

Comune di Verduno (CN)



Censimento delle forme carsiche o connesse alla dissoluzione dei gessi presenti nel territorio comunale di Verduno

Relazione di sintesi



 10122 TORINO (ITALY) - Via Cernaia, 27 - geology@seaconsult.it - www.seaconsult.it			Timbro e firma del professionista responsabile	
Redatto	<i>R. Torri, C. Morino</i>			
Controllato	<i>D. Murgese</i>			
Approvato	<i>G.W. Bianchi</i>			
Stato	Codice Documento	Codice Cliente	Annotazioni	Data
0	STR10-91-2-RGL1	-	-	Marzo 2011



INDICE

1	PREMESSA	2
1.1	Ambito delle attività.....	2
1.2	Localizzazione geografica dell'area di studio	2
1.3	Attività realizzate	3
1.3.1	Reperimento e consultazione dati e conoscenze preesistenti	3
1.3.2	Campagna di terreno.....	4
2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA DI STUDIO	6
2.1	Geologia regionale	6
2.1.1	La Crisi di Salinità Messiniana.....	6
2.2	Geologia dell'area di studio.....	7
2.2.1	Marne di Sant'Agata Fossili	7
2.2.2	Formazione della Vena del Gesso	8
2.2.3	Depositi Pliocenici.....	9
2.3	Geomorfologia	9
2.4	Idrogeologia	11
3	LE FORME CARSIICHE	15
3.1	Descrizione del processo di formazione ed evoluzione delle doline / sinkholes	15
3.2	Tipologia delle sinkholes.....	16
3.2.1	Dolina per dissoluzione	17
3.2.2	Dolina di crollo o collasso	17
3.2.3	Dolina per subsidenza.....	18
3.2.4	Sinkhole per piping profondo	18
4	CASO DI VERDUNO	20
4.1	Obiettivo dello studio	20
4.2	Descrizione del database realizzato per l'archiviazione e consultazione dei dati del censimento.....	21
4.3	Analisi dei dati raccolti e delle osservazioni di terreno	21
4.3.1	Dati anagrafici delle forme censite	23
4.3.2	Morfometria delle cavità censite	23
4.3.3	Contesto geologico osservato sul terreno	26
4.3.4	Tipologie di sinkholes riconosciute sul terreno	27
4.3.5	Misure in sito.....	27
5	CONSIDERAZIONI FINALI	29
5.1	Potenzialità dell'utilizzo del database delle forme carsiche	29
5.2	Opportunità di sviluppo del censimento	29
6	BIBLIOGRAFIA	31



Censimento delle forme carsiche o connesse alla dissoluzione dei gessi presenti nel territorio comunale di Verduno

Relazione di sintesi

R. Torri, C. Morino

STR10-91-2-RGL1

1 Premessa

1.1 Ambito delle attività

Il presente studio si inserisce nell'ambito delle attività realizzate dal Comune di Verduno finalizzate alla tutela del territorio e alla prevenzione del rischio idrogeologico.

Il censimento delle forme carsiche, che nella parlata locale sono denominate "gave", è stato realizzato nell'ambito delle attività del Gruppo di Lavoro "Regimazione delle acque" ed ha permesso di approfondire la conoscenza di un settore del territorio comunale che, oltre a essere caratterizzato da uno specifico assetto geografico – geologico, rappresenta storicamente un elemento di sviluppo economico e culturale della comunità verdunese per la sua destinazione a colture di pregio (nocciole e vigna).

I dati raccolti durante il censimento e le analisi che da esso scaturiscono, infatti, sono uno strumento utile all'amministrazione e alla popolazione di Verduno per mettere in atto le azioni necessarie a mantenere e sviluppare le attività agricole e antropiche in armonia con le naturali peculiarità dell'area di studio.

In particolare, ci si è prefissi di perseguire i seguenti obiettivi principali:

1. Aumentare la conoscenza del territorio;
2. Verificare lo stato di conservazione delle forme naturali utili allo smaltimento delle acque superficiali;
3. Creare uno strumento di controllo e di gestione del territorio attraverso la creazione di un catalogo delle forme carsiche censite.

Tali elementi permetteranno di individuare le azioni necessarie per il mantenimento delle forme carsiche delle loro funzioni di regimazione delle acque.

Per quanto concerne gli aspetti della nomenclatura delle forme carsiche, nel testo è utilizzato talora il termine inglese "sinkhole" che, tradotto letteralmente, significa "buco sprofondato"; esso è stato introdotto per indicare una depressione di forma sub-circolare dovuta al crollo di piccole cavità carsiche sotterranee; esso è dunque sinonimo di "dolina".

Gli aspetti di dettaglio relativi alla terminologia e ai processi di formazione delle forme carsiche sono trattati al § 3.

1.2 Localizzazione geografica dell'area di studio

L'area di studio è interamente compresa nel territorio comunale di Verduno. In particolare, si tratta del versante esposto a nord-ovest compreso tra l'abitato di Verduno e il fondovalle Tanaro (Figura 1).

L'area di rilevamento è delimitata a ovest dal confine tra i comuni di Verduno e La Morra; ad est, invece, l'area di studio si espande fino al confine con il Comune di Roddi; tuttavia, forme connesse a fenomeni carsici e alla dissoluzione dei livelli gessosi sono state identificate fino all'incisione del versante in cui corre la Strada dei Cristian; ad est di questo settore, bancate di gessi affiorano ancora fino in prossimità del cantiere del nuovo ospedale. I lavori ad esso connessi hanno, probabilmente, obliterato ogni evidenza di fe-



Censimento delle forme carsiche o connesse alla dissoluzione dei gessi presenti nel territorio comunale di Verduno

Relazione di sintesi

R. Torri, C. Morino

STR10-91-2-RGL1

nomeni di dissoluzione; in questo settore, quindi, non è stato possibile verificare l'esistenza di doline o sprofondamenti.

L'area rilevata si estende per circa 3 km² e lo sviluppo altimetrico del versante investigato è compreso tra quota 405 mslm, in corrispondenza dello spartiacque di B.gta Castagni, tra la valle Tanaro e la valle del Rio dell'Olmo, e quota circa 175 mslm, in corrispondenza del fondo valle Tanaro.

Nella figura che segue è rappresentato lo sviluppo plano-altimetrico dell'area di studio.

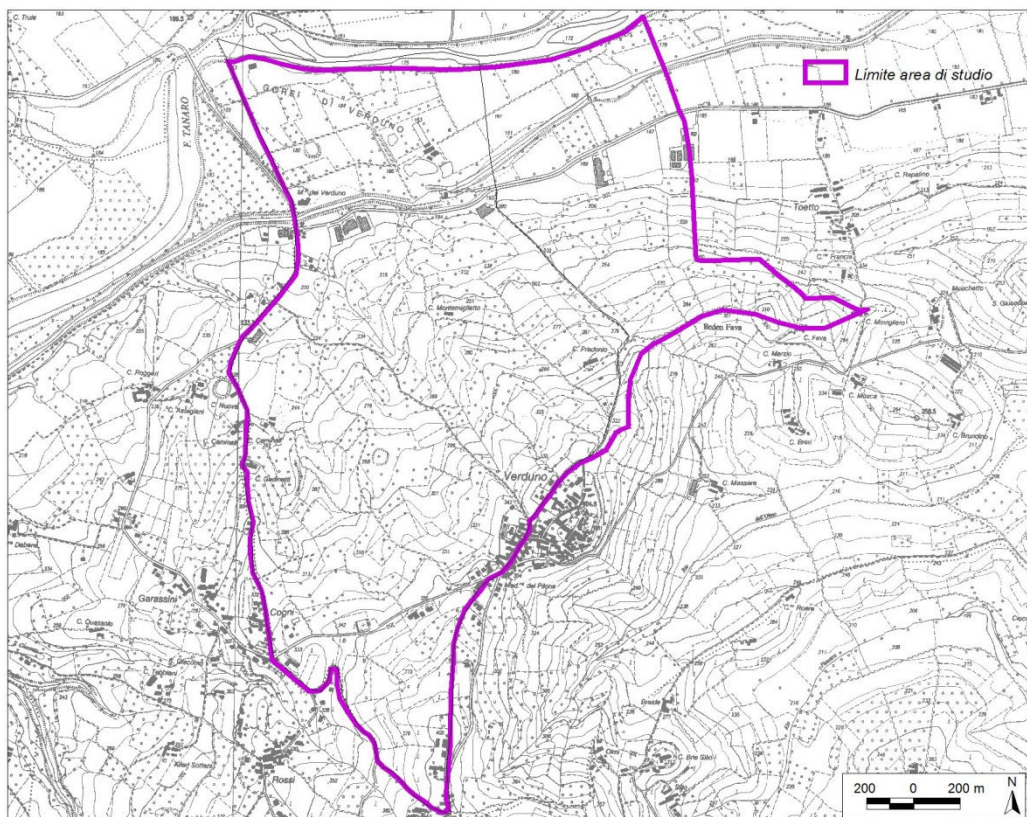


Figura 1 - Sviluppo planimetrico dell'area di studio.

1.3 Attività realizzate

Il lavoro svolto ha comportato la realizzazione di tappe successive che hanno permesso di i) contestualizzare lo studio rispetto ai dati e alle conoscenze preesistenti, ii) realizzare la campagna di censimento avendo già fissati gli elementi necessari al rilevamento di terreno, iii) mettere a punto un catalogo (o database) dei dati raccolti sul terreno che permette oltre che la loro archiviazione, la loro consultazione ed interrogazione.

1.3.1 Reperimento e consultazione dati e conoscenze preesistenti

Al fine di verificare l'esistenza di dati e conoscenze relative non solo l'assetto geologico dell'area di studio ma alla presenza e sviluppo di forme carsiche nel territorio comunale



Censimento delle forme carsiche o connesse alla dissoluzione dei gessi presenti nel territorio comunale di Verduno

Relazione di sintesi

R. Torri, C. Morino

STR10-91-2-RGL1

di Verduno e in quelli limitrofi, si è proceduto con la consultazione, oltre che della letteratura scientifica, del database geologico – geotecnico dell'ARPA Piemonte, delle monografie della Regione Piemonte e della Provincia di Cuneo e della cartografia dell'Inventario dei Fenomeni Franosi Italiani (IFFI).

Gli elementi desunti da tale attività sono descritti al § 2.

1.3.2 Campagna di terreno

La campagna di rilevamento di terreno, finalizzata al riconoscimento delle forme carsiche e il loro censimento, è stata realizzata nei mesi di settembre e ottobre 2010.

Le forme censite sono state ubicate sul terreno e la loro posizione è stata rilevata tramite l'uso di strumento GPS per la misurazione delle loro coordinate geografiche.

Le osservazioni eseguite hanno permesso di definire gli elementi di caratterizzazione geometrica, evolutiva e geologica delle forme riconosciute nonché l'interazione delle attività antropiche con le forme carsiche stesse. In quest'ultimo caso si è verificato il grado di incidenza delle attività antropiche sul loro stato di conservazione e sul loro naturale processo di evoluzione.

Gli elementi rilevati sono stati riportati su una scheda di rilevamento organizzata secondo quattro tematiche principali:

1. Dati anagrafici
 - Questa sezione riporta, oltre la data del censimento e il codice identificativo di ciascuna forma carsica, i dati relativi alla sua ubicazione e al suo stato di conservazione; per ciascuna forma riconosciuta è inoltre riportata una fotografia e uno stralcio planimetrico del sito.
2. Morfometria
 - In questa sezione sono riportati i dati relativi alle dimensioni, alla forma e alla presenza di risagumature artificiali. Ci si riferisce ai possibili ritombamenti, riprofilature e presenza di materiale di origine antropica che talvolta è stato rinvenuto all'interno delle cavità e degli sprofondamenti.
3. Contesto geologico
 - Descrizione del contesto geologico locale direttamente osservato sul sito; le osservazioni sono state eseguite sia all'interno della forma carsica che all'esterno in modo da contestualizzare il processo di formazione ed evoluzione della forma carsica; è inoltre segnalata l'eventuale presenza di acqua al loro interno.
4. Tipologia sinkhole
 - Le forme riconosciute sul terreno sono state ricondotte alle tipologie definite in progetti di classificazione dei fenomeni carsici come quello condotto dall'ISPRA¹; in particolare, la dove possibile, sono state distinti processi genetici:

¹ ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) "Progetto sinkhole" consultabile al sito http://www.apat.gov.it/site/it-IT/Progetti/progetto_sinkhole



Censimento delle forme carsiche o connesse alla dissoluzione dei gessi presenti nel territorio comunale di Verduno

Relazione di sintesi

R. Torri, C. Morino

STR10-91-2-RGL1

- i. per dissoluzione;
- ii. per collasso;
- iii. per subsidenza;
- iv. per *piping* profondo (crollo di una cavità profonda).

5. Misure in situ

- Nel caso in cui sia stata rilevata la presenza di risorgenze nei pressi delle depressioni o di acqua al loro interno, son stati misurati i parametri fisico-chimici principali quali temperatura dell'acqua, conducibilità elettrica e pH; tali elementi permettono di eseguire una prima caratterizzazione idrogeochimica delle circolazioni idriche connesse allo sviluppo delle stesse forme carsiche.



2 Inquadramento geologico dell'area di studio

L'area di studio fa parte del Bacino Terziario Piemontese (BTP) (Figura 2), una potente successione deposta in un intervallo di tempo compreso tra l'Eocene medio – superiore (circa 40 milioni di anni fa) al Messiniano (circa 6 milioni di anni fa) e deposta in un bacino esteso tra la catena alpina, in via di formazione, e le unità deposte in ambiente marino (unità sedimentarie liguri) e che costituiscono la catena appenninica, anch'essa in via di formazione (Sturani, 1973b; Gelati e Gnaccolini, 1988; Bally e Snelson, 1980). Il BTP viene suddiviso in diversi domini tettono-stratigrafici o bacini (Roure et al., 1996); il dominio tettono-stratigrafico in cui rientra l'area di studio è il bacino delle Langhe.

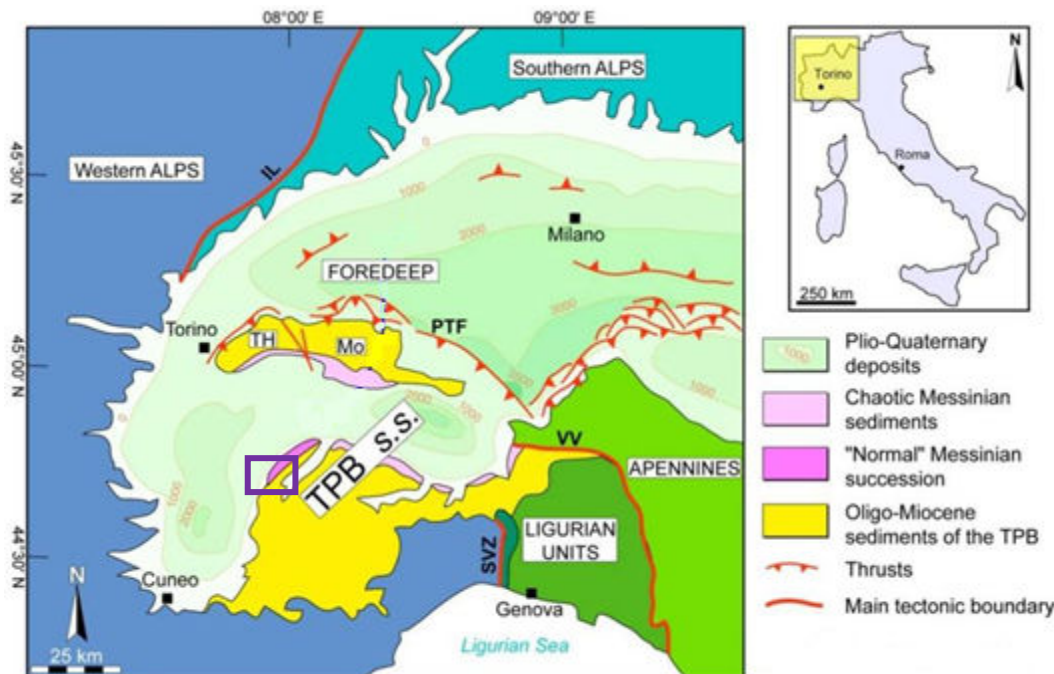


Figura 2 - Assetto strutturale dell'Italia nord-occidentale (modificato da BIGI et al., 1990). Il riquadro viola indica l'ubicazione dell'area di studio.

2.1 Geologia regionale

2.1.1 La Crisi di Salinità Messiniana

Il Bacino Terziario Piemontese è stato soggetto ad un evento risalente a circa 6 milioni di anni fa noto come **Crisi di Salinità Messiniana** (MSC), caratterizzato dall'improvviso abbassamento del livello del mare il conseguente aumento della salinità delle acque e la deposizione dei sali disciolti (come carbonati, solfati e cloruri) sotto forma principalmente di calcari e gessi; nel settore di studio, si ha la deposizione delle *Marne di Sant'Agata Fossili* e della *Formazione Gessoso-Solfifera* che recentemente è stata denominata *Formazione della Vena del Gesso* (Roveri e Manzi, 2007).

Tale evento, da mettere in relazione con la chiusura del Mar Mediterraneo e la formazione di quello che oggi conosciamo come lo Stretto di Gibilterra con la conseguente drasti-



Censimento delle forme carsiche o connesse alla dissoluzione dei gessi presenti nel territorio comunale di Verduno

Relazione di sintesi

R. Torri, C. Morino

STR10-91-2-RGL1

ca diminuzione degli apporti oceanici verso lo stesso Mediterraneo, ha profondamente influenzato sia l'ecosistema marino sia quello continentale non solo del BTP, ma dell'intera area Mediterranea (CIESM, 2008), ed è assai probabile che, come sostenuto da Roveri et al. nel 2008, sia stato innescato per cause tettoniche come grandi eventi sismici.

I depositi messiniani, costituiti essenzialmente dalle bancate di gesso, affiorano solo in alcuni settori del BTP (Figura 3), in particolare lungo il margine meridionale dell'arco della Collina di Torino e del Monferrato e lungo il margine dello stesso BTP (Langhe, Monferrato e settore Barbera-Grue); questa limitazione areale di affioramento della successione è dovuta principalmente al fatto che quest'ultima è sepolta al di sotto di una coltre di sedimenti depositatesi successivamente in età pliocenico-quadernaria.

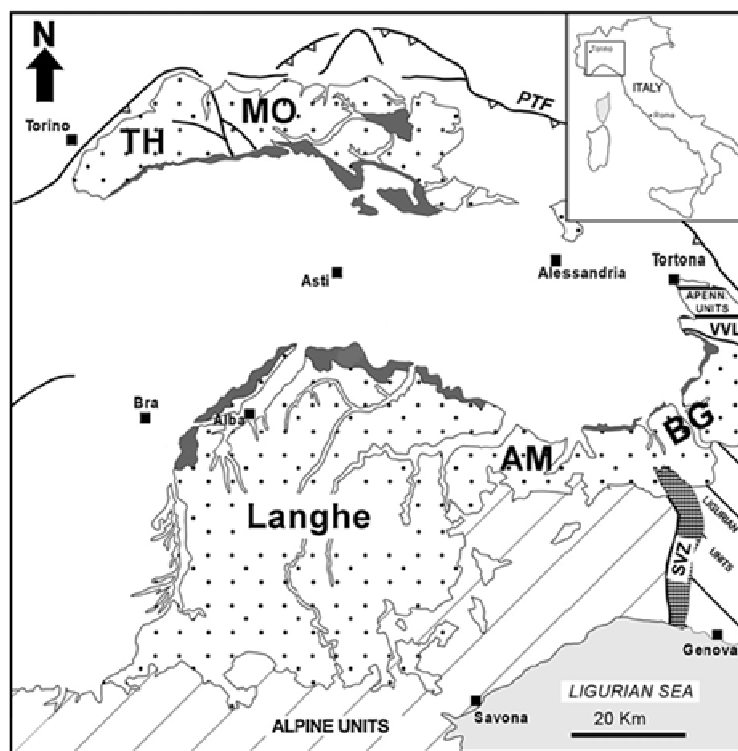


Figura 3 - Schema strutturale del Bacino Terziario Piemontese (modificato da Bigi et al., 1990). Area punteggiata: sedimenti Oligo-Miocenici; Area grigia: sedimenti Messiniani; Area bianca: depositi Pliocenico-Quaternari. TH: Collina di Torino; MO: Monferrato; AM: Alto Monferrato; BG: Zona Barbera-Grue; PTF: Fronti di sovrascorrimento padano; SVZ: Zona Sestri-Voltaggio; VVL: Linea Villalvernia-Varzi.

2.2 Geologia dell'area di studio

2.2.1 Marne di Sant'Agata Fossili

Le Marne di Sant'Agata Fossili sono riferibili al Tortoniano-Messiniano inferiore pre- evaporitico (Sturani, 1973). Tale formazione si è quindi depositata a partire da circa 11 milioni di anni fa fino a circa 7 milioni di anni fa.

Tale unità, la cui potenza è di circa 250-300 m nel settore a Est del Comune di Verduno, è costituita da marne più o meno sabbiose grigio-bluastré, con tracce di attività di organi-



Censimento delle forme carsiche o connesse alla dissoluzione dei gessi presenti nel territorio comunale di Verduno

Relazione di sintesi

R. Torri, C. Morino

STR10-91-2-RGL1

smi (bioturbazione), organizzate in strati da centimetrici a decimetrici; nella parte basale della successione, sono stati riconosciuti livelli di spessore da millimetrico a centimetrino di sabbie, sabbie fini e conglomerati assenti invece verso l'alto dove invece domina la componente carbonatica nei sedimenti su quella silicatica testimoniando l'inizio della fase di deposizione connessa all'evaporazione delle acque marine (fase pre-evaporitica) (Clari et al., 2008).

Le Marne di Sant'Agata Fossili nel settore di studio sono delimitate al tetto (nella parte sommitale), con un passaggio molto netto, da banchi di gesso selenitico, appartenenti alla Formazione della Vena del Gesso (Roveri e Manzi, 2007) che segna l'inizio della vera e propria fase di deposizione in ambiente evaporitico.

2.2.2 Formazione della Vena del Gesso

La Formazione della Vena del Gesso, riferibile al Messiniano superiore, è costituita dai depositi evaporitici compresi tra le Marne di Sant'Agata Fossili al letto e i Conglomerati di Cassano Spinola al tetto. Lo spessore di questa formazione varia dal centinaio di metri alle poche decine di metri; al suo interno, sono presenti differenti facies evaporitiche mostrando una forte varietà litologica. Se si osserva la successione stratigrafica dal basso verso l'alto, è possibile suddividerla in tre membri sovrapposti:

- Membro inferiore: costituito da banchi di spessore plurimetrico di gessi selenitici, composti da cristalli di gesso geminati a coda di rondine di dimensioni decimetriche, la cui orientazione indica il senso di cristallizzazione; la taglia dei cristalli diminuisce verso il tetto dei banchi, al contatto tra i cristalli sono presenti pellicole millimetriche di impurità argillose. Ai banchi di gesso sono intercalati livelli di peliti nere laminate sterili dal punto di vista paleontologico; tale membro rappresenta l'inizio della fase evaporitica e la formazione di cristalli di tipo selenitico indica condizioni di soprassaturazione dell'ambiente di deposizione tipica delle prime fasi della crisi di salinità. In questo senso, bisogna quindi intendere che, l'osservazione di questo membro sul terreno indica che ci si trova di fronte al livello di gesso più profondo;
- Membro intermedio: costituito da un banco di gesso microcristallino (tipo "balatino") caratterizzato da una fitta alternanza di livelli pelitici depositatesi in ambiente anossico e di livelli gessosi; questi ultimi sono costituiti da cristalli millimetrici orientati in maniera casuale. Si riconoscono noduli di gesso di dimensioni decimetriche a sezione ellissoidale, costituiti da livelli incurvati lungo i quali i cristalli di selenite sono di dimensioni centimetriche. Sono assenti resti fossili;
- Membro superiore: costituito da peliti fittamente laminate di colore grigio chiaro, sterili dal punto di vista paleontologico, intercalate a livelli metrici di gesso laminato, micro e macrocristallino. Sono presenti talvolta noduli a sezione ellissoidale di dimensioni decimetriche, in corrispondenza dei quali le lamine appaiono incurvate.



2.2.3 Depositi Pliocenici

Direttamente al tetto della Formazione della Vena del Gesso si collocano i depositi pliocenici, costituiti da alternanze di livelli di silt, argille e sabbie fini di colore azzurro, massicci e compatti di potenza di alcune decine di metri a stratificazione mal definita facenti parte delle Argille di Lugagnano. Tali livelli, riferibili al Pliocene inferiore, contengono frequenti resti di macrofossili marini e continentali.

Seguono a questi livelli sedimenti riferibili alla formazione delle Sabbie di Asti; tali sedimenti hanno una potenza di qualche decina di metri e sono costituiti da sabbie mediofini, con livelli ghiaiosi e intercalazioni marnose, di colore giallo, riccamente fossilifere, con un notevole grado di addensamento e una localizzata cementazione carbonatica. Anche le Sabbie di Asti risultano riferibili al Pliocene inferiore.

2.3 Geomorfologia

Benché questo studio non sia finalizzato al riconoscimento e alla classificazione dei fenomeni di dissesto, nel presente capitolo si descrive sinteticamente l'assetto geomorfologico del settore rilevato e una descrizione dei fenomeni di dissesto direttamente osservati sul terreno e dedotti dalla letteratura disponibile. Tale descrizione non deve però ritenersi esaustiva ma solo di inquadramento dei fenomeni che possono svilupparsi e si sviluppano nell'area di studio.

Il paesaggio del settore di studio è condizionato dall'assetto litostratigrafico generale delle Langhe che determina la formazione di valli a tipico profilo trasversale asimmetrico caratterizzate da un versante lungo, a debole inclinazione e conforme al senso della stratificazione (detto a franapoggio) e da uno "corto" a pendenza elevata opposta alla stratificazione (detto a reggipoggio).

Il versante oggetto del presente studio è interessato dalla presenza delle forme carsiche è caratterizzato da una pendenza relativamente debole essendo questo un versante "lungo" con gli strati geologici disposti a franapoggio. La successione geologico – stratigrafica presenta una successione costituita dall'alternanza di livelli argillosi, sabbiosi e gessosi con inclinazione media parallela al versante stessa e di circa 20 – 30° verso NW.

Il paesaggio è fortemente influenzato dalle attività agricole che risultano essere estremamente diffuse lungo tutto il versante. Tale elemento accoppiato all'alterazione naturale degli strati più superficiali, determina il generale rimodellamento del versante e il rimangiamento della porzione più superficiale del suolo limitando fortemente il reperimento in superficie di strutture primarie di tipo stratigrafico. Processi di alterazione sono altresì osservabili in corrispondenza dei settori in cui affiorano le bancate di gessi e in corrispondenza delle quali sono state osservate la maggior parte delle doline e sprofondamenti. In questi settori i livelli gessosi presentano un'alterazione per dissoluzione che, oltre determinare una morfologia carsica (doline) e micro carsica (fessurazione), cancella la struttura originaria e ne diminuisce la consistenza.



Censimento delle forme carsiche o connesse alla dissoluzione dei gessi presenti nel territorio comunale di Verduno

Relazione di sintesi

R. Torri, C. Morino

STR10-91-2-RGL1

La particolare disposizione degli strati e l'alternanza di livelli con differente coesione e consistenza, determina una generale propensione a fenomeni d'instabilità con la formazione di frane più o meno superficiali.

Come in altri versanti delle Langhe², il versante studiato è interessato da processi d'instabilità che possono essere ricondotti a due tipologie di fenomeni: i) le frane per saturazione e fluidificazione dei terreni sciolti superficiali (*soil slip*) e ii) le frane per scivolamento traslativo (di tipo planare) che possono interessare porzioni più profonde del versante.

Nel primo caso si tratta di fenomeni di dimensioni generalmente modeste che di norma s'innescano in concomitanza con eventi piovosi e interessano le porzioni di versante più superficiali in corrispondenza dei punti di inflessione del pendio o in corrispondenza di scarpate naturali o antropiche. Le piogge saturano rapidamente i terreni determinandone la fluidificazione e la perdita di coesione. La loro mobilitazione si attiva e si esaurisce in tempi brevi se non brevissimi (da alcuni minuti ad alcuni secondi); per tale motivo questi processi possono essere considerati ad azione istantanea.

Il loro innesco è inoltre favorito dall'assenza di copertura arborea e da condizionamenti antropici sostanzialmente riconducibili alla mancata o insufficiente regimazione delle acque di ruscellamento lungo i pendii destinati alle attività agricole e di sgrondo lungo la rete viaria.

È il caso dei fenomeni che si osservano lungo la *Strada dei Cristian* dove in concomitanza di eventi piovosi anche modesti si osserva l'innesco di frane lungo la scarpata che borda il piano stradale.

Nei settori di versante più acclivi, le aree di innesco si concentrano e il materiale mobilizzato si incanala lungo il reticolo idrografico minore assumendo le caratteristiche cinematiche di vere e proprie "lave torrentizie". Fenomeni di questo genere sono stati osservati alla base del pendio nella zona industriale di Verduno dove, in concomitanza delle piogge più intense, la concentrazione dei flussi liquidi e solidi lungo le linee di deflusso superficiale ha determinato condizioni di criticità causando danni e inondazioni alle strutture industriali e viarie presenti nel tratto di raccordo tra il versante e la piana alluvionale del Tanaro.

Le frane per scivolamento traslativo sono invece fenomeni di maggiori dimensioni che possono interessare porzioni più ampie e profonde del versante. Sono generalmente fenomeni più lenti che si manifestano per ripetute dislocazioni, più o meno accentuate in funzione dello stadio evolutivo temporaneamente raggiunto.

Le condizioni predisponenti al loro innesco sono particolarmente connesse alla disposizione a franapoggio della stratificazione e alla presenza di sequenze litostratigrafiche ritmiche in cui si alternano livelli marnosi, marnoso – siltosi e arenaceo - sabbiosi come quelli che costituiscono la Formazione Gessoso – Solfifera e la sottostante Formazione

² Note illustrative della "Carta dei processi d'instabilità conseguenti l'evento del 3-6/11/1994 (scala 1:50'000)" - Fogli geotematici 193 Alba, 210 Fossano e 211 Deigo, APAT-ARPA Piemonte.



Censimento delle forme carsiche o connesse alla dissoluzione dei gessi presenti nel territorio comunale di Verduno

Relazione di sintesi

R. Torri, C. Morino

STR10-91-2-RGL1

delle Marne di S. Agata Fossili (cfr. § 2.2). I piani di scivolamento si localizzerebbero quindi al contatto tra un livello e l'altro determinando una traslazione del tipo "strato su strato".

Non è quindi da escludere che nel settore di studio siano in atto fenomeni di questa tipologia. Sul terreno si osservano scarpate e lineamenti morfologici che potrebbero essere connessi allo sviluppo di frane di questo tipo che coinvolgono anche porzioni profonde del substrato.

Al momento della campagna di censimento, non sono però stati rilevati fenomeni di dissesto di rilievo.

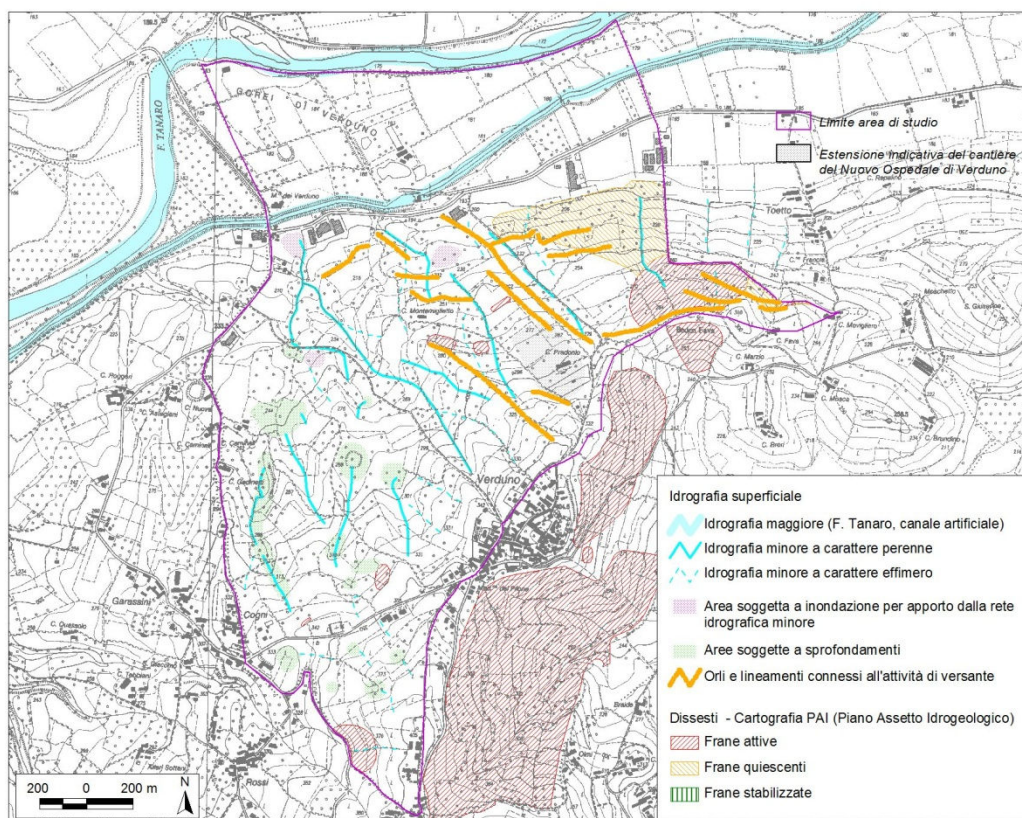


Figura 4 - Elementi geomorfologici dedotti dalla letteratura disponibile e dalle osservazioni di terreno

2.4 Idrogeologia

L'organizzazione dei flussi idrici sotterranei del versante risulta particolarmente influenzato dall'alternanza di strati pressoché impermeabili costituiti da marne, argille e limi, che ne costituiscono la parte dominante, con livelli con grado di permeabilità da medio a molto elevato. Questi ultimi sono costituiti principalmente dalle intercalazioni sabbiose e sabbioso - ghiaiose ma soprattutto dagli orizzonti gessosi che presentano una permeabilità molto variabile a seconda del loro stato di fratturazione e carsismo.



Censimento delle forme carsiche o connesse alla dissoluzione dei gessi presenti nel territorio comunale di Verduno

Relazione di sintesi

R. Torri, C. Morino

STR10-91-2-RGL1

Nel suo insieme, la Formazione della Gessoso – Solfifera costituisce, malgrado le sua estrema variabilità del campo di permeabilità e del tipo di permeabilità (sia per porosità, che per fratturazione e carsismo) e la sua anisotropia planare, un unico complesso idrogeologico. La fitta alternanza di livelli acquiferi e acquicludi non permette infatti di eseguire distinzioni apprezzabili; si deve quindi intendere tale formazione come un sistema idrogeologico complesso in cui si trovano differenti falde sia in pressione che libere nonché di natura carsica.

Questa complessità si riscontra anche sul terreno dove si osserva, in funzione dell'andamento topografico del versante, l'affioramento alternato dei livelli impermeabili e degli orizzonti permeabili. Le forme carsiche censite sono generalmente localizzate in corrispondenza dei settori nei quali gli affioramenti di gessi sono più importanti e continui. L'affioramento delle bancate gessose fratturate e la presenza di veri e proprie forme carsiche (p.es. doline e inghiottitoi) costituisce elementi primari per il naturale assorbimento nel sottosuolo delle acque di ruscellamento superficiale. Esse, infatti, in un contesto in cui prevalgono terreni poco o nulla permeabili, costituiscono le direttrici di drenaggio sotterraneo esclusivo costituendo acquiferi di natura carsica che, seppur di potenza limitata, alimentano alcune sorgenti ubicate lungo il fondovalle del Tanaro. Queste presentano una portata molto variabile e strettamente condizionata dalle precipitazioni locali, e con un chimismo delle acque piuttosto scadente a causa della eccessiva concentrazione di solfati. Tale elemento è testimoniato dalle misure effettuate sulle acque delle risorgive osservate lungo il versante che mostrano conducibilità elettrica maggiore di 2'000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

La permeabilità di questi acquiferi carsici è tuttavia estremamente variabile in quanto, là dove i gessi sono imballati nei depositi argillosi, il loro grado di fratturazione e carsismo è quasi nullo, conseguentemente la permeabilità è molto ridotta.

Tuttavia, come risulta dalle osservazioni di terreno, il livello di carsismo nel settore di studio appare piuttosto spinto. Le forme carsiche, nella maggior parte dei casi, presentano uno stadio evolutivo maturo con inghiottitoi ben sviluppati (Figura 5). Inoltre, sempre lungo il pendio, si osserva come al tetto delle bancate di gessi affioranti siano presenti solchi carsici connessi a valle con inghiottitoi e depressioni e che si attivano in occasione degli eventi piovosi costituendo di fatto elementi utili alla regimazione delle acque superficiali.

Le bancate di gesso osservate sul terreno sono costituite sia da cristalli selenitici, con la tipica forma a “coda di rondine”, che microcristallini. In entrambi i casi si osserva lo sviluppo di carsismo anche se nel caso di gessi selenitici, l'azione della dissoluzione tende a frantumare la struttura cristallina della roccia; nel caso dei gessi microcristallini, il fenomeno di dissoluzione genera forme carsiche più continue con lo sviluppo, almeno in una prima fase, di una morfologia epicarsica (carsismo superficiale) e quindi di veri e propri condotti e inghiottitoi.



Censimento delle forme carsiche o connesse alla dissoluzione
dei gessi presenti nel territorio comunale di Verduno

Relazione di sintesi

R. Torri, C. Morino

STR10-91-2-RGL1



Figura 5 - Inghiottitoio osservato presso la dolina ubicata nei pressi di Località Rivalta

La connessione in sotterraneo tra una dolina e l'altra determina la formazione di un vero e proprio reticolo idrografico sotterraneo (Figura 6) che si sviluppa all'interno delle bancate di gesso in dissoluzione. Tale circuito è ipoteticamente continuo con il suo livello di base posto in corrispondenza del fondovalle Tanaro.



Censimento delle forme carsiche o connesse alla dissoluzione dei gessi presenti nel territorio comunale di Verduno

Relazione di sintesi

R. Torri, C. Morino

STR10-91-2-RGL1

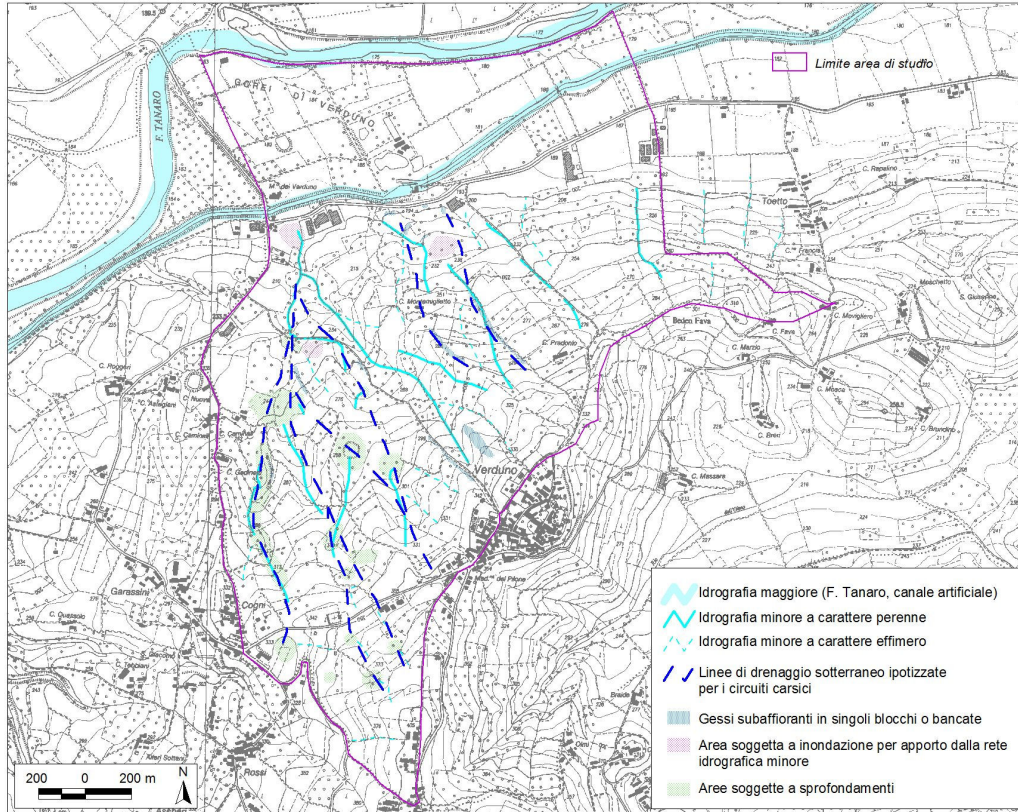


Figura 6 - Elementi idrogeologici principali connessi ai circuiti carsici ipotizzati



3 Le forme carsiche

Nell'immaginario comune la forma carsica più conosciuta è senza dubbio la dolina (dallo slavo *dol* che significa valle). Essa rappresenta l'elemento superficiale distintivo della presenza di un acquifero carsico, ovvero di una porzione di terreno o ammasso costituita da rocce di composizione carbonatica (calcari e marmi) e/o evaporitica (gessi) che sono soggette a dissoluzione per effetto del contatto con le acque sotterranee e superficiali.

Il termine "carsico", in origine, è stato utilizzato per descrivere un particolare paesaggio della regione nordoccidentale della Slovenia al confine con l'Italia e da qui esteso a tutto il mondo per indicare contesti simili. Il paesaggio carsico è caratterizzato dalla presenza di cavità di dimensioni e forme variabili in funzione del grado di maturazione del fenomeno e in funzione dell'assetto geologico.

In particolare per dolina si intende una depressione chiusa con forma circolare o ellittica e con profilo riconducibile a un imbuto ovvero che tende a restringersi verso il basso.

Le forme osservate nel territorio di Verduno sono anch'esse generalmente riconducibili alle doline. Nel lessico dialettale locale esse vengono definite "gave" e hanno la riconosciuta funzione di raccogliere le acque di scolo superficiale e di permetterne l'infiltrazione nel sottosuolo rappresentando a tutti gli effetti degli strumenti di gestione del territorio. In taluni casi, questa funzione è tuttavia compromessa dalla presenza al loro interno di rifiuti che non permettono il regolare deflusso o dal completo riempimento con terreno di riporto che ne ostruisce il fondo.

3.1 Descrizione del processo di formazione ed evoluzione delle doline / sinkholes

La formazione delle cavità carsiche è un fenomeno naturale che avviene seguendo un processo evolutivo specifico. Nel caso delle forme osservate nel Comune di Verduno, le depressioni si formano per la riduzione di volume dei livelli gessosi intercalati all'interno dei livelli marnosi e arenacei. Il processo di dissoluzione chimica ha quindi determinato il collasso delle porzioni di sequenza stratigrafica al di sopra dei livelli di gessi; tale approfondimento si sarebbe propagato fino in superficie determinando la formazione di depressioni incipienti.

Proseguendo nel processo evolutivo, le acque che hanno iniziato a infiltrarsi direttamente dalla depressione ha determinato un'erosione interna alla depressione stessa ampliandone le dimensioni e la profondità.

L'evoluzione delle depressioni è stata in alcuni casi tale da determinare la formazione di veri e propri inghiottitoi che hanno messo in diretta connessione la depressione superficiale con il livello di gessi sottostante. Sul terreno sono infatti state osservate, in corrispondenza delle forme più evolute, le pareti degli inghiottitoi all'interno dei quali, in taluni casi, è possibile addentrarvi.

In alcuni settori dell'area di studio, i livelli di gesso risultano essere sub – affioranti ed è possibile osservare come il processo di dissoluzione abbia determinato la formazione di solchi che generalmente conducono le acque superficiali verso gli inghiottitoi determi-



Censimento delle forme carsiche o connesse alla dissoluzione dei gessi presenti nel territorio comunale di Verduno

Relazione di sintesi

R. Torri, C. Morino

STR10-91-2-RGL1

andone l'infiltrazione nel sottosuolo. Un'esplorazione più approfondita porterebbe, probabilmente all'osservazione di veri e propri fiumi carsici.

In tutti i casi, il livello di base dei circuiti carsici che caratterizzano il versante di studio sembra essere rappresentato dal fondovalle Tanaro, lungo il quale si osservano risorgive le cui acque presentano caratteri fisico – chimici compatibili con le acque che circolano in circuiti carsici (C.E. > 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

3.2 Tipologia delle sinkholes

Con la finalità di descrivere le forme carsiche osservate, è stato utilizzato il criterio di classificazione proposto dal *Progetto Sinkhole* dell'ISPRA³.

Una prima classificazione generale delle varie tipologie di sprofondamenti vede la suddivisione in alcune grandi classi di fenomeni in relazione ai processi genetici che li hanno originati, e cioè l'attività umana, le acque di infiltrazione, o i fluidi di risalita:

1. sprofondamenti antropici;
2. fenomeni carsici;
3. fenomeni di evorsione o suffosione superficiale;
4. fenomeni di piping profondo;

Tuttavia, in alcuni casi, questi processi genetici concorrono a determinare le condizioni predisponenti alla formazione delle cavità. Per esempio, la realizzazione di opere civili sotterranee in un contesto carsico facilita l'innescarsi di sprofondamenti in superficie come nel caso della miniera di gesso di Moncalvo (AT) i cui lavori in sotterranea hanno determinato la formazione in superficie di una voragine di 20 metri di diametro (⁴). Allo stesso modo, circolazioni idriche profonde possono causare la dissoluzione di livelli evaporitici (gessi) o carbonatici (calcarei) che si trovano in profondità. Tale fenomeno genera una riduzione del volume di roccia in profondità determinando crolli e fenomeni di subsidenza in superficie.

Per quanto riguarda i casi osservati sul territorio di Verduno, i processi genetici riconosciuti fanno esclusivamente riferimento ai **fenomeni carsici** (punto 2 del precedente elenco).

Un'ulteriore suddivisione dei **fenomeni carsici** è stata applicata in base al meccanismo che provoca la cavità in superficie. I meccanismi a cui sono riconducibili i fenomeni sono i seguenti:

1. la dissoluzione
2. il crollo o collasso
3. la lenta subsidenza

³ ISPRA: Istituto Superiore per la Protezione e Ricerca Ambientale

<http://sgi2.isprambiente.it/sinkhole/classificazione.htm> e bibliografia ivi citata.

⁴ Bonetto S, Fiorucci A, Fornaro M, Vigna B., *Subsidence hazard connected to quarrying activities in karst area: the case of the Moncalvo sinkhole event (Piedmont, NW Italy)*, Estonian Journal of Earth Sciences, pp. 10, 2008, Vol. 57, pagine da 125 a 134, ISSN: 1736-4728, DOI: [10.3176/EARTH.2008.3.01](https://doi.org/10.3176/EARTH.2008.3.01)



3.2.1 Dolina per dissoluzione

Conca chiusa originata per dissoluzione della roccia da parte dell'acqua di ruscellamento superficiale. Questa tipologia carsica si verifica nei casi in cui il substrato carbonatico o evaporitico (gessi) è affiorante o sub-affiorante. E' possibile che sia presente un esiguo spessore del materiale di copertura o terreno naturale che comunque consente l'attacco diretto da parte dell'acqua di ruscellamento. L'evoluzione del processo di dissoluzione può anche essere variabile e può risultare accelerata e concentrata.



Figura 7 - Dolina per dissoluzione

3.2.2 Dolina di crollo o collasso

Cavità con forma a pozzo la cui formazione è connessa allo sviluppo del processo di dissoluzione in profondità ad opera delle acque sotterranee e per il crollo del materiale (litoide o terrigeno) che si trova al tetto della cavità stessa. Per questo tipo di fenomeno, lo spessore delle coperture è considerato inferiore a 30 metri. Per coperture maggiori, si ha lo sviluppo di fenomeni di piping la cui descrizione è riportata di seguito.

Nel caso in cui al tetto sia presente materiale litoide (tufi, marne, calcari, travertini etc.) la cavità viene generata dal progressivo assottigliamento del materiale costituente la volta. La forma della cavità originatasi secondo questo processo tende ad allargarsi verso il basso con pareti che non sono perfettamente verticali ma secondo un profilo tronco-conico.

Nel caso in cui al di sopra della cavità carsica vi sia materiale terrigeno permeabile o semipermeabile di spessore modesto, il crollo è generato dal progressivo assottigliamento del materiale costituente la volta. I meccanismi che producono il crollo sono prevalentemente controllati dall'infiltrazione dall'alto e da collassi che procedono dal basso verso l'alto.

L'attivarsi della dolina di crollo può generare in funzione delle dimensioni e della repentinità dei fenomeni conseguenze catastrofiche.



Censimento delle forme carsiche o connesse alla dissoluzione dei gessi presenti nel territorio comunale di Verduno

Relazione di sintesi

R. Torri, C. Morino

STR10-91-2-RGL1

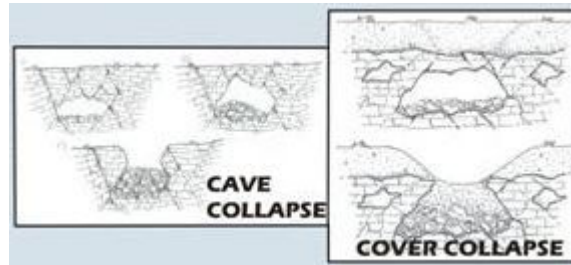


Figura 8 - Dolina per crollo o collasso

3.2.3 Dolina per subsidenza

Conca chiusa che si forma su materiali di copertura in genere (depositi colluviali) e/o alluvionali, in seguito all'originarsi di cavità carsiche in rocce solubili sottostanti. Tale tipologia è caratteristica delle aree dove al di sopra di un livello carsificato, sono presenti spessori di materiale non coesivo come ad esempio sabbie sciolte e ghiaie. I meccanismi di innesco di questo tipo di morfologia sono dovuti a processi di natura gravitativa e di filtrazione che drenano i materiali incoerenti nelle cavità sottostanti sviluppatesi nel substrato roccioso carsificato. La rapidità e la modalità di sviluppo del fenomeno avviene in relazione alle caratteristiche fisico-meccaniche del materiale di copertura, nonché al suo spessore. Generalmente, il propagarsi del fenomeno agli strati superficiali della copertura determina il formarsi di un avvallamento della topografia. Il continuo progredire dei processi di dissoluzione del bedrock e di filtrazione nella copertura fanno sì che la cavità si approfondisca fino al cessare del fluire del materiale nella cavità carsica. L'evoluzione di questa tipologia avviene in maniera piuttosto graduale, anche se le dimensioni e le profondità possono arrivare ad alcune decine di metri.

Questo tipo di fenomeno può attivarsi anche nel caso in cui al di sopra del livello carsificato vi siano rocce coerenti e permeabili ma non solubili. La formazione della cavità o avvallamento avviene per movimenti successivi e assestamenti gradualmente dei litotipi con comportamento rigido, con formazione di un reticolo di fratture.

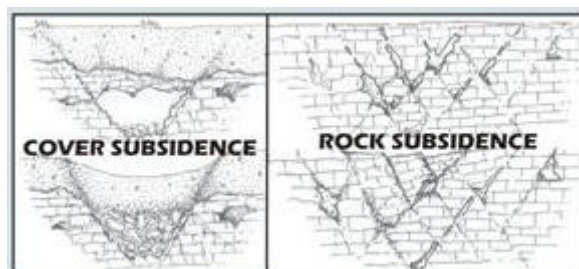


Figura 9 - Dolina per subsidenza

3.2.4 Sinkhole per piping profondo

Per completezza della descrizione delle tipologie distinte nel metodo classificativo adottato, viene qui riportata la definizione di sinkhole per piping profondo anche se nel caso



Censimento delle forme carsiche o connesse alla dissoluzione dei gessi presenti nel territorio comunale di Verduno

Relazione di sintesi

R. Torri, C. Morino

STR10-91-2-RGL1

specifico del territorio di Verduno, tale fenomeno non è presente. Tuttavia, se si escludono gli spessori notevoli che caratterizzano questo tipo di fenomeno, il particolare assetto geologico del versante di studio (coperture poco o nulla permeabili al di sopra di livelli di gessi soggetti a dissoluzione) può essere ricondotto alle dinamiche tipiche del piping.

Il meccanismo evolutivo delle sinkhole per piping profondo è connesso a fenomeni di erosione dal basso che investe spessori notevoli di copertura. Questa classe è rappresentata da cavità colmate d'acqua, attraverso il processo di annegamento, che si aprono su coperture a granulometrie variabili ma prevalentemente fini (argille siltose o limi con spessori superiori ai cento metri) impermeabili o semipermeabili, in cui è improbabile una filtrazione verso il basso. Ciò che distingue questi sinkhole, è il fatto che l'acqua di riempimento, mineralizzata e con risalita di gas, presenta una prevalenza tale da renderla a volte artesianiana al piano campagna o al di sopra di esso generando quindi delle sorgenti.

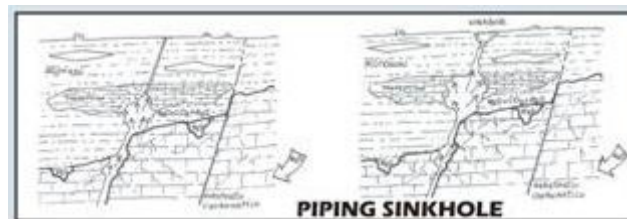


Figura 10 - Sinkhole per piping profondo



4 Caso di Verduno

4.1 Obiettivo dello studio

Il presente studio si inserisce nell'ambito delle attività svolte dal Gruppo di Lavoro sulla gestione delle acque convocato dal Comune di Verduno e presieduto dal Sindaco di Verduno.

Il territorio di Verduno, e generalmente delle Langhe, è caratterizzato da una propensione al dissesto idrogeologico e da una complessa gestione delle acque superficiali e sotterranee. Partendo da questa assunzione, e con il fine di migliorare il sistema di regimazione della acque, il Gruppo di Lavoro ha iniziato con una prima fase di studio e conoscenza di dettaglio del territorio comunale e delle sue peculiarità.

Tra queste, la presenza di forme carsiche costituisce un elemento di criticità ma anche di opportunità per la gestione del territorio e il suo utilizzo.

Esse, infatti, costituiscono degli elementi naturali di drenaggio del terreno e di smaltimento delle acque superficiali. Tuttavia, perché queste svolgano correttamente la loro funzione, è necessario che esse mantengano la loro naturale propensione al convogliamento delle acque.

Durante il censimento delle "gave", si è osservato come in alcuni casi queste si presentino parzialmente o completamente colmate con terreno di riporto o utilizzate come discariche. La presenza di tali materiali inibisce e talvolta impedisce completamente la filtrazione delle acque nel sottosuolo determinando una concentrazione dei flussi superficiali lungo il pendio con la formazione di solchi che favoriscono il trasporto verso valle di una grossa quantità di acqua e fango (lave di fango). La formazione di veri e propri torrenti che solcano l'intero versante determinando condizioni di erosione del suolo e dissesto del versante stesso.

Nella pratica comune, questi naturali inghiottitoi, potrebbero essere, e nella maggior parte dei casi lo sono, utilizzati per raccogliere le acque di ruscellamento superficiale e drenare il terreno mantenendo condizioni di sicurezza del versante che a loro volta garantiscono un migliore utilizzo del territorio.

A tal fine, il censimento e la creazione di uno strumento di consultazione e analisi come il database delle forme carsiche, sono funzionali alle seguenti attività:

1. Verificare le condizioni attuali;
2. Creare una base di dati di utilità pubblica;
3. Aumentare la conoscenza e la coscienza nei confronti delle peculiarità del territorio;
4. Individuare le azioni finalizzate alla manutenzione delle "gave" per il migliore utilizzo del territorio.



Censimento delle forme carsiche o connesse alla dissoluzione dei gessi presenti nel territorio comunale di Verduno

Relazione di sintesi

R. Torri, C. Morino

STR10-91-2-RGL1

4.2 Descrizione del database realizzato per l'archiviazione e consultazione dei dati del censimento

4.3 Analisi dei dati raccolti e delle osservazioni di terreno

Tramite l'utilizzo del database è possibile eseguire l'analisi dei dati raccolti sul terreno e stilare una caratterizzazione delle forme censite secondo i criteri di descrizione e di classificazione utilizzati. È, infatti possibile, eseguire specifiche interrogazioni al database per ottenere specifiche informazioni in grado di fornire informazioni riguardo una specifica forma o riguardo una serie di forme, per esempio, caratterizzate tutte da uno specifico dettaglio.

Le forme censite sono localizzate tutte sul territorio comunale di Verduno e in particolare lungo il versante NW di raccordo con il fondovalle Tanaro. Sono state osservate forme a quote comprese tra 376 (SH27) e 230 (SH26) m slm (Figura 11).



Censimento delle forme carsiche o connesse alla dissoluzione dei gessi presenti nel territorio comunale di Verduno

Relazione di sintesi

R. Torri, C. Morino

STR10-91-2-RGL1

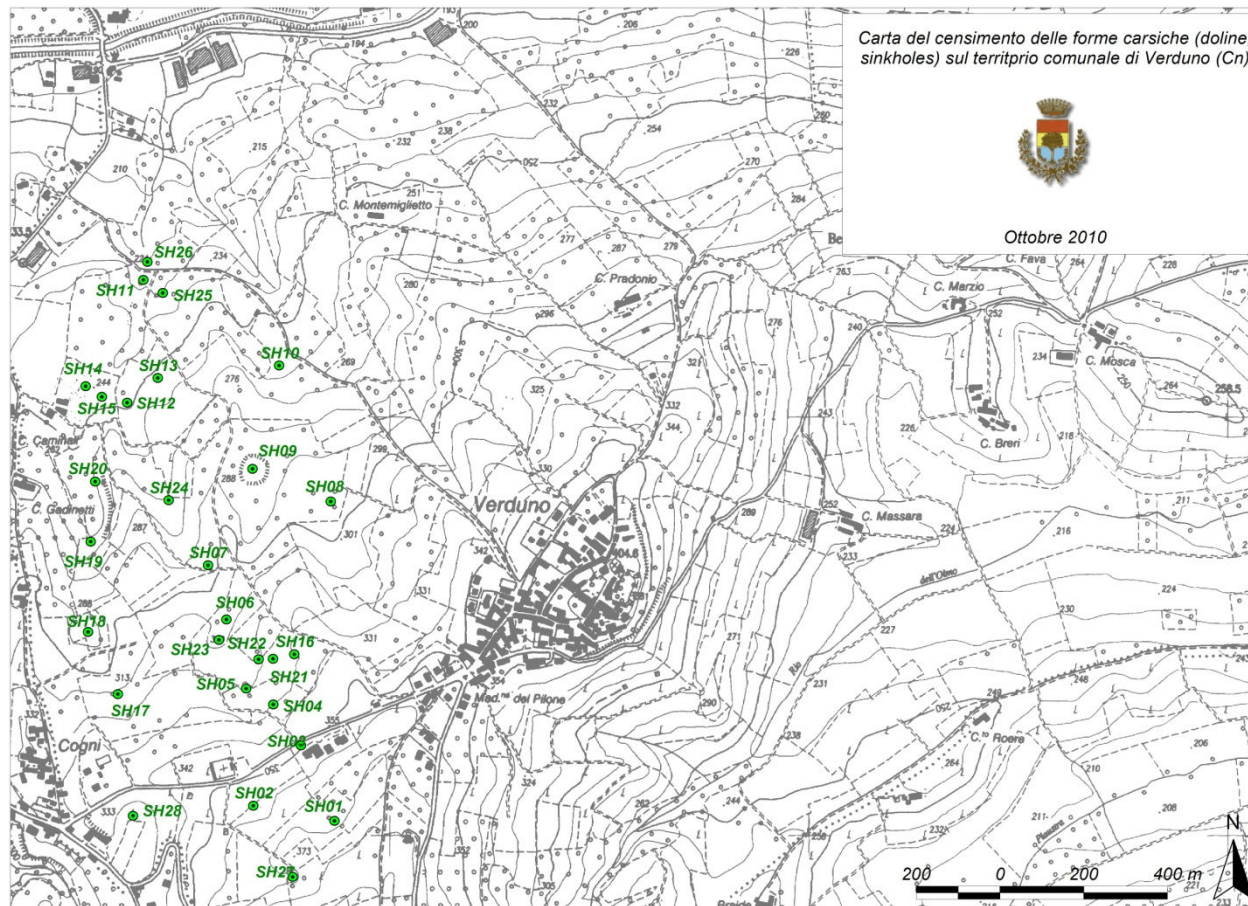


Figura 11 – Carta delle forme carsiche censite.



Censimento delle forme carsiche o connesse alla dissoluzione dei gessi presenti nel territorio comunale di Verduno

Relazione di sintesi

R. Torri, C. Morino

STR10-91-2-RGL1

4.3.1 Dati anagrafici delle forme censite

Lo stato di conservazione delle forme osservate è stato nella maggioranza dei casi (16 su 28 casi pari a circa il 57%) definito come NATURALE ovvero riconducibile alle naturali dinamiche di evoluzione delle cavità. Bisogna tuttavia considerare che il versante di studio presenta un forte sviluppo di attività agricole connesse alla coltivazione di nocciolieti e vitigni. È dunque molto probabile che anche nei casi in cui lo stato naturale è più evidente, le attività agricole abbiano giocato un ruolo nel processo evolutivo delle forme carsiche.

Il restante 43% (10 su 28 casi) le depressioni sono mascherate o fortemente influenzate dalle attività umane. In questo caso è stato riportato uno stato di conservazione ANTROPIZZATO. Si tratta perlopiù di rinterri completi o parziali con materiale terroso o con materiale di scarto di lavorazioni (legname, laterizi e rifiuti solidi in genere).

Nel caso di rinterro con materiale terroso, si è osservato in alcuni casi come il processo evolutivo della cavità sia comunque ancora in atto e che quindi si osservino fratture e cedimenti del suolo che testimoniano la ripresa del fenomeno di collasso.



SH21

SH06



Foto 1 – Ripresa dei fenomeni di cedimento su cavità rinterrata dalle attività antropiche (sh21 e sh06)

Tali forme sono probabilmente periodicamente oggetto di rinterri antropici.

4.3.2 Morfometria delle cavità censite

Per morfometria s'intendono le caratteristiche morfologiche delle cavità osservate ovvero, la forma in pianta, le dimensioni, la profondità e il tipo di profilo che esse presentano longitudinalmente e trasversalmente al pendio.

La forma più diffusa delle cavità osservate è quella ELLITTICA che rappresenta il 68% dei casi (19 su 28) mentre il restante 32% è caratterizzato da una forma in pianta CIRCOLARE. La forma ellittica maggiormente rappresentata è quella con l'asse maggiore longitudinale al pendio ed è connessa all'azione di erosione rimontate delle acque che ruscellano da monte e che vengono raccolte all'interno delle cavità stesse.

Censimento delle forme carsiche o connesse alla dissoluzione dei gessi presenti nel territorio comunale di Verduno

Relazione di sintesi

R. Torri, C. Morino

STR10-91-2-RGL1

In questi casi si osserva un profilo trasversale al pendio generalmente simmetrico mentre un profilo della cavità longitudinale al pendio asimmetrico: il lato verso monte è meno acclive di quello a valle e in generale l'inghiottitoio si localizza ai piedi del versante a valle.

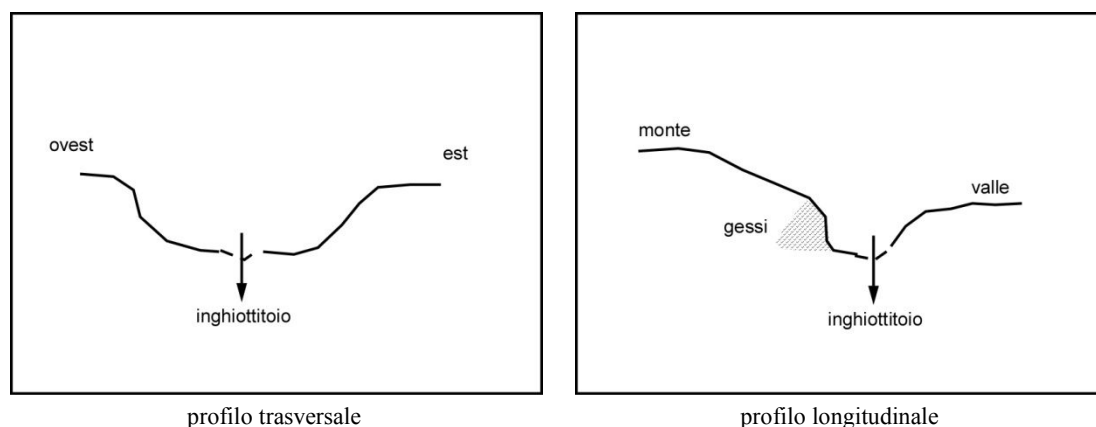


Figura 12 – Profili trasversali e longitudinali tipici delle cavità ellittiche considerati rispetto al pendio

Nella tabella che segue sono rappresentate le classi di frequenza relativamente alle dimensioni delle cavità riscontrate sul terreno.

Quasi la metà delle forme riconosciute (43%) ha un diametro compreso tra 5 e 20. Tale dimensione corrisponde, nel caso di studio, a delle forme con stadio evolutivo maturo ovvero con inghiottitoio formato e non soggetto ad aumento di dimensioni. Solo in quattro casi (SH02, 03, 14 e 22) si è osservato un rinterro della cavità. Seppur supposto, date le dimensioni stimate della cavità, si è attribuito a queste uno stadio evolutivo maturo. Tale condizione evolutiva è, inoltre, sottolineata dal fatto che, malgrado il rinterro, il processo di collasso è ben evidente per la presenza di cedimenti e fratture che bordano il perimetro della depressione.

Dimensioni (m)	n°	%
< 5	7	25
5 – 20	12	43
20 – 50	6	21
> 50	2	7
NV	1	4

Tabella 1- Classi di dimensione utilizzate per la descrizione delle forme osservate sul terreno e loro distribuzione

L'SH17, 18, 19 e 20 fanno parte delle cavità con dimensioni tra 5 e 20 metri e costituiscono una serie di doline e inghiottitoi allineati lungo una direttrice che si sviluppa longitudinalmente al pendio tra Loc. Cogni e C.na Caminali. In particolare, l'SH19 e l'SH20 dan-



Censimento delle forme carsiche o connesse alla dissoluzione dei gessi presenti nel territorio comunale di Verduno

Relazione di sintesi

R. Torri, C. Morino

STR10-91-2-RGL1

no luogo a una depressione fortemente incisa alla cui base si osserva un inghiottitoio ben sviluppato (SH20) in cui confluiscono le acque che corrono lungo il rio di fondovalle scomparendo nel sottosuolo.

Le forme osservate con diametro minore di 5 metri, corrispondenti al 25%, sono invece quelle per le quali lo stadio evolutivo risulta essere poco valutabile in quanto condizionato dalle attività antropiche (rimodellamento e interrimento). Si è dunque preferito non valutare lo stadio evolutivo là dove le attività antropiche hanno obliterato o modificato pesantemente la morfologia delle cavità. Solo in un caso tra queste è stato possibile riconoscere uno stadio evolutivo maturo. Si tratta della cavità SH25 che presenta una forma cilindrica e un diametro di circa 1 metro e profondità di circa 2. La cavità si allarga a partire da circa 1 di profondità da piano campagna assumendo una forma a "imbuto rovesciato".

Le cavità con diametro compreso tra 20 e 50 metri rappresentano il 21% dei casi e costituiscono le forme maggiormente apprezzabili soprattutto per la loro profondità compresa tra 5 e 20 metri. In un caso (SH18) la profondità osservata sul terreno è stata stimata maggiore di 20 metri. Questa forma particolarmente spettacolare presenta fianchi particolarmente acclivi; per tale motivo non è possibile accedervi in sicurezza; tuttavia, le acque che vi convogliano da monte attraverso un fosso di adduzione formano un laghetto alla base della cavità. Sul margine di valle sono evidenti segni di dissesto probabilmente dovuti al processo di erosione al piede in corrispondenza dell'inghiottitoio.

In due casi (SH09 e SH23), è stato osservato un diametro maggiore di 50 metri. Esse sono localizzate al centro di ampie depressioni che per la loro estensione sono visibili sia sulle ortofoto (foto aeree, volo dell'anno 2006) che sulle carte topografiche della Regione Piemonte (CTR). Nel caso dell'SH23, la depressione culmina nel punto più basso senza mostrare l'evidenza di una forma carsica; si nota tuttavia che le acque di ruscellamento convergono in questo punto infiltrandosi nel sottosuolo in una area ristretta; è dunque possibile che questa forma sia in fase embrionale o se le attività agricole abbiano mascherato nel tempo le evidenze di una cavità allo stadio maturo.

Per quanto riguarda l'SH09, invece, l'ampia depressione culmina in una cavità allo stadio evolutivo maturo costituito da un ampio inghiottitoio parzialmente colmatato da materiale fine e in corrispondenza del quale si è formato uno stagno.



Censimento delle forme carsiche o connesse alla dissoluzione dei gessi presenti nel territorio comunale di Verduno

Relazione di sintesi

R. Torri, C. Morino

STR10-91-2-RGL1



Foto 2 – Stagno formatosi in corrispondenza dell'inghiottitoio al centro dell'ampia depressione SH09

4.3.3 Contesto geologico osservato sul terreno

Il versante oggetto dello studio, per la sua conformazione e per la giacitura degli strati geologici disposti a franapoggio rispetto al pendio, presenta una percentuale di affioramento delle unità geologiche estremamente debole. Queste affiorano solamente lungo i tagli delle strade comunali e vicinali che percorrono il versante, e i rii e le canalizzazioni delle acque superficiali lungo i quali l'erosione mette a nudo il substrato al di sotto delle coperture di terreno vegetale e suolo; all'interno delle doline, nei casi in cui i processi di evoluzione delle cavità è particolarmente spinto (stato evolutivo maturo), il crollo delle pareti hanno messo a nudo i livelli dei gessi del Messiniano.

Questi presentano morfologie tipiche del carsismo e del micro carsismo. Si osservano infatti veri e propri canali carsici e inghiottitoi a più generalmente una diffusa alterazione superficiale sempre connessa a fenomeni di dissoluzione ma con carattere meno intenso ma più diffuso. I livelli di gesso che affiorano all'interno delle cavità si presentano quindi molto spesso disarticolati e fratturati indeboliti dai fenomeni di dissoluzione.

Inoltre, in funzione del tipo di forma cristallina, gli effetti della dissoluzione produce effetti differenti: nel caso di gessi selenitici, l'azione della dissoluzione tende a frantumare la struttura cristallina della roccia; nel caso dei gessi microcristallini, il fenomeno di dissoluzione genera forme carsiche più continue con lo sviluppo, in una prima fase, di una morfologia epicarsica (carsismo superficiale) e quindi di veri e propri condotti e inghiottitoi.



Censimento delle forme carsiche o connesse alla dissoluzione dei gessi presenti nel territorio comunale di Verduno

Relazione di sintesi

R. Torri, C. Morino

STR10-91-2-RGL1

In prossimità dell'affioramento delle bancate di gesso selenitico, infatti, non è raro osservare numerosi singoli cristalli o frammenti di cristalli di gesso selenitico che, una volta disgregati dalla massa, si trovano dispersi nel terreno.

Le bancate di gesso microcristallino si presentano con una patina di alterazione superficiale che tende a obliterare le strutture sedimentarie primarie (stratificazioni).

4.3.4 Tipologie di sinkholes riconosciute sul terreno

L'attribuzione delle forme osservate sul terreno alle differenti classi tipologiche non è stato eseguito in maniera rigorosa in quanto non è stato sempre possibile risalire con certezza al processo genetico di ogni singola cavità. Si tratta piuttosto di una valutazione qualitativa eseguita sulla base dell'analisi dei seguenti elementi di rilevamento:

- spessore dei terreni di copertura al di sopra dei livelli di gesso in dissoluzione
- affioramento delle bancate di gessi all'esterno e in prossimità delle cavità
- osservazione diretta dell'inghiottitoio o di forme carsiche ben sviluppate
- presenza di fratture concentriche lungo i bordi della cavità

In base a quanto rilevato, sono stati quindi distinte le tipologie di cavità secondo quanto descritto al § 3.2. Per quelle forme per le quali non è stato comunque possibile fare alcun tipo di attribuzione si è preferito mantenere un grado di indeterminazione forte non essendo valutabile il tipo di processo genetico a cui sono connesse. Si tratta soprattutto di quei casi in cui l'attività antropica ha obliterato quasi completamente la morfologia delle cavità (per esempio tramite rinterro).

Nella tabella che segue è riportata la distribuzione delle forme carsiche in funzione del processo genetico a cui sono connesse.

<i>Tipo</i>	<i>n°</i>	<i>%</i>
Per dissoluzione	4	14
Per collasso	10	36
Per subsidenza	12	43
Piping profondo	0	0
Non valutabile	2	7

Tabella 2- Distribuzione delle forme censite secondo la classificazione adottata che distingue i processi genetici che determinano la formazione di una cavità e/o cedimento

4.3.5 Misure in sito

Nei casi in cui sono state osservate acque all'interno o nei pressi delle cavità, sono stati rilevati i loro principali parametri fisico-chimici (conducibilità elettrica, temperatura e pH dell'acqua).



Censimento delle forme carsiche o connesse alla dissoluzione dei gessi presenti nel territorio comunale di Verduno

Relazione di sintesi

R. Torri, C. Morino

STR10-91-2-RGL1

Solo in due casi (SH18 e SH20) è stato possibile eseguire questo tipo di misurazione. Negli altri casi o non è stata riscontrata né la presenza di acqua oppure non è stato possibile accedere al fondo della cavità per rilevare i parametri della acque.

Nel caso dell' SH18, le acque misurate sono quelle osservate lungo il canale di adduzione lungo il quale scorrono le acque da monte che sono collettate nella cavità e da qui s'infiltra nel sottosuolo. Per l' SH20, invece le misure si riferiscono alle acque che ristagnano sul fondo della cavità. I valori misurati sono:

	<i>SH18</i>	<i>SH20</i>
Conducibilità elettrica (μS/cm)	830	2450
Temperatura (°C)	18,7	13,5
pH	8,6	8,9

Tabella 3- Valori dei parametri fisico-chimici rilevati nelle cavità o nei loro pressi

Benché il numero di misure non permetta di fare analisi approfondite, si nota come le acque che ruscellano verso le doline (SH18) presentano una mineralizzazione (espressa dalla conducibilità elettrica) minore rispetto a quelle che si trovano all'interno delle cavità. Queste ultime, infatti, si trovano a diretto contatto con i gessi il cui processo di dissoluzione contribuisce all'aumento della conducibilità elettrica.



5 Considerazioni finali

Le attività svolte nell'ambito di questo studio rappresentano una fase il cui sviluppo è volto a determinare il miglioramento del sistema di regimazione delle acque su tutto il territorio di Verduno.

Il risultato più evidente di questo studio, infatti, consiste nella mappatura e catalogazione delle forme carsiche; questo dato è utile soprattutto nella prospettiva di voler verificare le potenzialità naturali che il territorio di Verduno possiede e di inserirle in un sistema integrato di gestione delle acque superficiali e sotterranee.

Tuttavia, viste le modalità di sviluppo delle attività fino a qui svolte, sembra opportuno sottolineare che oltre all'informazione pura, un altro importante risultato ottenuto in questa fase è la creazione di un database dinamico che rappresenta lo strumento operativo a disposizione per affrontare i successivi passi verso la definizione delle soluzioni alle criticità riscontrate sul terreno.

5.1 Potenzialità dell'utilizzo del database delle forme carsiche

L'utilizzo del database permette, oltre che di aggiornare le informazioni relative alle forme già osservate, di censire e descrivere nuove forme in evoluzione monitorando l'evoluzione dei processi di sviluppo delle forme carsiche presenti sul territorio di Verduno.

Infatti, data la natura dinamica del database, è possibile implementare le singole schede con nuovi dati e osservazioni sullo stato di conservazione delle singole doline e sulle eventuali attività di pulizia e ripristino delle cavità attualmente non attive.

Il censimento e il monitoraggio di queste forme permette di mantenere sotto controllo le modalità di deflusso idrico sia superficiale che sotterraneo migliorando la gestione del versante.

5.2 Opportunità di sviluppo del censimento

Sebbene il database rappresenti un o strumento nuovo, è auspicabile che, dopo un periodo di approfondimento sul suo funzionamento in cui è possibile apportarne modifiche e miglioramenti, il metodo del database possa essere allargato per la catalogazione di informazioni di diversa natura.

Il database, infatti, è implementabile con schede appositamente preparate per il censimento e il monitoraggio di altri fenomeni legati alla dinamica del deflusso idrico (sorgenti, rii, canali) e alla dinamica di versante (frane).

Le varie schede che descrivono diversi fenomeni possono essere collegate tra loro e l'insieme dei dati contenuti nel database possono essere connessi a loro volta a un sistema di rappresentazione cartografica di tipo GIS (Sistema Informatico Geografico).

Tale sistema permette di ottenere l'elaborazione di carte tematiche redatte sulla base delle diverse esigenze che riguardano sia problematiche diffuse su tutto il territorio che locali e concentrate.



Censimento delle forme carsiche o connesse alla dissoluzione dei gessi presenti nel territorio comunale di Verduno

Relazione di sintesi

R. Torri, C. Morino

STR10-91-2-RGL1

La finalità è quella di creare uno strumento di controllo e analisi del territorio sulla base di informazioni aggiornate e consultabile in modo semplice e diretto attraverso l'utilizzo di una postazione informatica disponibile presso gli uffici competenti.



6 Bibliografia

BALLY A.W. & SNELSON S. (1980) - *Realms of subsidence* In A.A. Miall (Ed.), *Facts and principles of world petroleum occurrence*. Can. Soc. Petrol. Geol. Mem., 6, 9-94.

BIELLA G., POLINO R., DE FRANCO R., ROSSI P.M., CLARI P., CORSI A. & GELATI R. (1997) - *The crustal structure of the western Po plain: reconstruction from the integrated geological and seismic data*. Terra Nova, 9, 28-31.

BIGI G., COSENTINO D., PAROTTO M., SARTORI R. & SCANDONE P. (1990) - *Structural model of Italy: Geodynamic project*. C.N.R., S.EL.CA, scala 1:500.000, Foglio 1.

CIESM (2008) - *The Messinian Salinity Crisis from mega-deposits to microbiology - A consensus report*. In Briand F. (ed.), CIESM Workshop Monographs, 33, 168 pp.

CLARI P., BERNARDI E., CAVAGNA S., DELA PIERRE F., IRACE A., LOZAR F., MARTINETTO E., TRENKWALDER S. & VIOLANTI D. (2008) - *Alba e tramonto della Crisi Messiniana. Guida all'escursione*. Alba, 10-11 Ottobre 2008, 43 pp.

CLARI P. & MARTIRE L. (1995) - *I calcari metano derivati del Monferrato: caratteristiche petrografiche e possibile significato geologico*. In Polino R. & Sacchi R. (ed.): *Atti del convegno rapporti Alpi-Appennino e guide alle escursioni*. Acc. Naz. Sc. detta dei XL scritti e documenti, 14, 21-35.

DELA PIERRE F., CLARI P., CAVAGNA S. & BICCHI E. (2002) - *The Parona chaotic complex: a puzzling record of the Messinian (Late Miocene) events in Monferrato (NW Italy)*. Sedim. Geol., 152, 289-311.

DELA PIERRE F., FESTA A. & IRACE A. (2007) - *Interaction of tectonic, sedimentary, and diapiric processes in the origin of chaotic sediments: an example from the Messinian of Torino Hill (Tertiary Piedmont Basin, northwestern Italy)*. Geol. Soc. Amer. Bull., 119, 1107-1119.

DELA PIERRE F., PIANA F., FIORASO G., BOANO P., BICCHI E., FORNO M.G., VIOLANTI D., CLARI P. & POLINO R. (2003) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 157, Trino*. Litografia Geda, Nichelino (TO), 147 pp.

GELATI R. & GNACCOLINI M. (1988) - *Sequenze deposizionali in un bacino episuorale, nella zona di raccordo tra Alpi ed Appennino settentrionale*. Atti Tic. Sc. Terra, 31, 340-350.

IRACE A. (2004) - *Il Messiniano Piemontese: nuovi dati da due aree campione*. Tesi di Dottorato inedita, Univ. di Torino, 167 pp.

IRACE A., DELA PIERRE F. & CLARI P. (2005) - *"Normal" and "chaotic" deposits in the Messinian Gessoso-Solfifera Fm. at the north-eastern border of the Langhe domain (Tertiary Piedmont Basin)*. Boll. Soc. Geol. It., Vol. Spec., 4, 77-85.

PIANA F. & POLINO R. (1995) - *Tertiary structural relationships between Alps and Apennines: the critical Torino Hill and Monferrato area, Northwestern Italy*. Terra Nova, 7, 138-143.

ROURE F., BERGERAT F., DAMOTTE B., MUGNIER J.L. & POLINO R. (1996) - *The ECORS-CROP Alpine seismic traverse*. Mem. Soc. Geol. France, 170, 1-113.

ROVERI M., LUGLI S., MANZI V. & SCHREIBER B.C. (2008a) - *The Messinian Salinity crisis: sequence-stratigraphic approach*. In Amorosi A., Haq B.U. & Sabato L. (eds.), *Advances in application of sequence stratigraphy in Italy*. Geoacta Spec. Pub., 1, 117-138.



Censimento delle forme carsiche o connesse alla dissoluzione dei gessi presenti nel territorio comunale di Verduno

Relazione di sintesi

R. Torri, C. Morino

STR10-91-2-RGL1

ROVERI M., LUGLI S., MANZI V. & SCHREIBER B.C. (2008b) - *The shallow to deep water record of the Messinian Salinity Crisis: new insights from Sicily, Calabria and Apennines basins*. In Briand F. (ed.), CIESM 2008. *The Messinian Salinity Crisis megadeposits to microbiology*. A consensus report. CIESM Workshop Monographs, 33, 73-82.

ROVERI M. & MANZI V. (2007) - *Gessoso-Solfifera*. In Cita M.B., Abbate E., Balini M., Conti M.A., Falorni P., Germini D., Gropelli G., Manetti P. e Petti F.M. (eds.), *Carta Geologica d'Italia 1:50.000*, Catalogo delle Formazioni, Unità tradizionali (2), Quad. Serv. Geol. D'Italia, serie III, 7(7), 303-310.

STURANI C. (1973a) - *A fossil eel (Anguilla sp.) from the Messinian of Alba (Tertiary Piemontese Basin). Palaeoenvironmental and palaeogeographic implications*. In: *Messinian events in the Mediterranean*, Kon. Ned. Akad. Wetensch., Amsterdam, 243-255.

STURANI C. (1973b) - *Considerazioni sui rapporti tra Appennino settentrionale ed Alpi occidentali*. *Accad. Naz. Lincei, Mem.*, 183, 119-142.