

EROSIONE SOTTERRANEA E SPROFONDAMENTI NELL'ALTA PIANURA LOMBARDA: GLI "OCCHI POLLINI"

STRINI ANDREA*

*Università degli Studi di Milano - Dipartimento di Scienze della Terra

INTRODUZIONE

L'Alta Pianura Lombarda è caratterizzata dalla presenza di sprofondamenti che si generano improvvisamente sia in aree rurali che in aree urbane. Questi sprofondamenti, chiamati localmente "occhi pollini", rappresentano in realtà solo l'ultima fase di una più estesa erosione sotterranea che può creare seri danni a infrastrutture di diverso tipo. Questi fenomeni, spesso ignorati dalla letteratura scientifica, hanno tuttavia un grande impatto nell'Alta Brianza. Lo scopo di questo lavoro è presentare i diversi tipi di cavità che sono indicati generalmente con il termine di occhi pollini e fornire alcune indicazioni sulla gestione delle aree in cui sono presenti questi fenomeni.

1. LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA E ASSETTO GEOLOGICO

Gli occhi pollini sono diffusi in Lombardia nella fascia di territorio denominata Alta Pianura, in particolare nella zona compresa tra i fiumi Adda e Ticino (Fig. 1).

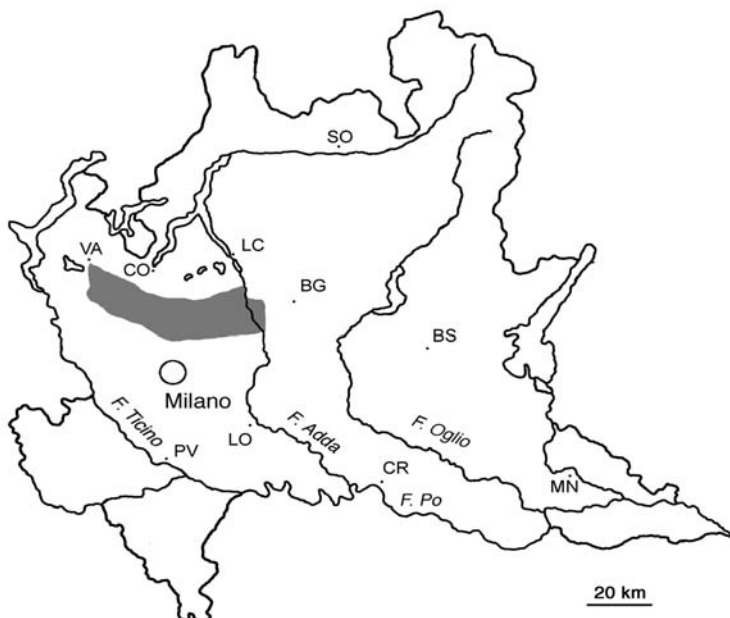


Fig. 1 - Carta schematica della Lombardia con evidenziata, in grigio, l'area di maggior diffusione degli occhi pollini.

E' stata studiata in dettaglio la fascia di Alta Pianura tra i fiumi Adda e Lambro; in quest'area è eseguito un censimento degli occhi pollini e un rilievo geologico di dettaglio allo scopo di correlare gli occhi pollini al quadro geologico regionale.

'Alta Pianura è la fascia di raccordo tra le piane fluvioglaciali più recenti e le cerchie più esterne degli anfiteatri morenici medio e tardopleistocenici. Il settore di Alta Pianura studiato ha come limite Sud l'autostrada Milano-Venezia, come limite Nord l'allineamento Paderno d'Adda - Merate e si estende in direzione EW tra i fiumi Adda e Lambro. La storia geologica di questa zona è caratterizzata da numerose fasi di avanzata e ritiro dei ghiacciai a partire dal Pliocene superiore. Il risultato è un assetto geologico alquanto articolato poiché morfologie più antiche, quali terrazzi e cerchie moreniche, sono tagliate da valli e piane fluvioglaciali più recenti; le valli, inoltre, hanno spesso subito più cicli di riempimento e riescavazione che hanno talora totalmente obliterato l'idrografia più antica.

La parte più settentrionale dell'Alta Pianura è quindi dominata dalle cerchie più esterne degli anfiteatri morenici, spesso profondamente alterate e tagliate da valli di dimensioni variabili. Verso Sud, esternamente all'anfiteatro, è presente una serie di terrazzi costituiti in prevalenza da depositi fluvioglaciali alterati tagliati da valli più recenti a loro volta terrazzate. Ancora più a Sud i terrazzi più antichi si chiudono e le piane fluvioglaciali più recenti, costituite da depositi meno alterati, diventano sempre più ampie.

In particolare, la zona a NE di Milano si colloca al limite tra il lobo dell'Adda e il lobo del Lambro del ghiacciaio dell'Adda. Per una ricostruzione dettagliata della geologia locale si rimanda a STRINI (2001). In questo lavoro si fornisce solo una breve sintesi della successione stratigrafica, in cui vengono segnalati i caratteri principali delle diverse unità. La successione affiorante ha come termine inferiore i depositi di ambiente marino-transizionale (Argille di Conche) che affiorano solo sporadicamente lungo la forra dell'Adda. Superiormente a queste è presente una complessa successione di conglomerati, variamente distribuiti nel territorio, che corrispondono al Ceppo degli autori precedenti. Essi sono: il Ceppo del Naviglio di Paderno, il Ceppo del Brembo, il Ceppo dell'Adda, il Ceppo di Lomagna (che non affiora ma è stato riconosciuto in sottosuolo) e il Ceppo della Molgora. Questi conglomerati, distinti tra loro in base a differenze di contenuto petrografico, hanno tutti cemento carbonatico e hanno almeno il 50% dei ciottoli o carbonati o di arenarie a cemento carbonatico. Le unità di conglomerato più superficiali mostrano spesso una profonda alterazione con limite superiore a organi geologici. In particolare, i prodotti di alterazione del Ceppo dell'Adda costituiscono la Formazione di Trezzo sull'Adda, che raggiunge la potenza di oltre 10 m.

Superiormente a questa si impostano le varie unità glaciali e fluvioglaciali di almeno 5 fasi differenti. Le unità sono rappresentate sia da depositi fluvioglaciali che da depositi glaciali, con leggere differenze tra l'Anfiteatro del Lambro e quello dell'Adda. Le unità, dalla più vecchia alla più recente, sono: Allogruppo del Bozzente, Alloformazione della Specola, Alloformazione di Binago, Allogruppo di Besnate e Alloformazione di Cantù che comprende i depositi attribuiti all'ultima avanzata glaciale. L'alterazione dei depositi è funzione dell'età essendo assai più pronunciata nelle unità più vecchie. L'Allogruppo del Bozzente, corrispondente all'unità più antica, si caratterizza per un'alterazione profonda che interessa la totalità dei clasti, arenizzati o argillificati ad esclusione delle litologie più resistenti, intensa rubefazione, abbondante presenza di argilla secondaria e diffuse patine di Fe-Mn.

L'Alloformazione di Cantù, corrispondente ai depositi dell'ultima glaciazione, ha al contrario una alterazione estremamente ridotta, con il fronte di decarbonatazione che raggiunge la profondità di un metro e l'alterazione limitata prevalentemente ai ciottoli carbonatici.

Sui terrazzi più antichi si ha la presenza di più coltri loessiche, talora molto alterate e in tutto il territorio è abbondante la presenza di colluvio in coltri di spessore anche metriche.

2. TIPI DI OCCHI POLLINI

Gli occhi pollini sono stati suddivisi in tre categorie principali, in base alle caratteristiche morfologiche delle cavità e in base alle caratteristiche geologiche del terreno in cui si formano.

2.1. Cavità nel conglomerato

Cavità all'interno del conglomerato sono state osservate nella zona sia in affioramento sia in conglomerati esposti lungo pareti di scavi. Le cavità possono avere dimensioni molto varie con diametro limitato a pochi centimetri o decimetri oppure possono raggiungere alcuni metri di diametro ed estensione.

Le cavità si formano in conglomerati (il Ceppo auctorum) che sono conglomerati con forte componente carbonatica nei ciottoli. Fenomeni di dissoluzione carsica a piccola scala sono evidenti per la presenza di ciottoli calcarei completamente disciolti e di arenarie alterate in cui il cemento è stato interamente disciolto. La dissoluzione può agire anche senza formare cavità vere e proprie ma allargando semplicemente fratture già esistenti.

La maggior parte delle cavità in conglomerato può quindi attribuirsi a fenomeni carsici. Cavità di dimensione ragguardevoli possono formarsi anche per asportazione (dovuta in genere a piping) del prodotto di alterazione del conglomerato similmente a quanto avviene sul M.te Bisbino (CO) (TOGNINI, 1999) e in Belgio. (KAUFMANN, 2000)

L'intensa alterazione dei conglomerati della Brianza è evidente nella formazione di organi geologici al contatto tra il conglomerato non alterato e la parte soprastante alterata.

Lungo il canyon dell'Adda sono inoltre presenti anche grotte che si impostano su superfici da rilascio tensionale dovute a frane a grande scala che interessano le pareti del canyon dell'Adda (CALDARA et alii, 1988).

La diffusione di queste cavità fa sì che il conglomerato sia assimilabile, per quanto riguarda le condizioni di fratturazione e permeabilità, a un substrato carsificato.

2.2. Gallerie di piccolo diametro

Questo tipo di occhi pollini è costituito da gallerie di pochi decimetri di diametro e lunghezza variabile in genere metrica. Sono talora associate a piccole doline con diametro compreso in poche decine di centimetri e profondità limitata la cui disposizione in superficie suggerisce talora l'andamento della sottostante galleria.

Le gallerie si trovano dove è presente una sovrapposizione tra due litologie a diversa permeabilità, con la litologia meno permeabile sottostante, e una scarpata che consente l'uscita dell'acqua dal sistema (Fig. 2).



Fig. 2 - Galleria in colluvi; queste cavità, che hanno un diametro di pochi centimetri, indicano la presenza di gallerie che possono costituire un reticolo anche molto esteso.

Nella maggior parte dei casi la litologia sottostante, impermeabile, è costituita da depositi glaciali e fluvio-glaciali alterati, mentre la litologia superiore, permeabile, è costituita da colluvi.

Le gallerie si formano per piping, con lenta asportazione dei granuli del sedimento. In occasione di precipitazioni l'acqua si infiltra nel sottosuolo, occasionalmente favorita da cavità preesistenti, quali fratture da disseccamento e cavità lasciate da radici di piante. Al contatto con la litologia impermeabile, l'acqua si muove orizzontalmente fino a uscire dal sistema; l'erosione può avvenire solo alla sorgente, dalla quale la galleria si evolve per erosione regressiva (MARTINI, 1983) o lungo l'intero percorso della galleria (HIGGINS & SCHONER, 1997). L'intero sistema costituito da vuoti e gallerie inizialmente disordinato col tempo si organizza in un reticolo anche molto esteso.

Le gallerie si ingrandiscono ad ogni nuova precipitazione; quando la galleria ha raggiunto una dimensione sufficiente, il deflusso di acqua all'interno della galleria può dar luogo a erosione di tipo fluviale e la sezione della galleria assume una caratteristica forma a "V". Associate alle gallerie possono essere presenti doline date sia dal crollo della sottostante galleria, sia dovute a piping.

2.3. Cavità di grande diametro

Queste cavità sono le più tipiche del fenomeno occhi pollini. Le loro dimensioni variano da pochi decimetri ad alcuni metri di diametro; esse si formano a profondità comprese tra pochi decimetri sotto la superficie topografica e una ventina di metri circa. Hanno spesso fondo piatto e volta a cupola e, inoltre, possono essere presenti gallerie alla base della cavità (Fig. 3). L'analisi di dettaglio di questi occhi pollini però non è sempre possibile sia per la loro posizione, sia perchè le cavità sono spesso distrutte in cantiere prima della possibilità di compiere indagini approfondite.



Fig. 3 - Cavità presso Bernareggio. Si noti l'ampiezza della cavità e la volta a cupola che testimonia una evoluzione anche per crollo. In questa cavità le pareti erano coperte di limo.

All'interno possono essere presenti blocchi di materiale crollato dalla volta oppure può essere presente un riempimento più o meno abbondante di materiale fine. In alcuni casi questo materiale costituisce un velo sulle pareti che può raggiungere il tetto della cavità, testimoniando quindi fasi di riempimento completo. L'eventuale laminazione nei sedimenti fini indica invece fasi di ristagno d'acqua. In ogni caso la presenza di sedimenti suggerisce la possibilità di una cospicua circolazione di acqua all'interno del suolo con possibilità di trasporto di ingenti quantità di materiale.

Queste cavità si formano prevalentemente in ghiaie alterate (es. Allogruppo del Bozzente e Formazione di Trezzo), sebbene siano presenti anche in materiali fini e ghiaie poco alterate. La maggior parte è stata riscontrata in ghiaie alterate sovrastanti al conglomerato.

Le cavità in sedimenti non cementati che si trovano a contatto con un sottostante substrato carsificato sono diffuse in molte parti del mondo ed esiste una fiorente letteratura a riguardo (DAOXIAN Y., 1987; KAUFMANN, 2000; FORD D. & WILLIAMS P., 1989; NEWTON J. G. & MARK TANNER J., 1987; REITZ & ESKRIDGE, 1977).

La possibilità che in Brianza queste cavità siano dovute a crolli di cavità all'interno del conglomerato non sembra realistica, sebbene non si possa escludere a priori. Infatti sebbene il conglomerato sia carsificato, le cavità all'interno del conglomerato non sono di dimensione tale e sufficientemente diffuse da dare fenomeni di questo genere.

La presenza di vuoti all'interno del conglomerato implica però che possano generarsi fenomeni di piping al contatto tra questi vuoti e la copertura sovrastante. La modifica del regime idrico sotterraneo, per esempio dovuto all'abbassamento della falda, può creare fenomeni di questo tipo; infatti quando la falda si abbassa, passando dalla copertura al sottostante conglomerato carsificato, nella copertura manca la spinta di galleggiamento (con l'effetto di un sovraccarico nei sedimenti) e si ha contemporaneamente una filtrazione di acqua dai sedimenti verso il basso con la possibilità di erodere le particelle più fini. Una volta formatasi una cavità, seppur piccola, il fenomeno si autoalimenta con nuove venute d'acqua e la cavità si ingrandisce. (Fig.4).

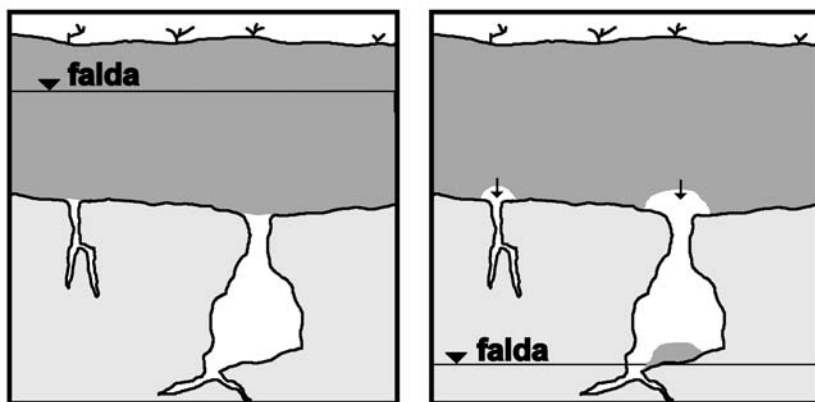


Fig. 4 - Formazione di un occhio pollino in sedimenti alterati sovrapposti a un conglomerato carsificato. Nel primo stadio la falda è all'interno della copertura alterata. Con l'abbassamento della falda si possono generare cavità nella copertura in corrispondenza di sottostanti piccole cavità nel conglomerato o in corrispondenza di fratture allargate. Una volta formatesi, le cavità si ingrandiscono a ogni nuova venuta d'acqua.

Anche l'immissione di acqua nel sottosuolo può portare a variazioni del regime idrico sotterraneo scatenando fenomeni di piping.

Il risultato è un cavità che pian piano si ingrandisce a ogni nuova variazione di livello della falda o a ogni nuova venuta d'acqua in quanto l'acqua di filtrazione asporta materiale fine. Affinchè l'evoluzione della cavità continui nel tempo è necessario che il materiale asportato sia disperso e allontanato dal sistema. Trattandosi però di particelle fini non è necessario che esso venga disperso in un sedimento che abbia cavità di grandi dimensioni, ma è sufficiente che esso sia convogliato in materiali porosi, quali ghiaie poco alterate o conglomerati fratturati in cui le fratture siano allargate dall'azione carsica.

Orizzonti poco alterati in effetti sono presenti nella parte più profonda delle unità quaternarie affioranti in Brianza, così come è diffuso il conglomerato carsificato.

L'evoluzione della cavità prosegue anche per crolli successivi della volta il che implica, di fatto, una migrazione della cavità verso l'alto. In casi limite essa può raggiungere la superficie creando una dolina di crollo.

3. MANIFESTAZIONI SUPERFICIALI E DANNI CAUSATI DAGLI OCCHI POLLINI

L'aspetto più eclatante degli occhi pollini è la formazione di piccole doline che si aprono occasionalmente nei campi spesso in concomitanza di forti precipitazioni. Le doline sono in genere di diametro metrico e profondità limitata a qualche decina di centimetri. In alcune zone (per es. Bernareggio e Biassono) le doline si aprono ripetutamente nelle stesse aree (Fig. 5).



Fig. 5 - Piccola dolina apertasi in un campo presso Bernareggio. Foto D'Alessio

BINI & ZUCCOLI (1996), riportano la formazione di un pozzo di crollo nel parco pineta Appiano Gentile- Tradate.

Le cavità possono anche generarsi in centri abitati, dove sono spesso legate alla presenza di pozzi per acqua come nel caso di Concorezzo (DELL'OCA, 1957), dove la dolina raggiunse la profondità di 8,70 metri e il diametro di 15,40 m.

Le doline possono anche mettere in comunicazione la superficie con una sottostante cavità di dimensioni maggiori come accaduto nel parco pineta di Appiano Gentile - Tradate.

In questo caso una dolina di 50 centimetri di diametro consentiva l'accesso a una cavità di dimensioni 2,90 x 1,90 m e altezza 1,30 m. Il fondo, orizzontale, era quasi totalmente coperto di blocchi di materiale crollato dalla superficie e alla base erano presenti due gallerie di circa 20 cm di diametro che non è stato possibile investigare.

Crolli e cedimenti del terreno a seguito di eventi piovosi si sono avuti anche in cantieri e sprofondamento di macchine operatrici si sono segnalati in varie località.

Gli occhi pollini però raramente provocano manifestazioni superficiali. In genere essi sono individuati prove geognostiche (quali sondaggi e prove penetrometriche) o tramite scavi che di fatto secano le cavità.

In questo caso in genere il problema viene risolto distruggendo la cavità, immettendo cemento all'interno della cavità nel tentativo di consolidare il terreno oppure realizzando le fondazioni su pali.

Gli occhi pollini possono generarsi anche successivamente alla costruzione dell'opera. In questo caso essi provocano cedimenti nelle fondazioni che possono portare alla totale inagibilità di edifici o altre infrastrutture causando ingenti danni dal punto di vista economico (Fig. 6).

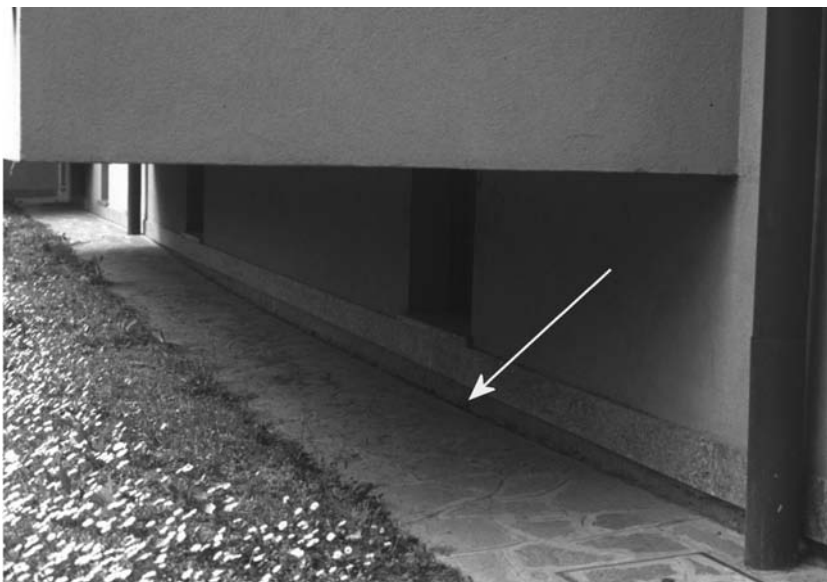


Fig. 6 - Cedimenti minori in un edificio di Bernareggio dovuti alla presenza di occhi pollini. A poche centinaia di metri di distanza un edificio è stato dichiarato inagibile a causa dei danni causati dagli occhi pollini.

Il manifestarsi di cedimenti in opere già finite implica necessariamente che al momento della costruzione dell'opera gli occhi pollini non fossero stati individuati o che non esistessero.

In entrambe i casi la loro evoluzione può imputarsi a un processo di erosione sotterranea generato (o influenzato) dal cambiamento del regime idraulico del sottosuolo. Il cambiamento può essere causato o da immissione di acqua nel sottosuolo (ed. esempio tramite pozzi perdenti), o dall'emungimento di acqua tramite pozzi, o alla semplice variazione del reticolo di filtrazione causato dalla costruzione dell'opera.

Un altro tipo di danni causati dagli occhi pollini è rappresentato dalla dispersione di inquinanti. Gli occhi pollini sono infatti cavità che si aprono nel terreno e che possono generare dei reticoli di grandi dimensioni. Essi possono essere una via preferenziale di trasmissione dai livelli superficiali verso la falda e comunque possono consentire ai fluidi inquinanti (sia liquidi che gassosi) di oltrepassare eventuali livelli impermeabili, come livelli argillosi. Presso la discarica di Cavenago di Brianza (STRINI et alii, 2000) si sono avute perdite di biogas dal sottosuolo fino a una distanza maggiore di un chilometro dalla discarica stessa. Si ritiene che la migrazione del biogas nel sottosuolo è stata possibile proprio grazie alla presenza di un reticolo di cavità in sedimenti alterati che hanno permesso al biogas di raggiungere i livelli più permeabili e porosi e quindi diffondersi nel sottosuolo.

4. GESTIONE DEGLI OCCHI POLLINI

L'individuazione degli occhi pollini è un problema ancora oggi non risolto che rende estremamente delicata la gestione delle aree soggette a questo fenomeno.

Le prove penetrometriche non consentono infatti di definire con sufficiente precisione lo sviluppo del reticolo di cavità all'interno del terreno.

nfatti sebbene queste prove consentano di definire molto bene le profondità a cui si aprono gli occhi pollini, di fatto la distanza alla quale le prove sono normalmente eseguite non consentono una correlazione. L'interpretazione delle prove penetrometriche è dunque difficile e spesso non è sufficientemente precisa da poter essere usata per programmare interventi mirati a limitare i possibili danni causati dalle cavità.

A questo proposito si riportano i risultati di una indagine avvenuta in Bellusco in una azienda in cui si erano avuti cedimenti, che si era supposto essere causati da occhi pollini; per ovviare ai cedimenti è stato iniettato calcestruzzo nel sottosuolo.

Le prove penetrometriche avevano evidenziato la presenza a diverse profondità di livelli con resistenza alle prove penetrometriche pari a 0 e questi livelli erano stati interpretati come cavità. Sommando i singoli intervalli a resistenza 0 presenti lungo una prova penetrometrica si poteva avere una prima idea delle dimensioni delle cavità.

La quantità di cemento immesso in corrispondenza delle prove penetrometriche e la somma degli intervalli a resistenza 0, nonché la posizione delle prove e dei punti di immissione di cemento sono illustrati nella figura 7.

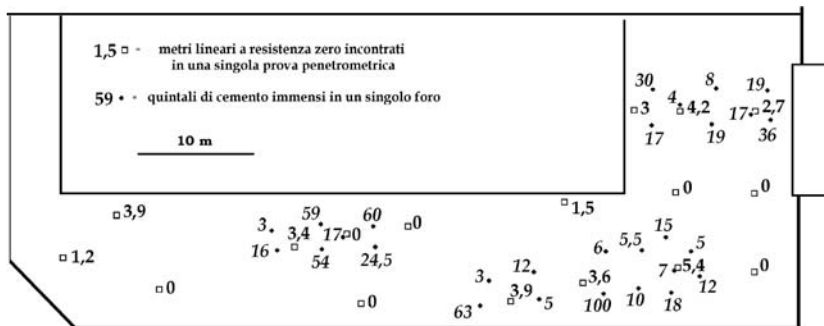


Fig. 7 - Schema della disposizione delle prove penetrometriche e dei fori per l'iniezione di cemento in un sito presso Bellusco. Si noti come la quantità di cemento iniettato non sia proporzionale all'ampiezza degli intervalli a resistenza 0 incontrati nelle prove penetrometriche.

Dalla questa si evince che non c'è una corrispondenza diretta tra la lunghezza degli intervalli a resistenza 0 incontrata e la quantità di cemento immessa; questo significa che la variabilità di dimensioni degli occhi pollini è tale che le prove penetrometriche non sono sufficienti per definirne la geometria.

Sempre riguardo alle prove penetrometriche, KAUFMANN (2000) mette in luce come siano necessarie 33 prove penetrometriche per avere il 95% di probabilità di individuare cavità con superficie di 3 m² su una superficie di 100 m². Si deve inoltre considerare che per una corretta gestione del territorio sarebbe necessario individuare anche cavità di dimensione molto più ridotta. Le prove penetrometriche non sono quindi un buon mezzo per identificare gli occhi pollini.

Un'altra tecnica talora usata per individuare gli occhi pollini è il georadar: questo metodo tuttavia non sempre dà risultati apprezzabili. Quantunque esso, in linea teorica, consenta di individuare con precisione i vuoti all'interno del terreno, tuttavia la capacità di penetrazione in terreni argillosi è molto limitata. Poiché in Brianza gli occhi pollini si formano per lo più in materiali molto alterati, e quindi fortemente arricchiti in argilla, e a profondità considerevoli, il georadar non può essere usato come metodo di indagine standard. Esso al limite può essere usato in situazioni particolari, ad esempio a fondo scavo quando la presenza di occhi pollini a profondità ridotta è già stata individuata con altri metodi (es. prove penetrometriche o scavi).

Poichè non è possibile individuare con sicurezza e precisione gli occhi pollini, è necessario adottare criteri di massima sicurezza in tutte le zone soggette a questo fenomeno. Le aree che possono essere soggette a questo dissesti sono identificabili tramite il censimento di tutti i fenomeni occorsi in passato e analizzando il contesto geologico; a questo riguardo sono da considerare sicuramente a rischio le zone in cui sono presenti depositi alterati e conglomerato. Al momento attuale non è possibile definire meglio le aree effettivamente a rischio; tuttavia un completamento del censimento può portare sicuramente a una definizione migliore di queste zone, ma per attuare ciò è necessaria la piena collaborazione di studi geologici ed enti pubblici che dovrebbero fornire tutte le indicazioni riguardo a questo fenomeno, sia di tipo geografico, sia geologico, sia tecnico.

Poichè gli occhi pollini sono un fenomeno legato alla circolazione di acqua nel sottosuolo, ogni cambiamento del regime idrico sotterraneo può portare alla formazione di nuovi fenomeni o all'allargamento di cavità preesistenti.

Per questo motivo devono essere considerate zone particolarmente a rischio quelle in prossimità dei pozzi per acqua e inoltre deve essere evitata ogni immissione concentrata di acqua nel sottosuolo. La tecnica dei pozzi perdenti, che consente di smaltire ingenti quantitativi di acqua, ad esempio l'acqua che si raccoglie su parcheggi a seguito di temporali, deve essere il più possibile evitata. Nel caso sia indispensabile la installazione di un'opera di questo tipo deve essere tenuto presente che essa può portare alla formazione di cavità e quindi provocare cedimenti fino a distanza non calcolabili a priori.

Absolutamente da evitare è la tecnica, ancora oggi usata, di sfruttare gli occhi pollini come pozzi perdenti naturali, con l'evidente conseguenza di favorire l'erosione subsuperficiale.

Per lo stesso motivo, deve essere prevista una manutenzione adeguata e regolare delle rete idrica, una cui perdita può favorire la formazione di occhi pollini.

In ultimo, nell'Alta Pianura i terreni fortemente alterati e arricchiti in argilla, non possono essere considerati come impermeabile ma deve sempre essere valutata la possibilità che in essi siano presenti cavità che possono costituire reticoli di notevoli dimensioni.

La gestione del territorio non può quindi prescindere da questi fenomeni e poichè le conoscenze sugli specifici meccanismi di innesco e di evoluzione sono ancora scarsi, deve essere portata la massima attenzione nel valutare la possibile presenza di queste cavità.

Una più approfondita conoscenza può essere sviluppata solo tramite una capillare raccolta di dati di tutte le condizioni al contorno dei siti in cui gli occhi pollini si manifestano e non solo con la segnalazione della loro esistenza.

E' auspicabile la creazione di un database in cui siano presenti gli occhi pollini finora osservati e le caratteristiche geologiche del sito in cui sono stati individuati allo scopo di dare una prima indicazione agli operatori sulle aree più colpite e sulla tipologia di questo fenomeno.

BIBLIOGRAFIA

BINI A. & ZUCCOLI L. (1996) - Formazione di un pozzo di crollo in depositi quaternari (Appiano Gentile, Como). *Grotte di Lombardia*, **2** 1995,18-24.

CALDARA M., CANCELLI A. & GIUSSANI A. (1988) - The Adda Canyon, south of Lecco: An example of landslide induced morphology. In: Bonnard C.: *Landslides - Glissements de terrain*. Proceedings of the fifth international symposium on landslides 10-15 July 1988, Losanna, vol 1, 89-94.

DAOXIAN Y. (1987) - Keniote address: Environmental and engineering problems of karst geology in China. In: Beck, B. F. & Wilson, W. L. (editors), 1987, *Karst Hydrogeology: Engineering and Environmental Applications: Proceedings of the Second Multidisciplinary Conference on Sinkholes and the Environmental Impacts of Karsts*,

- Orlando, Florida, 9-11 February 1987. A. A. Balkema, Rotterdam and Boston, 1-11.
- DELL'OCA S. (1957) - Sulla formazione di una dolina di sprofondamento in Concorezzo (Milano). *Rass. Spel. It.*, **9**, 4, 155-158.
- FORD D. & WILLIAMS P. (1989) - *Karst geomorphology and hydrology*. Unwin Hyman, London
- HIGGINS C. G. & SCHONER C. (1997) - Sinkholes formed by piping into buried channels. *Geomorphology*, **20**, 307-312.
- KAUFMANN O. (2000) - Les effondrements karstiques du Tournaisis: genèse, évolution, localisation, prévention. Thèse de Doctorat, FPMs, Polytechnique de Mons, Belgique, 2 voll, 348 pp.
- MARTINI J. (1983) - Piping in cellular media. *South African Spel. Ass. Bull.*, **24**, 18-24.
- NEWTON J. G. & MARK TANNER J. (1987) - Case histories of induced sinkholes in the eastern United States. In: Beck, B. F. & Wilson, W. L. (editors), 1987, *Karst Hydrogeology: Engineering and Environmental Applications: Proceedings of the Second Multidisciplinary Conference on Sinkholes and the Environmental Impacts of Karsts*, Orlando, Florida, 9-11 February 1987, A. A. Balkema, Rotterdam and Boston, 15-23.
- REITZ H. M. & ESKRIDGE D. S. (1977) - Construction methods which recognize the mechanics of sinkhole development. In: DILAMARTES, R. R. & CSANNALY S. C.. *Hydrologic problems in karst regions*. Wester Kentucky University, Bowling Green, Kentucky: 432-438
- STRINI A. (2001) - Gli occhi pollini della Brianza orientale. Genesi ed evoluzione del fenomeno nel quadro geologico regionale. Tesi di dottorato di ricerca, Università degli Studi di Milano, 550 pp.
- STRINI A., BREVIGLIERI P. & GHEZZI E. (2000) - Condotte da piping come via di trasmissione degli inquinanti: il caso della discarica di Cavenago. *Atti del Convegno: Le pianure. Conoscenza e salvaguardia: il contributo delle scienze della terra*. Bologna 8-11 Novembre 1999, 357-358.
- TOGNINI P. (1999) - Individuazione di un nuovo processo speleogenetico: il carsismo del M. Bisbino (Lago di Como). Tesi di dottorato di ricerca, Università degli Studi di Milano, 427 pp.

