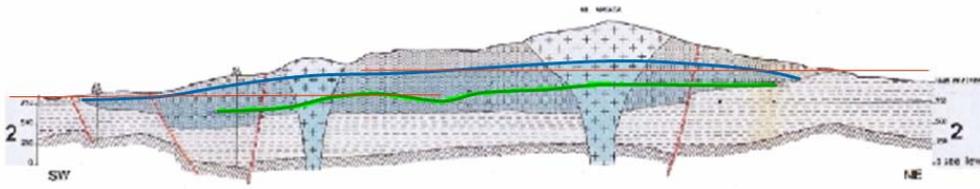
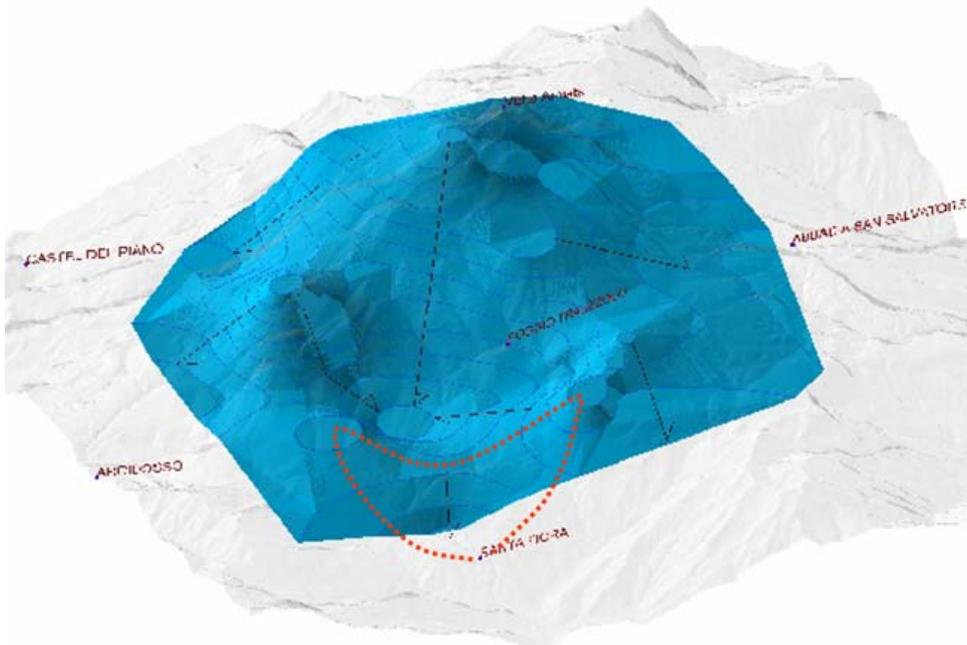


Fig. 3

In azzurro andamento della falda acquifera come riportato nella rivista Geothermics (1970)
Con la linea verde andamento della falda acquifera marzo 2006 (CNR Pisa)

superfici piezometriche ricavabili dalla geoelettrica e ci portano alle seguenti considerazioni:

- 1- nella sezione (fig.3) la superficie piezometrica valutata dal CNR (linea verde) è sempre posizionata al di sotto delle quote da cui emergono, per contatto col substato impermeabile le sorgenti amiatine. Dal punto di vista idrodinamico questa superficie piezometrica non può indurre fuoriuscita d'acqua in quanto, come è noto, l'acqua si muove da potenziali (o quote assolute) maggiori a potenziali minori: le emergenze sorgive si trovano in realtà a quote maggiori di quelle della piezometria.
- 2- Nella figura sottostante, che rappresenta l'intera superficie piezometrica amiatina, così



come derivata dalle prospezioni geofisiche del CNR, risulta evidente che il flusso d'acqua verso le sorgenti di Santa Fiora sarebbe assicurato solo da quella piccola porzione di acquifero posto all'interno della linea tratteggiata in rosso. Sommarariamente, si può stimare

che tale "sottobacino idrogeologico" rappresenti meno del 10% dell'intero acquifero, ma, paradossalmente, questa piccola porzione dell'acquifero alimenterebbe le sorgenti che da sole erogano circa il 50% del deflusso sotterraneo amiatino. Si ritiene onestamente superfluo ogni ulteriore commento.

Risposte alle “osservazioni” alla Sezione 4 (Supporto del telerilevamento alle tematiche trattate) del rapporto finale dell’Università degli Studi di Siena

“... 1. Studio geologico strutturale attraverso l'analisi di fotografie aeree: Nel primo paragrafo è premesso che è stato condotto uno studio fotogeologico per individuare i lineamenti tettonici allo scopo di definire la “permeabilità per fessurazione e delle possibili connessioni idrauliche fra l'acquifero superficiale ed il serbatoio geotermico”. Dopo una premessa metodologica il risultato viene riportato nella fig. 1, in merito alla quale emergono le seguenti considerazioni:
1.1. l'area d'indagine è sostanzialmente limitata all'affioramento delle vulcaniti, interessando comunque un'area più ristretta di quella esaminata negli studi preliminari di Edra...”

La Figura 1 della presente nota mostra l’area investigata da Edra (a sinistra) e quella investigata nello studio dell’Università di Siena (a destra – Figura n.1 nella relazione UNISI). La zona investigata è essenzialmente la stessa fatte salve alcune aree marginali non inserite nella mappa UNISI non perché escluse dall’indagine, ma perché le strutture antiformali, suggerite da EDRA (a sinistra in giallo), non sono state identificate e quindi non sono rappresentabili. Si sottolinea. In proposito, come anche studi recenti (Bertini, Pandeli, Principe e Manzella, 2008), successivi alla consegna della relazione da parte dell’Università di Siena alla Regione Toscana, smentiscono il modello geologico-deformativo proposto da EDRA, escludendo l’ipotesi della esistenza di strutture antiformali collegabili al processo di “*spreading*” vulcanico.

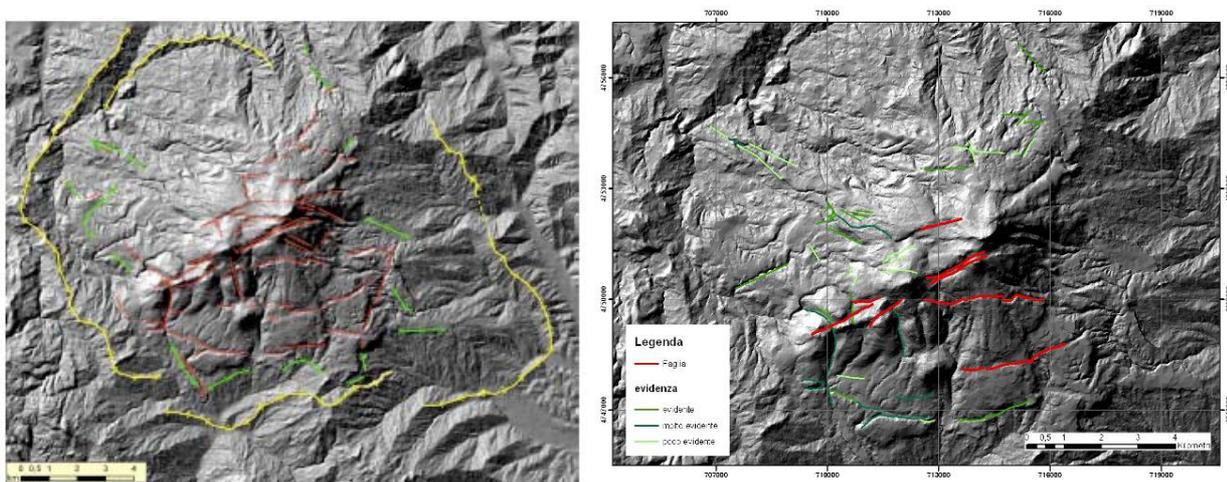


Figura 1

“...
1.2. alcune faglie sembrano coincidere con il “graben sommitale” indicato da Edra ed invece dichiarato inesistente nella Sez. 1...”

Anche la Sezione 1 riconosce nella zona sommitale la presenza di faglie in accordo con quanto rappresentato nella Sezione 4 della relazione, ma a cinematica *transtensiva sinistra*. Riconoscere la presenza di una faglia (per la quale peraltro in campagna non sono riconoscibili informazioni circa l’entità del rigetto) non equivale ad avere individuato un *graben* che, come è noto, ha una struttura particolare e molto più complessa (necessita ad esempio di una faglia coniugata – non riscontrata in campagna). Vi è, inoltre, da rimarcare che la natura, prevalentemente trascorrente, della struttura

poco ha a che vedere con la cinematica che solitamente predomina nelle faglie di un graben (faglie normali).

Con riferimento alle faglie riportate nella Sezione 4 si fa notare come non sia riconoscibile una continuità strutturale tra la zona sommitale (Vetta Amiata) e la Zona di Poggio Falco-Poggio Pinzi. L'evento eruttivo dell'area de La Montagnola, intermedio ed in rilievo rispetto alle tracce dei lineamenti sommitali, non mostra indicazioni della presenza di faglie ed è quindi da ritenersi successivo allo sviluppo delle stesse, escludendo automaticamente una attività connessa a "spreading" vulcanico.

"...

1.3. lo studio identifica una serie di elementi tettonici, capaci forse di far comunicare i 2 acquiferi e che quindi avrebbero dovuto essere esaminati nella Sez. 1, cosa che non è stata fatta..."

I lineamenti tettonici individuati sono stati esaminati nella Sezione 1 ai fini della loro caratterizzazione e del riconoscimento della natura pertinente. Il fatto se essi possano far comunicare i 2 acquiferi non è materia riguardante il rilevamento geologico ma le indagini dirette tramite pozzi e, soprattutto, la geochimica delle acque di falda. La sez. 3b dello studio dell'Università di Siena, non oggetto "... di specifica valutazione in quanto non direttamente correlata agli aspetti tecnici d'interesse delle strutture scriventi e non disponendo le stesse di specifiche adeguate professionalità" tratta, appunto, il tema della possibile comunicazione tra l'acqua di falda ed il serbatoio geotermico dimostrando l'inesistenza di una loro comunicazione.

"...

1.4. a parere degli scriventi altri elementi tettonici presenti nell'immagine avrebbero meritato di essere identificati per un controllo a terra...."

E' evidente che le attività di foto-interpretazione e di campagna sono state oggetto di analisi e discussione congiunta tra gli Autori. In via preliminare sono state studiate le foto aeree a scala 1: 70.000 e 1: 13.000, le ortofoto digitali e le immagini satellitari Landsat. In seguito, in base ai risultati della foto-interpretazione e alla bibliografia esistente, ai dati CARG ed ai contenuti della relazione EDRA, è stata pianificata l'attività di campagna. Tutte le aree ritenute chiave, per la conduzione dello studio, sono state oggetto di sopralluoghi.

La fotogeologia è uno strumento tanto importante per lo studio del territorio quanto fortemente collegato al rilevamento geologico di campagna. In particolare, laddove esista una evidenza di tipo foto-geologico può accadere che in campagna questa venga addirittura confutata. Nel nostro lavoro, per tenere conto delle diverse informazioni estraibili da ogni immagine e limitare la soggettività dell'interpretazione nel rispetto della completezza del lavoro stesso, si è addirittura scelto di presentare l'analisi fotogeologica separata dalle attività di campagna, associando ad ogni elemento lineare individuato, un codice numerico. Tali codici possono assumere valore intero da 1 (poco evidente) a 3 (molto evidente). E' da mettere in risalto che il valore del campo non è in alcun modo correlato con la natura geologica del lineamento, ma ne esprime unicamente la "visibilità" attraverso le immagini telerilevate. Oltre a ciò i lineamenti tettonici sono stati interpretati in chiave geologica in due classi: a) faglie e b) altri lineamenti tettonici. Questa distinzione è stata effettuata tenendo conto della continuità spaziale e dell'orientazione dei lineamenti, del quadro geologico desumibile dai dati di letteratura e dal lavoro di campagna. La figura 2 mostra la mappa con l'ubicazione delle aree cui è stato riservato un approfondimento geologico sul campo.

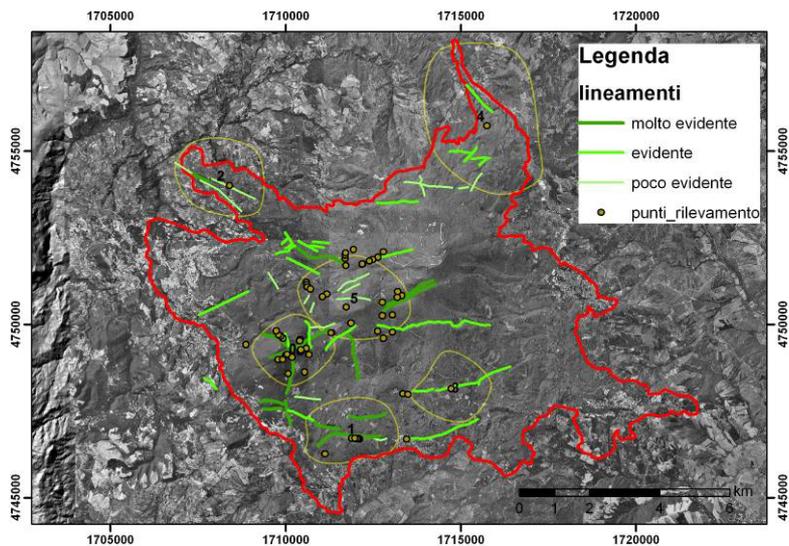


Figura 2

A causa dei tempi ristretti del progetto, nell'intento di ottimizzare l'analisi fotogeologica, sono stati effettuati degli approfondimenti, con supplemento di indagini, in varie aree ed utilizzando foto aeree a scala maggiore (1:13000). Tali approfondimenti di indagine sono stati effettuati dove lo studio EDRA proponeva la presenza di evidenze morfologiche dovute a "volcanic spreading" (Figura 3) e hanno avuto esito negativo.

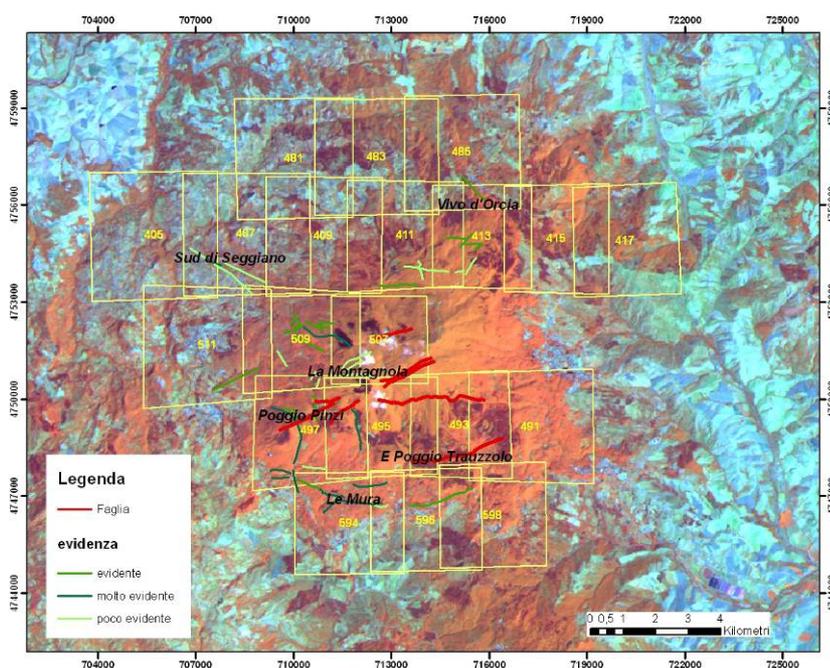


Figura 3

"... Nelle conclusioni del paragrafo, dopo una breve classificazione dei lineamenti tettonici, si afferma che essi possono..."condizionare in modo significativo la permeabilità per fratturazione dell'edificio vulcanico". Cosa che sarebbe stata quindi da valutare come uno degli obiettivi dello Studio di approfondimento, ma che è invece rimasta incompiuta..."

Vedasi la risposta data al punto 1.3.

"... Si vuole qui far notare che una faglia può esistere anche se il rilievo di campagna non ne consente l'individuazione, considerando soprattutto che le emissioni vulcaniche tendono a ricoprire e "distruggere" le evidenze delle discontinuità tettoniche che ne hanno permesso la risalita..."

Questa affermazione non può trovare il consenso degli scriventi. Laddove l'analisi di campagna manchi di informazioni sufficienti a dimostrare la presenza di una faglia (indicatori cinematici, cataclasiti, evidenze morfologiche, ecc.) nessuna ipotesi è sostenibile. Ulteriori indagini in situ devono essere condotte con metodologie dirette (pozzi) e indirette (analisi geofisiche) che, evidentemente, implicano costi e tempi di realizzazione idonei. Si precisa che tali attività sono estranee all'incarico conferito dalla Regione Toscana all'Università di Siena che prevedeva "lo studio dei rischi d'inquinamento, le eventuali azioni e limitazioni conseguenti allo sfruttamento delle risorse geotermiche nell'area Amiatina".

Si richiama, infine, l'attenzione sul fatto che la redazione di un modello strutturale di dettaglio non si ottiene dalla foto-interpretazione e dal rilevamento geologico senza l'indispensabile supporto di specifiche informazioni geognostiche.

" ... Infatti un effettivo studio geostrutturale avrebbe dovuto basarsi sui seguenti elementi qui solo sintetizzati:

- analisi dei dati contenuti nei vari studi geologici esistenti e approfondimento dei dati contenuti nella carta geologica al "10.000" della Regione Toscana..."

In risposta alla mancanza di consultazione di dati geologici esistenti con particolare riferimento alla carta geologica al "10.000" della Regione Toscana, si riporta la Figura 2 della relazione (Sezione 4) dove gli elementi tettonici individuati sono rappresentati su base orto-fotografica in base al criterio di evidenza; in giallo sono rappresentati i contatti tra le formazioni provenienti dal Progetto di Cartografia Geologica Regionale.

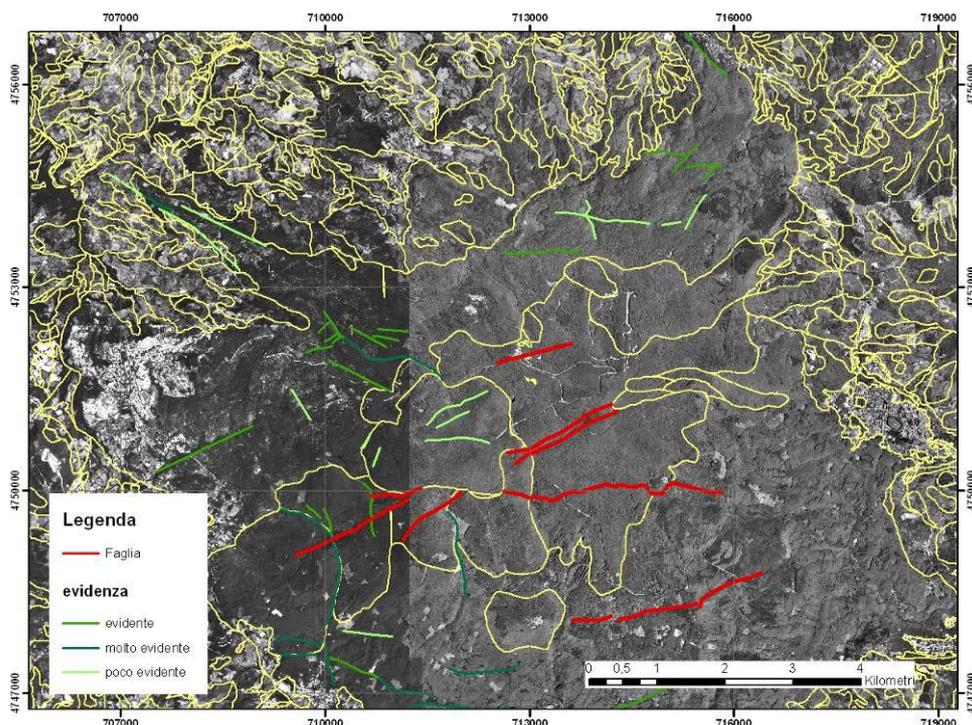


Figura 4

".....2. Analisi multitemporale dell'uso del suolo attraverso l'analisi di fotografie aeree. Le conclusioni di tale analisi non sembrano molto attinenti gli obiettivi dello Studio, né ci sembrano abbiano fornito elementi utili...."

Premesso che l'analisi di uso del suolo non era prevista dalla convenzione, gli Autori hanno comunque deciso di inserire questa attività nella relazione finale. Ciò in quanto, dall'osservazione delle foto aeree multi-temporali per scopi foto-geologici, ci si era resi conto di un evidente aumento delle aree a vegetazione naturale nell'intervallo di tempo 1954-2005. Questo fenomeno di rinaturalizzazione dei versanti, essenzialmente riconducibile ad un progressivo abbandono delle campagne nel dopoguerra, oltre che ad essere esteso alla parte occidentale della montagna (alla consegna della relazione era disponibile la mappa di uso del suolo per i due anni della sola Provincia di Siena, motivo per cui non è stato utilizzato nella Sezione 2) è oggetto di attuali approfondimenti di carattere idrogeologico per stabilire in modo analitico l'interazione tra pioggia, geologia e geomorfologia dei versanti, vegetazione ed infiltrazione efficace.

La vegetazione ha da un lato una grande capacità di immagazzinamento e dall'altro necessita di acqua per la propria sopravvivenza. L'intercettazione diretta della pioggia è comunque utile poiché rallentando la velocità di infiltrazione al suolo, favorisce la ricarica della falda freatica ostacolando il deflusso superficiale. Considerato che studi e sperimentazioni, svolti a partire dagli anni '50, hanno dimostrato che determinati suoli forestali sono in grado di assorbire e trattenere, senza dare luogo a scorrimento alcuno, piogge di intensità eccezionale, anche superiore ai 100 mm/ora, l'attività di fotointerpretazione intrapresa ha lo scopo di studiare la variazione dell'acqua di falda in funzione non solo della piovosità ma anche dell'uso del suolo. Considerato che per il completamento dello studio sono in corso analisi per il versante grossetano, si vuole sottolineare lo spirito scientificamente propositivo di questa attività che, evidentemente, non è stato affatto colto dai revisori.

"... 3. Interferometria differenziale per lo studio di eventuali meccanismi di subsidenza Il metodo, potendo rilevare deformazioni del suolo dell'ordine di millimetri, è stato usato con lo scopo di valutare subsidenze indotte dalla geotermia o connesse al "Volcanic Spreading", ma si deve anche ricordare che viene usato pure per la valutazione dei movimenti di frana. É invece bene far presente che il "Volcanic Spreading", rientrando in altri meccanismi, potrebbe corrispondere ad un ordine di tempi più "geologici" e quindi meno valutabili alla nostra scala, considerando che l'intervallo di tempo considerato è stato al massimo di 8 anni.

Il metodo non è però risultato molto valido per i caratteri dell'area esaminata e pertanto gli autori affermano che i risultati ottenuti, di natura più qualitativa che quantitativa, sono stati allora confrontati con i dati di livellazione altimetrica dell'ENEL.

Anche se l'illustrazione dei risultati non appare molto chiara, sembra di capire che presso Abbadia S.S. e Piancastagnaio i movimenti rilevati coincidono con i versanti interessati da fenomeni gravitativi; la zona di S: Fiora - Bagnolo risulta stabile, mentre invece quella di Floramiata indica un abbassamento e quella di Arcidosso un lieve sollevamento.

L'analisi prosegue quindi riesaminando in modo non molto chiaro i dati di livellazione ENEL (1988-2006) ed arriva ad affermare che l'interferometria differenziale non è risultata molto valida per le valutazioni che si attendevano. Vengono allora citati i risultati di un altro studio eseguito con altra tecnologia, che arriva al riconoscimento nelle aree di Abbadia S.S. e Piancastagnaio di movimenti di versante in

direzione Est, per concludere che le variazioni al suolo hanno ordine di 1-2 mm anno, salvo che per le zone in frana, come nell'area di Piancastagnaio dove si raggiungono i 4-5 mm anno.

L'impressione che si ricava dalla lettura di questo paragrafo è che sono stati tentati dei metodi ancora in fase sperimentale, o che necessitano di intervalli di tempo maggiori, utili per movimenti relativamente veloci come le frane, ma che poco possono dire su movimenti con tempi più "geologici", come il "Volcanic Spreading"...."

Le tecniche classiche di interferometria differenziale in queste aree trovano una serie di difficoltà principalmente legate alla morfologia dei terreni ed alla presenza di vegetazione.

L'osservazione circa la possibilità di studiare, con questa tecnica, i movimenti franosi è corretta tanto è che nella relazione stessa si dimostra ampiamente con dati delle livellazioni ENEL, con la cartografia geomorfologica disponibile (edita e inedita) e con altri studi interferometrici con tecnica PS, come il territorio sia fortemente interessato da fenomeni franosi. Si concorda anche con l'affermazione che attribuisce ai fenomeni di "spreading" effetti raggiungibili in tempi molto lunghi. L'interferometria radar satellitare è però l'unico sistema che attualmente consenta di poter studiare nel tempo le deformazione sia a piccola che a grande scala del suolo. Derivando dalla tecnologia satellitare permette di andare indietro nel tempo di poche decine di anni non consentendo di verificare effetti passati di deformazioni al suolo ma potendo invece valutare, oltre che frane, movimenti verticali legati a tettonica attiva o a cause antropiche quali lo sfruttamento geotermico. Data la scarsa qualità degli interferogrammi multitemporali prodotti per le suddette ragioni, tali valutazioni "temporalmente fattibili" sono state effettuate utilizzando livellazioni altimetriche rese disponibili da Enel relative al periodo 1988-2006 in modo da poter effettuare anche un confronto quantitativo con i risultati interferometrici.

I risultati per le varie aree sono frutto dell'elaborazione dei dati di livellazione confrontati con gli interferogrammi che, solamente nelle aree molto coerenti, consentivano una corretta interpretazione.

I metodi utilizzati non sono "*in fase sperimentale*"; la difficoltà di lettura dei risultati dipende da interferogrammi scadenti legati a problemi di decorrelazione spaziale e temporale in parte risolvibili tramite l'uso di altre tecniche (più costose e ampiamente fuori dal budget di progetto) e l'acquisto di un numero superiore di immagini. Circa questo secondo punto si fa presente che gli Autori, al fine di poter acquistare ad un prezzo ridotto le scene satellitari necessarie allo studio, nell'ottica di ottimizzare le risorse, hanno presentato presso l'EURIMAGE, e ottenuto con successo, una domanda di finanziamento nell'ambito dell'offerta ERC (Eurimage Research Club - numero assegnato ERC-184). Con maggior tempo a disposizione, sarebbe stato possibile anche scrivere un progetto Category1 presso l'Agenzia Spaziale Europea ad avere un numero ancora superiore di scene.

In conclusione, sulla base dei dati, economicamente e temporalmente disponibili, le operazioni effettuate sono da ritenersi corrette. L'integrazione con dati topografici a terra è comunque l'unica via percorribile ai fini di una corretta valutazione dei possibili movimenti al suolo.

p. il Gruppo di Lavoro
(Prof. Carlo Gaggi)