

INDAGINI GEOFISICHE PER L'INDIVIDUAZIONE DI AREE A RISCHIO SINKHOLE NELLA PIANA DI SAN VITTORINO (RI)

DI FILIPPO MICHELE*, **NOLASCO FRANCESCO****,
RIZZO STEFANO***, **TORO BENIAMINO***

*Dipartimento di Scienze della Terra. Università di Roma "La Sapienza".

**Direzione Regionale Ambiente e Protezione Civile, Dipartimento Territorio Regione Lazio.

***Geologo libero professionista

RIASSUNTO

La Piana di San Vittorino è situata ad est di Rieti, lungo la valle del Fiume Velino ed è compresa amministrativamente nel territorio dei comuni di Castel S. Angelo e Cittaducale.

La piana è conosciuta per le sue sorgenti solfuree, le terme di Cotilia, corrispondenti alle *Aquae Cutiliae* note ai Romani e per la presenza di una serie di piccoli bacini lacustri, alcuni noti già storicamente ed altri di formazione anche recentissima, generati da fenomeni di sprofondamento e crollo con un'evoluzione improvvisa e rapidissima (NOLASCO, 1996).

Di queste forme di dissesto idrogeologico se ne contano alcune decine, in parte ospitanti laghetti ed in parte ricolmate di sedimenti, distribuite in varie zone della piana, secondo allineamenti che in alcuni casi sembrano ricalcare i maggiori motivi strutturali presenti nella piana e sui rilievi che la bordano (CIOTOLI et alii, 2001).

La formazione di questi sprofondamenti rappresenta un grave pericolo per la stabilità degli edifici presenti nella piana ed un elemento d'incertezza tale da aver pregiudicato lo sviluppo dell'area con notevoli riflessi negativi sull'economia locale (REGIONE LAZIO, 1992).

Allo scopo di evidenziare la presenza nel sottosuolo della piana di zone con carenza di massa, discontinuità tettoniche e variazioni litologiche sono state eseguite una serie di indagini geochimiche e geofisiche (gravimetria e geoelettrica) volte a fornire il quadro generale dell'assetto dell'area della piana ed indicare nel dettaglio le aree soggette a rischio sinkhole.

È stata messa a punto la metodologia della parte operativa delle prospezioni geofisiche: spaziatura tra le stazioni di misura, esecuzione del rilievo microgravimetrico, elaborazione e modellizzazione dei dati di gravità, e ancora nelle aree critiche indiziate dalla gravimetria sono state effettuate una serie di tomografie elettriche.

In una prima fase è stata eseguito un rilievo gravimetrico dell'intera piana per dettagliare l'andamento del bedrock carbonatico, evidenziare le dislocazioni tettoniche recenti e valutare lo spessore dei terreni fluvio-lacustri. Successivamente è iniziata la prospezione nelle aree abitate e quindi più a rischio. In una ulteriore fase le aree oggetto delle prospezioni sono state ampliate da un versante all'altro della piana.

I risultati delle prospezioni hanno evidenziato alcune aree con minimi gravimetrici sub-circolari associati ad una bassa resistività elettrica, riconducibili alla presenza nel sottosuolo di volumi caratterizzati da bassa densità ed un'alto contenuto in elettroliti, potenzialmente a rischio di collasso. In queste aree è stata impostata una rete di monitoraggio gravimetrico, altimetrico ed elettrico al fine di delineare eventuali variazioni ascrivibili alla naturale evoluzione dei fenomeni di formazione di sinkhole.

1. PROSPEZIONI GRAVIMETRICHE

Nel periodo 1998/2001, è stata effettuata una campagna di prospezione gravimetrica di dettaglio nella Piana di San Vittorino.

La carta delle Anomalie di Bouguer, figura 1, è stata costruita considerando un valore di densità costante pari a 2.6 g/cm^3 , ritenuto rappresentativo del bedrock. Per bedrock, si intende tutto il substrato prevalentemente carbonatico meso-cenozoico dell'Unità del Monte Nuria, dell'Unità del Monte Paterno e dell'Unità di Monte S. Angelo - Micciani. I valori di anomalia oscillano tra i -9 mGal a SW di Casale Mevi (sulla sinistra del Fiume Velino, a SE di Cittaducale), ed i -19 mGal nel settore orientale della piana, poco ad SW dell'abitato di Vasche, con un intervallo di 0.25 mGal .

Le isoanomale hanno un andamento circa Nord -Sud nel settore occidentale della piana, per assumere un andamento Est - Ovest spostandosi verso il settore orientale. In generale, dal punto di vista geomorfologico, si osserva una certa corrispondenza tra i valori delle isoanomale e l'ubicazione delle valli e dei rilievi montuosi circostanti.

Le isoanomale, nel settore orientale della Piana, si dispongono in forma ellittica, allungate in direzione E-W, concentriche con il minimo posto poco a SW dell'abitato di Vasche.

Litologicamente vi è una correlazione tra i valori delle isoanomale e la distribuzione dei sedimenti, poiché le aree caratterizzate da litotipi poco densi, le alluvioni del Fiume Velino, presentano valori più bassi, mentre sugli affioramenti dei litotipi più densi si riscontrano valori più alti. Va sottolineato che, anche se si tratta di depositi quaternari, i litotipi che costituiscono l'Unità del Bacino di Rieti, sono comunque più cementati rispetto alle alluvioni della Piana, e pertanto i valori relativamente maggiori dell'anomalia di Bouguer, non devono stupire.

Nel settore Ovest della Piana, le isoanomale, caratterizzate come già detto, da valori maggiori, sono più diradate rispetto al resto dell'area e tendono ad allontanarsi; le massime curvature inoltre, si dispongono a formare una lineazione corrispondente ad un asse gravimetrico positivo con direzione appenninica NW-SE.

Oltre questo asse positivo, l'andamento cambia bruscamente. Le isoanomale diventano più fitte, testimoniando un aumento del gradiente gravimetrico, e tendono a "richiudersi" fino a quando, poco a SW della pista di go-kart, tornano a farsi meno fitte. Subito a Nord di Vasche, i valori tornano ad aumentare, mettendo in evidenza quindi, la depressione non solo morfologica, ma anche strutturale della Piana; il bedrock, infatti, si approfondisce verso la parte centrale della Piana d'accordo con i dati geotecnici e di letteratura.

La carta delle anomalie di Bouguer rappresenta la somma di un insieme di effetti sovrapposti dovuti ad un campo regionale, prodotto dalle masse più profonde e da un campo locale, le cui origini derivano da strutture generalmente poco profonde e di limitata estensione. Mentre le anomalie regionali seguono un andamento che è tanto più lineare e regolare quanto più profonde sono le masse, quelle dovute al campo locale presentano generalmente un andamento vario, irregolare e frequentemente di forma chiusa: quest'ultime prendono il nome di Anomalie Residue.

Per esaltare l'effetto delle anomalie locali è stato operato un «filtraggio» sulle anomalie di Bouguer, sottraendo da queste l'effetto del campo regionale del 1° ordine. Tale campo è stato calcolato assimilandolo, date le ridotte dimensioni dell'area rispetto alla profondità delle masse che lo generano, alla geometria di un piano ottenuto con il metodo dei minimi quadrati.

Il trend generale delle isoanomale riflette l'andamento del bedrock mesocenozoico della piana, mentre i minimi di forma circolare, presenti nel settore nord-orientale, riflettono la presenza di strutture geologiche superficiali di dimensioni più limitate.

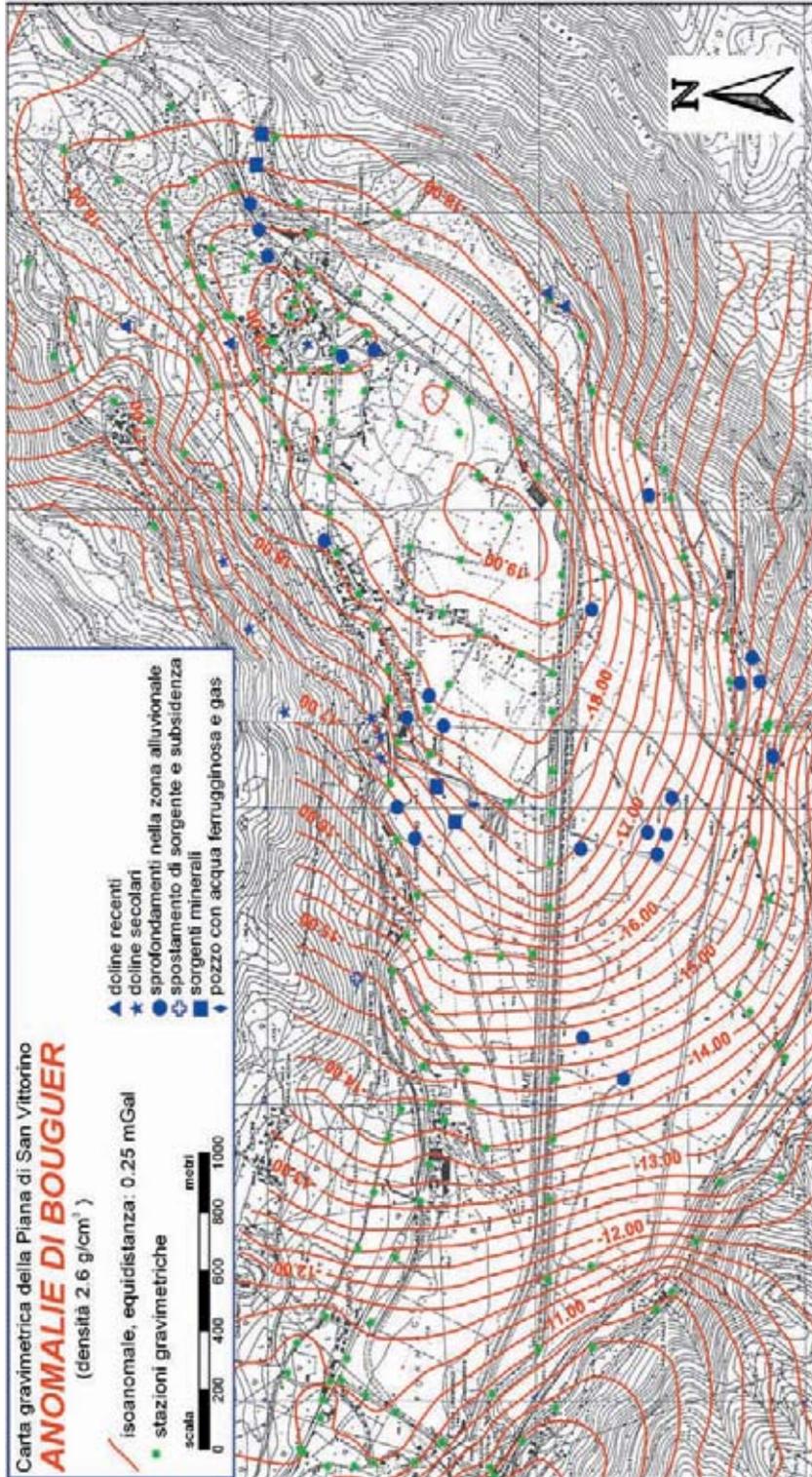


Fig. 1 - Carta gravimetrica della Piana di San Vittorino: Anomalie di Bouguer.

I minimi assoluti della piana dislocati lungo il Fiume Velino, risultano meglio definiti e racchiusi dall'isoanomala 3.2 mGal, spostata verso le Terme di Cotilia e allungata a forma di ellisse, spostando verso N-E il depocentro della Piana, rispetto al centro morfologico di quest'ultima.

In quest'area di minimo, orientata NE-SW, gli spessori delle alluvioni raggiungono forse, i valori maggiori. Un altro minimo di minor intensità, subcircolare, è presente in corrispondenza dell'abitato di Vasche.

Rispetto alle anomalie di Bouguer, anche i valori positivi sono più articolati e chiusi su se stessi a formare un asse gravimetrico positivo, dislocato lungo i versanti a SW, a quote comprese tra i 400 ed i 500 m s.l.m., oltre il quale i valori tornano a diminuire fino ai crinali che rappresentano la linea di separazione tra questi valori positivi e quelli negativi, dovuti alla depressione della Valle del Salto.

A NW della Piana, presso Cittaducale, i valori aumentano verso SW, ma in modo più blando, con un gradiente gravimetrico minore; l'aumento dei valori è dovuto all'avvicinarsi in superficie del bedrock, mentre il minor gradiente gravimetrico, è dovuto ad antichi terrazzi fluviali appartenenti ai depositi del Bacino di Rieti, come del resto mostrano gli ampi meandri del fiume in questo tratto.

In corrispondenza dell'abitato di Micciani, a Sud della Piana, le isoanomale positive mostrano un infittimento, peraltro già evidenziato nella carta delle anomalie di Bouguer, ma che qui diventa più marcato. Quest'andamento delle isoanomale, può essere spiegato con un avvicinamento del bedrock alla superficie brusco, non uniforme, dovuto forse ad una faglia che ha rialzato questo settore.

Subito ad Est di Case Crescenzi, le isoanomale mostrano un "raddrizzamento", seguendo l'andamento del Campo Regionale, testimoniando la presenza di strutture profonde. Sono evidenti almeno cinque discontinuità gravimetriche, di cui due al passaggio tra i valori positivi e negativi (ad Est di Case Crescenzi e a Sud in corrispondenza di Piano dei Micciani), ed altre tre all'interno della piana, a testimonianza della depressione non solo morfologica ma anche strutturale.

Interessante, infine, l'andamento in prossimità di Vasche, dove le isoanomale sono rade e, nella estrema zona orientale, addirittura tendenti al raddrizzamento, per poi infittirsi: questo trend non può essere spiegato con implicazioni morfologiche, poiché sia in corrispondenza di gradienti maggiori che minori, il quadro è di notevole uniformità. L'unica spiegazione, è quindi, ancora una volta una linea di faglia che ribassa il settore ad ovest di Vasche.

Concludendo, si può dire che tutta l'area della Piana di San Vittorino è ribassata rispetto ai rilievi circostanti, delimitata da discontinuità tettoniche, alcune d'importanza regionale, come la prosecuzione della faglia di Micciani, altre forse solo locali. La prosecuzione della faglia di Micciani ha orientamento circa NS, cosiccome la lineazione a NE di Vasche; la discontinuità in corrispondenza del Piano di Micciani ha un andamento meridiano, ed infine le altre due probabili linee di frattura, mostrano direzioni antiappenniniche.

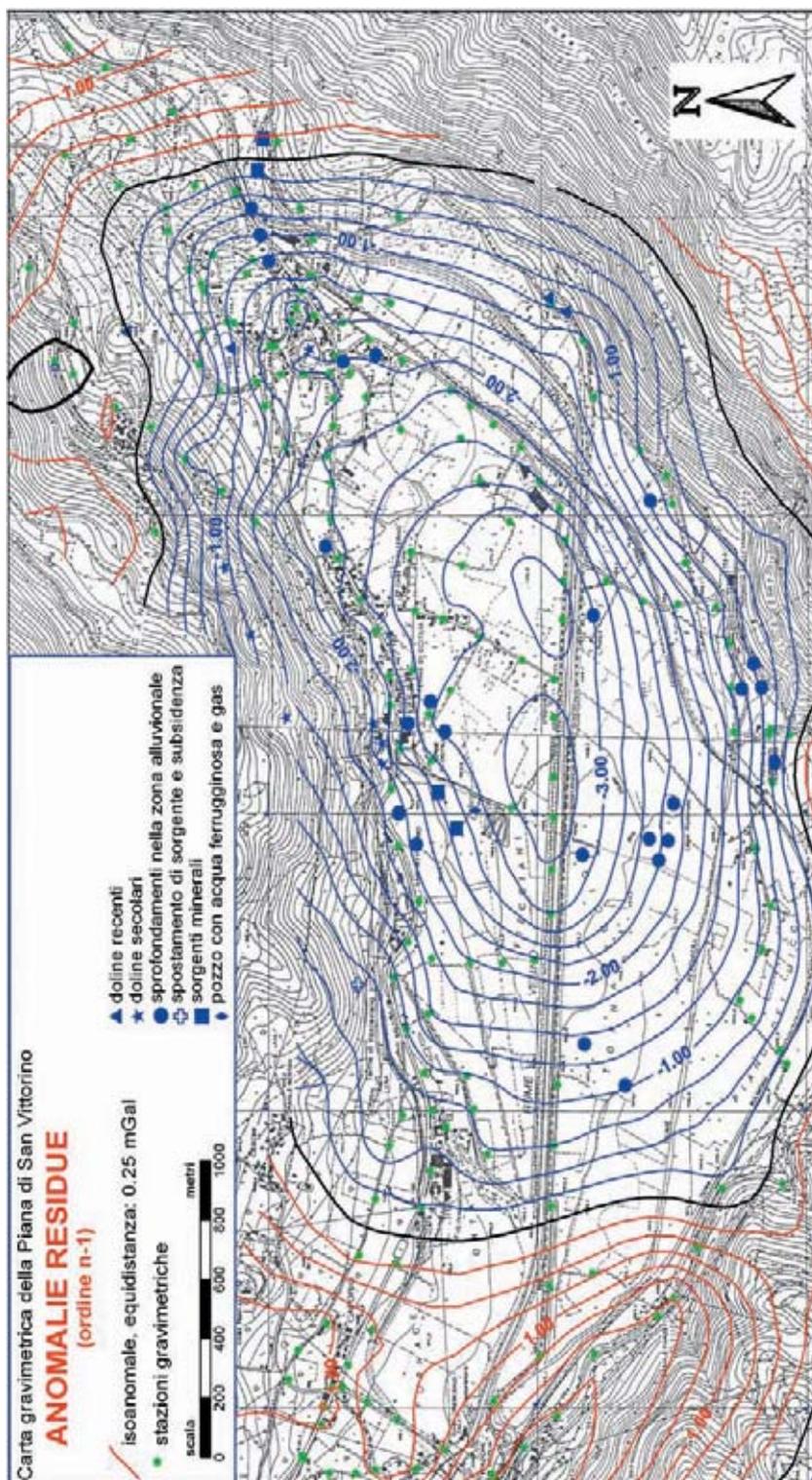


Fig. 2 - Carta gravimetrica della Piana di San Vittorino: Anomalie Residue di ordine n-1.

2. PROSPEZIONI MICROGRAVIMETRICHE

Allo scopo di identificare e circoscrivere le aree interessate zone di debolezza, soggette quindi a rischio di crollo nelle aree abitate della Piana di San Vittorino, è stata eseguita una prospezione microgravimetrica in tutta l'area che va da Vasche a Case di Paterno fino al corso del Velino.

Su tutta l'area (0.56 km²) sono state effettuate 1276 stazioni microgravimetriche con una spaziatura compresa tra 5 e 20 metri nelle zone abitate e con una spaziatura maggiore, 20-50 metri, nelle aree agricole.

A titolo d'esempio viene riportata la carta delle Anomalie Residue di ordine n-2, elaborata con il metodo di Griffin utilizzando un raggio di 70 metri, figura 3.

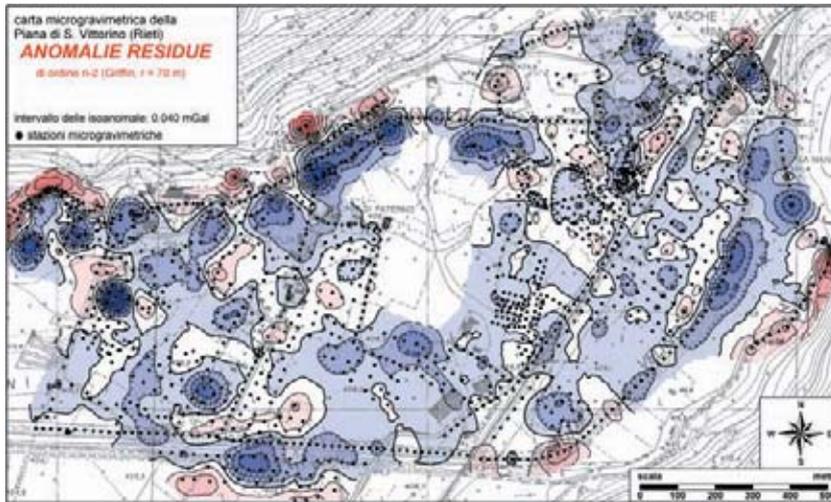


Fig. 3 - Rilievo microgravimetrico della Piana di San Vittorino, settore Est: Anomalie Residue n-2

L'utilità di questa mappa è di segnalare le carenze di masse più vicine alla superficie imputabili alla presenza di livelli meno densi, più porosi, potenzialmente a rischio di crollo. Questa carta con valori minimi di -0.50 mGal e massimi di +0.35 mGal, mostra chiaramente alcune anomalie negative chiuse ben circoscritte di notevole entità, che destano serie preoccupazioni per la presenza di possibili "cavità" giacenti entro i primi 100 m di profondità.

Nell'area a SW delle Terme di Cotilia è stata rilevata una zona di minimo gravimetrico connessa ad una bassa resistività nel sottosuolo, < 20 ohm.m, e ancora ivi la presenza di acque con un contenuto salino tra 600 e 800 mg/l e un notevole emissione di gas (figura 4). L'insieme di tali caratteristiche fa pensare che tale area sia da considerare a rischio di sinkhole.



Fig. 4 - Rilievo microgravimetrico della Piana di San Vittorino: sono riportate unicamente le isonome con valore negativo e sulla zona marcata da un forte minimo gravimetrico, -0.200 mGal è riportata la traccia di una tomografia elettrica (figura 5).

Quanto rilevato è stato confrontato con alcuni modelli gravimetrici ed elettrici di inversione. È stato elaborato un modello gravimetrico tridimensionale ponendo un volume avente un contrasto di densità con i terreni incassanti di -0.5 g/cm^3 e la volta a 2 m dal piano campagna. Le anomalie calcolate risultano congruenti con le Anomalie Residue n-2.

Lo stesso identico motivo, nelle tomografie elettriche figura 5, si riscontra nei modelli di inversione della tomografia elettrica cioè la presenza di terreni ad alta conducibilità (acqua con CO_2).

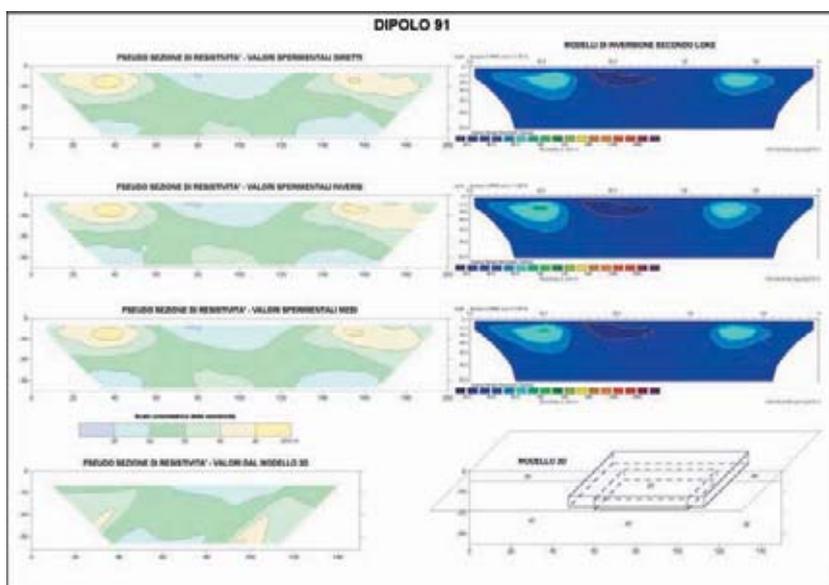


Fig. 5 - Tomografia elettrica e modelli di inversione lungo la traccia evidenziata in figura 4, dipolo 91.

Considerando i dati idrogeologici, geofisici e geochemici è probabile che nell'area considerata si possono ipotizzare due situazioni, che nell'uno o nell'altro caso rendono il sottosuolo potenzialmente a rischio:

- ad un sinkhole in preparazione, cioè ad una cavità piena di fango con la volta a pochi metri dal piano campagna in equilibrio instabile, che al momento di una variazione delle pressioni dei fluidi nel sottosuolo, vuoi per terremoti anche lontani o piogge estremamente intense o ancora abbondanti rilasci di gas, può sprofondare.
- ad un laghetto originatosi da un sinkhole e parzialmente riempito da sedimenti molto leggeri e poco addensati o da torba, che comunque sia non è caratterizzato da una normale portanza e che per per gli stessi motivi addotti sopra può collassate, se continua la presenza di gas quali CO_2 o H_2S di gas .

3. PIANA DI SAN VITTORINO: AREE A RISCHIO SINKHOLES

Sulla base delle informazioni emerse dalla microgravimetria e dalla geoelettrica sono state individuate alcune aree a rischio sinkhole, figura 6. Le aree a rischio sono numerosissime, se si tiene conto della limitata estensione dell'area, e con valori a dir poco preoccupanti. Considerando la densità di popolazione, le anomalie negative che preoccupano maggiormente sono tutte quelle che bordano la Via Salaria, e che come già visto in precedenza rivelano la presenza di una faglia.

I valori minimi che si riscontrano in prossimità delle Terme di Cotilia sono di notevole entità seppur chiusi; quelli che interessano tutta l'area di Case di Paterno invece sono di minor entità ma coalescenti. Il significato geologico di tali risultati è diverso: i primi, infatti, corrispondono ad aree a rischio ben definite e circoscritte che possono essere o molto estese o molto superficiali; le seconde ad aree o profonde o superficiali ma in collegamento.

A sud di Case di Paterno, preoccupa molto il minimo gravimetrico in corrispondenza del km 102 della Via Salaria (vecchia numerazione), in prossimità di un edificio adibito ad officina meccanica, così come quello in corrispondenza delle Case IACP.

Non meno tranquilla la situazione di Vasche, dove è presente un minimo di rilevante estensione nel settore orientale ed un altro coalescente ad ovest, che ne racchiude altri tre. Questi ultimi si snodano lungo la linea che unisce il Lago di Paterno, il lago di Mezzo ed il lago di Burino, evidenziando zone di debolezza più definite ed estese, con una doppia direzione (NS una, EW l'altra), rispetto a quella che si poteva immaginare considerando soltanto i dati del rilevamento geologico.

Anche se con densità di popolazione quasi nulla, non meno preoccupante la situazione dell'area al centro della Piana, in corrispondenza della linea ferroviaria, (che peraltro, ha subito numerose deviazioni nel corso degli anni).

Critica anche la situazione del Fiume Velino, per i numerosi minimi presenti lungo il suo tracciato, poiché, come già detto, il corso d'acqua è arginato e scorre pensile per tutto il tratto attraversato; un eventuale cedimento anche di parte di quest'ultimo, avrebbe conseguenze a dir poco gravi con un immediato allagamento della Piana anche in stagioni poco piovose, vista la mancanza di direzioni preferenziali per lo scorrimento delle acque.

Concludendo, gli studi svolti hanno messo in evidenza zone dell'area investigata, in cui è alto il rischio di crolli, e dove un eventuale "monitoraggio" gravimetrico, ma non solo, potrebbe essere l'unica soluzione per tenere "sotto controllo" una situazione così delicata e annosa come quella dei sinkholes della Piana di San Vittorino.



Fig. 6 - Piana di San Vittorino: zone a rischio sinkhole

BIBLIOGRAFIA

CIOTOLI G., DI FILIPPO M., NISIO S., ROMAGNOLI C. (2001) – La Piana di San Vittorino: dati preliminari sugli studi geologici, geomorfologici, geofisici e geochimici. Mem. Soc. Geol. It., **56** (2001) pp. 297-308.

NOLASCO F. (1996) – La piana di San Vittorino. Contributo allo studio dei processi evolutivi, dei rischi e della prevenzione. Bollettino Ufficiale della Regione Lazio n° 5 del 20 febbraio 1997 - Supplemento Ordinario n° 2.

REGIONE LAZIO – ACEA, (1988) – “La Piana di San Vittorino” – Contributo allo studio dei processi evolutivi, dei rischi e della prevenzione, a cura di F. Nolasco.

REGIONE LAZIO (1992) – “Delimitazione aree a rischio della Piana di San Vittorino”, Servizio Geologico Regionale.

