

I *sinkholes* in Liguria

The sinkholes in the Liguria region

NISIO S. (*)

1. - INTRODUZIONE

I *sinkholes* in Liguria non sono in numero quantitativamente significativo e sono concentrati prevalentemente nella stretta fascia costiera della regione (fig. 1). Le coperture interessate sono costituite da terre sciolte di spessore non troppo elevato (fino ad un massimo di cinquanta metri) sovrapposte a *bedrocks* carsificati carbonatici o evaporitici. Di particolare interesse sono alcuni fenomeni noti con il nome di “*sprungole*” che si collocano in posizione intermedia tra le formazioni di sorgenti ed i fenomeni di collasso vero e proprio. Altri fenomeni di sprofondamento riguardano alcune valli interne, di modellamento glaciale e carsico, che hanno dato origine a piccoli specchi d’acqua di forma sub-circolare (Lago delle Lame) che sono da ricondurre a fenomeni di carsismo coperto.

2. - L’AREA DI LA SPEZIA

2.1. - INQUADRAMENTO GEOLOGICO

La piana di la Spezia è una depressione tettonica allungata in direzione appenninica, bordata da due dorsali, allungate nella stessa direzione. Le dorsali rappresentano il risultato di sistemi plicativi: ad ovest una piega rovesciata coinvolge le formazioni della Falda Toscana, ad est un’anticlinale in posizione normale interessa i depositi terrigeni della serie mesozoica (fig. 2).



Fig. 1 – Ubicazione dei fenomeni di *sinkholes* nella regione Liguria.
- *Sinkholes phenomena localization in Liguria Region.*

L’area di piana, colmata da sedimenti terrigeni è caratterizzata da sistemi di faglie dirette di età plio-pleistocenica.

I sistemi bordieri, ad ovest, mettono a contatto tettonico i depositi carbonatici, rappresentati per lo più dal Calcare Cavernoso, con i sedimenti terrigeni plio-pleistocenici; ad oriente il contatto tettonico è con le Arenarie del Gottero.

L’area di piana è stata colmata da depositi alluvionali e di transizione in eteropia laterale, costituiti da orizzonti e lenti di terre sciolte a granulometria variabile. In particolare si rinvencono fitte stratificazioni di torbe e di argille estremamente plastiche.

(*) ISPRA - Dipartimento Difesa del Suolo - Servizio Geologico d’Italia - Servizio Geologia Applicata e Idrogeologia.

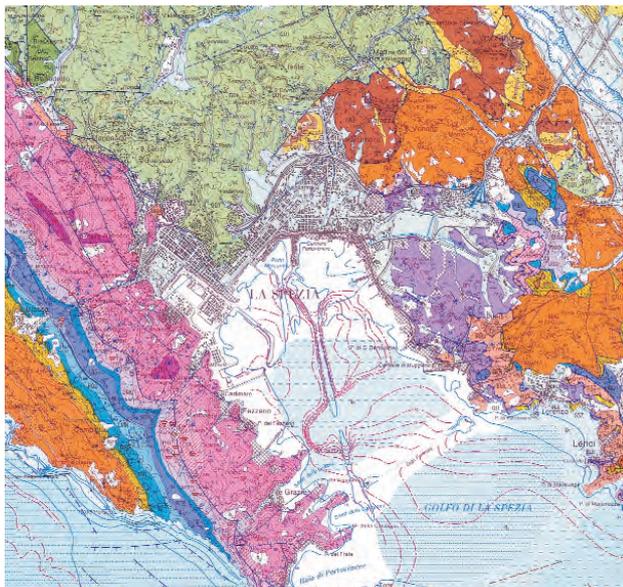


Fig. 2 - Schema geologico della piana di La Spezia; dalla Carta Geologica d'Italia foglio 248, scala 1:50.000.
- Geological scheme of the La Spezia plain; from Geological map of Italy, 248 paper, 1:50.000 scale.

I sistemi di faglie e fratture che interessano i terreni sciolti della piana sono il risultato di una fase tettonica distensiva, iniziata nel Pliocene medio-superiore e ancora attiva, che ha interessato l'Appennino settentrionale. Le orientazioni sono appenninica, antiappenninica e WNW-ESE.

Una di queste faglie dirette è la discontinuità che da la Spezia si sviluppa fino a Carradano, raggiungendo nella parte meridionale un rigetto di circa 2000 metri, mettendo a contatto i terreni triassici della Falda Toscana con le formazioni dell'Unità ligure di M.te Gottero.

Nella piana sono presenti alcune falde sospese all'interno dei terreni di copertura (due o tre) e una falda basale in pressione all'interno del *bedrock* carbonatico.

2.2. - IL FENOMENO DELLE SPRUGOLE

Il termine *sprugola*, di uso dialettale, è molto antico, è presente per la prima volta in un documento del Consiglio di La Spezia del 1483 (PINTUS, 2004).

Il vocabolo secondo alcuni Autori (PINTUS, 2004) deriva dal latino *speluncula*, cioè speluca, caverna, ed infatti attualmente nella provincia di La Spezia, con il termine *sprugola* si intende una voragine o baratro ad andamento verticale. Altri Autori attribuiscono il termine ad un vocabolo di dialetto, *sprugoa*, dal verbo *sprugoa*, cioè disperdere, che si applica similmente a tutte le depressioni acquitrinose dalle quali sgorga acqua (CREMA 1916).

Il vocabolo è stato impiegato in Liguria, nei

secoli, per indicare acquitrini da cui sgorga acqua (CREMA 1916; BARATTA 1919; AMBROSI, 1983). Il termine è stato usato anche per descrivere sorgenti di acqua dolce che sgorgavano in mare sotto pressione, come la polla Cadimare, la più nota sprugola di Maggiola; (LANDINELLI 1610; VALLISNERI, 1733; TAGLIAFICHI, 1810; CREMA, 1916). Sulla piana di La Spezia, costituita per lo più da depositi continentali e marini, in passato erano presenti varie depressioni acquitrinose e piccoli specchi d'acqua di forma sub-circolare o con caratteristica morfologia ad "otto", data dalla coalescenza di due depressioni, dalle quali sgorgava acqua. Tali piccoli laghi sono stati da sempre indicati con il termine dialettale di *sprugole* (VINZONI 1773, 1747; ALLIAUD, 1817; SARTI, 1849; SERAFINI, 1860; CAPPELLINI, 1863; BRUSCO & FERRETTO, 1899; CREMA, 1916; BARATTA, 1919; GEOCONSULT, 1982; CONTI, 1983; QUAINI, 1986; PINTUS, 2004).

Questi acquitrini, per lo più ricolmati durante l'urbanizzazione, erano alimentati da sorgenti al fondo e dotati di canali emissari che convogliavano le acque nel canale Lagora o direttamente in mare.

La più importante tra le *sprugole* presenti sulla piana, per dimensioni ed implicazioni connesse alla protezione civile, è la *sprugola dell'arsenale* o "*lago delle sprugole*". Essa era ubicata tra le attuali Via Gramsci (ex via Maria Adelaide) e Viale Amendola (ex viale Savoia). La *sprugola del vecchio arsenale* era costituita da due specchi d'acqua: uno lungo circa 120 m e largo 40 m, l'altro, di forma sub-circolare (noto con il nome di *sprugolotto Cozzani*), di circa 20 metri di diametro.

In seguito all'espansione urbanistica dei secoli XIX° e XX° le *sprugole* vennero ridotte e colmate, così come il reticolo idrografico che le collegava, finendo per scomparire. Tuttavia lo *sprugolotto Cozzani* si è riattivato anche in epoca recente determinando problemi statici in alcuni edifici delle vicinanze con la conseguente demolizione (anni 90) di uno di essi.

L'evoluzione della forma della *sprugola dell'arsenale* è attestata da alcune cartografie storiche conservate presso il comune di La Spezia (VINZONI 1773, 1747; ALLIAUD, 1817; SARTI, 1849; SERAFINI, 1860; CAPPELLINI, 1863; BRUSCO & FERRETTO, 1899; GEOCONSULT, 1982; CONTI, 1983; QUAINI, 1986; PINTUS, 2004).

Dall'analisi storica è possibile ricostruire le seguenti variazioni di forma.

Nel 1767 il *Lago delle sprugole*, composto dalla coalescenza di più cavità sub-circolari, era ubicato all'angolo tra l'attuale Viale Fieschi e Viale Amendola. Aveva assi di 80 m e di 40 m. Non erano presenti, dalle rappresentazioni d'epoca, altre emergenze d'acqua.

Nel 1773 la *sprugola* principale è composta da una serie di forme sub circolari, e compare una depressione di neoformazione, di forma sub-circolare separata dal lago principale (fig. 3, *sprugolotto* Cozzani dal nome del proprietario dei terreni limitrofi).

Nel 1840 il lago principale, di forma pressochè ovale, era visibilmente caratterizzato da una porzione pressochè circolare con diametro di 35-40 m (fig. 4). Inoltre compaiono altri due specchi d'acqua sullo stesso allineamento uno di diametro di 25-30 m e l'altro più piccolo con diametro medio di circa 15 m (*sprugolotto* Cozzani).

Nel 1859 Il lago delle *sprugole*, la forma più grande, si presenta ancora più allungata (80 m). Lo *sprugolotto* Cozzani aumenta il suo diametro a 30 m. Nel 1871 sono chiaramente distinguibili, nei pressi di Via Colombo due cavità di forma sub circolare (fig. 5).

Nel 1883 la seconda cavità sub circolare viene assorbita dal *lago delle sprugole*, la cui lunghezza totale raggiunge i 125 m circa e larghezza di 30-40 m. Lo

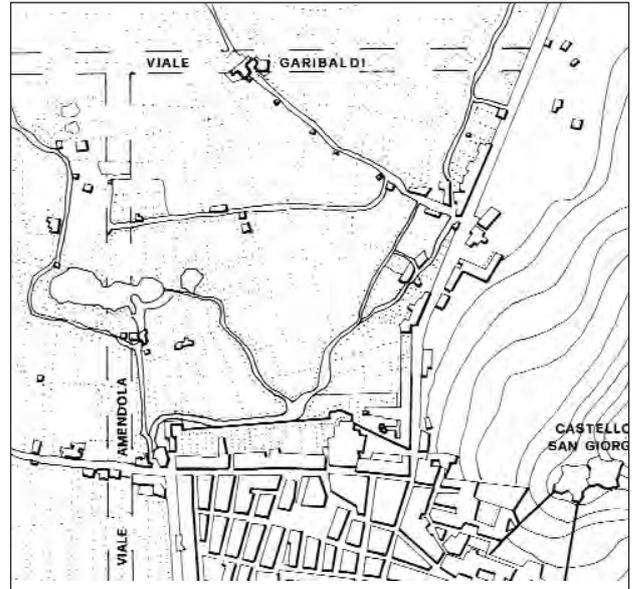


Fig. 4 - Stralcio della carta storica del 1840, in cui si distinguono il *lago delle sprugole* e lo *sprugolotto* Cozzani, poco a nord altre due polle più piccole.
- Historical sketch map of the 1840, it is showed the *sprugole* lake, Cozzani's *sprugolotto*; and at the north other two ponds.



Fig. 3 - Stralcio di una mappa storica a cura di VINZONI 1773. È presente il Lago delle Sprugole, evidenti le tre zone in cui era suddiviso (da PINTUS, 2004).
- Historical sketch map, from VINZONI 1773. It is showed *Sprugole* lake and the tree zones that divided the lake.



Fig. 5 - Stralcio del PRG 1871, è rappresentata la *sprugola dell'arsenale*, con dimensioni ridotte (da PINTUS, 2004).
 - PRG sketch map of the 1871, it is showed the arsenal *sprugole*, with minor diameter.

sprugolotto Cozzani presenta dimensioni minori rispetto alla cartografia precedente, 15-18 m di diametro.

Nel 1917 si può distinguere nuovamente la seconda depressione sub-circolare, che risulta separata dal *lago delle sprugole*. Lo *sprugolotto* Cozzani viene rappresentato con dimensioni maggiori rispetto alla mappa del 1883 (22-25 m).

Lo sviluppo della città ha causato la progressiva bonifica e quindi la scomparsa delle *sprugole*, mediante il riempimento con materiale granulare (fig. 6).

Il Lago delle *sprugole* è stato smembrato e colmato artificialmente. Sono rimasti attivi solo due specchi d'acqua, attraversati dal canale Lagora, deviato per la costruzione dell'Arsenale.

Di questi piccoli laghi, quello all'estremità occidentale, all'interno dell'Arsenale marittimo, è stato sfruttato per le esigenze idriche della Marina Militare, captando la sorgente che lo alimentava mediante l'infis-

sione di un tubo lungo 30 metri (fig. 7).

L'altro, lo *sprugolotto* Cozzani, ubicato nella porzione orientale, è stato inglobato nella città in corso di espansione e successivamente interrto. Tuttavia ulteriori cedimenti hanno interessato gli edifici ivi costruiti.

Si è provveduto a regimare e raccogliere le acque allontanandole mediante canalizzazioni artificiali. Ma l'insufficienza dei provvedimenti ha reso necessaria la demolizione degli edifici lesionati.

Lo *sprugolotto* Cozzani si è riattivato negli anni 70 quando fu realizzato una nuovo edificio a tre piani, in cemento armato, fondato su pali di grosso diametro profondi 20 metri (figg. 8, 9). La costruzione probabilmente alterò e/o distrusse parte delle canalizzazioni, oltre a forare in più punti l'orizzonte semimpermeabile di limi e argille che conteneva la risalita dell'acqua.

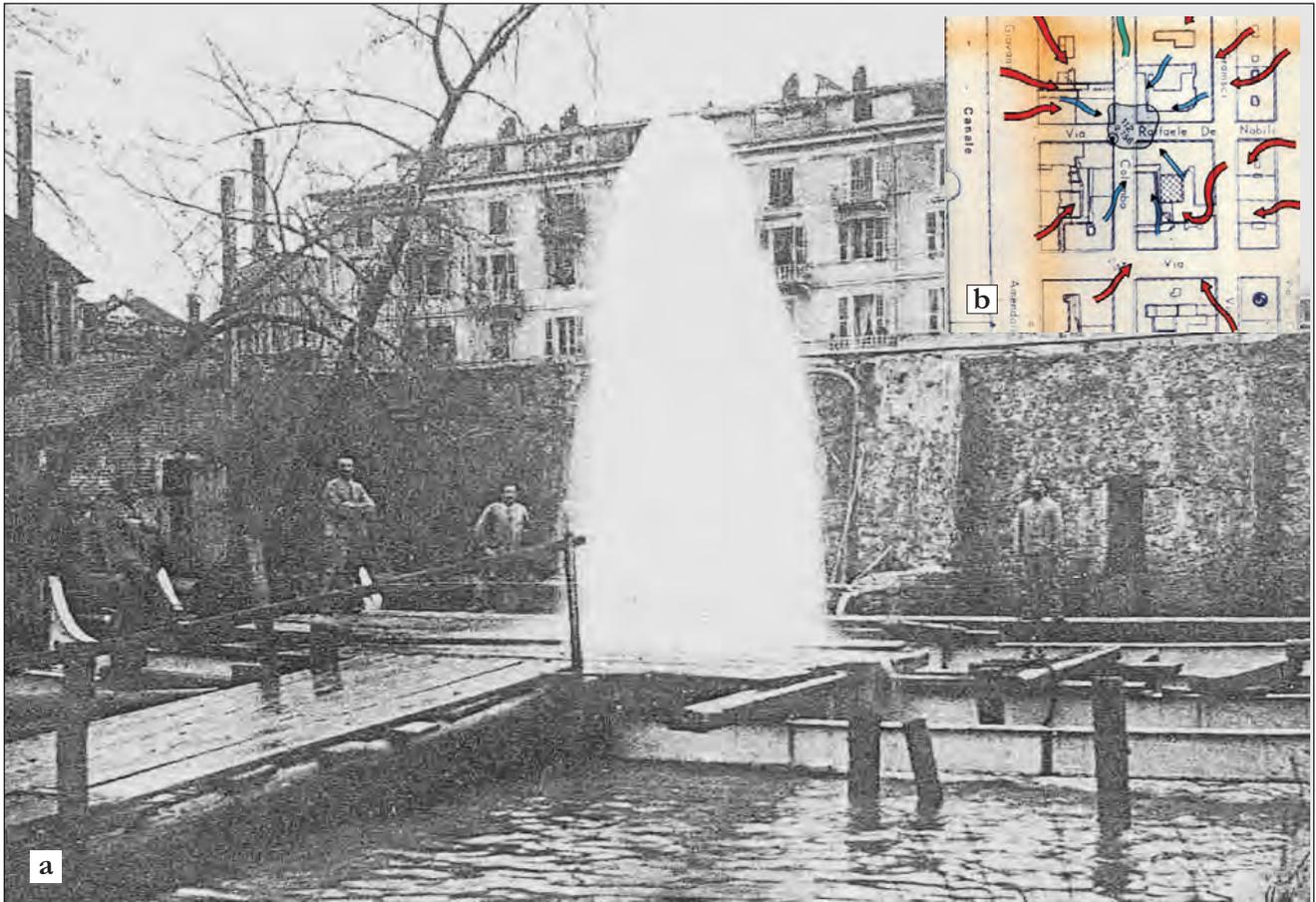


Fig. 7 - a) Fuoriuscita di acqua in pressione dal tubo infisso nella *sprugola* all'interno dell'Arsenale militare; b) Ubicazione della *sprugola* da GEOCONSULT, 1982.
 - a) Water flow in pressure from a pipe in the arsenal *sprugola*; b) Localization of the *sprugola* from GEOCONSULT, 1982.



Fig. 8 - Ubicazione dell'area interessata dallo sprofondamento relativo alla riattivazione dello *sprugolotto* Cozzani.
 - Localization of the area interested by the reactivation of the *sprugolotto* Cozzani sinkhole.

A metà degli anni 70, in seguito ad eventi meteorici intensi, lo *sprugolotto* Cozzani si è riattivato nuovamente apportando una notevole quantità d'acqua che risalendo in pressione ha provocato il dilavamento e l'erosione degli strati detritici attraversati (fig. 9).

Si è aperta in superficie una cavità con diame-

tro di 7 metri, tra via Colombo e Via de Nobili, che ha coinvolto l'edificio costruito allagando il cortile dello stesso. Il fabbricato è stato abbandonato e si sono manifestati cedimenti anche nei fabbricati vicini. Alla fine del 2000 sono stati completati i lavori di interrimento dello *sprugolotto* (fig. 9).

2.3. - INDAGINI SVOLTE

Le indagini svolte per i fenomeni di cedimento, avvenuti negli anni '70, nell'area dello *sprugolotto* Cozzani (GEOCONSULT, 1982) hanno previsto l'esecuzione di prospezioni geofisiche (S.E.V. e linee dipolo-dipolo), sondaggi meccanici con installazione di piezometri Casagrande, prove di laboratorio.

Le indagini geofisiche hanno permesso di individuare nell'ambito dei sedimenti di copertura una formazione *medio resistiva*, acquifera e ad andamento lenticolare. Le indagini geognostiche hanno accertato la presenza di alternanze di sabbie, limi e argille, localmente lenti di ghiaie, con spessori di alcune decine di metri (da 35 a 59 m).

Il tetto del *bedrock* carbonatico, costituito da calcare cavernoso, si attesta a profondità variabili tra i 35 e i 60 m. In dettaglio nell'area del lago delle *sprugole* sono state riscontrate intercalazioni di limi, sabbie argille per 34 m e poi il *bedrock* carbonatico; nell'area dello *sprugolotto* Cozzani le intercalazioni di terreni sciolti presentano spessore di 56,70 m.

Le misure della piezometria hanno messo in evidenza la presenza di due falde sospese all'interno della copertura la cui profondità risulta variabile, e di una falda in pressione all'interno del *bedrock* che può risalire al di sopra del piano campagna. Le fluttuazioni della falda risultano legate al regime pluviometrico dell'area.

Nell'area dello *sprugolotto* Cozzani le falde sono a -18 m circa a -28 m e nel calcare cavernoso. Di particolare interesse sono i problemi che si sono manifestati durante l'esecuzione dei sondaggi meccanici. Nel primo sondaggio eseguito presso via dei Mille a 22, 30 m la pressione dell'acqua operata dalla falda fa rifluire un orizzonte di sabbie sospendendo la perforazione. L'acqua è risalita a + 0,65 m dal p.c. Stessa cosa è avvenuta nel sondaggio ese-

guito a Via de Nobili, a profondità di 24 m il sondaggio è stato sospeso per fenomeni di liquefazione delle sabbie.

Le indagini hanno permesso di ipotizzare alcune fratture nell'ammasso roccioso, tra cui una di particolare interesse sotto l'edificio lesionato.

I dati raccolti hanno consentito la stesura di cartografie con la ricostruzione del basamento del substrato roccioso (fig. 10; GEOCONSULT, 1982).

2.4. - ANALISI E CONSIDERAZIONI

La documentazione raccolta e le indagini svolte da GEOCONSULT (1982) per la riattivazione dello *sprugolotto* Cozzani ha permesso di chiarire l'origine e la genesi delle *sprugole* di La Spezia.

Le *sprugole* si originano all'interno della piana di La Spezia, sin da tempi storici, al di sopra di terreni con scadenti caratteristiche geotecniche.

In questi fenomeni un ruolo importante viene assunto dalle acque in pressione provenienti dall'acquifero di base presente nel calcare cavernoso.

Le vie di alimentazione delle *sprugole* sono da connettere a fratture presenti nel substrato roccioso che proseguono verso l'alto all'interno della copertura (GEOCONSULT, 1982; NISIO, 2003; PINTUS, 2004). All'interno del *bedrock* carbonatico, infatti, sono state individuate alcune fratture principali, localizzate nell'area del vecchio arsenale presso lo *sprugolotto* Cozzani. Attraverso tali fratture avviene la principale risalita d'acqua in pressione dalla falda basale.

Le acque dell'acquifero basale si infiltrano nella copertura, all'interno di lenti od orizzonti di terreni più grossolani. La pressione delle acque artesiane (stimata tra 4 a 6 atm; GEOCONSULT, 1982) può provocare una progressiva perdita di consistenza dei terreni con diminuzione della capacità portante degli stessi.

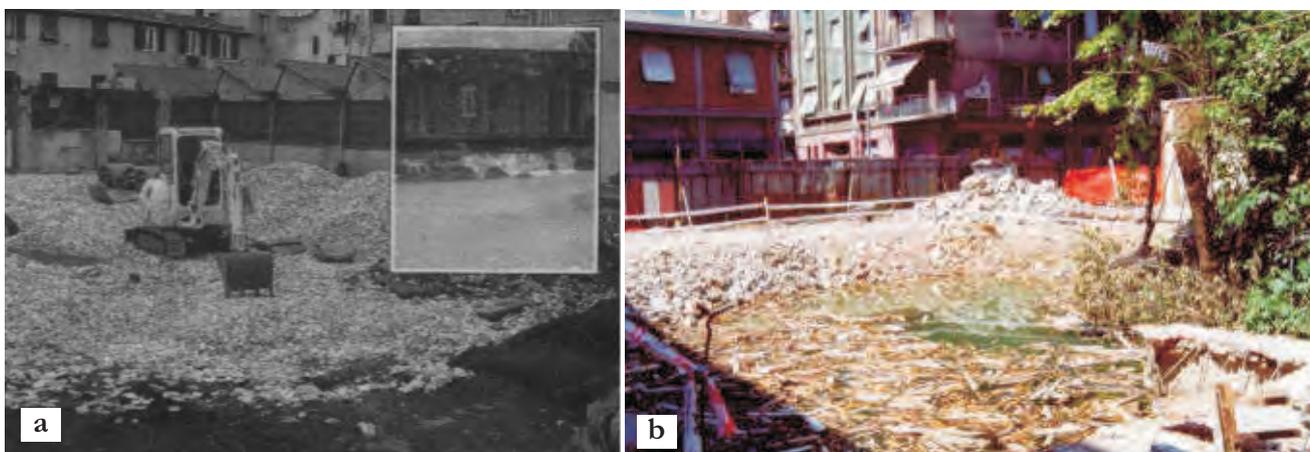


Fig. 9 - a) Immagine dal quotidiano "La Nazione" del 19 novembre 2000; b) Il lago all'interno del vecchio arsenale ricolmato nel 2000.
- a) Newspaper "La Nazione" picture in the November 19, 2000; b) The filled lake in the old arsenal; filled in 2000.

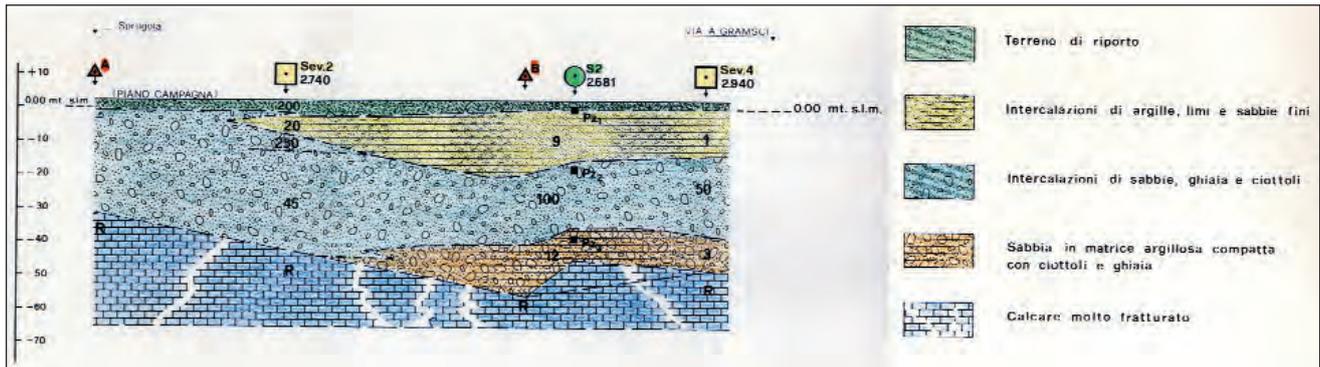


Fig. 10 - Profilo stratigrafico dell'area interessata dallo sprugotto Cozzani; da GEOCONSULT, 1982.
- Stratigraphic profile in the sprugolotto area; from GEOCONSULT, 1982.

Si è osservato, inoltre, che, in concomitanza di periodi di prolungate precipitazioni meteoriche, si determina un aumento del carico piezometrico in tutta l'area della città di La Spezia, con conseguente aumento di pressione nei condotti carsici presenti nella roccia calcarea che costituisce il substrato di parte della città (ANTONELLI & RAGGI, 1992; RAGGI, 1998).

L'aumento di pressione favorisce la risalita delle acque in superficie con ampliamento dei bacini esistenti o apertura di nuovi laghi. Quest'ultimo dato giustifica la variazione nel tempo della forma dei fenomeni e la riattivazione degli stessi dopo l'interrimento.

La genesi delle sprugole può pertanto assimilarsi a fenomeni di *deep piping sinkhole*.

3. - L'AREA DI CAMPOMORONE (GENOVA)

L'area di Campomorone, località Isoverde, è caratterizzata dalla presenza di terrazzi alluvionali ed alluvioni recenti del Torrente Verde, alla quota media di 200 m s.l.m. Tali alluvioni dello spessore della decina di metri poggiano su di una formazione miocenica costituita da argille-limose con intercalazioni di gesso.

Lenti di maggiore spessore di gesso sono presenti a maggiori profondità; infatti nell'area era attiva, sino alla metà del secolo scorso, una miniera per l'estrazione del gesso. La coltivazione del gesso è iniziata nel 1890, durata almeno fino al 1955, attraverso una serie di pozzi e gallerie suborizzontali. L'abbandono è ricondotto alle difficoltà di contenimento e alle numerose venute d'acqua per i fenomeni di dissoluzione carsica. La presenza delle numerose cavità carsiche ha provocato negli anni novanta la formazione di una serie di voragini.

Tra il 1998 e il 1999 sono state condotte una

serie di indagini e la messa in sicurezza di alcuni edifici lesionati. Dal 2000 è stato attivato un sistema di monitoraggio.

Le voragini di Isoverde, nonostante si formino all'interno di più di 20 m di terreni argillosi sono da ricondurre alla dissoluzione del gesso e alle infiltrazioni di acqua da parte del Torrente Verde e possono assimilarsi a fenomeni di *cover collapse sinkhole*. Lungo il corso del torrente sono presenti, infatti, alcuni inghiottitoi che convogliano le acque in profondità.

4. - LA VALLE DELL'AVETO (GENOVA)

La Valle dell'Aveto può essere considerata un solco che separa due delle più importanti catene montagnose di questa regione.

Il crinale di sinistra ha un'altezza superiore ai 1000 m è molto frastagliato e costituito da rocce scistose e tenere; il crinale di destra si presenta più ampio e regolare per la presenza di rocce resistenti e calcaree.

Il Torrente Aveto, dopo il primo tratto in cui scorre in una gola relativamente ampia e verdissima, entra in alcune piane. All'interno delle piane sono presenti depressioni crateriformi di origine carsico-glaciale, trasformati in piccoli ristagni d'acqua, che vengono definiti laghi.

Ad esempio i laghi delle Agoraie, nei pressi di Rezzoaglio, di cui i principali sono quattro, contigui, senza emissari; essi contribuiscono a rendere la località una delle più pittoresche dell'Appennino Ligure.

Inoltre sono presenti i due laghi degli Abeti: il primo, lago Riondo, è interamente asciutto d'estate, senza emissari in qualsiasi stagione, poco profondo; l'altro, lago Giavei, molto più profondo, perenne, presenta emissari.

A poca distanza da tali laghi è ubicato il lago

delle Lame o di S. Bartolomeo (fig. 11) crateriforme incavato nella roccia stessa a monte. Non avendo emissari, le sue acque diminuiscono in tempo di magra.

Su tali laghi si narrano delle leggende che riconducono l'origine di alcuni di essi ad episodi di sprofondamento.

L'origine per sprofondamento del Lago delle Lame è testimoniata dalla seguente leggenda: *“un giorno, la Madonna passò per questi monti e si fermò ad un paesello che si trovava dove ora è il lago, e qui tenne a battesimo un bambino. Con sè aveva un sacco di farina che pensò di lasciare in custodia ai genitori del figlioccio, prima di riprendere il viaggio. Costoro però, vuotarono il sacco, lo riempirono di cenere appena coperta da uno strato di farina. Ritornata, la Madonna prese il sacco e per strada s'accorse dell'inganno; allora scagliò una maledizione su quel paese che sprofondò e si formò un lago.....”*

I fenomeni di sprofondamento del Valle dell'Aveto possono essere ricondotti a processi di dissoluzione carsica all'interno del *bedrock* sottostante a copertura alluvionale, glaciale o lacustre di modesto spessore e pertanto essere classificati come *cover collapse sinkhole*.

5. - CONCLUSIONI

I fenomeni di sprofondamento nelle aree di pianura della regione Liguria possono essere ricondotti a processi carsici che interessano il substrato carbonatico o evaporitico (gesso) sottostante a coperture, semi permeabili o permeabili, di modesto spessore.

Altri fenomeni poco rappresentativi per le ridotte dimensioni e per il numero si sono formati, presso Savona (Ceriale, Vado Ligure) in occa-

sione di eventi sismici (21 febbraio 1887) in seguito a liquefazione di terreni.

Nell'area della Piana di La Spezia, tuttavia, si manifestano da tempi storici fenomeni che portano alla formazione di polle con emergenze al fondo o piccoli laghi di forma sub-circolare (noti con il termine di *sprugole*).

Le *sprugole* liguri sono note, infatti, sin dal sec. XIII° e rappresentano tipiche risorgive di acqua dolce all'interno di pianure.

In tempi recenti (fine anni '70) esse sono tornate all'attenzione del mondo scientifico, soprattutto in seguito alla riattivazione dello *sprugolotto* Cozzani, proprio all'interno del centro abitato di La Spezia, tra Via de Nobili e Via Cristoforo Colombo. Le indagini storiche, compiute dopo gli eventi di cedimento che hanno interessato alcuni edifici, hanno portato alla luce numerosi documenti e cartografie storiche in cui venivano rappresentate tali *sprugole* al di sotto di edifici. La loro forma varia nel tempo per coalescenza e neoformazione di fenomeni. Lo *sprugolotto* Cozzani, ad esempio, potrebbe essersi originato per la prima volta tra 1767 e il 1773.

Esse sono state ricolmate artificialmente nel corso dei secoli. Tuttavia variazioni repentine della tavola d'acqua, successive ad eventi pluviometrici, hanno portato a riattivazioni dei fenomeni.

Tali fenomeni possono assimilarsi, per le modalità di formazione e per i meccanismi genetici al contorno, a fenomeni di *deep piping sinkhole*.

Pertanto, è possibile ricollegare l'innesco e la propagazione in superficie del fenomeno ad un sistema artesiano collegato ad una rete idrografica sotterranea di origine carsica che determina la creazione di condotti verticali in sedimenti di origine continentale ed alluvionale (con spessori di oltre 50 m).

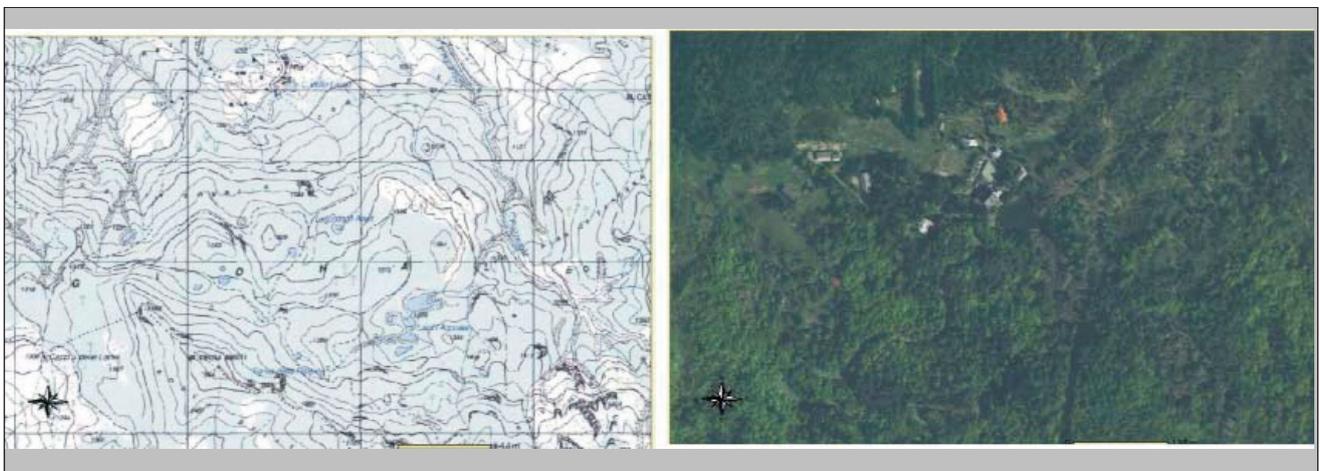


Fig. 11 - Ubicazione del Lago delle Lame (Rezzoaglio, Genova).
- Localization of the Lama lake (Rezzoaglio, Genova).