

BOSSEA MMXIII

CONGRESSO NAZIONALE

LA RICERCA CARSOLOGICA IN ITALIA

Frabosa Soprana (Cn) – Grotte di Bossea
22-23 giugno 2013

ATTI

LABORATORIO CARSOLOGICO SOTTERRANEO DI BOSSEA
STAZIONE SCIENTIFICA DI BOSSEA CAI CUNEO – COMITATO SCIENTIFICO CENTRALE DEL CAI

Le aree carsiche di particolare interesse idrogeologico della Liguria

FRANCESCO FACCINI(*), LUIGI PERASSO(**)

RIASSUNTO

La Legge Regionale n. 14/1990 ha contribuito in modo sostanziale alla conoscenza, alla valorizzazione e alla protezione del patrimonio carsico permettendo l'individuazione delle principali aree liguri e regolamentando la pianificazione e la gestione di questo delicato ecosistema.

Con la Legge Regionale n. 39/2009 in tema di geodiversità, è data importanza alla tutela degli acquiferi carsici: a tal fine è stato necessario ridefinire le 39 aree perimetrate originariamente con la Legge n. 14/1990, poiché le stesse costituiranno un livello del Piano di Tutela delle acque.

Il presente lavoro, oltre a illustrare sinteticamente i risultati ottenuti negli oltre vent'anni trascorsi dall'emanazione della normativa regionale in tema di speleologia, illustra i primi risultati ottenuti con la ridefinizione delle aree carsiche attuali.

Partendo dal catasto delle cavità naturali, con la successiva introduzione dei livelli informativi relativi alle formazioni carbonatiche s.l. derivati dalla banca-dati regionale, è stata ottenuta una nuova suddivisione in 18 complessi idrogeologici di interesse speleologico, di cui 5 in terreni non propriamente carbonatici (aree paracarsiche).

Per ciascun complesso idrogeologico, suddiviso su base geografica in aree minori, è stata successivamente definita, sulla base di elementi idrogeologici, una zonazione della vulnerabilità dell'area di ricarica dell'acquifero, distinguendo l'area di infiltrazione diffusa, di infiltrazione concentrata e le risorgive.

KEY WORDS: *Idrogeologia carsica, Risorsa idrica, Liguria.*

1. INTRODUZIONE

L'importanza delle grotte e delle zone carsiche è riconosciuta. Oltre alla necessità di conservare il peculiare paesaggio, in un'area carsica sono presenti significative componenti che rivestono valore economico, culturale e scientifico (IUCN World Commission for Protected Areas, 1997). Agricoltura e silvicoltura, gestione della risorsa idrica, attività estrattive nei calcari, nelle dolomie e nei gessi, turismo, sono in genere le più importanti forme di attività economica nelle aree carsiche (Brandolini & alii, 2008).

Un'ampia varietà di valori scientifici coesistono in questo ambiente: solo in termini di Scienze della Terra ci sono interessi di natura paleontologica, stratigrafica, tettonica, geomorfologica, climatica e idrogeologica. Inoltre, molte zone carsiche sono importanti per ragioni naturalistiche, biologiche, archeologiche, paleontologiche, religiose, estetiche, ricreative e didattiche.

Un'ampia varietà di valori scientifici coesistono in questo ambiente: solo in termini di Scienze della Terra ci sono interessi di natura paleontologica, stratigrafica, tettonica, geomorfologica, climatica e idrogeologica. Inoltre, molte zone carsiche sono importanti per ragioni naturalistiche, biologiche, archeologiche, paleontologiche, religiose, estetiche, ricreative e didattiche.

Un ecosistema carsico si presenta vulnerabile, probabilmente più di qualunque altro ambiente terrestre. Si ritiene fondamentale il suo riconoscimento, quale sistema da salvaguardare e proteggere, ma non solo per le sue caratteristiche naturali di valore scientifico o paesaggistico: in molti casi la protezione comporta implicazioni ambientali, che a loro volta possono determinare rilevanti impatti economici. Gli ammassi rocciosi carbonatici, infatti, sono generalmente sede di circolazione di acquiferi (Cucchi & alii, 2007). La risorsa idrica sotterranea in ambiente carsico può risultare estremamente vulnerabile all'inquinamento (Vigna, 2001): per questo motivo una corretta gestione dell'ambiente carsico è un elemento essenziale per la gestione delle risorse idriche in esso presenti.

La Liguria, con la Legge Regionale n. 14 del 3 aprile 1990, ha individuato le aree carsiche regionali e la normativa connessa in tema di gestione dell'ecosistema; la legge ha inoltre costituito il catasto regionale delle grotte, la cui gestione e il periodico aggiornamento sono stati affidati alla Delegazione Speleologica Ligure.

Con la nuova Legge Regionale n. 39 del 6 ottobre 2009, la Liguria ha riconosciuto il pubblico interesse per la tutela, gestione, valorizzazione della geodiversità, il valore strategico e il pubblico interesse alla tutela degli acquiferi carsici, la specificità delle aree carsiche e la funzione scientifico-culturale della Delegazione Speleologica Ligure.

A seguito dei progressi ottenuti in campo speleologico, che hanno portato a un incremento del numero di grotte esplorate in Liguria, alla migliore georeferenziazione delle stesse e all'avanzamento del Progetto nazionale di CARTografia Geologica (CARG), sono state aggiornate e ripermite le aree carsiche esistenti (Faccini & alii, 2011; 2012): si tratta di zone, in genere caratterizzate dall'affioramento di rocce carbonatiche, in cui si riscontrano evidenze geomorfologiche di genesi carsica sia superficiali sia sotterranee o che, comunque, presentano un collegamento idrogeologico con fenomeni carsici ipogei.

L'aggiornamento delle aree carsiche ha consentito di ottenere una cartografia di sintesi che costituirà un livello nel Piano di Tutela delle acque, come stabilito dal Testo Unico Ambientale (Decreto Legislativo n. 152 del 3 aprile 2006).

(*) Università degli Studi di Genova, DISTAV, faccini@unige.it

(**) Delegazione Speleologica Ligure, gigi.per@libero.it

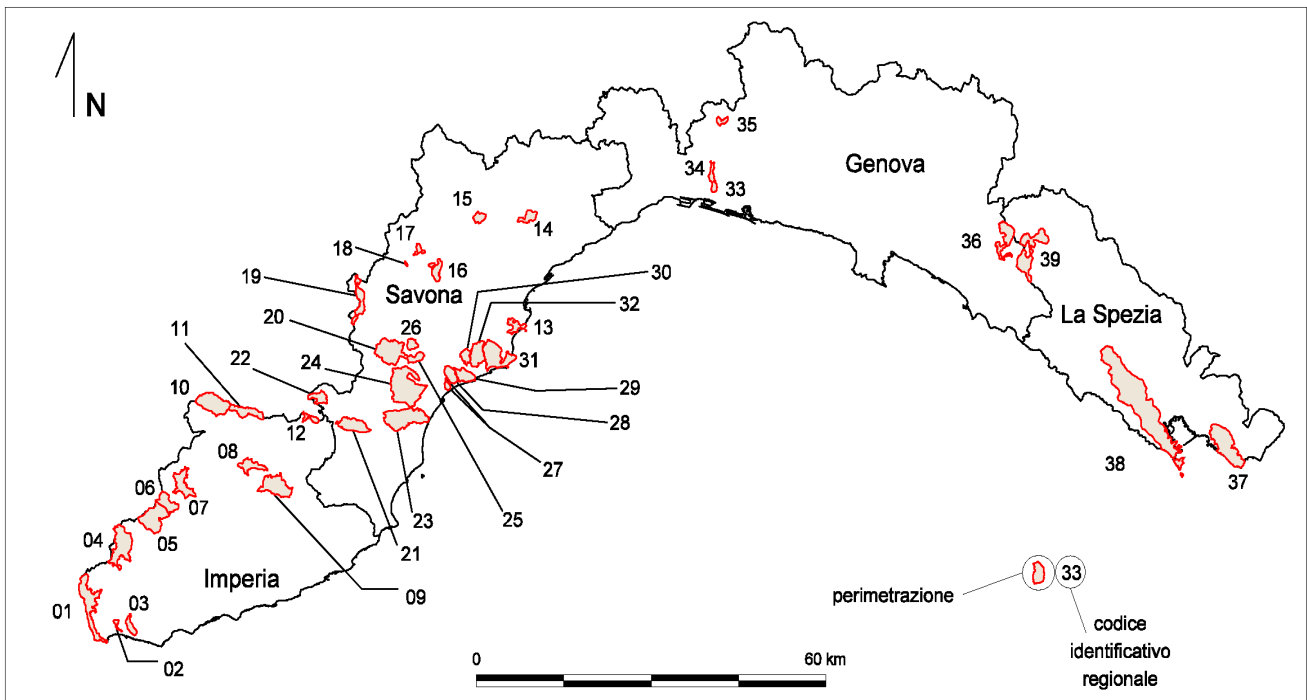


Fig. 1 - Le 39 aree carsiche della Liguria individuate ai sensi della L.R. 14/1990: 1. Monte Grammondo, 2. Magliocca, 3. Roverino, 4. Barbaira, 5. Toraggio, 6. Pietravecchia, 7. Alta Valle Argentina, 8. Prearba, 9. Guardiabella, 10. Piancavallo, 11. Monte dei Cancelli, 12. Pennavaira, 13. Bergeggi, 14. Stella Corona, 15. Adelasia, 16. Pallare, 17. Bric Tana, 18. Valle dei Tre Re, 19. Giovetti, 20. Bardineto, 21. Montenero, 22. Ravinazzo, 23. Monte Acuto/Picaro, 24. Monte Carmo di Loano, 25. Bric Tampa, 26. Magliolo, 27. Rocca delle Fene, 28. Monte Grosso, 29. Borgio/Caprazoppa, 30. Carpanea/Rocca di Perti, 31. Manie/Capo Noli, 32. S.Bernardino/Orco, 33. Monte Gazzo, 34. Alta Val Chiaravagna, 35. Isoverde, 36. Alta Val Graveglia, 37. Montemarcello, 38. Lama della Spezia, 39. Monte Verruga.

Il presente lavoro, oltre a illustrare i risultati ottenuti negli oltre vent'anni trascorsi dalla pubblicazione della normativa regionale in tema di speleologia, fornisce i risultati preliminari sull'aggiornamento e ridefinizione delle aree carsiche liguri.

2. LE AREE CARSIICHE DELLA LIGURIA

Le aree carsiche della Liguria sono state definite dalla Legge Regionale n. 14/1990 come quelle zone in cui si osservano morfologie e fenomeni carsici superficiali, o comunque in cui esista un collegamento fisico, idrogeologico e funzionale con fenomeni carsici ipogei. Per grotta si intende una cavità sotterranea naturale con sviluppo superiore a 5 m.

L'individuazione cartografica delle principali aree carsiche liguri è stata definita nei primi anni '90 dai Gruppi speleologici aderenti alla Delegazione Speleologica Ligure; successivamente la perimetrazione è stata approvata dalla Commissione Tecnica Scientifica Regionale per l'Ambiente, integrata da esperti di speleologia e carsismo (Fig. 1). La delimitazione, riportata su carta tecnica regionale alla scala 1:25.000 e approvata con Delibera della Giunta Regionale n. 665 del 23.09.1994, si basa sulle conoscenze speleologiche allora disponibili, più concentrate in alcune aree in funzione della capacità e delle conoscenze dei Gruppi Speleologici.

Sono state perimetrate 39 aree carsiche aventi importanza idrogeologica, ambientale e paesaggistica che presentano complessivamente una superficie di circa 350 km², pari a poco più del 6% del territorio regionale.

Le aree carsiche si estendono con superficie simile nelle province della Spezia, Savona, Imperia (tra 100 e 130 km²) e in misura inferiore in quella di Genova (13 km²); in termini di bacini idrografici prevalgono le aree nella Val di Vara, nella Liguria orientale (quasi 100 km²), del T. Centa e del T. Bormida nel savonese (circa 50 km²).

Con l'individuazione e la perimetrazione delle aree carsiche è stato possibile conseguire alcuni importanti obiettivi: a) tutelare le zone aventi particolare rilevanza idrogeologica e geomorfologica, garantendo la stabilità degli ecosistemi attraverso norme specifiche, con particolare riguardo alle previsioni urbanistiche e alla localizzazione di cave e discariche; b) realizzare un catasto regionale delle grotte e delle aree carsiche attraverso l'attività dei gruppi speleologici, c) programmare interventi e attività di fruizione delle grotte e delle aree carsiche, di studio geologico, idrogeologico, chimico-fisico, biologico e paleontologico dei sistemi ipogei e di esplorazione speleologica.

Le aree sono state riportate sulle tavole dell'assetto insediativo del Piano Territoriale di Coordinamento Paesistico della Regione Liguria.

Attraverso l'elaborazione dei dati contenuti nelle schede relative alle aree carsiche e tenendo presenti i limiti delle indagini legati alla non omogenea conoscenza del territorio regionale da parte dei gruppi speleologici, si riassume complessivamente che (AA.VV., 2006):

- le aree carsiche presentano una superficie media di 8-10 km², fatta eccezione per la Lama della Spezia, che

mostra superficie superiore a 60 km²;

- il numero medio di grotte per area carsica è di circa 35, anche se sono presenti zone con oltre 100 cavità (Pietravecchia, Bardineto, Monte Carmo di Loano e Lama della Spezia);

- lo sviluppo medio complessivo delle cavità per ciascuna area è di circa 1,5 km, anche se le aree di Pietravecchia, Bardineto e Monte Carmo mostrano sviluppi ipogei complessivi superiori a 5 km; adottando il rapporto tra sviluppo medio delle cavità e numero delle stesse per area, si ottiene una lunghezza media per cavità che risulta pari a circa 60 m, con un massimo per il Bric Tampa che presenta uno sviluppo medio per cavità di quasi 0,5 km;

- una stima grossolana del grado di carsificazione può essere ricavata definendo la densità degli ingressi delle cavità in rapporto alla superficie dell'area carsica: si ottiene in questo modo un valore medio di circa 7 cavità/km²;

- le unità geologiche prevalenti sono la Falda Toscana (oltre 80 km²), l'unità Delfinese-Provenziale (quasi 60 km²) e l'Unità M. Carmo-Rialto (oltre 50 km²); alcune aree ricadono in formazioni geologiche all'interno delle quali le morfologie carsiche sembrano determinate da fenomeni paracarsici (Argille e Conglomerati Pliocenici delle aree Magliocca e Roverino, Formazione di Molare nella Valle dei Tre Re).

3. L'AGGIORNAMENTO E LA REVISIONE DELLE AREE CARSIICHE

Le aree carsiche individuate con la Legge Regionale n° 14/1990 rappresentano l'indispensabile punto di partenza che, a oltre vent'anni dalla loro perimetrazione, ha contribuito a mantenere l'integrità di queste zone nel contesto del peculiare paesaggio ligure.

Sulla base delle conoscenze raggiunte attraverso l'incessante attività dei gruppi speleologici e dei risultati della ricerca scientifica sul carsismo (AA.VV., 2006), si evidenziano alcune delle considerazioni che hanno spinto alla revisione

della normativa regionale: 1) i limiti geografici delle aree carsiche attuali; 2) la natura e le caratteristiche idrogeologiche delle aree carsiche; 3) la presenza di grotte esterne alla perimetrazione esistente; 4) la nuova normativa regionale, specificamente rivolta agli acquiferi carsici.

In merito al primo punto si evidenzia che le zone attuali sembrano definite su un criterio prevalentemente geografico, non mostrando uniformità a scala regionale. A titolo d'esempio si riporta la separazione delle aree GE33 (M. Gazzo) e GE34 (Alta Val Chiaravagna), contigue e nell'ambito della stessa Unità Tettonica M. Gazzo-Isoverde, per complessivi soli 3,5 km²; l'area SP38 (Lama della Spezia), all'opposto, mostra un'estensione di oltre 60 km² nell'Unità Tettonica della Falda Toscana, comprendendo un'area orientata NO-SE estesa da Cassana all'Isola Palmaria.

Il secondo aspetto riguarda i tipi litologici delle aree carsiche: la sovrapposizione tra le 39 zone perimetrate e le Unità Tettoniche della Liguria evidenzia, ad esempio, che le aree IM2 (Magliocca) e IM3 (Roverino) insistono su successioni marine neogeniche (conglomerati di Monte Villa, argille di Ortovero), mentre l'area SV18 (Valle dei Tre Re) ricade in depositi tardo e post-orogenici del Bacino Terziario Piemontese (Formazione di Molare). Le prime due aree sono caratterizzate da fenomeni paracarsici (Parise & alii, 2010) mentre, nel caso dell'area SV18, si è in presenza di fenomeni carsici *sensu stricto* che si sviluppano in litotipi carbonatici sepolti sotto pochi metri di conglomerati, nei quali si sono sviluppate morfologie epigee (doline) connesse all'evoluzione delle strutture carsiche ipogee.

La terza considerazione riguarda le cavità censite nel catasto speleologico che non ricadono in nessuna area a oggi definita: è il caso, ad esempio, delle grotte nei conglomerati del Promontorio di Portofino e dell'alta Valle Scrivia, nei calcari a Calpionelle della Val Frascaiese, nei calcari marnosi dell'anfiteatro storico di Genova e della fascia costiera tra Genova e Chiavari. Queste ultime mostrano caratteristiche analoghe a quelle di Prearba (IM8) e Guardiabella (IM9) ubicate nell'Unità S.Remo-M.Saccarello.

L'ultimo aspetto riguarda la disciplina prevista nelle aree carsiche in funzione della nuova normativa regionale connessa alla tutela degli acquiferi: la L.R. 39/2009 richiede infatti, con

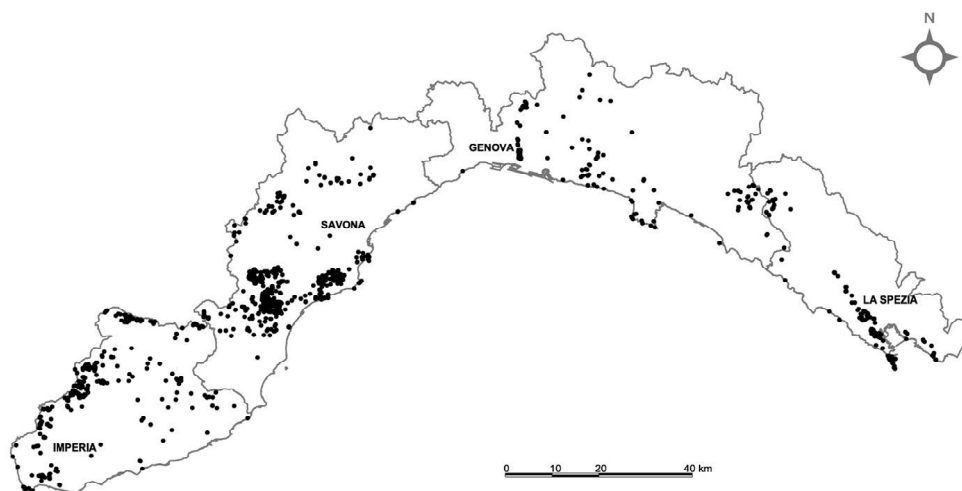


Fig. 2 - Le grotte censite in Liguria (da Catasto Speleologico Ligure)

tipico approccio applicativo-pianificatorio, una perimetrazione delle zone di ricarica – suddivise ad infiltrazione diffusa o concentrata - e aree sorgive.

La stessa normativa specifica che “a infiltrazione diffusa” si intende una porzione di territorio caratterizzata dall’affioramento di rocce carsificabili, interessate da depositi detritici, su cui si sia sviluppata una copertura vegetale, mentre “a infiltrazione concentrata” si intende un’area caratterizzata dalla presenza di rocce carsificabili denudate, o dalla presenza di morfologie carsiche superficiali che condizionano le modalità di infiltrazione delle acque nel sottosuolo. Per “area sorgiva” si intende un’area interessata dalla presenza di sorgenti carsiche, temporanee o perenni.

3.1. METODOLOGIA ADOTTATA

Sulla base di questi punti è stata adottata la metodologia di lavoro per l’aggiornamento e la ridefinizione delle aree carsiche liguri; le attività di elaborazione dati sono state condotte attraverso una piattaforma GIS adottando la base cartografica regionale in scala 1:5.000; la cartografia di uscita è stata riportata, per ragioni pratiche, in scala 1:25.000.

Il primo passo è consistito nell’acquisizione del layer informatico relativo al catasto delle cavità censite, mentre il secondo riguarda i livelli informativi corrispondenti alle rocce carbonatiche *lato sensu* (calcari, dolomie, gessi, ecc.) in cui si riscontrino evidenze idro-geomorfologiche di genesi carsica, sia superficiali sia sotterranee e derivati dalla banca-dati

regionale relativa alla cartografia geologica.

La sovrapposizione di queste due informazioni ha fornito una prima base per la nuova perimetrazione delle aree carsiche, articolate in due livelli gerarchici: 1) complesso idrogeologico di interesse speleologico, corrispondente alle Unità Tettoniche liguri (Giammarino & alii, 2002); 2) aree carsiche interne alle precedenti determinate su base geografica.

Le aree caratterizzate da cavità con uno sviluppo superiore a 5 m o di particolare interesse storico-culturale modellate in litologie non propriamente carbonatiche, come nei conglomerati, nelle marne argillose e nei flysch calcareo-marnosi (la cui presenza è spesso un significativo indizio legato a deformazioni gravitative profonde di versante) sono state classificate come aree paracarsiche.

La Legge Regionale n. 39/2009, come accennato, richiede l’individuazione dell’area di ricarica di un acquifero carsico, intesa come la superficie che raccoglie le acque di precipitazione e ruscellamento, anche provenienti da territori limitrofi non carsici.

La perimetrazione richiesta e la sua articolazione in aree di ricarica (infiltrazione diffusa e concentrata) e aree sorgive è stata definita tenendo conto delle esigenze pianificatorie richieste dalla nuova normativa regionale, in funzione delle conoscenze di geomorfologia e idrogeologia carsica nel territorio ligure. A tal fine sono stati eseguiti rilevamenti idrogeologici e geomorfologici in sito e indiretti attraverso fotointerpretazione, sempre in collaborazione con i Gruppi Speleologici liguri.

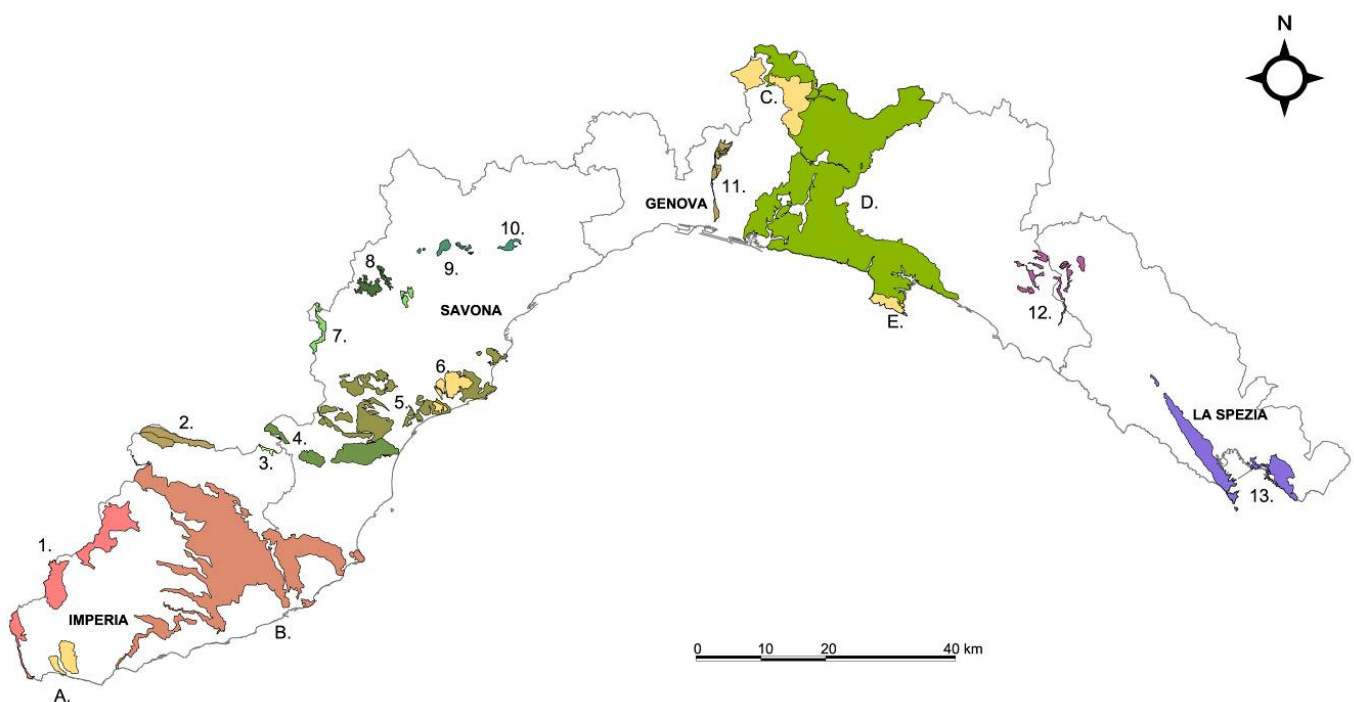


Fig. 3 - I complessi idrogeologici d’interesse speleologico della Liguria: 1. Delfinese-Provenzale, 2. Ormea, 3. Caprauna-Armetta, 4. Arnasco-Castelbianco, 5. M. Carmo-Rialto, 6. Calcare di Finale Ligure, 7. M. Sotta, 8. Villanova, 9. Cravasco-Voltaggio-Montenotte, 10. Scaglie di Trias-Lias associate al Gruppo di Voltri, 11. M. Gazzo-Isoverde, 12. Bracco-Val Graveglia, 13. Falda Toscana. Sono riportati, inoltre, i complessi idrogeologici d’interesse speleologico in rocce non propriamente carbonatiche: A. Successioni marine neogeniche (Argille di Ortovero), B. Flysch di Sanremo, C. Depositi tardo e post-orogeni (Formazioni di Molare e Savignone), D. Flysch del Monte Antola, E. Depositi tardo e post-orogeni (Conglomerati di Portofino).

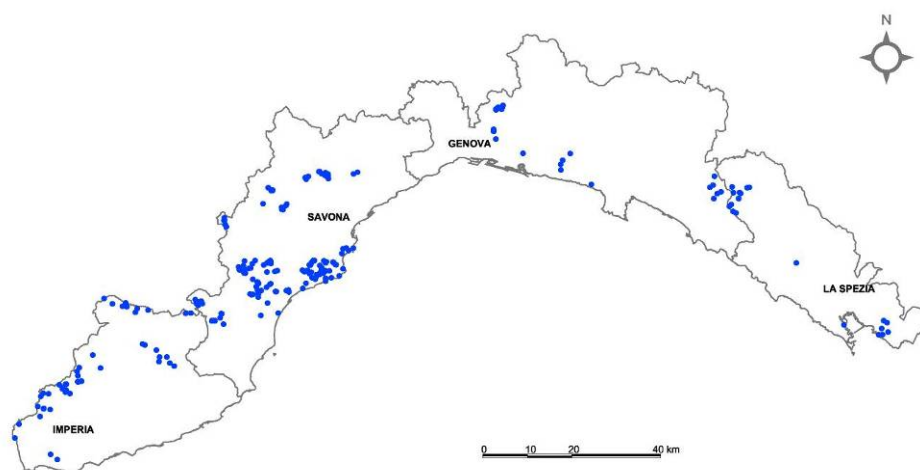


Fig. 4 - Le sorgenti carbonato-carsiche della Liguria

La raccolta dei dati e delle informazioni sugli elementi carsici di interesse idrogeologico è stata organizzata adottando la legenda proposta con la guida al rilevamento della carta idrogeologica d'Italia (Servizio Geologico Nazionale, 1995; Boni & alii, 2008); in particolare la tavola E indica la rappresentazione delle più significative forme carsiche quali doline, inghiottitoi, grotte e le aree carsiche che direttamente o indirettamente possono favorire una maggiore infiltrazione delle acque meteoriche.

In dettaglio sono stati distinti i complessi carbonatici *lato sensu* permeabili per fratturazione e per fenomeni carsici, i complessi non propriamente carbonatici permeabili per fratturazione e per fenomeni paracarsici, le sorgenti, la direzione e il verso di scorrimento di reti acquifere (ove identificato), le doline o i limiti di area a deflusso endoreico, gli inghiottitoi con assorbimento perenne (o temporaneo), le grotte con assorbimento perenne (o temporaneo), le grotte con emergenza perenne (o temporanea), le altre grotte, attive e inattive.

Le sorgenti sono state classificate automaticamente come aree sorgive, mentre le aree soggette a infiltrazione concentrata sono state identificate in corrispondenza delle descritte morfologie carsiche di superficie che condizionano le modalità di infiltrazione delle acque nel sottosuolo. Le restanti zone con affioramento di litologie carbonatiche *lato sensu*, comprendenti in generale depositi detritici di qualunque tipologia o con roccia sub-affiorante su vaste aree, sono state classificate a infiltrazione diffusa. L'area complessiva di ricarica dell'acquifero è stata infine completata ed estesa anche alle aree che raccolgono le acque di precipitazione e ruscellamento superficiali provenienti anche da territori limitrofi non carsici.

Questi differenti ambiti sono collegati a regimi normativi modulati in funzione della diversa vulnerabilità, al fine di assicurare idonee forme di tutela delle aree carsiche e dei relativi acquiferi, garantendo in particolare le aree di ricarica della falda e le sue emergenze naturali (art. 12 della Legge Regionale n. 39/2009).

3.2. RISULTATI GENERALI

Dalla preliminare sovrapposizione tra le formazioni rocciose carsificabili e le oltre 1500 grotte censite a catasto vengono individuati tredici complessi idrogeologici di interesse speleologico, corrispondenti alle seguenti Unità Geologico-tettoniche (Giammarino & alii, 2002): Delfinese-Provenzale, Ormea, Caprauna-Armetta, M. Carmo-Rialto, Scaglie di Trias-Lias associate al Gruppo di Voltri, Cravasco-Voltaggio-Montenotte, M. Sotta, Arnasco-Castelbianco, Villanova, M. Gazzo-Isoverde, Bracco-Val Graveglia, Falda Toscana e Calcere di Finale Ligure. Tali complessi idrogeologici sono stati ulteriormente suddivisi su base geografico-speleologica; ad es., il complesso idrogeologico relativo all'Unità tettonica Bracco-Val Graveglia è stato suddiviso nelle aree carsiche dell'Alta Val Graveglia, dell'Alta Val di Vara e della Val Frascaiese.

Il quadro risultante è piuttosto articolato, in quanto le aree carsiche sono frammentate a scala regionale e ancora più disarticolati sono gli acquiferi sottesi in questi ammassi rocciosi. La placca carbonatica più estesa, e probabilmente più nota, è quella caratterizzata dalle dolomie e dai calcari dolomitici dell'Unità M. Carmo-Rialto, con oltre 70 km² di estensione e più di 400 cavità naturali censite, per uno sviluppo complessivo di quasi 35 km.

Si evidenzia inoltre che i complessi idrogeologici delle unità Brianzoni (Ormea, M. Carmo e Caprauna-Armetta) mostrano la stessa associazione litologica e pertanto la superficie complessiva di questo importante ammasso carbonatico è di quasi 85 km² e circa 36 km di sviluppo ipogeo conosciuto, per oltre 500 cavità rilevate; analoghe considerazioni valgono per le Unità Piemontesi (Scaglie di Trias-Lias associate al Gruppo di Voltri, Cravasco-Voltaggio-Montenotte, M. Sotta, Arnasco-Castelbianco, Villanova e M. Gazzo-Isoverde) che presentano un'estensione complessiva d'affioramento di quasi 60 km² e oltre 8 km di sviluppo ipogeo rilevato.

Adottando il rapporto tra estensione superficiale dell'ammasso carbonatico e sviluppo sotterraneo rilevato, approssimabile a un grossolano grado di carsificazione, gli ammassi carbonatici afferenti alle Unità Brianzonesi mostrano i valori più alti (0,43 km di grotta per km² di estensione), seguiti da quelli della Pietra di Finale (0,31) e dell'Unità Bracco-Val Graveglia (0,20).

Quasi 150 cavità naturali ricadono in ammassi rocciosi non propriamente carbonatici: sono stati quindi perimetrati alcuni ulteriori complessi idrogeologici di interesse speleologico corrispondenti alle Unità Geologico-tettoniche delle Successioni marine neogeniche (Conglomerati di M. Villa e Argille di Ortovero), dell'Unità San Remo-M. Saccarello (Gruppo Speleologico Imperiese CAI, 2005), dei depositi tardo e post-orogeni del Bacino Terziario Piemontese e dell'Unità dell'Antola.

In questi ulteriori complessi il grado di carsificazione appare decisamente inferiore e pertanto, anche su base litologica, riconducibile a un modellamento paracarsico (come nel caso dei flysch eterogenei, dove si ottiene una media tra 3-5 m di sviluppo ipogeo conosciuto per km²) o prevalentemente tettonico (nei conglomerati oligocenici).

Tutte le unità sottendono acquiferi carsici più o meno significativi: complessivamente sono state censite oltre 250 sorgenti in ammassi tipicamente carbonatici, di cui quasi 50 percorribili, una sessantina di inghiottitoi di cui oltre 30 in parte percorribili, quasi 150 grotte attive di cui oltre 30 sorgenti e quasi 50 inghiottitoi, una settantina di macroforme superficiali come doline, polje o depressioni tettonico-carsiche, oltre 50 direzioni di deflusso sotterraneo accertato.

3.3. CENNI SUI COMPLESSI IDROGEOLOGICO-CARSICI LIGURI

Lungo il confine italo-francese, in corrispondenza del complesso carbonatico dell'unità Delfinese, si segnalano sorgenti in alta Val Nervia, nell'areale del M. Toraggio; le principali direzioni di deflusso sotterraneo sono state suddivise in tre complessi acquiferi distinti. A questo complesso idrogeologico è riconducibile anche la sorgente sottomarina di fronte a Capo Mortola, nota come Polla Rovereto (Calvino & Stefanon, 1963).

Il complesso carbonatico nel sottobacino ligure dell'alta Val Tanaro, ascrivibile all'Unità Tettonica Ormea, mostra la sua parte più interessante nei pressi di Pian Cavallo (settore O) e di Rocca Ferraira-Madonna dei Cancelli (settore E); nel primo caso si tratta della nota Gola delle Fascette e della risorgenza carsica del T. Negrone dal Garbo della Foce: l'erosione del corso d'acqua ha intercettato nel Garbo del Butaù un percorso ipogeo che oggi devia le acque del torrente Ciairiello alcune centinaia di metri a monte della risorgenza, mescolandole alle acque provenienti dal collettore ipogeo principale del complesso del Marguareis nella grotta del Lupo inferiore. Nell'areale del Monte dei Cancelli le coperture scistoscalcareae determinano prevalenti drenaggi superficiali e conseguentemente poche sorgenti, di portata contenuta: si segnalano comunque le sorgenti negli ammassi carbonatici

presso Madonna dei Cancelli e presso Arma Rocca Rossa (Gruppo Speleologico Imperiese, 2011).

Nell'ammasso carbonatico dell'unità Arnasco-Castelbianco

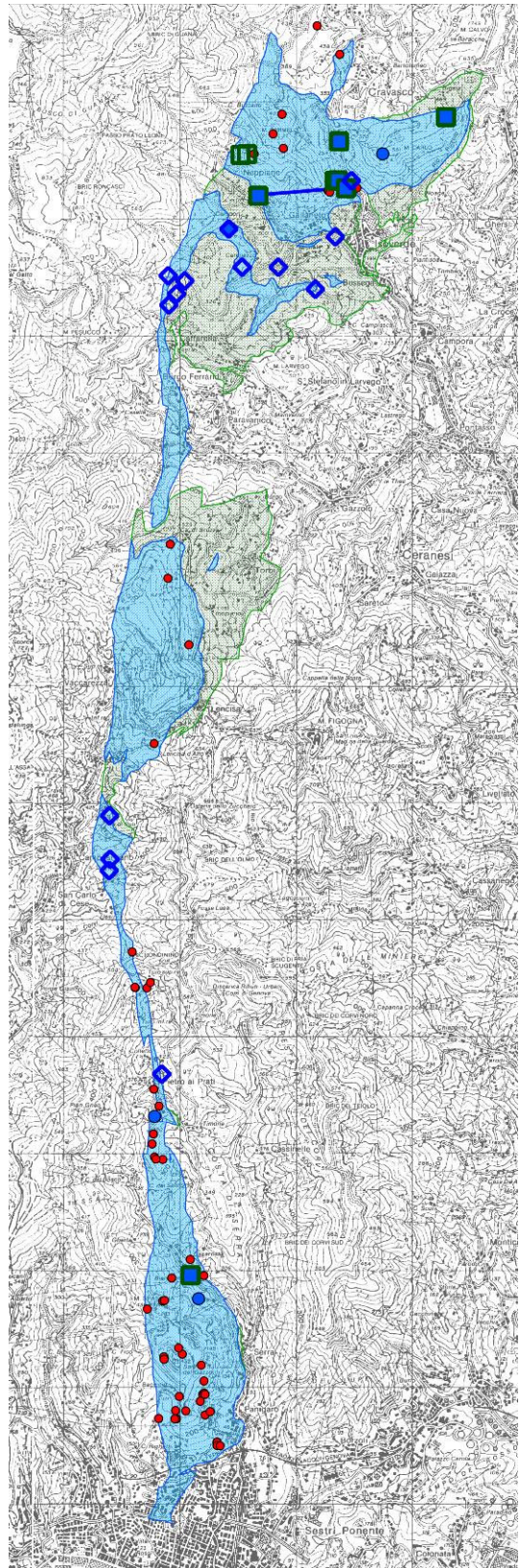


Fig. 5 - Carta degli elementi idrogeologici del complesso d'interesse speleologico Unità tettonica M. Gazzo-Isoverde.

Legenda della carta degli elementi idrogeologici

complessi carbonatici s.l. altamente permeabili per fratturazione e carsismo



complessi non propriamente carbonatici mediamente permeabili per fratturazione e localmente per carsismo



dolina o limite di area a deflusso endoreico



● grotta attiva

■ grotta con assorbimento perenne o temporaneo

□ inghiottitoio

◆ grotta con emergenza perenne o temporanea

◇ sorgente

○ assorbimento concentrato e/o perdite in alveo



direzione di scorrimento acque sotterranee



● grotte inattive



si segnalano una ventina di sorgenti in corpi idrici ipogei assai frazionati (Gruppo Speleologico Imperiese, 2010) con piccoli bacini di assorbimento, spesso corrispondenti ai pendii sovrastanti l'esutore. Si segnalano alcune significative sorgenti in Val Neva, in corrispondenza della confluenza del Rio Pennavaira, come la Fontana Calda, la Sorgente dell'Acquedotto di Zuccarello, la Sorgente Armando, la sorgente Fontanelle e la Fontana di Boxi.

Il complesso idrogeologico d'interesse speleologico dell'Unità Monte Sotta è situato in Val Bormida, al confine con il Piemonte, ed è caratterizzato da due affioramenti carbonatici: a O l'area carsica dei Giovetti, estesa anche nel sottobacino piemontese della Val Tanaro, e ad E l'area carsica di Pallare. Le acque assorbite dalle Dolomie di San Pietro dei Monti scorrono in funzione della geometria del basamento impermeabile sottostante: nel caso dei Giovetti lo scorrimento sotterraneo avviene verso la Val Tanaro e probabilmente riemergono a Bagnasco, dove si osservano una serie di sorgenti in subalveo; la zona di assorbimento è costituita soprattutto da alcune depressioni doliniformi in Piemonte, nella fascia adiacente la Liguria, anche se in generale in questa Unità le macroforme carsiche sono poco presenti. Nell'area di Pallare si segnalano gli assorbimenti nelle depressioni a O di Bric Rudina e la probabile connessione con alcune significative sorgenti presso Case Mattiotti. Altre sorgenti in roccia carbonatica sono censite nella zona di Biestro, captate dall'acquedotto locale (Gruppo Speleologico Savonese, 2004).

Nell'ammasso carbonatico delle Scaglie di Trias-Lias associate al Gruppo di Voltri, affiorante nella zona di Stella-Corona, si evidenzia la Sorgente Fonte del Crivezzo, captata dagli acquedotti locali; si tratta di una risorgente con una portata media di 40 l/s il cui percorso sotterraneo prende origine nell'area di assorbimento del Piano Nefosse, una pseudo dolina assimilabile a una trincea di deformazione gravitativa profonda, impostata su una lineazione E-O che

mette in contatto gli affioramenti calcarei a S e quelli ofiolitici a N. Lo scorrimento sotterraneo delle acque si dirige verso la sottostante Grotta del Picco, per riemergere successivamente presso la sorgente del Crivezzo, costituita da un collettore principale e da una serie di scaturigini a circa 400 m di quota.

Gli ammassi carbonatici dell'Unità Cravasco-Voltaggio-Montenotte, presenti nella zone collinari a E di Cairo Montenotte, sottendono frammentati ma significativi acquiferi, come testimoniato da una quindicina di sorgenti carsiche sparse; si possono descrivere almeno quattro lenti carbonatiche tra la Rocca dell'Adelasia a E e il Monte Goso a O. Nella zona NO della Riserva dell'Adelasia si rilevano 4 sorgenti carsiche di cui una, la Sorgente del Manuale, è captata dall'acquedotto di Ferrania. La parte più interessante del massiccio di Montenotte è quella centrale, lungo il versante delle Cà Rifatte, caratterizzata dalla Sorgente dell'Acqua che Bolle: la sorgente è captata da un bottino di presa che convoglia le acque provenienti dalla Grotta degli Olmi e probabilmente anche dagli assorbimenti lungo l'alveo del Rio Tasso, il corso d'acqua limitrofo. L'area d'infiltrazione è rappresentata da una vasta depressione doliniforme ascrivibile a una trincea di deformazione gravitativa profonda, orientata N-S, che mette a contatto gli ammassi carbonatici a O da quelli ofiolitici a E. Altre sorgenti minori denominate dell'Amore, del Cianetto e dei Berruti, sono ubicate nel settore SE della zona.

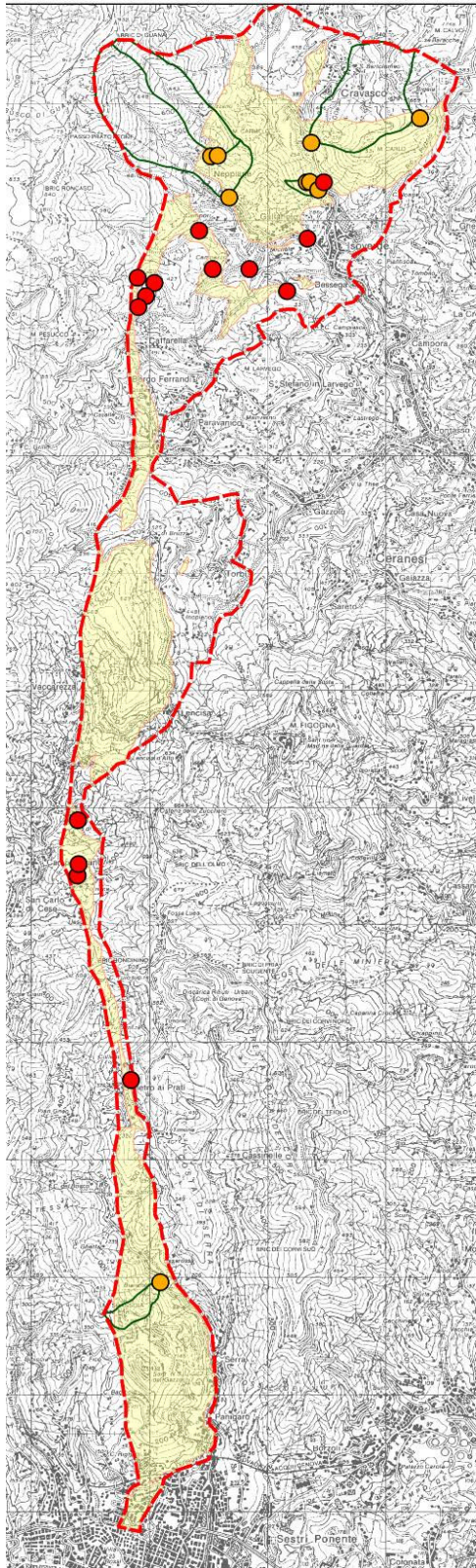
Il complesso idrogeologico dell'unità Villanova presenta un assetto geologico singolare, che caratterizza l'area carsica del Bric Tana, presso Millesimo: il substrato è ascrivibile alla Formazione di Molare, nella quale si osservano depressioni doliniformi, anche di dimensioni significative. In superficie affiorano arenarie, solo in parte calcaree, mentre in profondità si rinvengono dapprima calciruditi e quindi una potente bancata di calcari di scogliera. La soglia di permeabilità è determinata dalle sottostanti ofioliti, che presentano una permeabilità relativa molto più bassa.

Le forme di superficie sono pertanto ascrivibili a subsidenza indotta e il drenaggio sotterraneo avviene lungo lineazioni tettoniche preferenziali (Gruppo Speleologico Savonese, 2004): vi sono numerose sorgenti correlate a questo schema di circolazione idriche ipogea, ubicate tra il rio San Sebastiano a N e il rio Molino a S. Un cenno particolare merita l'area paracarsica della Valle dei Tre Re, sempre modellata nella Formazione di Molare, appartenente all'Unità Villanova. Quest'area rappresenta un esempio di valle cieca: il torrente che scende dal Bric dell'Arma ha inciso le sovrastanti arenarie fino al contatto con i conglomerati a cemento calcareo: l'acqua penetrava nella Tana dell'Arma e quindi assorbita dai detriti e massi del fondo. La risorgente era rappresentata dalla Grotta Santuario della Madonna del Deserto, con un traforo idrogeologico sotto la dorsale Bric dell'Arma- Bric Castellaccio. Oggi la risorsa idrica è utilizzata dall'acquedotto comunale di Millesimo: l'area di alimentazione si estende sicuramente oltre il bacino idrografico del Tre Re, il cui corso è stato però deviato dalle opere di presa dell'acquedotto.

L'areale dell'Unità Monte Carmo-Rialto, come accennato, è quello più significativo in termini di estensione dell'ammasso carbonatico e comprende i più importanti complessi ipogei regionali attivi. Si estende lungo il tratto costiero fra Ceriale e

Bergeggi e tra Bardineto e la Colla di Magnone nell'entroterra; nel tratto tra M. Grosso e Capo Noli le Dolomie di San Pietro dei Monti rappresentano in maniera discontinua la base di appoggio della Pietra di Finale e quindi i due complessi idrogeologici si trovano geometricamente sovrapposti ma con un differente grado di permeabilità relativa.

La parte più ricca di cavità naturali e di acquiferi ipogei è quella compresa tra Toirano e il Melogno, che comprende le aree carsiche del M. Carmo, di Bardineto, del Bric Tampa e di Magliolo.



Legenda della carta della vulnerabilità idrogeologica

aree soggette ad infiltrazione diffusa



aree soggette ad infiltrazione concentrata



aree sorgive



area scolante sottesa ad un punto/zona ad infiltrazione concentrata



perimetrazione aree di ricarica degli acquiferi carsici si;
senza campitura sono riportate anche le aree afferenti/tributarie
per motivi geologici, geomorfologici, idrogeologici



Si contano complessivamente circa 40 sorgenti e almeno 15 grotte attive, tra le quali si segnalano:

- il Complesso degli Scogli Neri e del Garbo delle Conche nell'area del Bric Tampa, le cui acque (oggetto di studi in corso volti a confermare una serie di interessanti ipotesi formulate già negli anni '70 da speleologi belgi e imperiesi) vanno probabilmente entrambe ad alimentare, seguendo percorsi differenti, la sorgente del Ruè sul fianco sinistro del T. Maremola, attualmente captata dall'acquedotto comunale di Magliolo;
- nell'area di Bardineto sono stati accertati mediante ripetute colorazioni alcuni importanti deflussi sotterranei (Gruppo Speleologico Savonese, 1993; 2006); il più significativo per la notevole lunghezza del traforo idrogeologico e dell'ampiezza dell'area interessata è quello del sistema Rampiun-Garesca che dalle zone di assorbimento individuate fra le pendici di M. Grosso, Bric Agnellino e Case Catalano, dopo un percorso ipogeo di oltre 4 km, alimenta una serie di risorgenti localizzate lungo la sponda destra della Bormida poco a N di Bardineto (Fontana Garesca); un traforo idrogeologico minore alimenta le stesse risorgenti provenendo dal rio Barozzo, tributario in sponda destra della Bormida poco più a N; sempre nella stessa area, notevole interesse riveste anche il sistema rio Secco-Dotte in cui sempre a seguito di colorazioni superficiali è stato individuato nell'alto corso del rio Secco la zona di assorbimento che alimenta sia le acque circolanti nel Buranco de Dotte sia una serie di risorgenze rilevate a fianco della grotta stessa.

Fig. 6 - Carta della vulnerabilità idrogeologica del complesso d'interesse speleologico Unità tettonica M. Gazzo-Isoverde.

Il monitoraggio idrogeologico delle acque circolanti nella grotta del Garbo delle Conche, intrapreso nel 2011 mediante il posizionamento nel sifone di monte presso il punto di captazione dell'acquedotto di una sonda multiparametrica misuratrice di temperatura, conducibilità elettrica e livello delle acque, ha permesso di determinare un modello di circolazione del tipo a dreni interdipendenti (Faccini & alii, 2013), in cui la zona satura sottostante il complesso ipogeo è determinata dalla caratteristica idrostruttura del Bric Tampa; la portata di magra non scende sotto 100 l/s, mentre i picchi di piena raggiungono valori superiori a 180 l/s. L'andamento della temperatura dell'acqua e della conducibilità elettrica è sostanzialmente analogo a quella della portata, evidenziando un fenomeno di pistonaggio.

Nell'area di Bergeggi merita un accenno il massiccio carsico del M. Mao, oggetto di parziale monitoraggio idrogeologico (Aicardi, 2012) il cui acquifero di alimentazione circolante nelle Dolomie di S. Pietro dei Monti è stato completamente stravolto dalla realizzazione della galleria ferroviaria Genova-Ventimiglia nel tratto tra Punta del Maiolo e Punta Predani.

Il Finalese rappresenta l'unica area in Liguria con caratteristiche geomorfologiche e idrogeologiche assimilabili a quelle di un antico carso tropicale a "cockpit". Si tratta, infatti, di un vasto altopiano, suddiviso in cinque altipiani minori posti a circa 300-400 m s.l.m. (da O ad E altopiano di Verezzi-Caprazoppa, Rocca Carpanea, Rocca di Perti, S. Bernardino, Rocca di Corno-Manie) separati dai torrenti Bottassano, Pora, Aquila, a O e Sciusa e Ponci a E, con tipiche macroforme superficiali e importanti trafori idrogeologici. Tra le più importanti doline e polje nell'area si segnalano quelle dell'altopiano di San Bernardino (Case del Vacchè), delle Manie (Pian della Noce e Pian della Brera) e di Rocca Carpanea (Pian Marino), mentre tra le direzioni di deflusso ipogeo accertato si segnala quello del complesso Inghiottoio di Pian della Noce-Grotta della Sorgente Priamara, del complesso Manie-Acquaviva (Grotta Mala-Grotta dell'Andrassa-Grotta del Contatto- Inghiottoio del rio delle Voze -Risorgenza del Mulino dell'Acquaviva) e del Martinetto. Sono state censite oltre venticinque sorgenti in ammasso carbonatico e una decina di grotte attive: tra queste merita una segnalazione particolare, anche per motivi storici, il sistema Possanga- Pollera-Buio, che trova alimentazione in parte dagli assorbimenti diffusi localizzati sull'altopiano della Valle Erxea e in parte preponderante da assorbimenti localizzati in corrispondenza dell'incisione valliva del rio immediatamente a valle della depressione di Pian Marino, ove si osservano numerose doline, sovente idrovore.

Il complesso idrogeologico di interesse speleologico dell'Unità M.Gazzo-Isoverde è caratterizzato da una sottile striscia orientata N-S che per oltre 10 km unisce Sestri Ponente, nel settore centro-occidentale del Comune di Genova, a Isoverde, in alta Val Polcevera. Come già osservato in altri complessi carsici caratterizzati da ammassi carbonatici che presentano numerosi eventi duttili e fragili, anche in questa Unità idrogeologica i fenomeni superficiali e sotterranei sono spesso legati a deformazioni gravitative profonde di versante,

come nel caso delle aree di Torbi e dell'alta Val Chiaravagna.

L'area è interessata da una quindicina di sorgenti in ammasso carbonatico, concentrate soprattutto nella zona di Isoverde, nei pressi del Monte Carmelo (Cavallo & Fabbri, 2008): i limiti idrogeologici non sono ancora stati chiaramente identificati. All'interno della Grotta di Iso (Li12) scorrono due corsi d'acqua indipendenti che hanno origine, comportamento e portate differenti; sono in corso approfondimenti d'indagine volti all'individuazione delle rispettive zone di assorbimento: vicina e con infiltrazioni superficiali in un caso (probabile collegamento con il fiume sotterraneo circolante nell'Abisso Lidenbrook, alle pendici di Monte Carmelo), lontana e con prolungata permanenza in profondità nel secondo (collegamento ipotizzato alla Voragine del Buran, grotta con assorbimento perenne nei pressi del rio Gallaneto). Il sistema carsico di Isoverde presenta una risorgente conosciuta, quella dei Buggi, situata lungo il Rio di Iso a 220 m s.l.m. che probabilmente raccoglie tutti i contributi idrici sopra descritti, mentre la grotta del Verde costituisce un esempio di traforo idrogeologico in quanto drena le acque del Rio Tinelle verso la valle del Rio Roncasci.

Un caratteristico fenomeno carsico è quello sviluppato nei gessi del sottosuolo di Isoverde: in passato estratti per usi industriali e quindi coltivati in gallerie sotterranee, i gessi oggi sono interessati da fenomeni ipercarsici che ne provocano la corrosione e il crollo, determinando problemi di cedimenti superficiali e subsidenza localizzata.

Il complesso idrogeologico d'interesse speleologico relativo all'Unità Bracco-Val Graveglia è situato nella Liguria orientale, nelle alte Valli Graveglia e Vara, e affiora in modo piuttosto frammentato, in quanto i calcari a Calpionelle, la formazione in cui si concentrano i fenomeni carsici, mostrano numerose fasi deformative, sia duttili sia fragili, tanto da risultare sempre involuppati con i diaspri del M. Alpe e con le argille a Palombini, che determinano soglie di permeabilità; un esempio è rappresentato dallo Scigno del Borsa, dove alla base delle gallerie profonde si osservano intercalazioni di argilliti, mentre all'esterno, a monte dei rami più vicini al Rio Bocco, affiorano i *cherts*.

In alta Val Graveglia sono state censite una decina di sorgenti in ammassi carbonatici, tra le quali si segnalano quelle lungo il Rivo Orti, presso l'abitato di Statale (Faccini & alii, 2007); in quest'area il complesso della Tana di Cà Freghè è stato oggetto di monitoraggio idrogeologico. Altre sorgenti significative si trovano presso Molinello (la più importante nel bacino idrografico del T.Entella), nell'ambito dell'omonimo complesso minerario dismesso, ai Casoni di Lavaggi presso Case Soprane, di Boregu presso Botasi, di Prato d'Oneto e di Monte Chiappozzo e di Tana della Madonna alle pendici del Monte Coppello (Faccini & Perasso, 2009).

Il monitoraggio idrogeologico delle acque circolanti nella Tana di Cà Freghè ha permesso di evidenziare un sistema a dreno dominante (Civita *et al.*, 1991; Vigna, 2007), in cui la cavità esplorata rappresenta il condotto principale; la portata di magra non scende mai sotto 60 l/s, mentre i picchi di piena raggiungono valori superiori a 150 l/s. L'andamento della temperatura dell'acqua e della conducibilità elettrica è

sostanzialmente opposto a quello della portata, evidenziando un fenomeno di sostituzione prevalente.

In alta Val di Vara si riscontra un assetto idrogeologico simile a quello della Val Graveglia, ma le sorgenti presentano in media una portata più elevata, probabilmente per il maggior contributo di precipitazione efficace dovuto a un tasso di evapotraspirazione più contenuto. I complessi carbonatici più significativi sono quelli legati ai complessi delle Grotte Scigno del Borsa, presso Disconesi, del Muin de Strie, presso l'abitato di Campore di Maissana, della Grotta di Monte Verruga, presso Valletti, della Risorgenza sotto il Ponte di Lagorara, presso Maissana, e la Risorgenza delle Sette Fontane, presso Ossegna.

Fatta eccezione per la presunta zona di alimentazione del complesso del Muin de Strie, che rappresenta la probabile risorgenza delle acque assorbite dai numerosi inghiottitoi che si aprono lungo le pendici SO del M. Verruga (Ciane da Vacchea), negli altri casi non sono individuate, come descritto per la limitrofa Val Graveglia, macroforme carsiche superficiali. L'alimentazione dei complessi idrogeologici carsici avviene a seguito dell'assorbimento in alveo, prossimo al reticolo ipogeo, come nel caso del Rio Bocco per l'alimentazione dello Scigno del Borsa, o del Rio Cesinelle, il cui alveo scorre parallelo alla Risorgenza delle Sette Fontane, e nel Rio Lagorara, legato all'omonima risorgenza sotto il Ponte di Lagorara. In altri casi l'alimentazione appare legata a lineazioni tettoniche su cui sembrano impostate deformazioni gravitative di versante, come nel caso del complesso idrogeologico della Grotta del Monte Verruga e delle macroforme dell'alta Val Graveglia, come il Pian di Oneto, il crinale fra i M. Chiappozzo e Coppello, le spianate morfologiche presso gli abitati di Pontori e di Cassagna.

Il complesso idrogeologico relativo all'Unità Toscana rappresenta, dopo gli ammassi carbonatici pertinenti alle Unità Brianzoni del savonese, l'area più estesa con oltre 50 km² e oltre 120 cavità naturali censite.

Il complesso carbonatico affiora in due zone separate dal Golfo della Spezia e sono riconducibili ai fianchi di un struttura plicativa a scala territoriale.

Nel Promontorio di Montemarcello si osservano le depressioni sui M. Branzi, M. Rocchetta e Lizzano dalle quali si ipotizza una direzione di deflusso sotterraneo ancora tutta da confermare con colorazioni tra Cambia e Ameglia; nella Lama di La Spezia si segnalano le importanti depressioni di S. Antonio, Caresana e San Benedetto; di quest'ultimo è in fase di accertamenti il percorso idrogeologico ipotizzato in direzione dell'arsenale militare della Spezia. In quest'ultima area si rileva un'altra importante risorgente sottomarina nei pressi del Promontorio di Portovenere, nota come Polla di Cadimare (Capellini, 1918).

Infine, un accenno alle aree paracarsiche, costituite soprattutto dai due estesi affioramenti dei Flysch rispettivamente dell'Antola nel genovesato e di San Remo nell'estremo ponente ligure. In entrambi è nota la presenza di acquiferi perenni che, anche se di estensione e portata ridotta, risultano meritori di una considerazione al pari di veri e propri acquiferi carsici classici. L'estensione più modesta di questi serbatoi idrici in ammassi rocciosi caratterizzati da fenomeni

paracarsici sulla base delle attuali conoscenze ha consigliato di limitare le aree ad infiltrazione concentrata e/o diffusa ad una porzione circoscritta di versante ospitante gli ipogei o le risorgenze noti, rinviando ad approfondimenti puntuali successivi eventuali più rigide limitazioni alla fruibilità del territorio.

4. CONCLUSIONI

La perimetrazione delle aree carsiche liguri, a oltre vent'anni dalla loro individuazione, rappresenta non solo uno strumento fondamentale per la tutela di questo delicato ecosistema, ma anche un importante elemento conoscitivo strategico per la salvaguardia del peculiare paesaggio ligure, in ambito costiero, di entroterra e montano.

La legge regionale n. 39/2009, discendendo dal presupposto sia del progresso di conoscenze geologiche e speleologiche degli ultimi venti anni, sia del rinnovamento del quadro normativo in materia ambientale, riguarda la ridefinizione dei perimetri delle aree carsiche con l'obiettivo principale della tutela della risorsa idrica.

Le nuove aree carsiche, oltre ad essere un importante strumento di salvaguardia del territorio che troverà la sua naturale collocazione nell'ambito del Piano di Tutela delle Acque, rappresentano, altresì, un elemento di stimolo per la prosecuzione delle attività dei gruppi speleologici e degli enti pubblici, inclusi gli istituti scientifici di ricerca, con evidenti ricadute di valenza applicativa.

A valle della ridefinizione delle aree carsiche e della messa a sistema delle prime informazioni esistenti relativamente agli aspetti idrogeologici, dovranno, infatti, essere promossi ulteriori indagini ed approfondimenti. Fra le tipologie di ricerche ritenute prioritarie per gli importanti sviluppi del quadro conoscitivo attuale con le nuove aree carsiche si possono annoverare: a) la realizzazione di un atlante geologico, geomorfologico e idrogeologico delle aree carsiche liguri, articolato in schede monografiche per ciascun "complesso idrogeologico di interesse speleologico" individuato e corredato di cartografia tematica in scala 1:10.000, adottando le relative legende del Servizio Geologico Nazionale (1992, 1994, 1995); b) il monitoraggio principali sistemi acquiferi carsici mediante installazione di apposite strumentazioni automatiche, finalizzate all'acquisizione in continuo di fondamentali parametri chimico-fisici, sull'esempio di quanto avviato con il progetto-pilota di inizio degli anni '90 nella grotta di Isoverde (Li 12,) e i più recenti progetti in alta Val Graveglia (Faccini & Perasso, 2009) e in particolare presso la Grotta di Cà Freghe (Li 254) e in Val Maremola nell'area carsica del Bric Tampa, con specifico riferimento al Garbo delle Conche (Faccini & alii, 2013); c) la prosecuzione delle attività inerenti la georeferenziazione delle cavità naturali con strumentazione GPS ad elevata risoluzione, e la verifica delle piante e dei profili esistenti a corredo delle schede di catasto speleologico; d) la definizione quali-quantitativa del grado di vulnerabilità degli acquiferi sulla base dei citati parametri (Vigna, 2007), e quindi l'ulteriore suddivisione in unità carsiche idro-strutturali,

così da caratterizzare con maggiore dettaglio le aree di salvaguardia in funzione della circolazione sotterranea (Galleani & alii, 2011).

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- AA.VV., 2006 - *Bibliografia speleologica ligure* (A cura di C. Cavallo, R. Chiesa, R. Dall'Acqua, M. Jesu, E. Massa). Pubblicazione promossa da Regione Liguria, Delegazione Speleologica Ligure. Tipografia C.T.O., Vicenza: 224 pp.
- AICARDI S., 2012 - *Contributo alla comprensione dei meccanismi di rifornimento di acquiferi con sorgenti di quota. Alcuni casi liguri*. Tesi di Dottorato in Scienze della Terra, XXIII Ciclo: 92 pp.
- BONI C.F., CACCIUNI A., CAPELLI G., CELICO F., CELICO P., MARI G.M., MARTARELLI L., MAZZA R., PAGANELLI D., PARIS F., PETITTA M., RIVELLINO S., ROMA M., SCALISE A., SILVI A., TACCHIA D., TARRAGONI C., VITALE V., 2008 - *Studi sperimentali finalizzati alla cartografia idrogeologica* (a cura di A.R. Scalise, L. Martarelli). Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia, 81: 174 pp.
- BRANDOLINI P., FACCINI F., RENZI L., ROBBIANO A., TERRANOVA R., VERCELLOTTI D., 2008 - *Geodiversità della Val Graveglia (Appennino ligure). Proposte per la valorizzazione turistica e la realizzazione di un Geoparco*. Bollettino della Società Geografica Italiana, Serie XIII, vol. I (2008): 913-927.
- CALVINO F., STEFANON A., 1963 - *Osservazioni geologiche sulla Polla Rovereto e le altre sorgenti sottomarine della Mortola (Riviera di Ponente)*. Atti dell'Istituto di Geologia dell'Università di Genova, 1 (1): 206-239.
- CAPELLINI G., 1918 - *La Polla di Cadimare nel Golfo di La Spezia*. Memorie della Regia Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna, serie XXII: 23-31.
- CAVALLO C., FABBRI B., 2008 - *Cavità carsiche*. In: "Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000" foglio 213-230 Genova (a cura di Cappono G., Crispini L.), Selca Firenze: 106-109.
- CIVITA M., MANZONE L., OLIVERO G., VIGNA B., 1991 - *Approcci sinergici nelle ricerche sui sistemi idrogeologici carbonatici del Piemonte meridionale*. Atti del Convegno "Ricerca e Protezione delle Risorse idriche sotterranee delle aree montuose", Brescia, 24-25/10/1991: 53-86.
- CUCCHI F., FORTI P., SAURO U., 2007 - *L'acqua nelle aree carsiche in Italia*. Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia, serie II, vol. XIX, Bologna.
- FACCINI F., BENEDETTINI A., FIRPO M., PERASSO L., POGGI F., 2012 - *Land-management and planning in karst areas: the Ligurian case-study (Italy)*. *Rend. Online Soc. Geol. It.*, Vol. 21 (2012): 611-613.
- FACCINI F., BENEDETTINI A., SIVORI L., 2007 - *Pericolosità geomorfologica, ambiente carsico e fruizione turistica: il caso della Tana di Cà Freghé (alta Val Graveglia, Appennino ligure)*. In: "Clima e rischio geomorfologico in aree turistiche" (a cura di M. Piccazzo, P. Brandolini, M. Pelfini), Patron Ed., Bologna: 207-222.
- FACCINI F., PERASSO L., 2009 - *Caratterizzazione geologico-ambientale e monitoraggio idrogeologico di alcune sorgenti carsiche dell'Alta Val Graveglia (Appennino ligure)*. *Engineering, Hydro, Environmental Geology*, 11: 45-61.
- FACCINI F., PERASSO L., POGGI F., VERNASSA A., 2011 - *Le aree carsiche della Liguria: uno strumento per la tutela e la valorizzazione della geodiversità*. *Engineering Hydro Environmental Geology*, 14: 71-82.
- FACCINI F., PERASSO L., RELLINI I., SCOPESI C., SACCHINI A., 2013 - *Valutazione della vulnerabilità intrinseca dell'acquifero carsico nel Bric Tampa (Alpi Liguri): risultati preliminari*. *Geologia dell'Ambiente, Suppl.* 3/2013, Anno XXI, luglio-settembre 2013, Roma.
- GALLEANI L., VIGNA B., BANZATO C., LO RUSSO S., 2011 - *Validation of a vulnerability estimator for spring protection areas: the VESPA index*. *Journal of Hydrology*, 396: 233-245.
- GIAMMARINO S., GIGLIA G., CAPPONI G., CRISPINI L., PIAZZA M., 2002 - *Carta geologica della Liguria*. Litografia Artistica Cartografica, Firenze.
- GRUPPO SPELEOLOGICO IMPERIESE CAI, 2005 - *Il monte Guardiabella (Prealpi Liguri - IM)*, (a cura di G. Calandri): 50 pp.
- GRUPPO SPELEOLOGICO IMPERIESE CAI, 2010 - *Cavità e carsismo del territorio di Zuccarelloa (Provincia di Savona)*, (a cura di G. Calandri, G. Revetria, D. Gobis): 80 pp.
- GRUPPO SPELEOLOGICO IMPERIESE CAI, 2011 - *Grotte e carsismo del settore Rocca Rossa, Monte dei Cancelli, Bric Cornia (Cosio d'Arroschia, Provincia di Imperia)*, (a cura di G. Calandri): 64 pp.
- GRUPPO SPELEOLOGICO SAVONESE, 1993 - *Grotte e Carsismo dell'alta Val Bormida - La Bormida di Bardineto*, (a cura di R. Massucco): 180 pp.
- GRUPPO SPELEOLOGICO SAVONESE, 2004 - *Grotte e Carsismo dell'alta Val Bormida - La Bormida di Millesimo* (a cura di R. Massucco): 208 pp.
- GRUPPO SPELEOLOGICO SAVONESE, 2006 - *Dall'acqua alle grotte: alla scoperta del carsismo e delle grotte di Bardineto*, (a cura di R. Massucco): 64 pp.
- IUCN WORLD COMMISSION FOR PROTECTED AREAS, 1997 - *Guidelines for cave and karst protection*.
- PARISE M., RIZZI A., SAMMARCO M., TROCINO A., CAMPANELLA G., 2010 - *Fenomeni paracarsici nei dintorni di Gorgoglione (Provincia di Matera, Basilicata)*. Atti del Convegno "Spelaion 07", 7-9 dicembre 2007, Altamura, Centro Altamurano di Ricerche Speleologiche: 211-220.
- SERVIZIO GEOLOGICO NAZIONALE, 1992 - *Carta geologica d'Italia (1:50.000)*. Guida al rilevamento, Quaderni SGN, s. III, 1: 95 pp.
- SERVIZIO GEOLOGICO NAZIONALE, 1994 - *Carta geomorfologica d'Italia (1:50.000)*. Guida al rilevamento a

- cura del Gruppo di Lavoro per la cartografia geomorfologica. Quaderni SGN, s. III, 4: 45 pp.
- SERVIZIO GEOLOGICO NAZIONALE, 1995 - *Carta idrogeologica d'Italia* (1:50.000). Guida al rilevamento ed alla rappresentazione, Quaderni SGN, s. III, 5: 37 pp.
- VIGNA B. in collaborazione con CALANDRI G., 2001 - *Gli acquiferi carsici*. Quaderni didattici SSI, n. 12, ERGA editore, Genova.
- VIGNA B., 2007 - *Schematizzazione e funzionamento degli acquiferi in rocce carbonatiche*. Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia, serie Geologica e Geofisica, 19: 21-26.

