COMUNE DI RICCÒ DEL GOLFO
PROVINCIA DELLA SPEZIA
REGIONE LIGURIA

CAVA MONTE PARODI

PROGETTO PER LA RIAPERTURA DI UN POLO DI MARMO PORTORO NELL'AMBITO DEL COMPLESSO ESTRATTIVO DELLA CAVA DENOMINATA "MONTE PARODI"

STUDIO IDROGEOLOGICO DI DETTAGLIO IN RAPPORTO ALLA PRESENZA DI AREA CARSICA CON CENSIMENTO DELLE SORGENTI

IL COMMITTENTE: Ditta Dott. Carlo Agnese S.P.A.

IL PROGETTISTA: Dott. Geol. Luca Piaggi

Novembre 2012

Studio Geologico Piaggi
Via Genova n. 442 -19123 La Spezia
Tel-Fax: 0187 –716658
www.sgeop.com
E-mail: lucapiaggi@gmail.com

INDICE

1. Premessa;
2. Ubicazione della cava di Portoro e ambito di indagine dello studio;
3. Note geologiche, tettoniche e geomorfologiche;
4. Caratteristiche idrogeologiche e permeabilità;
5. Caratteristiche generali del carsismo;
6. Il carsismo nel comprensorio del Monte Parodi;
7. Cavità carsiche;
8. Caratteristiche idrologiche e meteoclimatiche;
9. Valutazione della permeabilità dell'ammasso roccioso;
10. Limiti dell'acquifero calcareo – Sorgenti – Bilancio idrogeologico;
11. Cave, carsismo e scorrimento delle acque;
12. Interazioni tra cava di Portoro in progetto e area carsica.
13. Allegati

1- PREMESSA

A seguito della richiesta di integrazioni da parte del Comune di Riccò del Golfo trasmesse con lettera prot. 7530 del 26/09/2012 e da parte della Regione Liguria - Settore Attività Estrattive – con lettera prot. PG/2012/135225 del 25 Settembre 2012 in merito al "Progetto per la riapertura di un polo di marmo portoro nell'ambito del complesso estrattivo delle cava denominata Monte Parodi", è stato effettuato uno "Studio idrogeologico" di dettaglio in rapporto alla presenza di area carsica comprensivo di un censimento delle sorgenti.

Tale studio è stato effettuato poiché la cava in progetto ricade in area carsica e quindi rientra nella procedura di Valutazione di Impatto Ambientale regionale in coerenza con quanto disposto dall'art. 2 comma 4b) della legge regionale n. 38/1998.

L'indagine, che è stata finalizzata a chiarire ed approfondire gli aspetti idrologici e idrogeologici dell'areale del Monte Parodi con particolare riferimento all'area carsica ed i rapporti con la cava in progetto, è stata così articolata:

- analisi della bibliografia esistente;
- reperimento di dati pluviometrici, termometrici;
- censimento delle sorgenti anche presso l'Amm.ne Provinciale;
- analisi dei fenomeni carsici e illustrazione delle principali grotte;
- permeabilità dell'ammasso roccioso;
- bilancio idrogeologico;
- sopralluoghi tecnici.

Quanto sopra ha permesso di ottenere valutazioni tecniche specifiche per una caratterizzazione idrogeologica del comprensorio di Monte Parodi per giungere ad una ricostruzione delle linee di deflusso sotterraneo delle acque così da valutare eventuali interazioni fra infiltrazione delle acque superficiali provenienti dalla cava con le cavità carsiche.

2 - UBICAZIONE DELLA CAVA DI PORTORO E AMBITO DI INDAGINE DELLO STUDIO

La cava di Portoro che si intende riaprire all'attività estrattiva si individua nella parte superiore del versante nord del Monte Parodi, al margine della cava di Dolomia in coltivazione denominata "Monte Parodi".

Detto rilievo fa parte dei monti che coronano il bacino imbrifero del fiume Vara, e si pone all'interno del crinale che separa la Val di Vara con le Cinque Terre, dove ritroviamo anche il Monte Fraschi (526m), Monte Verrugoli (741m), Monte Grosso (664 m) e Monte Galera (726m).

Il Monte Parodi (quota 670 m) è compreso tra il fosso di Carpena a nord e il fosso Canivella a sud, ed è separato dal Monte Verrugoli dalla Sella di Carpena (quota 580 m); verso est il monte si affaccia sul golfo della Spezia e sull'abitato di san Benedetto.

In considerazione di quanto sopra e delle caratteristiche geologiche, idrogeologiche, geomorfologiche e tettoniche di seguito evidenziate, l'ambito di indagine ha interessato una superficie di circa 15 Kmq, estendendosi tra il monte Carmo a nord, il monte Santa Croce a sud, il crinale con le Cinque Terre ad ovest e gli abitati di Riccò del Golfo – San Benedetto - la Foce e La Spezia ad est.

In particolare con questa perimetrazione si è voluto dare una precisa delimitazione della geometria dell'acquifero calcareo che dal golfo della Spezia si estende sin oltre Pignone e i limiti dei domini idrogeologici per poter dare una quantificazione il più possibile reale degli elementi in gioco.

3 - NOTE GEOLOGICHE, TETTONICHE E GEOMORFOLOGICHE

L'area oggetto di studio fa parte dell'affioramento carbonatico situato sul promontorio occidentale del Golfo della Spezia compreso tra i comuni di Riccò del Golfo e della Spezia.

Esso occupa una discreta area di quel settore geografico posto fra l'allineamento alta Val di Vara – La Spezia e il litorale delle Cinque Terre, estendendosi parallelamente alla costa in direzione NW – SE.

Strutturalmente il promontorio occidentale della Spezia è costituito da una anticlinale coricata con vergenza tirrenica (antiappenninica), che coinvolge tutte le formazioni della Serie Toscana e anche parte delle Unità Liguri.

L'asse dell'anticlinale immerge verso NW cosicché dal Monte Parodi sino all'isola del Tino affiora il fianco inferiore inverso, mentre a nord affiora anche quello superiore diretto.

La formazione calcarea si trova al nucleo della piega e rappresenta pertanto l'elemento più antico (Trias).

Tale piega è poi interessata da numerose faglie anche di notevole estensione che hanno direzione parallela a quella del promontorio stesso e si sono originate conseguentemente alla fase di distensione post - orogenica dell'appennino.

Morfologicamente l'area ricalca l'andamento strutturale, infatti le dorsali montuose, che raramente superano gli 800 m di altezza, generalmente corrispondono alla culminazione assiale della piega anticlinale.

Ai margini di detta struttura positiva sono interposte due strutture negative: quella del Golfo della Spezia che si prolunga nella media Val di Vara, e quella del margine continentale attualmente sommerso del Mar Ligure.

Ad occidente delle Cinque Terre, rilievi geofisici in mare hanno permesso di riconoscere una gradinata di faglie dirette con immersione verso ovest, che determinano lo sprofondamento del margine continentale; ad oriente è nota la grande faglia diretta con immersione verso est che dal Golfo della Spezia si estende sin oltre Pignone, in Val di Vara.

La conoscenza geologica di tale struttura ha permesso di delimitare lo studio dell'acquifero calcareo verso nord poco oltre l'allineamento Monte Carmo – Riccò del Golfo in quanto vi è la presenza di una serie di faglie a direzione antiappenninica che ostacolano il deflusso delle acque verso la zona meridionale.

Inoltre, sempre sul settore a nord, la giacitura degli strati non è favorevole al convogliamento delle acque d'infiltrazione verso sud confinando l'acquifero oggetto di studio nell'areale compreso tra Riccò e il Golfo della Spezia.

Dal punto di vista geolitologico nell'areale esaminato sono presenti le seguenti formazioni tutte appartenenti alla Falda Toscana, dal basso verso l'alto si ha:

- DOLOMIE DI COREGNA: Nella parte inferiore strati e banchi di dolomia e calcari più o meno dolomitici; nella parte superiore strati decimetrici prevalentemente calcarenitici (Carnico – Norico Inf).

- FORMAZIONE DI LA SPEZIA:

Membro dei calcari di Portovenere: Strati decimetrici di calcari grigio scuri con interstrati marnosi o dolomitici e con rare tempestiti a lumachelle, livelli metrici di marne e varie dolomie saccaroidi. A tetto gli "strati di Grotta Arpaia": argilliti e marne nerastre, nodulari con lumachelle (Retico).

Membro dei calcari e marne di M. S. Croce: Strati e banchi di calcari grigio-scuri e livelli marnosi grigi e giallastri irregolarmente alternati; intercalazioni di banchi di dolomie saccaroidi biancastre e di calcari oolitico-bioclastici; frequenti strati gradati di tempesta con lumachelle a lamellibranchi prevalenti (Norico-Retico).

- PORTORO: Banchi di calcari grigio scuri fino a neri, con fratture nodulari e con macchie dolomitiche bianche e gialle, alternati a banchi metrici di dolomie grossolanamente cristalline biancastre o giallastre (Retico sup-Hettangiano).

- DOLOMIE DEL M. CASTELLANA: Dolomie calcaree, saccaroidi biancastre o giallastre, massive o grossolanamente stratificate, con parti più o meno estese ed irregolari di protolite, costituito da calcilutiti grigio scure con tracce di stratificazione (Retico sup-Hettangiano).

- FORMAZIONE DI BIASSA: Dolomie e calcari dolomitici cristallini, grigio chiari o rosati, in strati di spessore variabile da 10 cm a 4-5 m, regolarmente alternati a bande calcareo-dolomitico-marnose spesse qualche centimetro, di colore grigio chiaro, grigio scuro e rosato (Hettangiano).

- FORMAZIONE DI FERRIERA: Calcari marnosi grigio – scuri regolarmente alternati a strati di marne siltose grigio e giallastre (Hettangiano sup – Sinemuriano Inf).

- ROSSO AMMONITICO: Nella parte inferiore calcari biancastri regolarmente alternati a marne rosso violacee; nella parte intermedia prevalenti calcari marnosi rosati e marne; nella parte alta livelli con strutture da slumpimg passanti a banchi e brecce con clasti calcarei (Sinemuriano Sup.Pleinsbachiano).

- CALCARE SELCIFERO DI LIMANO: Calcari grigio – chiari con rari noduli e liste di selce grigia (Lias Sup).

- MARNE A POSIDONIA: Nella parte inferiore banchi di marne alternate a a strati di calcari biancastri; nella parte superiore le bancate marnose divengono prevalenti (Toarciano Sup. Bajociano).

- DIASPRI: Radiolariti rosso violacee con interstrati di argilliti rosse; subordinate marne silicee (Bajociano – Titonico).

- MAIOLICA: Calcari biancastri a grana fine a frattura concoide; rari noduli di liste di selce e sottili interstrati argillitici (Titonico – Valangiano).

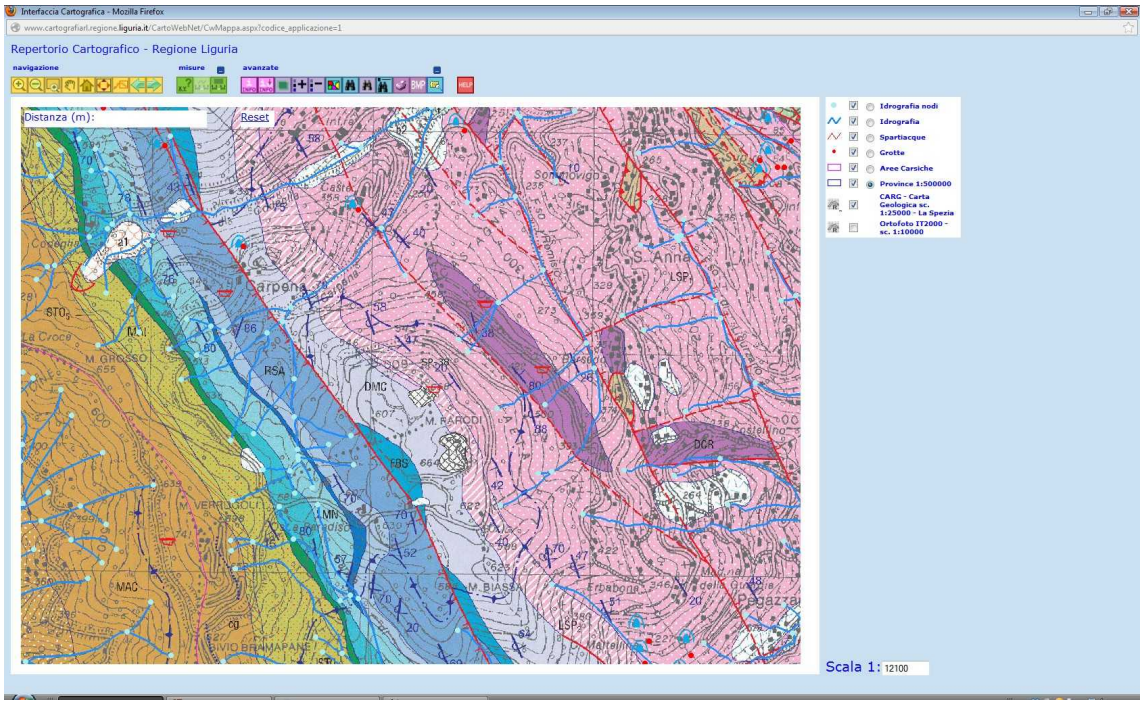
- SCAGLIA TOSCANA:

- Membro delle Marne di Rovaggio: Marne siltose grigio – verdastre;
- Membro delle Argilliti di Broglio: Argilliti rosse, grigio e verdastre, calcareniti fini;
- Membro delle Marne di Sugame: Marne grigio – nocciola con frequenti fucoidi.

(Cretaceo inf. - Oligocene Inf.)

- MACIGNO: Arenarie torbiditiche da fini a grossolane in strati e banchi alternati a sottili livelli di siltiti argillose grigie. Litofacies delle Arenarie Zonate: Arenarie torbiditiche fini e siltiti grigio – scure; Litofacies pelitico siltosa: Torbiditi pelitico – siltose; Litofacies marnoso – siltosa: Marne e marne siltose con arenarie fini.

Quanto sopra è visibile nello stralcio della Carta Geologica CARG.



In pratica nell'areale considerato affiora tutta la sequenza della serie Toscana, e di questi terreni quelli direttamente interessati dal carsismo (e quindi oggetto di approfondimento) sono le formazioni calcaree che vanno dalle Dolomie di Coregna sino alla Maiolica.

Dette formazioni, che affiorano secondo l'allineamento NW – SE, presentano estensione differente sia in rapporto agli spessori delle stesse che in rapporto alla loro disposizione e

giacitura.

Le formazioni arealmente più estese sono la Formazione della Spezia, le formazioni delle Dolomia (Formazione di Monte Castellana, formazione di Biassa e Dolomie di Coregna) e di seguito tutte le altre caratterizzate da calcari con interstrati di varia natura.

Per quanto riguarda espressamente la formazione del Portoro oggetto di sfruttamento, questa presenta affioramenti molto piccoli, scarsamente significativi dal punto di vista idrogeologico .

Questo vale soprattutto per la cava che si intende riaprire in quanto riguarda un livello di Portoro che si rinviene interposto all'interno delle Dolomie di Monte Castellana a causa di due contatti tettonici che raddoppiano la serie probabilmente per causa di un thrust (con vergenza verso SW) poi successivamente fagliato da una fase distensiva.

Questo ha portato alla suddivisione della locale successione di Portoro in due lenti allungate in direzione N 320 della larghezza media di, rispettivamente, 40m (lente di NE) e di 30m (lente di SW).

Dette lenti sono lunghe circa 200 m e si interrompono, nella parte di SE contro una breccia dello spessore di circa 10 metri, che mette in contatto le Dolomie del Monte Castellana con il Portoro; tale breccia è una zona di faglia, orientata circa N170/70 (in dip direction).

Il progetto di sfruttamento del Portoro si riferisce alla lente posta verso SE, quella più lontana dalla cava di estrazione della Dolomia, poiché più sana e di pregio.

4 – CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE E PERMEABILITA'

I terreni rocciosi affioranti nell'areale considerato e descritti in precedenza presentano caratteristiche idrogeologiche differenti e così sintetizzabili:

- Rocce impermeabili: Scaglia Toscana
- Rocce impermeabili o localmente permeabili per fessurazione: Macigno,
- Rocce mediamente permeabili per fessurazione e rari fenomeni carsici: Formazione di Ferriera, Rosso Ammonitico, Calcare selcifero di Limano, Diaspri e Marne a Posidonia
- Rocce permeabili per fessurazione e limitati fenomeni carsici: Formazione della Spezia (Calcari di M. S.Croce – Calcari di Portovenere), Maiolica,
- Rocce molto permeabili per fessurazione e carsismo: Dolomie di Monte Castellana, Dolomie di Coregna, Formazione di Biassa.

Da ciò si evince che solo le formazioni di base della Falda Toscana presentano caratteristiche di permeabilità ed estensione tali da far sviluppare i fenomeni carsici, anche se con diverse caratteristiche.

La permeabilità nella formazione dei Calcari di Monte Santa Croce e dei Calcari di Portovenere, proprio per le loro caratteristiche stratigrafiche, è legata prevalentemente allo sviluppo di un sistema di fessurazioni secondo la direzione di immersione degli strati.

Infatti, le frequenti intercalazioni argillose e/o marnose, ostacolano la circolazione ortogonalmente alla stratificazione, favorendo invece il movimento dell'acqua lungo gli strati.

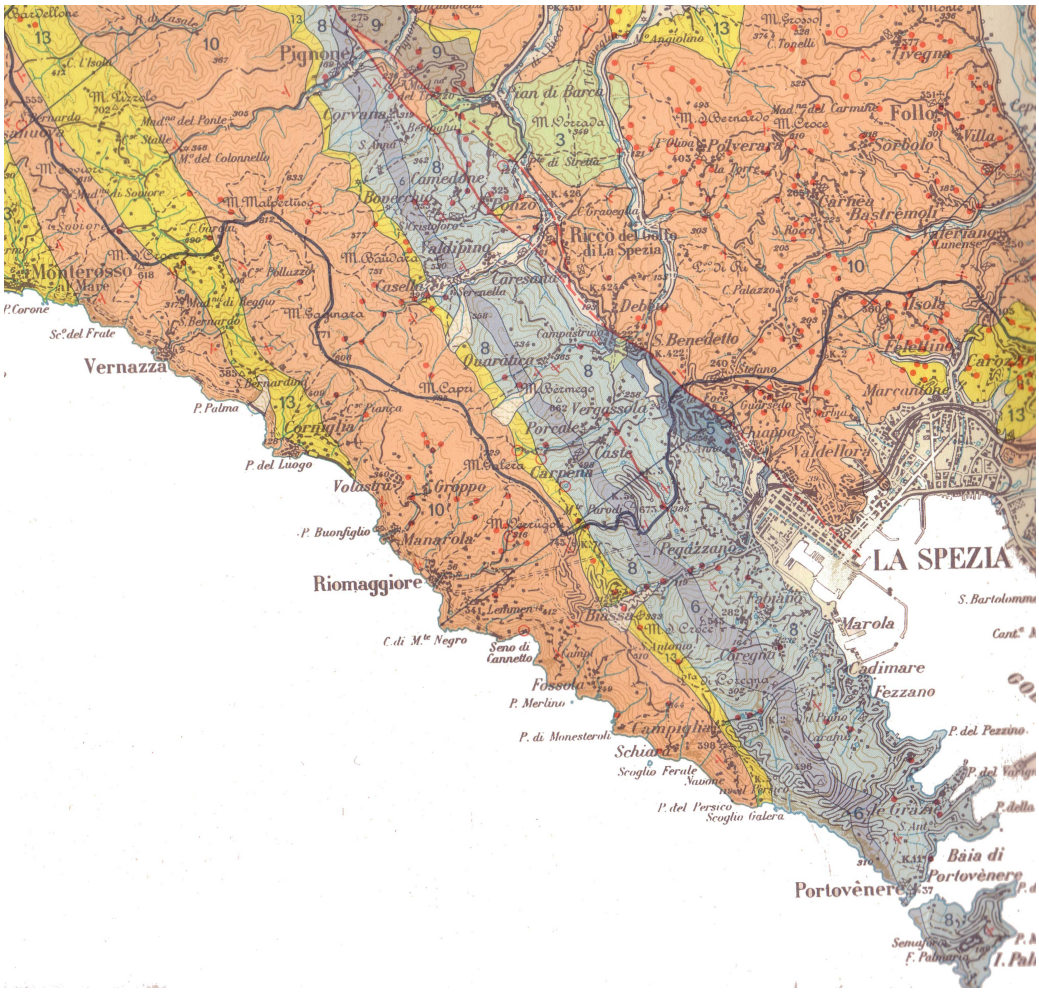
Per contro, vi sono anche le fratture da sforzo tettonico perpendicolari alla stratificazione, messe meglio in evidenza negli strati calcarei di minor spessore, dove esse sono più fitte anche se più fini.

Ciò può dare origine ad una serie di fenomeni carsici che si esplicano a partire dai giunti di strato e dalle fessurazioni, senza tuttavia dare luogo a manifestazioni vistose.

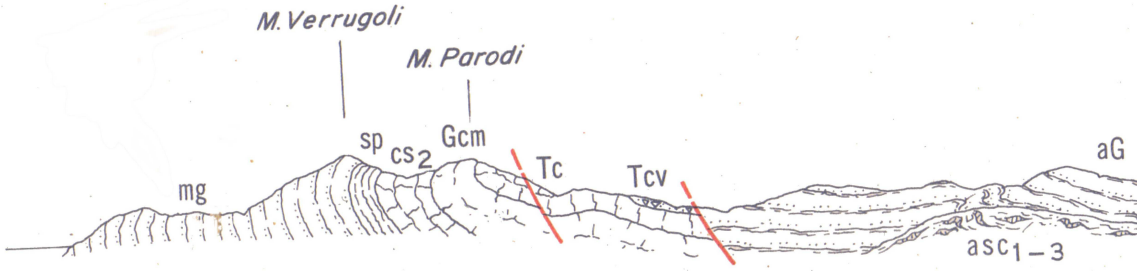
La forte permeabilità delle formazioni delle Dolomie di Monte Castellana, di Coregna, di Biassa è dovuta all'assenza di stratificazione e alla presenza di un sistema di fessurazioni.

Il forte potere assorbente di queste formazioni sono testimoniate dall'assenza di erosioni dovute a ruscellamento superficiale; ed infatti, anche a seguito di forti piogge il ruscellamento ed gli episodi di saturazione del terreno sono molto scarsi.

Un discorso a parte va fatto per il Portoro in quanto se è fratturato e fessurato si comporta come le Dolomie, cioè fortemente permeabile, ma se è compatto e senza fessure, come nel caso della cava in questione, esso è praticamente impermeabile.



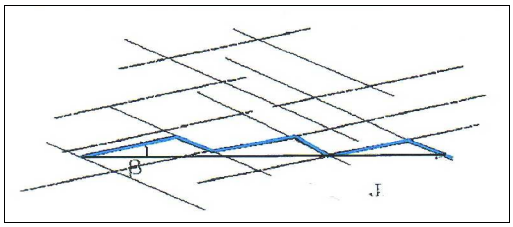
Carta della permeabilità delle rocce del bacino del fiume Magra – da Baldacci e Raggi



Sezione geologica attraverso il Monte Parodi

5 – CARATTERISTICHE GENERALI DEL CARSISMO

Come tutti i sistemi carsici la circolazione idrica avviene attraverso le citate discontinuità primarie (stratificazione) e/o secondarie (fratture, faglie, cavità carsiche) e la sua orientazione è determinata dal gradiente idraulico, dalla distribuzione della permeabilità e dall'orientazione delle discontinuità.



Deflusso idrico all'interno di un reticolo fessurato, in presenza di un gradiente piezometrico

In generale un sistema carsico viene definito come un volume di roccia in cui esiste una rete tridimensionale di fessure e condotte di dimensioni variabili, che, al di sotto di una certa superficie, più o meno regolare e corrispondente con la superficie piezometrica, sono completamente allagati.

Osservando quindi uno spaccato verticale di un sistema carsico è possibile notare che il primo livello a partire dalla superficie del terreno è rappresentato da suolo di alterazione o regolite.

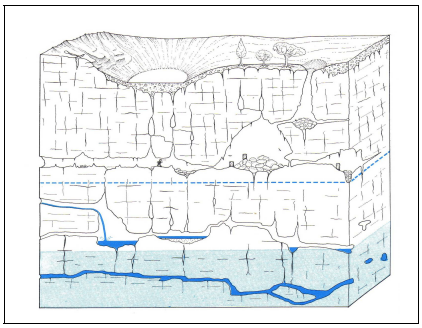
Questa prima fascia risulta formata da roccia più o meno interessata da fenomeni di dissoluzione per effetto delle acque e viene definita zona areata o di assorbimento o di infiltrazione, in cui la permeabilità è accentuata tanto da consentire l'infiltrazione dell'acqua.

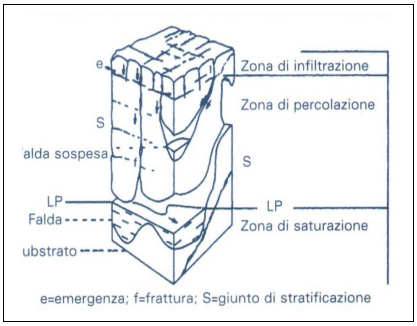
Al di sotto si trova un livello poco alterato, in cui la circolazione idrica è prevalentemente in discesa e i condotti attraverso i quali l'acqua si muove sono debolmente allargati dai processi di alterazione.

Le acque presenti sono per lo più libere e stazionanti entro depressioni; questo livello, definito di percolazione, rappresenta la zona di passaggio delle acque dal livello areato e quello profondo.

Quest'ultimo livello, detto di saturazione, presenta un deflusso rallentato, tanto da consentire la presenza di un falda. Si crea quindi un livello piezometrico al di sotto del quale l'acquifero

risulta satura. La circolazione avviene attraverso fessure e condotti, all'interno delle quale l'acqua si muove a pelo libero o in pressione.

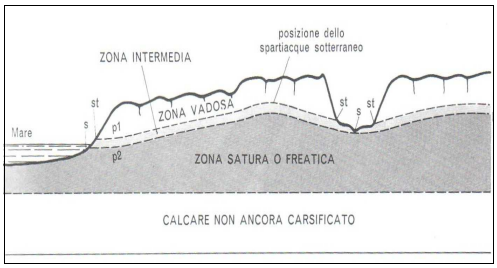


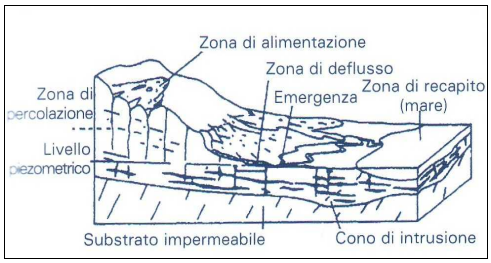


Esempi di spaccati verticali di un acquifero in roccia.

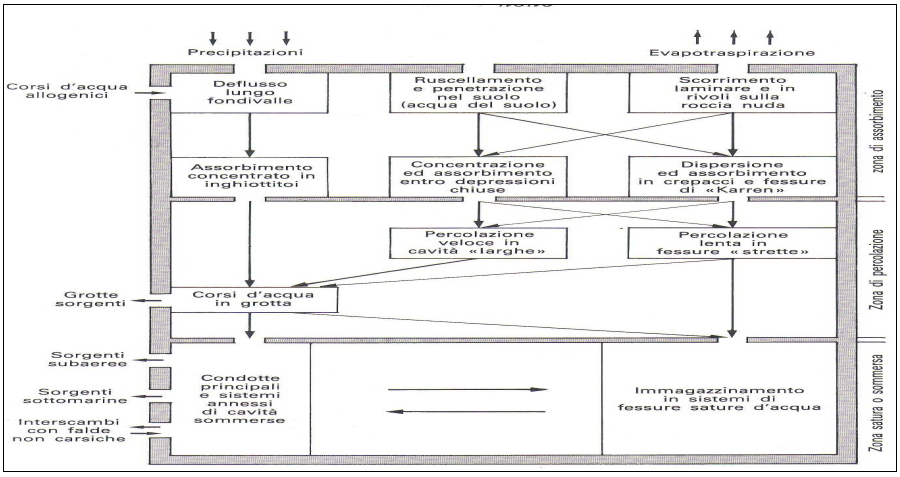
Il deflusso delle acque all'interno di questo reticolo di discontinuità è fortemente influenzato dagli afflussi meteorici, dal regime dei corsi d'acqua superficiali, dal materiale di riempimento delle fratture, dalle discontinuità presenti nell'ammasso roccioso e dalle loro interconnessioni spaziali, dalla formazione o meno di ponti di roccia e dalla profondità delle fratture stesse, dalla quale dipende il carico idraulico agente sul liquido.

Osservando uno spaccato longitudinale dell'acquifero in roccia, si possono osservare una zona di alimentazione, una zona di deflusso e di scambio con le altre falde o con le acque provenienti da altre vie di infiltrazione delle acque meteoriche, ed infine una zona di recapito.





Esempi di spaccati longitudinali di un acquifero in roccia.



Schema delle vie seguite dall'acqua all'interno di un sistema carsico

6 - IL CARSISMO NEL COMPRENSORIO DEL MONTE PARODI

Come sopra evidenziato, nel promontorio occidentale del Golfo della Spezia vi sono vasti e potenti affioramenti calcarei dove l'erosione carsica gioca un ruolo talvolta fondamentale nell'evoluzione morfologica del paesaggio.

Nel comprensorio sono infatti frequenti le forma carsiche di superficie e sotterranee, tali forme, nel linguaggio locale, spesso vengono chiamate "sprugole": parola usata indifferentemente sia per indicare pozzi naturali, inghiottitoi che per definire le risorgenze d'acqua della piana della Spezia.

Le principali manifestazioni del carsismo nell'ambito considerato riguardano le forme carsiche "ipogee" e quelle "epigee".

Occorre precisare che si tratta di forme poco sviluppate né particolarmente spettacolari come invece vi sono in altre zone della Liguria (es. Toirano) o delle vicine Alpi Apuane.

Infatti, tutte le grotte della provincia della Spezia hanno uno sviluppo complessivo di 3,5 Km circa ed una profondità media di 10 – 20 m; quindi ben si comprende che si tratta di cavità poco estese e poco profonde.

Nell'ambito dell'affioramento calcareo che dal golfo della Spezia si estende sino Cassana, l'unica forma carsica di una certa estensione impostata su piega e faglia è rappresentato dalla Grotta Grande di Pignone, la quale presenta un discreto sviluppo e una profondità di circa 52 m (36 Li Sp – Grotta grande di Pignone); tale grotta non rientra nell'ambito studiato.

Altra cavità di un certa profondità ed estensione è la Sprugola di Campastrino a San Benedetto. La grotta presenta un ingresso verticale (da cui il nome di sprugola) di una quindicina di metri di diametro, ha uno sviluppo di circa 220 m e un dislivello di 71 m ed è censita catastalmente al Catasto grotte al numero 192Li SP. L'ingresso della grotta si presenta come un ampio imbuto, che con un piano inclinato porta a uno strozzamento collegato con la sottostante cavità, costituita da un'unica ampia stanza, dal fondo della quale si dipartono tre brevi ed angusti cunicoli fangosi.

Entrando nello specifico del fenomeno del carsismo nell'areale di Monte Parodi, occorre precisare che è influenzato in primo luogo dalla litologia.

Come già accennato nel paragrafo precedente, le forme più sviluppate si hanno nel calcare massiccio e dolomia in quanto le altre formazioni calcaree non sempre presentano condizioni favorevoli all'attacco chimico delle acque carbonatiche: alcune, costituite da calcari marnosi con interstrati argillosi, mostrano un'incompleta dissoluzione del carbonato, altre sono nettamente stratificate per cui le superfici di strato favoriscono lo scorrimento veloce dell'acqua rispetto alla lenta percolazione, altre ancora hanno una estensione irrilevante ai fini dello sviluppo del fenomeno.

Nel calcare massiccio invece, essendo costituito da calcari dolomitici e dolomie fessurate e cariate, resistenti alla disgregazione meccanica, prevale il fenomeno della dissoluzione chimica. La maggior presenza di doline in questo calcare rispetto agli altri affioramenti è la conferma di quanto detto in precedenza. Sono inoltre presenti campi di doline, campi solcati, campi a massi, valloni carsici, uvala, voragini e pozzi.

Quanto sopra è stato sintetizzato nel grafico seguente dove si evince chiaramente che nel calcare massiccio- dolomia e nei calcari stratificati (come nel caso dei calcari di Monte Santa Croce) sono concentrate le forme carsiche della zona.

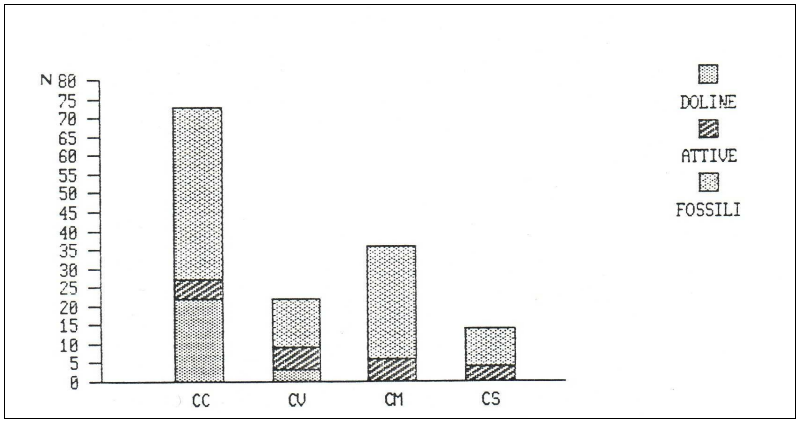


Grafico indicante la formazione di doline, attive e fossili, nelle diverso litologie: CC: calcare massiccio - Dolomia; CV: calcare cavernoso; CM: calcare e marne a Raethavicula contorta(calcari di Monte Santa Croce); CS: calcare selcifero.

Importante sulla formazione del fenomeno carsico risulta anche il fattore morfologico.

La conformazione dei rilievi calcareo - dolomitici nell'areale considerato è a dossi con elevazione variabile dai 300 metri in media nel promontorio orientale, agli oltre 700 metri nel bacino del Vara (Monte Parodi – Monte Bermego).

Questi rilievi sono caratterizzati dal fatto che i versanti si presentano ripidi alla base e a mano a mano che si sale di quota diminuiscono la pendenza e diventano più dolci, per cui le forme sono nel complesso arrotondate.

Questo particolare ha una fondamentale importanza perché l'acclività del rilievo ha la capacità di influire in modo proprio sul modellamento carsico con il favorire lo scorrimento veloce delle acque e l'asportazione in massa di materiale d'erosione, senza quindi generare forme tipiche carsiche, oppure con il determinare la lenta percolazione delle acque e la selezione dei composti, con la conseguente formazione di doline, uvala, campi solcati, ecc.

Questa seconda possibilità si è verificata nelle zone culminali più piatte, dove le acque hanno avuto modo di infiltrarsi lentamente attraverso i meati e le fessure della roccia.

Nelle zone alte si osserva infatti una morfologia carsica nettamente sviluppata rispetto ai fianchi ripidi delle montagne e in questo caso si può parlare di carsismo cacuminale.

Infatti, nell'ambito dello studio sono stati individuati campi a massi (a direzione prevalente e non e campi ruiniformi) e doline sia sul Monte Santa Croce, sul Monte Parodi che Monte Bermego (o Due Gemelli).

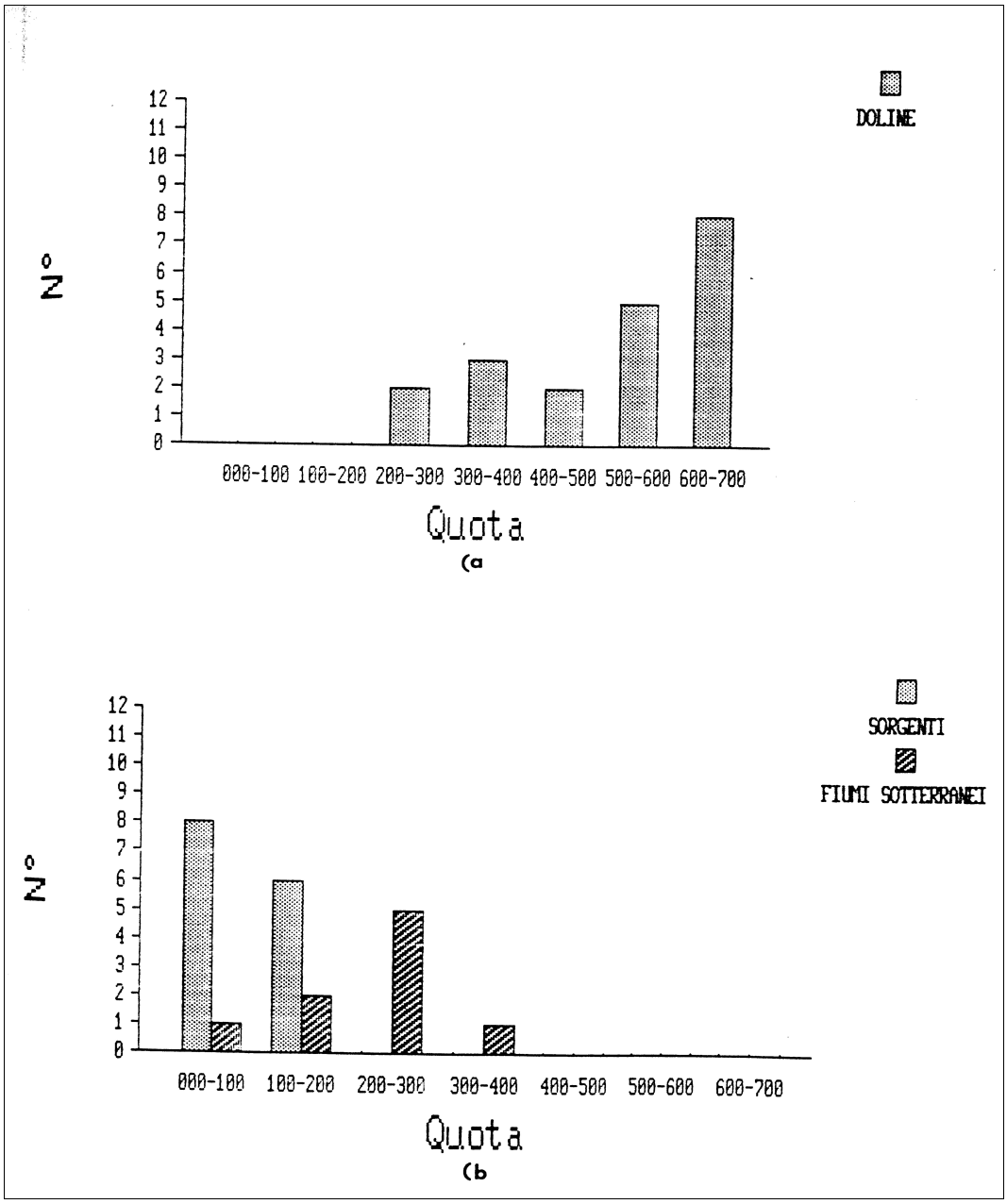
Questa influenza della morfologia è determinata in parte dalla tettonica.

Infatti, come già illustrato, i monti della Spezia e della bassa Val di Vara sono caratterizzati da due grandi strutture a pieghe, rispettivamente un'anticlinale ampia e dissimetrica con esposizione delle dolomie del Lias ad est e un'anticlinale rovesciata con esposizione dei calcari liassici ad ovest, oltre che da faglie di notevole rigetto.

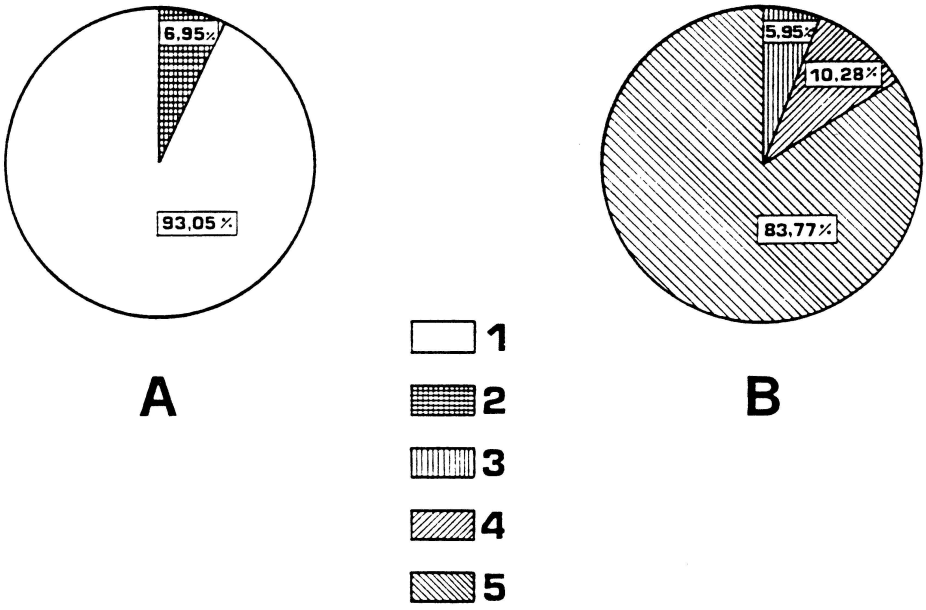
In definitiva si può dire che esiste un rapporto tra carsismo superficiale e strutture piegate nei massicci calcarei, in quanto le acque carbonatiche agiscono prevalentemente sulle pieghe con ampi raggi di curvatura e piatte zone assiali.

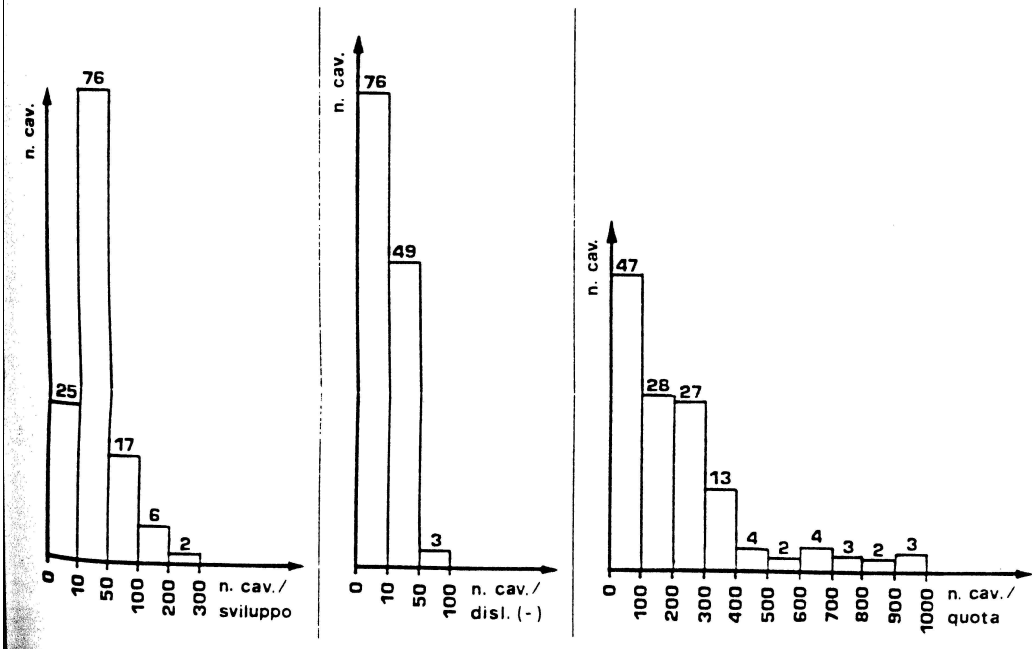
In queste ultime l'azione solvente produce gli effetti maggiori e quindi la morfologia carsica tende a concentrarsi nelle zone culminali delle strutture, provocando una generale tendenza all'inversione del rilievo.

Quanto sopra è meglio evidenziato nei grafici seguenti, dove sono individuate le doline (grafico a) e le sorgenti e fiumi sotterranei (grafico b).


DOLINE
N°
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
000-100 100-200 200-300 300-400 400-500 500-600 600-700
Quota
(a
SORGENTI
FIUMI SOTTERRANEI
N°
000-100 100-200 200-300 300-400 400-500 500-600 600-700
Quota
(b

ORIZZONTE DI STATISTICA CARSOLOGICA E SPELEOLOGICA





IN ALTO: Suddivisione percentuale del territorio in funzione della presenza di aree carbonatiche (A) e percentuale dei tipi di aree carbonatiche presenti (B). 1) Aree non carbonatiche; 2) Aree carbonatiche; 3) Calcari dolomitici cariati; 4) Marmi e calcari massicci; 5) Calcari con intercalazioni o interstrati di natura diversa.
IN BASSO: Istogrammi relativi alla distribuzione delle cavità in funzione dello sviluppo, del dislivello negativo (-) e della quota dell'ingresso (valori espressi in metri).

Altresì importante ai fini dello studio dei fenomeni carsici, è il rapporto che esiste tra carsismo e strutture tettoniche disgiuntive.

Nell'ambito considerato la direzione di allineamento delle forme carsiche , ed in particolare delle doline ed uvala, mostra un addensamento nel settore N-NNW, e quindi con componente anti-appenninica dominante.

Confrontando la distribuzione azimutale delle lineazioni con le direzioni di allineamento ed allungamento delle doline ed uvala si può osservare una stretta correlazione tra esse.

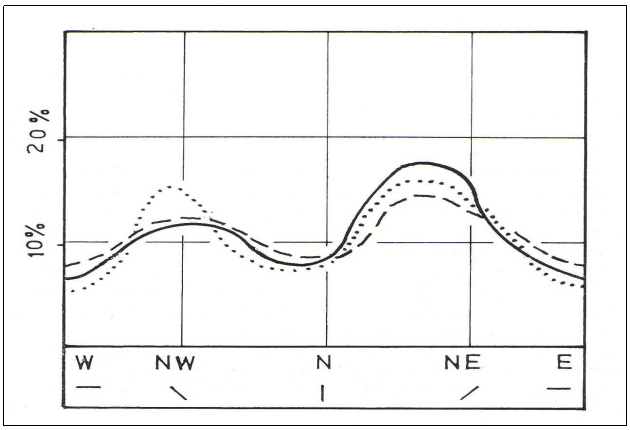


Diagramma della distribuzione azimutale delle fratture (linea a punti), delle direzioni di allungamento (linea continua) e delle direzioni di allineamento (linea a tratti) delle depressioni carsiche.

Da ciò risulta che le direzioni preferenziali carsiche corrispondono con notevole approssimazione alle lineazioni strutturali, confermando il rapporto diretto tra lo sviluppo dei fenomeni carsici e lineamenti disgiuntivi, con particolare riferimento alle faglie.

Analizzando le fratture è inoltre possibile dare un limite temporale allo sviluppo del carsismo: non essendo le fratture più antiche del Pleistocene medio, l'erosione impostata su di esse deve essere posteriore (Federici, 1976).

7 – CAVITA' CARSICHE

Nell'ambito considerato sono presenti 31 cavità carsiche tutte censite al Catasto delle Grotte della provincia della Spezia, che sono state riportate nella cartografia allegata.

Come già accennato, normalmente si tratta di cavità di limitata estensione e profondità, ed in alcuni casi dei semplici inghiottitoi (o sprugole) con diametro non superiore ai 50 – 70 cm.

Buona parte di queste cavità sono fossili e non sono accessibili in quanto o sono state chiuse con muri o grate per evitare situazioni di pericolo o non sono più individuabili sul terreno a causa della vegetazione e copertura detritica.

Facendo riferimento alla cartografia allegata le cavità censite sono:

- 1 Li Sp – Grotta della Madonna;
- 68 Li Sp – Grotta di Fabiano;
- 72 Li Sp – Grotta dell'Olmo;
- 74 Li Sp – Bocca Lupara;
- 75 Li Sp – Nimpharum Domus;
- 76 Li Sp – Caverna Ossifera di Pegazzano;
- 77 Li Sp – Grotta del Monte Santa Croce;

- 78 Li Sp – Caverna Cozzani;
- 79 Li Sp – Caverna della Taggia;
- 175 Li Sp – I Grotteschi;
- 176 Li Sp – Tana dei Zingai;
- 184 Li Sp - Sprugola di Pegazzano;
- 186 Li Sp – Sprugola de La Cornese;
- 192 Li Sp – Sprugola di Campastrino;
- 227 Li Sp - Tecchia di Zegori;
- 235 Li Sp – Caverna di Quaratica;
- 236 Li Sp – Sprugola di Monte Tenero;
- 237 Li Sp - Pozzo del Lissè;
- 238 Li Sp – Tana tra Pozzo e Quaratica;
- 262 Li Sp – Sprugola di Coregna;
- 268 Li Sp – Grotta di monte Tenero;
- 403 Li Sp – Sprugola del Fondale;
- 404 Li Sp – Buca del Termo;
- 405 Li Sp – Sprugola del Groppo;
- 413 Li Sp – Sprugola di Zegori;
- 455 Li Sp – Sprugola della Breda;
- 458 Li Sp – Pozzo del Monte Bermego;
- 459 Li Sp – Grotta del Castè Alto;
- 460 Li Sp - Pozzo della Foce;
- 461 Li Sp – Sprugola della Migliarina;
- 466 Li Sp – Grotta prima della Cascatella;
- 467 Li Sp – Grotta Chiara;
- 520 Li Sp – Grotta seconda della Cascatella;
- 521 Li Sp - Grotta del Papero;
- 766 Li Sp – Grotta fangosa del Fico;
- 961 Li Sp – Grotta di Foganella;
- 964 Li Sp – Pozzo frattura A del M. Bermego;
- 965 Li Sp – Pozzo frattura B del M. Bermego;
- 1064 Li Sp – Pozzetto del Monte Bermego;
- 1204 Li Sp – Pozzo delle Ossa;
- 1214 Li Sp – Grotta dei Pitali,

Di queste le più significative sono:

- la Caverna Ossifera di Pegazzano dove sono stati rinvenuti reperti di Ursus speleus.
- la grotta della Madonna, unica grotta utilizzata a scopo turistico e ad oggi abbandonata.
- la Bocca Lupara a cui si associa una emergenza idrica, come per altre.
- la Sprugola di Campastrino, che come già accennato ha un ampio salone.
- la Caverna di Quaratica che si apre a livello del fosso ed ha profonde cavità verticali che assorbono tutta l'acqua del torrente.

Purtroppo negli anni passati, sino alla adozione della L.R. n. 14/90 (Norme per la tutela e la valorizzazione del patrimonio speleologico e delle aree carsiche e per lo sviluppo della speleologia), la scarsa attenzione nella salvaguardia del carsismo, sia dal punto di vista naturalistico - speleologico - paleontologico che per quanto concerne la salvaguardia delle risorse idriche, ha permesso la distruzione e l'inquinamento di numerose forme carsiche.

E' quanto è successo in numerose grotte, tra cui la Grotta dell'Orso (o Grotta Ossifera di Pegazzano), che negli anni passati è stata oggetto di deturpamento con l'asportazione e la distruzione di buona parte delle concrezioni, stalattiti e stalagmiti.

Nell'ambito del rilievo Monte Parodi, ed in particolare nella zona della cava di Portoro in progetto, non vi sono grotte censite; le più prossime sono ubicate sul crinale di Carpena – Castè (sprugola del Fondale e grotta di Castè Alto) circa 450 m dalla cava di Portoro in

progetto (a nord oltre il vallone di Carpena), e nel vallone di Biassa (caverna Ossifera di Pegazzano, Caverna della Taggia etc) circa 1000 m a sud.

Inoltre, nell'ambito della cava di Portoro da riaprire non vi sono fenomeni carsici e la lente del materiale pregiato da coltivare non presenta, ovviamente, fessurazioni o fratture significative che lo renderebbero inadatto all'estrazione e alla commercializzazione.

8 – CARATTERISTICHE IDROLOGICHE E METEOCLIMATICHE

Allo scopo di fornire una valutazione di massima sulle quantità di acque in gioco, è stata effettuata una quantizzazione dei volumi di acqua disponibile tramite il calcolo del bilancio idrogeologico del territorio preso in esame.

Per bilancio idrogeologico si intende il calcolo dei singoli parametri che definiscono la seguente equazione:
P = Er + R + I
dove:
P = quantitativi d'acqua di precipitazione (mm annui)
Er = quantitativi d'acqua di evapotraspirazione reale (mm annui)
R = quantitativi d'acqua di ruscellamento superficiale (mm annui)
I = quantitativi d'acqua di infiltrazione efficace (mm annui)

- Calcolo degli apporti idrici (P):

Il calcolo delle precipitazioni atmosferiche medie sull'areale in esame, che sostanzialmente comprende tutto il crinale compreso tra le Cinque Terre, la vallata di Riccò del Golfo e La Spezia, è stato desunto dai dati delle stazioni pluviometriche riportati sugli Annali del Servizio Idrologico che coprono una vasta area attorno all'area di studio.

Le stazioni considerate sono: Levanto (2 m slm)- La Spezia (5 m slm) - Portovenere (20 m slm) - Sarzana (26 m slm) - Piana Battola (30 m slm) - Padivarma (80 m slm) - Riccò (143 m slm) - Montale (149 m slm) - La Foce (241 m slm) - Calice al Cornoviglio (402 m slm) Tavarone (603 m slm).

Il periodo considerato per calcolare l'afflusso meteorico medio (anni idrologico medio) è stato il ventennio 1957 – 1977 (i dati sono riassunti nelle tabelle allegate) confrontato e rapportato con il trentennio 1921 – 1950.

Inoltre, per avere dati il più possibile certi sulle precipitazioni della zona considerata, tenuto conto delle differenti situazioni morfologiche e di altitudine, sono stati ulteriormente elaborati ed infittiti i dati delle stazioni di Padivarma – Riccò La Foce – Piana Battola – Sarzana.

In definitiva, le elaborazioni di cui sopra hanno permesso di definire la pioggia media annua del periodo sulla zona che risulta essere di 1650 mm/a.

La pioggia media mensile più elevata si ha nella stazione di Riccò del Golfo nel mese di Novembre con 234,7 mm.

In allegato è stata riportata anche la "Carta delle precipitazioni medie annue" sulla provincia spezzina per il periodo 1951 – 1965, che conferma i dati elaborati.

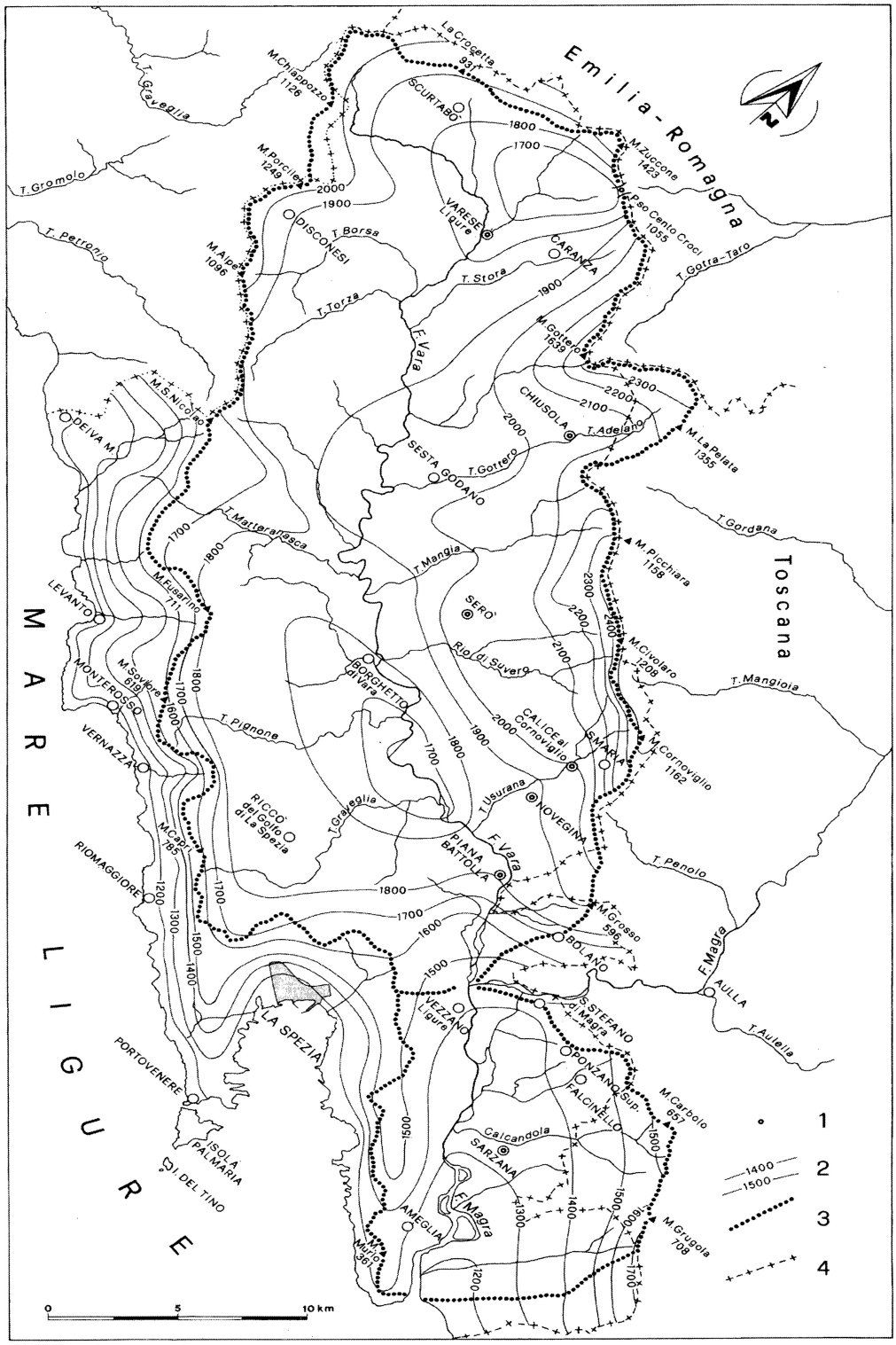


Fig.4 - Carta delle precipitazioni medie annue del quindicennio 1951-1965 della Provincia della Spezia. Legenda: 1. Stazioni pluviometriche; 2. Isoiete e relativi valori in mm; 3. Spartiacque superficiali; 4. Limiti provinciale e regionali.

- **Calcolo dell'evapotraspirazione reale (Er):**

La valutazione dell'evapotraspirazione reale fa parte del bilancio idrologico della zona in quanto rappresenta una perdita effettiva in termini di apporto idrico profondo e superficiale.

Data la finalità dello studio, la valutazione dell'evapotraspirazione reale è stata fatta mediante i comuni metodi empirici utilizzando i dati di temperatura al suolo.

Per le misure termometriche si è fatto riferimento ai dati esistenti ricavati dalle stazioni del Servizio Idrologico, come riportato nelle tabelle allegate.

Dall'esame dei dati termometrici della zona si evidenzia che la temperatura decresce con regolarità sino a quota di circa 250 metri in accordo con la teoria che prevede la diminuzione di T con l'altezza secondo i gradienti locali.

Oltre i 250 metri, la temperatura si mantiene pressoché costante al variare dell'altezza e ciò indica che l'influenza della quota è meno marcata rispetto all'esposizione a mezzogiorno dei versanti.

Per il calcolo dell'evapotraspirazione annuale è stata utilizzata la formula di Turc che è in funzione dell'altezza della pioggia annua (P) e del parametro (L) che si ricava in funzione della temperatura media annua (formula valida per $P/L < 0.316$). Per confronto è stata utilizzata anche la formula di Coutagne.

I valori per le varie stazioni termometriche considerate sono riportati nelle tabelle allegate, mentre per quanto riguarda specificatamente il sito in esame si ha: P = 1650 mm L = 686,4 e il valore dell'evapotraspirazione risulta Er = 638,4 mm/a.

L'evapotraspirazione mensile riferita al mese più piovoso (Novembre) calcolata con la relazione di Thornthwaite, che considera la temperatura media mensile, la radiazione solare che giunge al suolo tramite il coefficiente (α) e l'indice di calore, fornisce un valore medio di 45 mm.

- **Calcolo dell'infiltrazione (I):**

La valutazione dell'infiltrazione, partendo dal dato della precipitazione efficace (pioggia meno evapotraspirazione), è possibile definendo degli opportuni coefficienti (C.i.p. = coefficiente di infiltrazione potenziale) che, tenendo conto delle caratteristiche dei litotipi affioranti, del tipo di permeabilità e di altri fattori, consentono di calcolare la percentuale di acque sottratta al ruscellamento, espressa come percentuale della precipitazione efficace.

I valori numerici dei coefficienti d'infiltrazione sono ricavati da diversi lavori (Raggi; Celico) relativi a zone confrontabili con quella in esame, sia per la litologia che per il clima, e spaziano tra 0 e 70 %.

c.i.p	caratteristiche litologiche
0%	- argilliti, marne e siltiti fissili (scaglia) - argille residuali
20%	- arenarie quarzoso-feldspatiche con intercalazioni argillo-siltose (macigno, arenaria del Gottero) - radiolariti, calcari silicei e calcari marnosi stratificati talvolta con intercalazioni argillose (diaspri)
40%	- calcari stratificati con intercalazioni argillose (calcari a Raethavicula contorta, calcari ad Angulata) - calcari stratificati con rare liste di selce (calcare selcifero, rosso ammonitico, maiolica)
50%	- depositi alluvionali di fondovalle ciottoloso sabbiosi - depositi alluvionali terrazzati costituiti in prevalenza da ciottoli arenacei - detriti di falda, accumuli e coperture detritico-colluviali - depositi di frana: frammenti litoidi con matrice limoso-sabbiosa
70%	- calcari brecciati e dolomie cariate (calcare cavernoso) - calcari compatti o con stratificazione poco marcata (calcare massiccio)

Valori del coefficiente c.i.p. dedotti empiricamente da lavori relativi a zone confrontabili con quella in esame.

In particolare, facendo riferimento ai calcari affioranti nell'areale (da stratificati con intercalazioni di varia natura a massicci) il coefficiente d'infiltrazione potenziale (C.i.p.) che si ricava è compreso tra il 30 e 70 %, con un valore medio di 50%.

Pertanto la quantità d'acqua media che potenzialmente s'infiltra all'anno risulta: I = (P – Er) x C.i.p. = (1650 – 638,4) x 0,50 = 505,80 mm/a.

Nel periodo più piovoso (Novembre) la quantità d'acqua che s'infiltra risulta di Inovembre = 94,85 mm.

Oltre al dato medio è possibile fare una valutazione della quantità di acqua che si infiltra per ogni singolo litotipo presente sul bacino.

Conoscendo l'area Ad del bacino idrogeologico di interesse è possibile risalire alle quantità effettive di acque che si infiltrano:
c.i.p. = [C1 (c.i.p.)1 + c2 (c.i.p.)2 + …….] / Ad
dove:
C1, C2,….. = superfici di affioramento dei complessi idrogeologici
I = (c.i.p.) * D/100.

Tuttavia il calcolo non è sempre semplice in quanto negli affioramenti calcarei sussistono due differenti tipi di infiltrazione: quella diffusa e quella concentrata, come meglio specificato nel capitolo seguente.

- **Calcolo del ruscellamento (R):**

Sulla base dei dati sopra riportati il calcolo della quantità d'acqua che ruscella è semplice e si ricava direttamente dal bilancio idrologico del sito:

P = Er + R + I, da cui R = P – (Er + I) = 505,80 mm/a.

Sostanzialmente, questo valore rispecchia i bilanci idrologici di situazioni in condizioni simili, già ampiamente documentate in letteratura.

In realtà il calcolo dell'infiltrazione e del ruscellamento nelle aree carsiche assume aspetti più complessi che dipendono da molteplici fattori i principali dei quali sono di seguito esaminati.

9 – VALUTAZIONE DELLA PERMEABILITÀ' DELL'AMMASSO ROCCIOSO

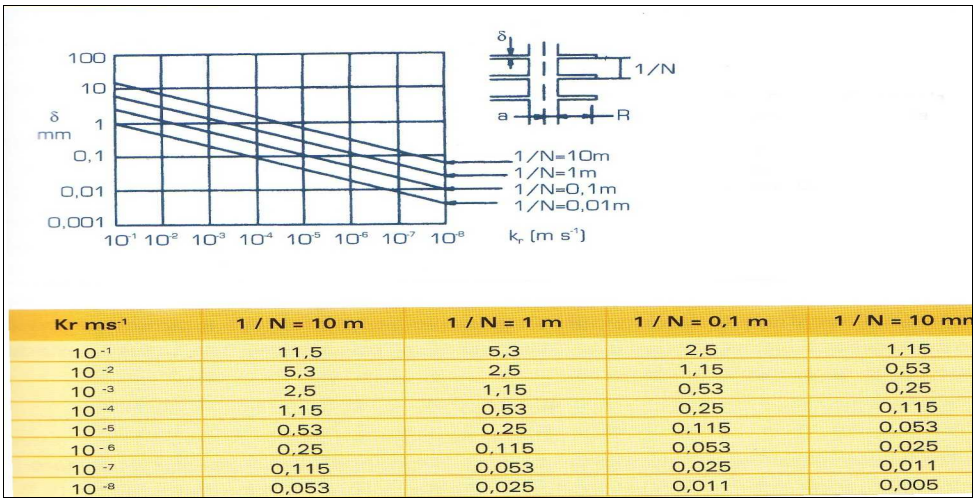
Ammasso roccioso senza carsismo:

Di seguito vengono esaminate le grandezze che descrivono le modalità di scorrimento dell'acqua in terreni calcarei ipotizzando solo le discontinuità del corpo roccioso senza carsismo.

In questo caso l'infiltrazione avviene in modo diffuso, su tutta la superficie infiltrante, durante l'evento piovoso, a differenza di quella concentrata che avviene attraverso le forme carsiche più sviluppate come inghiottitoi e doline.

E' evidente che l'alimentazione di un acquifero (o di una sorgente) dipenderà sia dall'infiltrazione diffusa che da quella concentrata.

Per determinare la conducibilità idraulica di un mezzo fratturato senza carsismo a partire dal rilevamento delle discontinuità presenti nell'ammasso roccioso, è stata utilizzata la formulazione di D.T. Snow, nella forma $k = \gamma * e^3 * N / 12\ \mu$
dove:
e rappresenta l'apertura media delle discontinuità
N rappresenta la frequenza della singola famiglia di discontinuità
γ il peso specifico dell'acqua
μ la sua viscosità dinamica



Kr ms^{-1}	1 / N = 10 m	1 / N = 1 m	1 / N = 0,1 m	1 / N = 10 mm
10^{-1}	11,5	5,3	2,5	1,15
10^{-2}	5,3	2,5	1,15	0,53
10^{-3}	2,5	1,15	0,53	0,25
10^{-4}	1,15	0,53	0,25	0,115
10^{-5}	0,53	0,25	0,115	0,053
10^{-6}	0,25	0,115	0,053	0,025
10^{-7}	0,115	0,053	0,025	0,011
10^{-8}	0,053	0,025	0,011	0,005

Grafico per la determinazione della permeabilità a partire dall'apertura e dalla spaziatura delle discontinuità, e tabella per la valutazione dell'apertura (mm) delle fratture al variare della spaziatura e della permeabilità (D.T. Snow).

Operativamente, per ogni famiglia di discontinuità è stato ricavato il valore di permeabilità equivalente: $k_e = (k_1\ k_2\ k_3)^{1/3}$

Successivamente, secondo le ipotesi dell'autore, è stato possibile ricavare la velocità di scorrimento dell'acqua: V = k grad(J)
dove J è il gradiente idraulico.

Da una valutazione di larga massima sui terreni calcarei della Serie toscana risulta che sono

interessati da un sistema di lineazioni che corrispondono a delle fratture (K_1 e K_2) e da una stratificazione complessivamente omogenea (N33/30).

Il sistema di fratture K_1, con direzione N132/88, si presenta con una spaziatura da centimetrica a decimetrica, mentre K_2, con direzione N310/84, ha spaziatura di 30 cm.

In base alla spaziature dei tre sistemi di discontinuità è stato possibile definire il numero medio di discontinuità presenti in un metro cubo, pari a Jv=17 e quindi poter valutare la permeabilità dall'ammasso roccioso.

In definitiva, l'ammasso roccioso in questione ha i seguenti valori di permeabilità per ciascuna famiglia di discontinuità:

K_{s0}	K_{k1}	K_{k2}	K_e	V
8,33 10^{-7} m/s	4,17 10^{-7} m/s	2,08 10^{-5} m/s	1,96 10^{-6} m/s	1,11 10^{-4} m/s

Ammasso roccioso con carsismo:

La quantificazione di larga massima dell'infiltrazione concentrata viene effettuata stabilendo appositi coefficienti espressi come percentuale del deflusso superficiale (c.i.c. = coeff. d'infiltrazione concentrata) per il bacino preso in considerazione.

Detti coefficienti variano da 0 (assenza di elementi di infiltrazione in grande) a 100% (in presenza di bacini chiusi, inghiottitoi, doline etc).

In particolare per le acque dei bacini che affluiscono nella piana di Caresana e di San Benedetto, che sono bacini endoreici, il valore del c.i.c. è pari a 100 %, poiché tutte le acque che vi affluiscono vanno ad alimentare l'acquifero calcareo sotterraneo.

Per i bacini del versante del golfo della Spezia, poiché hanno notevole pendenza ed in alcuni casi il corso d'acqua è stato in parte impermeabilizzato (fosso Canivella), il valore di c.i.c. è pari a zero.

Per gli altri bacini il valore di c.i.c. È stato valutato variabile tra il 20 e l'80 % in rapporto alla litologia, morfologia, zone fagliate/fessurate e/o fratturate.

Da tutti questi dati e con i valori rilevati direttamente dalle emergenze sprugolari nel golfo della Spezia, il valore medio della permeabilità dell'ammasso roccioso con fenomeni carsismo può essere stimato in Kc = 8 x 10E-3 m/s

Volumi di infiltrazione:

Sulla base dei dati a disposizione è possibile effettuare una stima di larga massima degli apporti di acqua che si infiltra e va ad alimentare l'acquifero calcareo considerato.

Considerando le superfici dei vari bacini calcarei, il volume complessivo medio annuo che si ottiene considerando l'infiltrazione diffusa (c.i.p) e quella concentrata (c.i.c.) ammonta a circa 18.000.000 mc/a e una portata media istantanea di circa Qin = 570 l/s.

10 – SORGENTI CENSITE PRESSO L'AMM.NE PROVINCIALE DELLA SPEZIA

Come richiesto espressamente nella lettera di integrazioni, è stata fatta una indagine sulla presenza di sorgenti, presso il competente ufficio dell'Amm.ne Provinciale della Spezia.

Da tale indagine, che ha interessato una superficie di circa 10 Kmq attorno al sito di cava, è emerso che le sorgenti censite sono 8, ubicate come in planimetria allegata a scala !:10.000.

Sulla stessa carta è stato delimitato l'affioramento calcareo e ubicata la cava di Portoro in progetto.

Da ciò si evince chiaramente che tutte le sorgenti censite sono poste al di fuori dell'area di affioramento del calcare ed in particolare sulle pendici est e ovest del crinale delle Cinque Terre ove affiora l'Arenaria Macigno.

Pertanto, in base alla situazione geologica e idrogeologica del comprensorio e da quanto sarà meglio specificato nel paragrafo successivo, l'alimentazione di dette emergenze idriche è legata ad acquiferi presenti all'interno dell'Arenaria Macigno, nei rilievi di Monte Verrugoli, Monte Grosso e Monte Galera, senza interessare in alcun modo l'ammasso calcareo.

La portata di queste sorgenti non è elevata e mediamente non superano qualche litro al secondo.

11 – LIMITI DELL'ACQUIFERO CALCAREO – SORGENTI – BILANCIO IDROGEOLOGICO

Sulla base della situazione geologica, stratigrafica e di permeabilità delle rocce, i limiti dell'acquifero calcareo sono facilmente identificabili e sinteticamente sono:

- ad ovest: il contatto tra la Serie Calcarea e la Scaglia Toscana/Macigno;
- ad Est: il contatto tettonico (per faglia) con la Formazione delle Arenarie del Monte Gottero della Serie Ligure;
- a nord: la serie di faglie a monte dell'allineamento M. Carmo – Riccò del Golfo.

Pertanto, tenuto conto della conformazione e giacitura della serie calcarea, le acque che si infiltrano sui rilievi montuosi tendono a scorrere verso est sino ad incontrare la faglia che dal centro del Golfo della Spezia si estende sin oltre Pignone, e quindi riemergere sotto forma di sorgenti e sprugole.

A proposito di sorgenti, occorre specificare che oltre a quelle censite presso l'Amm.ne Provinciale della Spezia, vi sono altre scaturigini che, in parte sono state censite dal sottoscritto per questo lavoro e in occasione di precedenti indagini idrogeologiche sul territorio, ed in parte sono state oggetto di pubblicazioni.

Pertanto, anche ai fini di una analisi più completa e una valutazione del bilancio idrogeologico del comprensorio calcareo più realistico possibile, sono state considerate tutte le sorgenti conosciute presenti nel territorio preso in esame come riportato nella Carta Geomorfologica e Idrogeologica del comprensorio, redatta a scala 1:10.000 e ridotta a scala 1:25.000.

L'indagine effettuata ha confermato pienamente lo schema idrogeologico sopra riportato ed ha permesso di individuare numerose emergenze idriche e di valutarne la portata.

Per una migliore comprensione del lavoro è però necessario definire la tipologia delle emergenze idriche in:

- sorgenti emergenti ed alimentate da rocce in acquifero non calcareo;
- sorgenti emergenti ed alimentate da rocce con acquifero calcareo;
- sprugole (anche sottomarine)
- scaturigini d'acqua provenienti da drenaggi profondi (es gallerie).

Facendo riferimento alla Carta Geomorfologica e Idrogeologica allegata e alla Carta delle sorgenti censite presso l'Amm.ne Provinciale (scala 1:10.000) , le emergenze idriche che sono presenti sui versanti del crinale delle Cinque Terre e nella zona di Biassa, Osteria Paradiso, e Codeglia sono alimentate da acquiferi presenti in rocce prevalentemente arenacee (Macigno).

Le condizioni di affioramento sono generalmente per contatto o per frattura/faglia e la portata media è di norma non superiore ad alcuni litri al secondo.

Le sorgenti alimentate dall'acquifero calcareo sono presenti sul settore orientale dei rilievi calcarei, a quote generalmente basse (o emergono dalla copertura della piana alluvionale) e in alcuni casi scaturiscono da cavità carsiche come la Bocca Lupara e la Nimpharum Domus.

In realtà le sorgenti vere e proprie affioranti sono poche e tale situazione è legata soprattutto a modificazioni create da interventi antropici come la realizzazione di gallerie e inalveamenti che hanno fatto abbassare il livello della falda a causa dei drenaggio profondi operati dalle opere con prosciugamento di buona parte delle scaturigini che affioravano lungo le valli dei torrenti defluenti al Golfo.

In particolare si citano le due gallerie ferroviarie La Spezia – Genova, la galleria SNAM che da Panigaglia (Portovenere) giunge a San Benedetto e la galleria Buggi Monesteroli e la galleria della SS370.

Le gallerie ferroviarie La Spezia – Genova (5 – 7 Km di lunghezza), realizzate alla fine dell'ottocento e inizi del '900, attraversano perpendicolarmente tutta la serie dei terreni della serie Toscana presenti nel promontorio occidentale del golfo.

La stessa situazione si ha per la galleria Buggi Monesteroli (5 Km di lunghezza) che, realizzata attorno agli anni '40 doveva convogliare la rete fognaria della città della Spezia verso il mare aperto delle Cinque Terre.

Ad aumentare il drenaggio profondo è presente anche la galleria ove passa il metanodotto SNAM realizzata negli anni '70 e che da Panigaglia (Portovenere) adduce il gas liquefatto verso la valle di Porcale (Riccò del Golfo) e poi al Nord Italia, tracciata quasi perpendicolarmente alle precedenti, ma con quota leggermente più alta.

Invece il fosso Canivella (vallone di Biassa) è stato in buona parte inalveato e impermeabilizzato per impedire l'infiltrazione delle acque fluenti verso la sottostante galleria ferroviaria.

Per quanto riguarda la galleria della strada Litoranea (SS370) si precisa che attraversa solo terreni arenacei e pertanto il drenaggio operato resta al di fuori del sistema carsico in esame

Alle gallerie sopracitate si associano importanti drenaggi delle acque dell'acquifero calcareo, ed infatti, da esse scaturiscono notevoli quantità d'acqua.

Si tratta delle sorgenti per drenaggio artificiale che scaturiscono in località Canneto e Monesteroli (lato Cinque Terre), e a Vappa (lato SP).

Infine, le emergenze sprugolari e sottomarine scaturiscono sia nella piana della città della Spezia che in mare. Esse sono: la Sorgete Maggiola (a Rebocco), la Polla di Cadimare – la Polla di Fezzano – Sprugola dell'Arsenale e lo Sprugolotto Cozzani.

Alcune di queste (lato Fezzano - Cadimare) sono state interrate con colmamento delle zone costiere per creare piazzali; altre sono presenti all'interno dell'Arsenale M.M., altre sono

presenti nell'ambito cittadino.

Per quanto riguarda le portate medie delle principali emergenze utili ai fini di una valutazione del bilancio idrogeologico, dai dati a disposizione si ha:

- Sorgente Maggiola = 100 l/s
- Sorgente Freddura = 4 l/s
- Bocca Lupara = 0,5 l/s
- Nimpharum Domus = 3,5 l/s
- Canneto = 30 l/s
- Vappa = 30 l/s
- Monesteroli = 110 l/s
- Polla di Cadimare = 110 l/s
- Polla di Fezzano = 50 l/s
- Sprugola dell'Arsenale = 80 l/s
- Sprugolotto Cozzani = 80 l/s.

In totale la portata media annua di queste emergenze idriche ammonta a circa 18.900.000 mc /a ed una portata media istantanea di circa Qi= 598 l/s.

In conclusione è possibile tracciare un bilancio idrogeologico dell'acquifero calcareo considerato rapportando il valore dei volumi di apporto per infiltrazione con quelli in uscita dalle emergenze idriche.

I calcoli dimostrano un buon accordo poiché, a fronte di un volume medio annuo in arrivo nell'acquifero per infiltrazione di circa 18.000.000 mc, la quantità di acqua in uscita è dell'ordine di 18.900.000 mc.

11– CAVE, CARSISMO E SCORRIMENTO DELLE ACQUE

Nell'ambito dello studio sono state censite ed esaminate anche le cave presenti nell'areale considerato in modo da valutarne l'influenza ai fini del sistema carsico e idrogeologico.

Le cave censite sono 31, delle quali solo quattro sono tuttora in attività; tutte le altre sono da tempo esaurite e talvolta non più identificabili.

Queste ultime sono quelle aperte alla metà del 1800 per la costruzione dell'Arsenale della Marina Militare e della città stessa.

Altre, come quelle per la ricerca di marmo Portoro, sono più recenti (primi anni del 1900) e abbandonate attorno agli anni '60 – '80, come quella del Monte Parodi che si intende riaprire.

Altre sono ancora più recenti e chiuse da alcuni anni, come quella di monte Santa Croce.

Infine vi sono altre quattro cave sul crinale delle Cinque Terre da cui si estraeva arenaria e che anch'esse sono chiuse da decenni.

Per quanto riguarda il rapporto tra cave e regime idrogeologico e carsismo, occorre sottolineare che non vi è interferenza in quanto tutte le cave di calcare esaminate sono superficiali e pertanto non creano particolari interferenze con lo scorrimento profondo delle acque che vanno a costituire l'acquifero calcareo.

Infatti, sulla base di quanto espresso e dai rilievi fatti, non vi sono falde acquifere nei livelli superficiali raggiunti dall'escavazione ed inoltre la circolazione è veloce, di tipo anisotropo e condizionata anche dai drenaggi profondi operati dalle citate opere.

Alcune cave aperte nei secoli scorsi al piede dei rilievi hanno messo in luce alcune cavità carsiche come è il caso della Grotta della Madonna e della Grotta ossifera di Pegazzano.

12– INTERAZIONI TRA CAVA DI PORTORO IN PROGETTO ED AREA CARSICA

Passando a trattare specificatamente la cava di Portoro in questione, si sottolinea l'inesistenza di qualsiasi interferenza con il regime idrogeologico locale e con cavità carsiche.

Infatti, come già trattato, la zona di coltivazione è costituita da una lente di portoro, sana e compatta senza cavità carsiche e tale da ritenersi praticamente impermeabile all'infiltrazione.

Per altro l'estensione dell'affioramento da coltivare ha una superficie di circa 3.000 mq, del tutto insignificante ai fini della variazione del bilancio idrogeologico sopra riportato.

In ogni caso la regimazione idrica superficiale che sarà data alla sistemazione dell'area è tale da non modificare l'attuale reticolo idrografico e quindi l'infiltrazione.

Questa situazione è ben visibile nelle cartografie di dettaglio allegate a scala 1:5000, in cui si evince che nell'areale di cava e nei dintorni non vi è reticolo idrografico in quanto la stessa si pone su alto morfologico, ed inoltre non vi sono grotte.

In conclusione, sulla base di quanto illustrato nel presente studio si può affermare che l'interferenza tra l'attività estrattiva proposta e regime idrogeologico è praticamente nulla.

Il progettista
Dott. Geologo Luca Piaggi

13– ALLEGATI

- CARTA D'INQUADRAMENTO DELLA CAVA DI PORTORO
- CARTA DELLE SORGENTI CENSITE PRESSO L'AMM.NE PROVINCIALE
- CARTA GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA
- CARTA IDROGRAFICA E DELLE CAVITA' CARSICHE DI DETTAGLIO
- CARTA GEOLOGICA DI DETTAGLIO
- CARTA IDROGEOLOGICA DI DETTAGLIO
- TABELLE DELLE CARATTERISTICHE METEOCLIMATICHE DELLA ZONA