

COMUNE DI SPINONE AL LAGO

PROVINCIA DI BERGAMO

STUDIO GEOLOGICO DEL TERRITORIO

COMUNALE AI SENSI DELLA L.R. 41/97

RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA

I TECNICI:

Dr. geol. MARIO SPADA

Dr. geol. GIAN MARCO ORLANDI

Con la collaborazione di: Dr. geol. SUSANNA BIANCHI

FEBBRAIO 2004

INDICE

CAPITOLO PRIMO INQUADRAMENTO GENERALE	3
1.0 PREMESSE.....	4
1.1 METODOLOGIA DI LAVORO.....	5
1.2 PRESENTAZIONE DEL TERRITORIO	8
1.3 CRONISTORIA ANALISI GEOLOGICHE E ADEMPIMENTI PAI.....	10
1.4 PROBLEMATICHE GEOLOGICHE STORICHE DEL COMUNE	13
1.5 INQUADRAMENTO METEO - CLIMATICO	17
1.6 ELABORAZIONI CLIMATICHE ED IDROLOGIA.....	21
CAPITOLO SECONDO DESCRIZIONE DELLE CARTE TEMATICHE.....	23
2.0 DESCRIZIONE CARTE TEMATICHE - PREMessa	24
2.1 CARTA DI INQUADRAMENTO GEOLOGICO E STRUTTURALE.....	25
2.1.1 <i>ASSETTO GEOLOGICO STRUTTURALE.....</i>	<i>30</i>
2.2 CARTA GEOMORFOLOGICA.....	32
2.3 CARTA DELL'IDROGRAFIA SUPERFICIALE	37
2.3.1 <i>GENERALITA' SULLA PORTATA DI MASSIMA PIENA DELLE VALLI.....</i>	<i>49</i>
2.3.2 <i>CALCOLO DELLA PORTATA DI MASSIMA PIENA DELLE VALLI</i>	<i>53</i>
2.4 CARTA IDROGEOLOGICA	62
2.4.1 <i>ASSETTO IDROGEOLOGICO DEL COMUNE</i>	<i>65</i>
2.4.2 <i>SORGENTI AD USO POTABILE DEL COMUNE.....</i>	<i>69</i>
2.4.3 <i>DELIMITAZIONE DELLE AREE DI SALVAGUARDIA.....</i>	<i>70</i>
2.4.4 <i>ACQUE MINERALI.....</i>	<i>75</i>
2.5 CARTA DEI MANUFATTI E DELLE OPERE ANTROPICHE	77
2.6 CARTA DEI VINCOLI	81
2.7 CARTA DI DETTAGLIO	87
2.8 CARTA DI SINTESI.....	93
2.9 CARTA DI FATTIBILITA'	102
2.9.1 <i>QUADRO GENERALE</i>	<i>102</i>
2.9.2 <i>MODALITA' DI REDAZIONE DELLA CARTA.....</i>	<i>103</i>
2.9.3 <i>COMMENTO DELLE CLASSI DI FATTIBILITA'</i>	<i>106</i>
CAPITOLO TERZO CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE ED ALLEGATI....	114
3.0 COMMENTO E MODALITA' DI UTILIZZO DEL PRESENTE PIANO.....	115
3.1 VALUTAZIONI SULLA VARIANTE DI P.R.G.	117
3.2 ALLEGATI.....	118

COMUNE DI SPINONE AL LAGO

STUDIO GEOLOGICO DEL TERRITORIO COMUNALE -

L.R. n° 41 del 24/11/97

CAPITOLO PRIMO

INQUADRAMENTO GENERALE

1.0 PREMESSE

Il presente lavoro ci è stato commissionato dal Comune di Spinone al Lago e riguarda la predisposizione dello studio geologico del territorio Comunale ai sensi della L.R. 41/97 e successive delibere applicative, di supporto della variante generale di P.R.G. in corso di predisposizione da parte del dr. arch. Michele Faglia e del dr. arch. Romeo Paleari.

Questo studio deve:

- individuare tutti gli elementi di caratterizzazione del territorio dal punto di vista geologico, geologico-tecnico, geomorfologico ed idrogeologico
- individuare le aree delicate e/o potenzialmente a rischio per problematiche di carattere geologico
- verificare la congruità o meno degli strumenti urbanistici vigenti con i risultati dello studio
- indirizzare i Progettisti del nuovo P.R.G. nelle scelte di programmazione e pianificazione.

Il presente elaborato è uno strumento a supporto della pianificazione e della programmazione urbanistica, per cui ha lo scopo di raccogliere i dati ed i parametri geologici principali nella globalità del Comune per evidenziare vocazioni e limitazioni d'uso del territorio.

Si tratta chiaramente di un documento in parte interpretativo.

Si è cercato di ridurre al minimo la parte interpretativa ampliando al massimo la quantità e la qualità dei dati raccolti e valutandoli in funzione delle esperienze acquisite nel tempo sul campo dei problemi ambientali e del territorio.

I risultati emersi sono stati discussi con gli Amministratori del Comune per ulteriore verifica e per utilizzare al meglio l'esperienza storica e la conoscenza del territorio degli Stessi.

Si precisa che questo strumento non può e non deve in alcun modo essere considerato sostitutivo delle indagini geologiche, idrogeologiche e geognostiche puntuali e di dettaglio per la pianificazione attuativa e per la progettazione esecutiva previsti dal D.M. 11/03/88, nonché per le indagini previste dalla nuova normativa antisismica (il Comune di Spinone al Lago è stato recentemente inserito in zona sismica n° 3), in quanto si tratta di indagine in ampio e non in dettaglio.

1.1 METODOLOGIA DI LAVORO

Per i criteri di indagine e l'individuazione dei contenuti essenziali del presente studio geologico ci si è rifatti principalmente alla Delibera della Giunta della Regione Lombardia n° 7/6645 del 29 ottobre 2001 "Approvazione delle direttive per la redazione dello studio geologico ai sensi dell'art. 3 della L.R. 41/97", oltre che alle altre leggi, sia statali che regionali, in materia di difesa del suolo e protezione dai dissesti idrogeologici e sismici (L. 183/89, L.R. 33/88, L. 102/90, L.267/98, ecc.).

Il presente lavoro è articolato nel seguente modo:

- *Relazione tecnica illustrativa:*
 - capitolo 1: dati generali di inquadramento del Comune e individuazione, su base storica, delle principali problematiche idrogeologiche
 - capitolo 2: commento e discussione delle carte tematiche
 - capitolo 3: considerazioni conclusive, riferimenti normativi ed allegati

- *Documentazione cartografica:*

- Tavola 1: Carta geologica, scala 1:5.000
- Tavola 2: Sezione geologica, scala 1:2.500/1:2.000
- Tavola 3: Carta geomorfologica, scala 1:5.000
- Tavola 4: Carta dell'idrografia superficiale, scala 1:5.000
- Tavola 5: Carta idrogeologica, scala 1:5.000
- Tavola 6: Sezione idrogeologica, scala 1:2.500/1:2.000
- Tavola 7: Carta dei manufatti e delle opere antropiche, scala 1:5.000
- Tavola 8: Carta dei vincoli, scala 1:5.000
- Tavola 9: Carta di dettaglio, scala 1:2.000
- Tavola 10: Carta di sintesi, scala 1:2.000
- Tavola 11: Carta di fattibilità geologica, scala 1:2.000

Il lavoro è stato svolto secondo i riferimenti normativi citati, operando scelte autonome e varianti rispetto agli standard proposti in fase di rilevamento, di scale di rappresentazione e di argomenti trattati per rendere l'elaborato il più chiaro e completo possibile.

Nelle prime fasi del lavoro è stata effettuata la raccolta e la valutazione dei dati geologici disponibili sia su pubblicazioni scientifiche che da precedenti lavori eseguiti sul territorio comunale, nonché tutti i documenti di riferimento in materia di difesa del suolo, come previsto dalla normativa vigente (P.A.I., carte inventario dei fenomeni franosi della Regione Lombardia, P.T.C.P. della Provincia di Bergamo, ecc.).

I dati sono stati raccolti presso l'archivio comunale, la Regione Lombardia, la Provincia di Bergamo, la Comunità Montana Valle Cavallina, l'Università di Milano –

Dipartimento di Scienze della Terra, varie altre Biblioteche scientifiche e presso le Fonti San Carlo.

Insieme è stato portato avanti il rilevamento geologico dell'intero territorio comunale alla scala 1:5.000 e 1:2.000.

Per la cartografia di rilievo e di rappresentazione sono state utilizzate:

Scala 1:25.000 - Carte I.G.M. foglio 33 II NE

Scala 1:10.000 - Carta Tecnica Regione Lombardia, carte C5d1 – C5e1

Scala 1:5.000 – 1:2.000 base cartografica da rilievo aerofotogrammetrico della Comunità Montana Valle Cavallina

Tutti i dati sono stati informatizzati con l'utilizzo di un GIS (Arc-View 3.2), in coerenza con le prescrizioni della Regione Lombardia ed anche per poter implementare il sistema di gestione del territorio Comunale anche con la parte urbanistica, per la quale è stato utilizzato il medesimo strumento informatico.

Nel quadro complessivo del territorio Comune non sono state evidenziate aree con caratteristiche di pericolosità per le quali eseguire le analisi di dettaglio secondo la procedura della D.G.R. 29/10/2001 n° 7/6645, questo anche perché sulle aree di conoide segnalate dal PAI le analisi di dettaglio sono già state condotte e verificate dalla Regione (vedi par. 1.4) ed in questa fase vengono riprese senza modifiche ulteriori.

I fenomeni di dissesto idrogeologico che potrebbero interessare l'abitato sono di dimensioni contenute, di geometria ben nota e in molti casi sono già stati oggetto di studi geologici o, anche, di interventi di sistemazione, per cui le perimetrazioni sono state ritenute attendibili.

Altri dissesti, o perché lontani da centri abitati o perché di dimensioni ridotte o perché non di recente attivazione, non hanno richiesto l'applicazione delle procedure di cui sopra.

1.2 PRESENTAZIONE DEL TERRITORIO

Il territorio comunale di Spinone al Lago si trova nella media val Cavallina e si estende sulla sponda destra del Lago d'Endine, con decorso prevalente nord-est / sud-ovest.

La superficie totale del Comune è di 1,98 Km² e lo stesso ha una popolazione di circa 700 abitanti.

I limiti amministrativi del Comune sono: ad est con Monasterolo del Castello, a sud con Casazza, ad ovest con Gaverina e Bianzano ed a nord con Ranzanico e Bianzano.

L'escursione altimetrica del territorio è di circa 250 metri, dai 335 metri della sponda del Lago d'Endine ad una quota massima di circa 580-590 m. al di sotto dell'abitato di Bianzano.

Il nucleo abitato è distribuito per la quasi totalità sulla fascia di depositi che dai piedi delle pendici montuose degradano verso il lago; al di sopra sono presenti solo alcune cascine sparse e la frazione di Boffalora, sul crinale che separa la valle del Tuf dalla valle dei Careggi.

La morfologia del territorio è molto caratteristica: la parte inferiore è subpianeggiante e costituisce la sponda del lago d'Endine, al di sopra la pendenza aumenta leggermente fino alle prime pareti rocciose, pareti che costituiscono tutta la fascia a nord-ovest dell'abitato e che salgono con pendenze elevate per circa 200 metri.

Al di sopra la pendenza spiana nuovamente e si individua il pianoro su cui sorge il soprastante abitato di Bianzano, a tergo del quale le pareti rocciose riprendono fino a salire alla sommità del Monte Crocione a quota 998 m. s.l.m.

Il territorio è solcato da una serie di corsi d'acqua a carattere torrentizio, di breve tracciato, bacino contenuto ma con pendenze molto elevate, che attraversano il territorio con andamento circa nord-ovest / sud-est.

Di tali corsi d'acqua si parlerà diffusamente in seguito, perché rappresentano uno degli aspetti di maggiore attenzione del territorio.

La conformazione del territorio sopra descritta deriva principalmente dall'assetto geologico e strutturale: l'abitato principale sorge su depositi di natura glaciale e/o di conoide, mentre dove iniziano le pendici montuose iniziano anche i primi affioramenti rocciosi.

Elemento caratterizzante del territorio di Spinone al Lago è certamente la presenza del Lago di Endine, fonte di attrazione turistica.

Si tratta di piccolo bacino di origine glaciale che presenta le seguenti caratteristiche (come desunte dagli studi dell'Istituto di Idrobiologia di Pallanza):

- bacino del Lago	kmq	2,340
- lunghezza	km	6,080
- larghezza massima	km	0,670
- larghezza minima	km	0,104
- profondità massima	m	9,40

1.3 CRONISTORIA ANALISI GEOLOGICHE E ADEMPIMENTI PAI

- L'Amministrazione Comunale ha sempre tenuto in grande considerazione le problematiche di carattere idrogeologico, tanto che al momento della predisposizione del P.R.G nel 1984 (Piano adottato poi nel 1986 ed approvato nel febbraio 1989 con D.G.R n° 40297) si era già dotato, in tempi in cui ancora quasi nessuno lo faceva, di uno studio geologico, redatto da uno degli scriventi, del territorio per la definizione delle aree a rischio. Tale delimitazione è stata recepita nella tavola degli azzonamenti del P.R.G. dell'arch. Faglia in cui erano individuati i "terreni con classe di stabilità geologica scarsa o molto scarsa". Tali aree sono appositamente normate dall'art. 22.3 delle N.T.A. "nelle aree individuate, in base alle indagini geologiche, sulla stabilità nella classe 4 o 5, nuovi interventi edilizi e di urbanizzazione potranno essere realizzati esclusivamente previo apposito studio geologico-tecnico che ne verifichi la fattibilità", norma che anticipa anche tutte le successive disposizioni legislative nel settore. Le aree individuate nello studio del 1984 riguardano principalmente la parte alta dei bacini idrografici delle valli comunali, alcune della quali da allora sono state oggetto di interventi di sistemazione, altre sono ancora in situazione di degrado ed in attesa di sistemazione. Tale studio, seppur da adeguare in base alle recenti normative, Regionali (come già previsto per la variante generale) ha condizionato in maniera corretta la successiva pianificazione urbanistica.
- La prima versione del P.A.I., in pubblicazione nei Comuni alla fine del 1999, segnalava nel territorio una serie di "aree di conoidi attivi o potenzialmente attivi non protetti da opere di difesa e di sistemazione a monte (pericolosità molto

elevata)” che interessavano una porzione molto ampia del territorio e praticamente la totalità della zona edificata, ubicata nella stretta fascia tra le pendici collinari ed il lago.

- Il Comune, a fine 1999, ha presentato alla Regione Lombardia una serie di osservazioni a quanto indicato dal P.A.I., sia in termini di richiesta di stralcio di alcune aree sia in termini di inserimento di alcune aree con problematiche idrogeologiche rilevanti, non inserite. La richiesta di stralcio riguardava alcune conoidi, in particolare il passaggio delle stesse a Cn (conoide protetta), motivando la richiesta con una serie di recenti interventi di sistemazione idraulica delle stesse, finanziate con soldi pubblici e già realizzate. La Regione Lombardia ha ritenuto di accogliere le osservazioni presentate dal Comune e di trasmetterle in Autorità di Bacino con parere favorevole all'accoglimento ed alla modifica della cartografia P.A.I..
- Nel 2001 l'ultima versione del P.A.I. approvata dall'Autorità di Bacino in seguito alla verifica di tutte le osservazioni ha accolto integralmente quanto segnalato dal Comune di Spinone al Lago, con la realizzazione di una tavola del dissesto alla scala 1:10.000, immediatamente in salvaguardia, con inserite le aree di dissesto indicate nelle osservazioni e segnalando le due conoidi interessanti la parte centrale del Comune (valle dei Panni e valle Camos-Cimitero) come Cn “aree di conoide protetta”. La carta alla scala 1:25.000, non modificata rispetto all'iniziale, manteneva ancora altre aree di conoide attiva non protetta Ca (valle Careggi – valle Pacifec e valle Spineda fra loro coalescenti).

- Nella prima metà del 2002 il Comune di Spinone ha affidato agli Scriventi l'incarico di redigere e di predisporre le analisi e gli studi di maggior dettaglio sulle due aree di conoide attiva ancora inserite nel P.A.I., per definirne in maniera precisa e puntuale la pericolosità. Lo studio completo, con la proposta di ripermimetrazione delle aree di conoide attiva e di aggiornamento del quadro del dissesto del P.A.I. in base al comma 5.3 della D.G.R. 11/12/2001 n° 7/7365 è stato presentato alla Regione Lombardia per le verifiche di competenza.
- Nel gennaio 2003 la Regione Lombardia – Struttura geologia per la pianificazione ha completato l'iter istruttorio e di verifica con la presa d'atto sugli studi eseguiti con lettera prot. n° z1.2003.01195. Il Comune di Spinone al Lago ha poi proceduto al recepimento degli studi, della carta di fattibilità e delle relative norme tecniche (per la parte delle conoidi studiate) con un'apposita variante di P.R.G., completando l'iter P.A.I..
- Nella D.d.u.o. 11 febbraio 2003 n° 1620 “Attuazione del PAI in campo urbanistico, Adempimenti di cui alla d.g.r. 11 dicembre 2001 n° 7365” il Comune di Spinone al Lago è stato incluso nella tabella B2 “Elenco dei *Comuni che hanno perfezionato l'iter istruttorio ai sensi del punto 5.3 della d.g.r. n° 7365/01, presentando proposte di ripermimetrazione dei dissesti puntuali*”.
- Con il presente studio geologico di tutto il territorio Comunale, collegato ad una variante generale di P.R.G., ci si ripropone lo scopo di riprendere le analisi già eseguite e completarle anche in merito agli altri aspetti di rischio idrogeologico ed idraulico ed estendere le valutazioni a tutto il territorio.

1.4 PROBLEMATICHE GEOLOGICHE STORICHE DEL COMUNE

La situazione geologica ed idrogeologica del territorio comunale è sicuramente delicata, anche per la particolare conformazione geologica e morfologica: la parte montuosa è molto acclive, costituita prevalentemente da argilliti (“Argillite di Riva di Solto” in facies tipica), molto vicina alle aree abitate in riva al lago, costituite da depositi di varia natura e genesi.

La stessa è solcata da una serie di valli a carattere torrentizio, di piccole dimensioni ma in grado, durante piogge intense, di scaricare verso valle rilevanti quantità di acqua e materiali in trasporto solido.

Nella zona che lambisce il lago sono presenti depositi a prevalente natura limoso-argillosa, con anche la presenza di vere e proprie aree palustre, con torbe nella zona della valle dei Careggi.

Nello studio geologico di supporto al PRG degli anni '80 erano già state individuate una serie di aree con problemi di instabilità geologica, ubicate principalmente nella parte alta dei bacini idrografici delle valli comunali.

I principali fenomeni di dissesto idrogeologico che hanno interessato in passato il Comune sono in genere legati a problemi di erosione accelerata lungo gli alvei torrentizi, dissesti sulle sponde e sul fondo, in genere nella parte medio alta dei bacini idrografici.

Per quanto riguarda problemi idraulici si è in genere trattato di limitati fenomeni di esondazione delle acque, per problemi di intasamento (legati a mancata pulizia e/o manutenzione) od insufficienza di alcune opere idrauliche.

Per molte vallette la situazione è migliorata in seguito ai recenti interventi realizzati. Non sono, invece, stati osservati fenomeni di trasporto in massa su conoide, debris flow e/o fenomeni analoghi di particolare rilevanza.

Quasi tutte le valli sono state oggetto nel passato (anni 60-70) di interventi di regimazione idraulica (soprattutto briglie, muri spondali, ecc.) ad opera principalmente del Corpo Forestale dello Stato ed in parte del Genio Civile.

In seguito la successiva manutenzione delle opere non è stata eseguita per lungo tempo, anche per il passaggio delle competenze (anni 75-90) dallo Stato alla Regione, ma le stesse opere hanno comunque sostanzialmente tenuto.

In questi ultimi anni il Comune, proprio per la sua attenzione al territorio, ha richiesto ed ottenuto una serie di finanziamenti per la regimazione idraulica delle valli (pulizia opere esistenti, nuove opere trasversali e longitudinali in alveo) ed idrogeologica dei versanti (sistemazione di dissesti, scoronamenti, ripiantumazione aree in erosione).

Durante le ultime alluvioni si sono ancora verificati limitati problemi, proprio legati alle valli sopra citate, con particolare riferimento alla valle del Tuf ed alla valle Careggi, non oggetto di interventi di sistemazione in tempi recenti.

In sede di osservazioni alla prima versione P.A.I. il Comune stesso ha segnalato alcune problematiche di carattere geologico, che sono le principali aree oggetto di preoccupazione e di attenzione:

- *Situazione di dissesto idrogeologico in Valle del Tuf*

E' sicuramente una delle situazioni di dissesto che di maggiore preoccupazione.

La valle nella sua parte medio-alta è in stato di degrado accentuato in rapida evoluzione: la maggior parte delle molte opere idrauliche esistenti (briglie in cls e

briglie in gabbioni) sono gravemente deteriorate e/o distrutte, il fondo e le sponde sono in forte erosione e sono presenti vari dissesti e scoronamenti.

La valle è già stata oggetto di segnalazioni di rischio ed è stato effettuato, dalla Comunità Montana Valle Cavallina, uno studio idrogeologico con progetto preliminare di sistemazione, cui sarebbe importante dare corso per intervenire in tempi brevi, prima che la situazione subisca un ulteriore peggioramento.

Nella valle del Tuf è noto un dissesto di discrete proporzioni avvenuto nel 1933, nella parte mediana del bacino della valle, che causò la demolizione di un albergo di proprietà delle Fonti San Carlo, utilizzato nel periodo per l'attività termale.

- *Zona paludosa “Mamì” o “Careggi”*

Si tratta di una zona umida, con caratteristiche di palude, ubicata nei pressi della confluenza nel fiume Cherio delle acque dei torrenti Tuf e Careggi.

La zona è stata oggetto di bonifica da parte degli Austriaci nel 1800, con abbassamento e regolarizzazione dell'alveo del fiume Cherio e contestuale nuovo tracciato della valle del Tuf, con deviazione ed immissione a Lago della stessa.

Attualmente la zona palustre vera e propria rimasta è ubicata solo nella zona della valle Careggi.

- *Situazione di degrado idrogeologico in valle dei Carecc (o Careggi)*

Anche questa valle si presenta in situazione di grave degrado: il fondo e le sponde sono in forte erosione, la manutenzione e le opere idrauliche sono insufficienti.

In seguito alle piogge del giugno 1997 si è anche sviluppata una frana nei depositi morenici in sponda sinistra, frana che si è staccata non distante dalla strada per la loc. Boffalora.

Anche in questo caso sarebbero opportuni interventi di regimazione idraulica in alveo e di sistemazione dei versanti.

- *Zona soggetta ad allagamenti per le acque del Lago*

Questa zona è ubicata nei pressi della confluenza della valle dei Panni, in sponda destra della stessa, in riva al Lago.

In caso di forti piogge, con una cadenza pluriennale (stimata sulla base di quanto avvenuto negli ultimi 8-10 anni) l'acqua del lago si alza ed allaga un'area limitata di territorio, in prossimità di un ristorante, causando spesso l'allagamento del piano basso.

- *Valle Spineda – Problemi tra il tombinamento sotto la S.P. 40 per Ranzanico e lo sbocco a Lago.*

Si tratta di un problema di restringimento idraulico della valle presso l'attraversamento della strada per Bianzano che ha causato per anni fenomeni di esondazione ed alluvionamento, per intasamento del tombotto sotto la strada e fuoriuscita, lungo la strada stessa e fino alla S.S. del Tonale, di acqua e materiale.

Il problema è stato recentemente sistemato con la realizzazione di un nuovo tratto di canale a cielo aperto in sostituzione della tubazione sottodimensionata e con l'adduzione dello stesso nel tratto terminale della vicina valle del Pacifec.

1.5 INQUADRAMENTO METEO - CLIMATICO

La conoscenza dei dati meteorologici e climatici è di estrema importanza, soprattutto per la previsione di eventi eccezionali con tempi di ritorno molto ampi.

Gli Enti nella loro pianificazione (strade, reti fognarie, ecc.) devono tenere conto dei dati e delle precipitazioni intense per non avere sorprese negative.

I dati esposti di seguito sono purtroppo parziali perché le stazioni funzionanti sul territorio si sono molto ridotte e attualmente la maggior parte di quelle funzionanti sono gestite dal servizio agrometeorologico della Provincia nella zona di pianura.

I dati forniti sono tratti da quelli pubblicati dal Servizio Idrografico del Po: è comunque da tenere presente che sono riferiti a stazioni puntiformi che sono sempre da utilizzare con cautela, soprattutto per zone di montagna, in cui la precipitazione varia notevolmente in spazi brevissimi.

In questo paragrafo vengono forniti dati di valutazione a scala sovracomunale (piogge medie mensili ed annue, precipitazioni nevose, piogge di breve durata e forte intensità, temperature) che servono a fornire un quadro della situazione di massima locale, ma l'unica possibile.

Questi dati vogliono essere solo un supporto e non chiaramente sostitutivi degli studi mirati alla progettazione esecutiva.

In riferimento alla carta delle isoiete del Servizio Idrografico del Po (periodo compreso tra il 1921 e 1970), l'area in esame ricade nella fascia con precipitazioni comprese tra i 1400 mm e i 1600 mm.

Per questo studio, in particolare, si sono considerati, in un primo tempo, i dati delle stazioni pluviometriche di Endine e Mologno (appartenenti alla rete di stazioni

dell'Autorità di bacino del fiume Po) e la stazione di Trescore Balneario (appartenente alla rete di stazioni della Provincia di Bergamo).

Le registrazioni di queste stazioni si riferiscono ad un periodo di tempo complessivo compreso tra il 1921 e il 1998:

- stazione di Endine: sono riportati i dati dal 1921 al 1991, seppur con notevoli lacune negli anni '70 ed '80 per la mancanza della pubblicazione dei dati negli Annali Idrologici del Servizio Idrografico Nazionale.
- Stazione di Mologno: sono riportati i dati dal 1921 al 1974, con la sola assenza di dati nel 1955.
- Stazione di Trescore Balneario: sono riportati i dati dal 1991 al 1999, con assenza di dati nel 1996.

Le medie aritmetiche dei valori medi annui delle precipitazioni, calcolate per la stazione di Endine (1447 mm) per il periodo 1921-1991 e per la stazione di Mologno (1432 mm, vedi tabella 2) per il periodo 1921-1974, consente di inserire l'area in esame nella "sub-regione dei laghi" (Mannella, 1967), caratterizzata da valori di pioggia intorno ai 1450 mm.

Dai dati della stazione di Trescore Balneario si ricava un valore medio pari a 1052 mm, che si discosta sensibilmente dalle medie calcolate per le precedenti stazioni; a causa di questa divergenza, per la scarsità dei dati relativi a questa stazione e per la maggiore distanza rispetto l'area in esame, le registrazioni della stazione di Trescore Balneario, in ultima analisi, sono solo citate nel presente studio ma non rappresentano un riferimento affidabile.

Negli allegati sono riportati anche i grafici che rappresentano i valori medi mensili delle precipitazioni rispettivamente riferiti alle stazioni di Endine e di Mologno; entrambi mostrano che si raggiunge un picco di massima precipitazione nel mese di maggio (rispettivamente 172 e 166 mm) e che le piogge si mantengono abbondanti (140-170 mm) fino ad agosto; in settembre si registra un picco di minimo relativo dopo il quale le precipitazioni tornano ad aumentare (ottobre) per diminuire progressivamente fino ai minimi dei mesi invernali (dicembre-febbraio), con valori oscillanti tra 60 e 80 mm.

In entrambe le stazioni il minimo assoluto si registra a gennaio, rispettivamente con precipitazioni di 60 e 56 mm.

Si nota comunque che le precipitazioni medie mensili sono mediamente elevate in quanto sempre superiori ai 55 mm di pioggia.

Un'ulteriore conferma di questa buona continuità dei fenomeni piovosi durante tutto l'anno è data dall'analisi del numero dei giorni di pioggia annui che sono 81 per la stazione di Mologno e 96 per la stazione di Endine.

Entrando più in dettaglio si possono analizzare le precipitazioni massime con durata di giorni consecutivi (vedi tabelle seguenti).

Stazione di Mologno (350 m s.l.m.)				
1 gg	2 gg	3 gg	4 gg	5 gg
150 20/7/23	170 5-6/9/39	200 5-7/9/39	203 24-27/8/34	208,5 16-20/7/23
110 6/9/39	169 19-20/7/23	175 14-16/7/34	202,5 17-20/7/23	204 24-28/8/34
Stazione di Endine (400 m s.l.m.)				
1 gg	2 gg	3 gg	4 gg	5 gg
126 17/10/40	188 16-17/11/40	243 3-5/8/39	283 20-23/6/40	393 20-24/6/40
122 16/6/40	166 3-4/8/39	243 15-17/11/40	270 20-23/6/40	340 20-24/6/40

Si può notare che le massime precipitazioni, soprattutto per il quarto e quinto giorno consecutivo, si verificano soprattutto nei mesi estivi e sono decisamente più elevate per Endine.

Per quanto riguarda la temperatura non abbiamo dati affidabili perché calcolati non su lungo periodo, comunque in alcuni studi a carattere climatico il Lago d'Endine è inserito da alcuni autori (Koppen, Trewortha) in una fascia a “clima delle medie latitudini, piovoso” caratterizzato da inverno mite o, caldo temperato, piovoso dove le temperature del mese più freddo si collocano sotto i 18 C°, ma sopra i -3 C° mentre per il mese più caldo la temperatura minima supera i 10 C° e non va oltre i 22 C°, conferendo così un'estate fresca.

Se facciamo riferimento alla classificazione di Mori (1957) possiamo inserire l'area nella “regione padana” e più precisamente nella “sub-regione lacustre” con inverni piuttosto freddi ma mitigati dall'azione termoregolatrice del lago ed un'estate non eccessivamente calda per la presenza di brezze con piogge non molto abbondanti ma distribuite nell'arco dell'anno.

Per maggiori dettagli e valutazioni puntuali sono allegati al presente studio:

- Tabella delle precipitazioni medie mensili con relativo grafico per le stazioni di Endine, Mologno e Trescore Balneario
- Tabella del numero dei giorni piovosi per le stazioni di Endine e Mologno

1.6 ELABORAZIONI CLIMATICHE ED IDROLOGIA

Per la progettazione di opere idrauliche di vario tipo, dalle reti fognarie e smaltimento acque bianche alle opere di sistemazione idraulica dei corsi d'acqua, è di estrema importanza la valutazione della pioggia critica e la conseguente portata di massima piena con diverso tempo di ritorno (5, 10, 50, 100 anni) in funzione delle opere da realizzare.

I dati delle piogge di breve durata e forte intensità devono essere elaborati con metodologie statistiche (nel caso specifico con la Legge di Gumbel) per poter giungere alla determinazione delle curve di possibilità climatica relative ai diversi tempi di ritorno T indispensabili per il calcolo delle portate di massima piena.

In pratica si tratta di definire, partendo dalle osservazioni registrate ai pluviografi, un'espressione algebrica che rappresenti, per ogni durata di pioggia, il massimo valore delle precipitazioni che viene superato mediamente una volta ogni T anni.

In genere si adotta un'espressione monomia, del tipo $h=at^n$, in cui h è l'altezza di pioggia espressa in mm, t è la corrispondente durata in ore, a ed n sono due coefficienti numerici che caratterizzano la curva.

Per le elaborazioni non è stato possibile utilizzare i dati delle stazioni di Endine e Mologno poiché non dispongono di pluviografo e quindi non forniscono dati significativi per condurre un'analisi idrologica più approfondita.

In particolare nei dati di queste stazioni non sono distinte le piogge brevi ed intense con durata variabile ed è preclusa la possibilità di costruire le curve di possibilità climatica e calcolare quindi i fattori "a" ed "n", necessari per i calcoli dell'altezza della pioggia critica, a sua volta utilizzata per il calcolo della portata di piena.

Si sono utilizzati a questo proposito i dati ricavati dal “Piano Territoriale Provinciale” di Bergamo, di recente pubblicazione, elaborati dal prof. Alessandro Paoletti (P.T.C.P. – allegato D2 – Idrologia ed idraulica).

L’analisi per il PTCP ha previsto le elaborazioni su 33 stazioni pluviografiche, a cavallo tra le provincie di Bergamo, Brescia, Sondrio e Como e di queste 25 sono state utilizzate per il tracciamento delle linee iso-a ed iso-n, i cui grafici sono allegati al presente studio.

Tempo di ritorno	Parametro ‘a’ presso Spinone	Parametro ‘n’ presso Spinone	Variazione di ‘a’ nel Comune	Variazione di ‘n’ nel Comune
Tr = 5 anni	38,5	0,30	38 – 39	0,29 - 0,31
Tr = 10 anni	44,5	0,295	44 – 45	0,29 – 0,31
Tr = 50 anni	57,5	0,295	57 – 58	0,29 – 0,30
Tr = 100 anni	63,5	0,29	63 – 64	0,28 – 0,30

Il parametro ‘a’ aumenta notevolmente con il crescere del tempo di ritorno dell’evento meteorico, mentre il parametro ‘n’ resta quasi costante.

COMUNE DI SPINONE AL LAGO

STUDIO GEOLOGICO DEL TERRITORIO COMUNALE -

L.R. n° 41 del 24/11/97

CAPITOLO SECONDO

DESCRIZIONE DELLE CARTE

TEMATICHE

2.0 DESCRIZIONE CARTE TEMATICHE - PREMESSA

Per riassumere i dati raccolti, sia bibliografici che di terreno, è stata compilata una serie di carte tematiche, con le modalità previste dalla Delibera della Giunta della Regione Lombardia n° 7/6645 del 29/10/01 pubblicata sul B.U.R.L. *“Approvazione direttive per la redazione dello studio geologico ai sensi dell’art. 3 della L.R. 41/97”*.

Il Comune di Spinone è anche stato inserito recentemente tra quelli classificati sismici, in classe 3, per cui le analisi hanno considerato tale aspetto.

In particolare sono state redatte le carte di analisi di inquadramento del territorio di tutto il Comune alla scala 1:5.000 (considerata la limitata estensione areale) e di dettaglio alla scala 1:2.000 sulla base della cartografia disponibile in Comune.

Sulla base di queste è stata redatta la carta di sintesi del rischio geologico di tutto il territorio comunale alla scala 1:2.000 ed infine la carta della fattibilità geologica di piano alla stessa scala, per tutto il territorio.

A solo uso interno è stata redatta la carta clivometrica che è stata utilizzata per la redazione della carta di fattibilità.

In dettaglio gli elaborati grafici che compongono in lavoro sono i seguenti:

- Tavola 1: Carta geologica, scala 1:5.000
- Tavola 2: Sezione geologica, scala 1:2.500/1:2.000
- Tavola 3: Carta geomorfologica, scala 1:5.000
- Tavola 4: Carta dell'idrografia superficiale, scala 1:5.000
- Tavola 5: Carta idrogeologica, scala 1:5.000
- Tavola 6: Sezione idrogeologica, scala 1:2.500/1:2.000
- Tavola 7: Carta dei manufatti e delle opere antropiche, scala 1:5.000
- Tavola 8: Carta dei vincoli, scala 1:5.000
- Tavola 9: Carta di dettaglio, scala 1:2.000
- Tavola 10: Carta di sintesi, scala 1:2.000
- Tavola 11: Carta di fattibilità geologica, scala 1:2.000

2.1 CARTA DI INQUADRAMENTO GEOLOGICO E STRUTTURALE

In questa tavola vengono cartografati rocce e terreni, distinti in base alle loro caratteristiche litologiche e sono indicate le principali discontinuità tettoniche.

Si tratta di una carta di inquadramento del territorio comunale, estesa anche ad un ampio intorno (pianoro di Bianzano e costoni rocciosi soprastanti).

La stessa risulta molto importante, perché già in grado di dare delle indicazioni sulle possibili problematiche e sulle attitudini delle varie aree del territorio, anche se si tratta di dati interpretabili da tecnici specifici.

I terreni sono divisi seguendo le classificazioni esistenti, in base alle caratteristiche litologiche e genetiche, mentre le rocce sono divise nelle Formazioni litostratigrafiche note in letteratura geologica.

Eventuali modifiche e/o caratterizzazioni particolari sono state utilizzate per mettere in evidenza delle peculiarità geologiche del Comune.

Formazioni rocciose

Dalla più antica alla più recente le formazioni geologiche affioranti sono le seguenti:

Calcere di Zorzino (ZO, Norico sup.)

Formazione costituita da calcari e calcari marnosi di colore grigio, grigio scuro, con interstrati marnoso-argillosi, in strati generalmente piano-paralleli decimetrici e centimetrici, localmente amalgamati; presentano frequentemente laminazioni piane e solo localmente bioturbazione.

A causa delle caratteristiche di questi litotipi e della loro giacitura (con un'immersione degli strati generalmente intorno ai 130°-160° e con inclinazioni > 40°), si originano morfologie accidentate e pendii molto ripidi con scarpate.

Le rocce appartenenti a questa formazione affiorano sul versante a monte di Bianzano e lungo la strada che collega questa località a Spinone al Lago, a partire circa da quota 550-560 m.s.l.m.

Argillite di Riva di Solto (ARS, Norico sup.)

Si tratta di argilliti nere e marne argillose scure con intercalazioni di strati decimetrici di calcari micritici marnosi scuri, spesso in pacchi di spessore variabile da pochi metri a qualche decina di metri.

Nei livelli di argilliti e marne sono presenti accumuli di piccoli bivalvi (tempestiti), mentre i calcari, quando non sono bioturbati, mostrano una sottile laminazione piano parallela. Le argilliti e le marne sono solo finemente fogliettate, spesso con aspetto sfaticcio, i calcari marnosi, più fragili, si rompono in blocchi di pezzatura medio grossolana.

Questa formazione affiora lungo le valli con continuità tra le quote 370-380 metri e 550-560 metri.

La stessa presenta un grado medio alto di tettonizzazione osservabile sia alla scala dell'affioramento sia a scala minore, infatti la giacitura è variabile, da reggipoggio (320°-350° di immersione), con medie inclinazioni, a franapoggio (130°-160° di immersione) con inclinazioni spesso elevate a causa di pieghe meso- e megascopiche. L'immersione degli strati a scala regionale è verso 130°-160°.

Terreni di copertura

Il substrato roccioso si presenta in molte zone ricoperto da depositi di diversa natura e genesi; nella carta geologica allegata sono stati distinti, in base ai fenomeni che li hanno generati, le seguenti categorie:

- depositi di travertino
- depositi di versante
- depositi alluvionali
- depositi lacustri e palustri
- depositi di conoide
- depositi glaciali

Tali tipologie sono spesso tra loro frammiste e variamente intercalate ed interdigitate.

Non sono stati distinti in carta i depositi di natura eluvio-colluviale di alterazione del substrato, considerato che hanno in genere spessori molto contenuti (al massimo 1-2 metri).

Depositi di travertino (tr)

Si tratta di depositi di origine chimica, derivanti dall'evaporazione di acque ricche di carbonato di calcio.

Questi depositi si trovano in corrispondenza di cascatelle lungo i torrenti, dove costituiscono banchi discontinui spessi in genere 0.50-1 m ed alti anche 5-6 m, e limitatamente lungo l'alveo dei corsi d'acqua, dove ricoprono il substrato (generalmente ARS) con incrostazioni più o meno sottili (da pochi centimetri a qualche decimetro).

Si tratta, però, di affioramenti di estensione limitatissima e non cartografiabili alla scala del lavoro.

Un orizzonte più continuo è stato osservato nella zona di contatto fra le morene di Bianzano e le sottostanti argilliti e come tale è stato rilevato nell'allegata cartografia.

Depositi di versante (dv)

Sono depositi costituiti da ciottoli e blocchi anche di grandi dimensioni (metriche),

generalmente privi di matrice e localmente cementati.

Sono depositi accumulati per gravità e per ruscellamento alla base di scarpate rocciose e dei pendii più ripidi.

Gli stessi sono stati cartografati in tre lenti di estensione limitata presso le valli Tuf, Cimitero e Spineda.

Depositi alluvionali (al)

Si tratta di depositi connessi all'azione delle acque incanalate.

Le alluvioni attuali sono quelle presenti negli alvei attuali fluviali e torrentizi e nelle aree di normale esondazione degli stessi.

Si tratta di depositi a prevalente composizione ghiaiosa, subordinatamente sabbiosa e scarsi limi ed argille.

Tali depositi sono stati rilevati e cartografati in limitate aree, soprattutto nella zona della valle del Tuf.

Depositi lacustri e palustri (dl)

In questa tipologia sono stati inclusi sia i depositi di origine lacustre che quelli con caratteristiche più prettamente palustri.

I depositi di origine lacustre sono costituiti da sabbie fini e limi e bordano, con una sottile fascia, il perimetro del lago nella zona a nord-est della valle del Tuf.

I depositi palustri, costituiti, invece, da limi sabbiosi ed argille, scuri, con notevole presenza di materiale organico, costituiscono la zona umida dei Careggi, tra la valle del Tuf, la valle dei Careggi ed il limite ovest del confine Comunale.

Depositi di conoide (al)

Si tratta di depositi costituiti da sabbie argillose con ciottoli e ghiaie sabbiose con ciottoli e blocchi.

Hanno generalmente a forma di ventaglio, con apice rivolto allo sbocco delle incisioni torrentizie, e costituiscono i conoidi alluvionali che caratterizzano la parte mediana del territorio comunale.

Gli stessi sono generati da flussi idrici più o meno concentrati e da colate tipo *debris flow*.

La parte bassa del ventaglio di conoide è quasi ovunque ricoperta da depositi più recente di origine lacustre-palustre.

Nelle stratigrafie dei pozzi e dei sondaggi disponibili è ben evidente come i depositi lacustri/palustri e quelli di conoide si interdigitino e si intervallino fra loro, con eventi deposizionali successivi.

Depositi glaciali (dg)

Si tratta di argille e sabbie ghiaioso-argillose, con inclusi grossolani e locale presenza di massi erratici del basamento (“Verrucano”, gneiss ecc.), con anche ghiaie e ciottoli poligenici.

Sono depositi caratterizzati, comunque, da una rilevante variabilità litologica, con quantità variabili di ghiaia e sabbia.

Si tratta di terreni molto erodibili e particolarmente soggetti a fenomeni di scalzamento al piede per le acque dei torrenti.

Questi depositi costituiscono una fascia continua di ripiani (terrazzi) ed affiorano nella porzione di fondovalle ed in quota, in corrispondenza di Bianziano.

Localmente sono ricoperti dalle conoidi di deiezione e detriti di falda.

Sono i depositi delle morene indistinte e di varia origine glaciale legati alle glaciazioni del Riss e del Wurm.

2.1.1 ASSETTO GEOLOGICO STRUTTURALE

L'assetto geologico-strutturale del Comune di Spinone al Lago è schematizzato nella sezione geologica in tavola 2.

Il territorio del Comune di Spinone al Lago si trova in quel settore delle Alpi noto come Sudalpino, che è caratterizzato da un serie di scaglie tettoniche con vergenza verso sud.

L'area specifica si trova a sud della linea Valtorta-Valcanale (lineamento tettonico che mette a contatto unità del basamento cristallino con la successione sedimentaria permotriassica e seguente), in quella porzione caratterizzata da formazioni di età triassica, in serie fortemente modificate dalla tettonica alpina e caratterizzate da scollamenti e sovrascorrimenti, che spesso raddoppiano la successione sedimentaria stessa.

A sud del territorio Comunale una serie di sovrascorrimenti interessa anche le unità del Giurassico mentre nella zona della valle Rossa e a sud di Gaverina le strutture deformative alpine prevalenti divengono quelle di tipo plicativo, con alternanza di anticlinali e sinclinali a scala regionale.

La sezione interessa la parte meridionale del comune con direzione nord-ovest / sud-est, dalla Forcella di Bianzano al Castello di Monasterolo; considerando la limitata estensione del Comune e la relativa continuità delle formazioni geologiche e dei depositi, la stessa può essere considerata rappresentativa dell'aspetto strutturale di tutto il territorio comunale.

A monte troviamo il Calcare di Zorzino che immerge a franapoggio; le sottostanti Argilliti di Riva di Solto invece, tettonizzate, hanno generale immersione a reggipoggio. Si è quindi ipotizzato un contatto tettonico tra le due formazioni, con la presenza di un sovrascorrimento con immersione a reggipoggio.

Tale sovrascorrimento è stato riscontrato anche negli studi di dettaglio eseguiti dalle Fonti San Carlo sul bacino di alimentazione delle acque minerali ed è stato denominato “sovrascorrimento del monte Crocione”.

Lo stesso è ben evidenziato nella cartografia geologica ufficiale nelle zone limitrofe. Questo sovrascorrimento non è visibile nella zona interessata dalla sezione in quanto ricoperto dai depositi glaciali che interessano tutto l’altopiano di Bianzano.

Le Argilliti di Riva di Solto costituiscono la parte più consistente della sezione e, come detto, hanno generale immersione a reggipoggio; la loro notevole tettonizzazione determina però la presenza di pieghe a piccola e media scala.

I depositi alluvionali in valle del Tuf raggiungono lo spessore di qualche metro.

Sul fondovalle, grazie ai dati dagli studi condotti su pozzi delle Fonti San Carlo, si è potuto ricostruire la successione dei depositi che si è imposta sul substrato roccioso costituito ancora dalle Argilliti di Riva di Solto, presente a circa 70-75 m dal p.c.

I depositi più antichi sono quelli glaciali; sopra di essi, i depositi di conoide e quelli lacustri-palustri si interdigitano tra loro evidenziando un’alternanza di episodi a differente apporto sedimentario.

In corrispondenza del fiume Cherio è stata ipotizzata la presenza di una faglia che svincola la successione vista in questa sezione da quanto affiora sul versante opposto della valle.

2.2 CARTA GEOMORFOLOGICA

Questa carta tematica evidenzia i processi dinamici, fisici e chimici che hanno generato le attuali forme del paesaggio e del territorio comunale; in particolare sono state rappresentate le forme di erosione e di accumulo interpretandone la genesi.

La carta è stata redatta alla scala 1:5.000 come inquadramento generale e per evidenziare i processi principali in atto.

I fenomeni sono inoltre stati raggruppati in base alla loro tipologia generativa:

- azione della gravità
- azione delle acque superficiali
- azione dei ghiacciai
- azione di dissoluzione chimica (carsismo).

All'interno dei diversi fenomeni sono stati distinti gli elementi puntuali, quelli lineari e quelli areali.

1- Processi e depositi di versante dovuti alla gravità:

- Elementi puntuali

Si tratta di crolli e frane non cartografabili alla scala 1:5.000, perchè di dimensioni molto contenute. Si tratta, in genere, di movimenti della coltre superficiale e dei primi decimetri dei terreni, con colamenti di piccole porzioni di copertura. Sono frequenti su prati ad elevata pendenza, in corrispondenza di tagli stradali e/o di piccole contropendenze.

- Elementi lineari

Sono stati indicati dei simboli che individuano le *nicchie di distacco* di corpi franosi principali, *coronamenti superiori* di zone soggette a denudamento, *gradini morfologici* in rapida evoluzione con fenomeni di degradazione e/o di arretramento.

Un esempio di *fronte di arretramento* è quello situato alla testata della valle del Tuf, dove l'emergenza di acque sorgive diffuse provocano la progressiva erosione dei depositi glaciali del pianoro di Bianzano.

Alle quote più basse, tutta la zona collinare del comune, è caratterizzata dalla presenza di numerosi *gradini morfologici*, di origine mista naturale-antropica: nella maggior parte dei casi si tratta di gradini naturali, successivamente modificati (ad es. con piccoli muretti a secco) di origine antropica.

- Elementi areali

I *corpi di frana* sono costituiti sia dalla porzione di terreno denudata per lo scivolamento del materiale, sia dall'accumulo dello stesso materiale al piede.

Si tratta, in genere di fenomeni di franamento per scivolamento, che evolvono in colate di materiali fangosi carichi di acqua.

Nelle *aree denudate* si riscontrano fenomeno di dissesto dei terreni superficiali con molta frazione fine su pendii acclivi ed in presenza di acque scolanti.

Entrambi i fenomeni sono riscontrabili in valle Tuf.

2- Forme, processi e depositi legati all'attività delle acque superficiali

- Elementi lineari sui versanti

I *livelli di emergenza di acque sorgive diffuse*, presenti alla testata della valle del Tuf, sono originati dalla differente permeabilità delle litologie presenti: dal Calcare di Zorzino e dai depositi glaciali di Bianzano, con discreta permeabilità, si passa alle

Argilliti, con permeabilità scarsa. In queste zone vi sono le venute a giorno delle acque di infiltrazione, che iniziano il loro tracciato in superficie.

Praticamente tutte le vallette del territorio comunale sono caratterizzate da fenomeni di *erosione laterale o spondale*; il fenomeno è causato dall'incrocio di diversi fattori: elevata pendenza dei versanti, presenza di terreni fini o di roccia molto fratturata, elevata pendenza della valle con notevoli velocità dell'acqua.

Si hanno, invece, fenomeni di *ruscellamento/dilavamento diffuso* in mancanza di un impluvio principale di scorrimento, ben definito, per cui le acque superficiali scorrono in modo disordinato, con la continua incisione ed in conseguente franamento lento e continuo di materiali incoerenti, senza la formazione di superfici di distacco evidenti.

Quando si manifestano solcature e piccole scanalature nel terreno si parla di *ruscellamento concentrato*. Sono forme comuni a vari tipi di terreni che aumentano, come è logico, al diminuire della permeabilità dei terreni stessi ed all'aumentare della pendenza. I principali fenomeni di questo tipo sono stati riscontrati sul versante destro della valle del Tuf e in val Careggi.

- Elementi lineari in alveo

Le *linee di deflusso* identificano i percorsi degli scorrimenti superficiali, sia quelli costanti che quelli più irregolari. L' *alveo in erosione* è caratteristico dei torrenti con forti pendenze, alveo molto ristretto ed elevata capacità erosiva da parte delle acque, soprattutto in presenza di potenti depositi superficiali. Sono stati evidenziati con questo simbolo i rami alti di alcune vallette. Al contrario nelle zone pianeggianti, al diminuire della pendenza e della velocità dell'acqua corrisponde l'aumento della

deposizione oppure presso le confluenza di due affluenti per l'accumulo di materiali di entrambi i corsi d'acqua, l'alveo può evolvere in *poco inciso* o *pensile* se scorre più in alto della piana circostante, arginato da terrapieni,.

- Elementi areali

La zona pianeggiante lungo il lago e il corso del Cherio sono caratterizzati dalla presenza di *aree paludose*, mentre allo sbocco delle vallette si trovano piccoli *delta progradanti* nel lago generati dall'accumulo di sedimenti e detriti da parte dei torrenti, soprattutto per il trasporto rilevante durante le piene, in concomitanza con eventi meteorici intensi e/o prolungati. Inoltre il conoide della valle Cà de Grassi risulta non essere più attivo in quanto a monte la sua asta fluviale risulta esser stata da tempo interrotta.

- Problemi idraulici

Nella parte pianeggiante del territorio comunale, allo sbocco della valle Careggi, della valle del Pacifec e della valle Volpera si possono verificare *esondazioni* e *colate* di materiale in concomitanza con piogge consistenti e abbondanza di materiale detritico. In valle del Pacifec il brusco cambio di direzione dell'asta fluviale favorisce questo tipo di fenomeni nella zona indicata in carta.

In caso di pioggia abbondante la zona del lungolago, in particolare il conoide della valle dei Panni, può essere soggetta ad *esondazioni* per innalzamento del livello del lago, come, peraltro, si è verificato più volte negli ultimi anni.

3- Depositi di attività glaciale

Massi erratici di dimensioni medio-piccole si ritrovano in val Volpera e in valle Careggi; la litologia che li contraddistingue (Verrucano Lombardo) è estranea alla successione rocciosa che interessa la zona della val Cavallina.

4- *Forme carsiche*

- Doline

Sono legate al fenomeno chimico di dissoluzione da parte delle acque superficiali e profonde su calcari, dolomie e rocce evaporitiche: quelle presenti sul territorio comunale, in valle del Tuf, sono di dimensione limitata ed interessano la porzione carbonatica della Formazione delle Argilliti di Riva di Solto.

Si tratta dell'unico caso ritrovato nel territorio Comune, che non è soggetto a fenomeni di questo tipo per la presenza di argilliti, in quanto si tratta di rocce non solubili per l'azione delle acque meteoriche.

2.3 CARTA DELL'IDROGRAFIA SUPERFICIALE

Il territorio comunale è solcato da una serie di brevi corsi d'acqua a carattere torrentizio con bacino idrografico piuttosto limitato ma con pendenze molto elevate.

Tali corsi d'acqua, proprio per le caratteristiche dei loro bacini idrografici, necessitano di particolare attenzione.

La carta dell'idrografia superficiale identifica le linee di deflusso principali ed il bacino idrografico delle diverse vallette.

Dai sopralluoghi effettuati, nonché dallo studio delle carte topografiche disponibili alle diverse scale, appare evidente che la rete di drenaggio superficiale è poco gerarchizzata e di modesta densità.

Le acque, che appartengono al bacino imbrifero del lago d'Endine e del fiume Cherio, sono divise in 8 sottobacini.

Il drenaggio si è impostato, scavandosi il proprio alveo, solo sulle argilliti, invece è quasi assente o appena accennato nei depositi morenici, sulle conoidi e sui detriti di falda: inoltre i torrenti, nel centro abitato, risentono dei massicci interventi antropici che hanno subito.

Di seguito viene fornita una descrizione delle condizioni geologiche e geomorfologiche delle singole vallette e del relativo bacino idrografico di alimentazione.

Valle Careggi

La valle è posta a sud – est del territorio comunale, vicino al confine col comune di Casazza.

E' l'unica valle che sfocia direttamente nel fiume Cherio, mentre tutte le altre vallette sfociano nel lago di Endine.

La stessa presenta un'incisione valliva piuttosto lunga e stretta mentre al suo sbocco nel fondovalle si apre una discreta area pianeggiante caratterizzata da terreni umidi e paludosi.

La zona di raccordo collina – pianura può essere soggetta a fenomeni di flusso detritico in caso di eventi meteorologici eccezionali, come messo in luce dagli studi di dettaglio eseguiti sul conoide per le osservazioni al PAI.

Il bacino idrografico della valle Careggi, rispetto agli altri del territorio comunale, presenta dimensioni nella media ed interessa anche parte del terrazzo glaciale di Bianzano, al di fuori del Confine Comunale.

Il fondo e le sponde, sia dell'alveo principale che delle sue diramazioni secondarie, sono in forte erosione a causa dell'elevata pendenza dei versanti, dell'intensa fratturazione delle Argilliti, della presenza di potenti depositi di origine glaciale in sponda sinistra e della quasi totale assenza di opere idrauliche.

Negli alvei si registrano accumuli di materiale detritico grossolano, alimentato soprattutto dai potenti depositi glaciali in sponda sinistra.

La distribuzione della rete di drenaggio riproduce la situazione geologica: non esistono affluenti in sponda destra, per la presenza di depositi superficiali permeabili, mentre le aste secondarie si sono sviluppate in sponda destra, dove sono presenti le argilliti, impermeabili, con il deflusso pressochè completamente in superficie.

Il versante orografico sinistro, più acclive e di superficie molto limitata, è sicuramente quello che presenta la situazione di maggior degrado: la copertura superficiale ed i depositi glaciali sono interessati da fenomeni di ruscellamento diffuso e piccoli dissesti non cartografabili.

In seguito alle piogge del giugno 1997 si è anche verificata una frana nei depositi glaciali in località Casina Briga.

Il versante opposto, molto più esteso, risulta regolato nella parte bassa da una serie di terrazzamenti.

La parte alta presenta aree a pendenza minore; lo sviluppo di fenomeni di generale dissesto della coltre superficiale quindi è meno frequente.

Valle del Tuf

La Valle del Tuf si trova nella parte meridionale del territorio comunale, diparte dal pianoro morenico posto in comune di Bianzano alla quota di 600 m. e degrada con pendenze accentuate sino alla porzione terminale del bacino lacustre del lago di Endine, laterale alla valle dei Careggi.

E' costituita da una serie di ramificazioni principali (almeno 3) che si uniscono a formare un torrente con portata incostante, nel cui bacino trovano sede alcune opere di captazione delle acque comunali come pure le fonti della San Carlo Spa.

In base ai sopralluoghi effettuati sul terreno, nonché dall'analisi delle carte topografiche e delle foto aeree a disposizione è possibile fare alcune considerazioni sulla situazione del drenaggio superficiale.

La valle del Tuf all'interno del territorio comunale è sicuramente quella con la massima densità di drenaggio, anche se si arriva raramente a rami del terzo ordine e si tratta sempre di aste piccole e di lunghezza limitata.

Le incisioni laterali si sviluppano su entrambi i versanti solamente nelle argilliti di Riva di Solto.

Sui depositi morenici sia lungo il lago che a Bianzano le incisioni sono assenti per l'elevata permeabilità dei materiali.

Solo il ramo principale, quello più inciso, con i maggiori problemi idrogeologici, ha un'incisione evidente anche sulla morena di Bianzano fino a quota 620-630 metri.

La sua direzione obliqua rispetto alle aste principali delle altre valli e la forte incisione fa pensare ad un controllo tettonico della stessa.

La Valle del Tuf risulta molto incisa infatti la pendenza di fondo, soprattutto nella sua parte iniziale, è molto elevata, raggiungendo i 40-45° nel primo tratto, a cui segue un notevole salto con pendenze che superano i 45°, riducendosi poi andando verso il fondovalle a pendenze dell'ordine di 25-30°, fino a pendenza inferiori a 10-15° avvicinandosi al punto di innesto nel lago di Endine, nei pressi del fiume Cherio, con un decorso quasi rettilineo a bassissima pendenza di fondo, attraverso terreni in parte ancora paludosi.

Una volta la valle sfociava direttamente nel Cherio, in seguito il corso è stato deviato per permettere la bonifica nei territori circostanti.

La curva di deviazione passa da SE a quasi E-W per sfociare direttamente nel lago.

Nella parte bassa i problemi sono legato al deflusso delle acque nel lago: il tratto terminale del canale è totalmente intasato, inoltre lateralmente allo stesso è presente un'area ribassata e paludosa verso cui drenano le acque.

Per il tratto di valle che attraversa l'abitato di Spinone al Lago e che corre sui depositi alluvionali non mostra particolari problemi.

La parte superiore della valle del Tuf presenta invece notevolissime problematiche di carattere idrogeologico, con la presenza di frane attive, fronti di arretramento, soliflussi, aree di ruscellamento, zone denudate, ecc.

La maggior parte di questa problematiche sono posizionate sul versante destro della valle.

Valle Volpera

E' un bacino di estensione molto limitata, ricompreso tra la valle del Tuff e la valle dei Panni.

L'asta torrentizia è costituito da un'unica asta principale, mediamente incisa e pressoché rettilinea, con la presenza di una piccola biforcazione, circa a quota 470-475 m. s.l.m..

La valle, in passato, sfociava nel lago, ma da parecchi anni a questa parte (non è stato possibile risalire alla data esatta) è stata incanalata nella sua parte terminale da quota 356 metri, in una tubatura del diametro di 50 centimetri; da qui viene collegata alla fognatura comunale, con conseguenti problemi di esondazione ed intasamento della tubazione in caso di piogge intense o di trasporto solido.

In prossimità dell'imbocco è stata costruita una vasca di sedimentazione e raccolta del materiale trasportato dalle acque, preceduta da una griglia a luci ampie che serve per fermare il materiale più grossolano, come tronchi, rami o grosse pietre, che scendono dalla valle, proprio per evitare l'intasamento del tubo.

Il primo tratto, risalendo la valle, dell'alveo è impostato sui depositi superficiali con sponda destra costituita da muro a secco od in cls.

In prossimità di quota 380,8 metri il torrente entra in una proprietà privata: per tutto il tratto che corre nella proprietà fino a quota 400 metri, il canale diventa artificiale, con

fondo e sponde in cls, con pietre a vista, che presenta una larghezza varia da 0,40 a 2 metri ed un'altezza da 0,45 a 1,10 metri.

La struttura in cls termina a quota 400 metri, dove è stata realizzata una grossa briglia di trattenuta, per fermare gli eventuali materiali trasportati da monte.

Al di sopra il torrente segue il suo corso naturale, con fondo e sponde costituite dalle Argilliti di Riva di Solto, costituite in prevalenza da calcari, con giacitura a reggipoggio, fino a quota 450 metri, mentre al di sopra, fino al pianoro di Bianzano, affiorano i depositi glaciali argilloso limosi con grossi ciottoli e a volte enormi massi erratici.

Lungo il percorso naturale l'alveo presenta una serie di saltini naturali con sponde ricoperte da una vegetazione folta costituita in prevalenza da rovi.

L'unico scoronamento riscontrato, impostato nei depositi superficiali, si trova a quota 484 metri già parzialmente fermato dalle opere eseguite dal proprietario del fondo.

A quota 531 metri, già nel Comune di Bianzano, l'acqua scorre in un canaletto selciato posto sul lato sinistro della mulattiera con pendenza dolce.

Valle dei Panni

E' l'incisione valliva che attraversa tutto l'abitato principale di Spinone al Lago, posta immediatamente a nord-ovest della valle Volpera.

In tutta l'area del Comune di Spinone al Lago presenta soltanto l'incisione dell'asta principale; presso il limite comunale è presenta una diramazione, in due aste principali che salgono verso Bianzano e si perdono nel centro abitato.

Dall'ingresso nel centro abitato il suo andamento è stato modificato e regolato da opere di drenaggio artificiale.

Questa opere sono state recentemente sistemate ed integrate con un intervento del Comune, finanziato dalla Regione Lombardia, eseguito negli anni 1997-1999.

Il tratto inferiore della valle, dalla Piazza del Municipio fino allo sbocco a Lago, è costituito da un canale artificiale, con fondo e sponde in cls, con una serie di salti di fondo per rallentare la corrente ed alcuni attraversamenti a ponte per il passaggio delle strade principali.

Al di sotto della Piazza del Municipio, per un lungo tratto, la valle risulta tombinata con una manufatto in cls ispezionabile.

Il tratto successivo, dopo l'uscita del tombotto di piazza del Municipio, presenta ancora alcuni manufatti spondali e di fondo, per il sostegno delle sponde.

Da quota 384 metri, presso una cascatella di roccia compare il substrato, con giacitura a franappoggio più inclinati del pendio, costituito da banchi calcarei centimetrici decimetrici intercalati con argilliti nere di spessore anche metrico.

A questa altezza è possibile vedere la piega che fa scomparire il substrato sotto la copertura morenica.

Le pareti ai lati del torrente sono più ripide, anche subverticali, ma sono completamente in roccia, con poche argilliti ed una debole copertura superficiale non presentando, perciò, fenomeni di franamento.

Oltre quota 400 il fondo comincia ad essere fortemente inciso, anche per la pendenza decisamente rilevante e lungo le sponde, soprattutto in presenza di Argilliti in facies tipica, si sviluppano soliflussi, franamenti o comunque gradini morfologici con segni di arretramento.

Al di sopra del limite del Confine Comunale la valle di biforca; i due rami si presentano inizialmente incisi ed in erosione, poi, più in alto, la situazione si fa più tranquilla fino ad arrivare alle prime case di Bianzano.

Il bacino idrografico comprende, comunque, la maggior parte dell'abitato di Bianzano stesso e le pendici montuose al di sopra, fino a quota 825-830 m. s.l.m.

Valli Camos e Cimitero

E' il bacino idrografico posto immediatamente ed est della valle dei Panni.

E costituito da due aste principali (appunto valle Camos e valle del Cimitero) che si uniscono presso quota 345.

E' il più evoluto tra i bacini idrografici considerati: si tratta comunque di una evoluzione molto limitata: sono presenti, infatti, oltre all'asta principale, due aste del secondo ordine e due del terzo ordine.

Il suo percorso, seppur attraversa l'abitato di Spinone, è anche quello che è stato sicuramente meno modificato dagli interventi antropici, interventi molto pesanti nelle altre aste.

Anche questo bacino negli anni 1997-99 è stato oggetto di una serie di interventi puntuali di sistemazione idraulica, con la messa in sicurezza ed il consolidamento delle opere esistenti lesionate nel tempo e la realizzazione di alcune nuove opere, soprattutto presso la confluenza delle due aste principali, per ridurre i fenomeni erosivi.

Il tratto inferiore, dalla confluenza allo sbocco nel lago di Endine, scorre in prati a pendenza blanda, senza problemi particolari ad eccezione di alcuni contenuti fenomeni erosivi delle sponde e delle presenza di un paio di attraversamenti, tra cui il ponte della S.S. n° 42.

Risalendo il ramo della valle del Cimitero per il tratto successivo non presenta problemi, gli argini non sono molto alti e sono stabili, fino all'attraversamento della strada via Diaz, con un tubo in cls del diametro del 100, spesso pieno per il trasporto solido.

Nel tratto successivo, fino a quota 390, sono stati eseguiti interventi per contenere le sponde.

Al di sopra non sono presenti problematiche particolari, anche perché l'alveo è poco inciso ed i versanti, ad eccezione al alcuni piccoli dissesti, sono relativamente stabili, seppur acclivi.

Il ramo della valle del Camos è decisamente più problematico, come dimostra anche la maggior quantità di opere ed interventi di sistemazione presenti.

Il tratto sopra via Diaz presenta una serie di interventi sulle sponde e sul fondo per regolarizzare la corrente.

Più sopra, fino circa a quota 400, sono presenti briglie ed opere di regimazione trasversali che sono servite a regolarizzare il fondo.

Al di sopra delle confluenze e fino a quota 510-520 il fondo e le sponde sono in erosione, con locali fenomeni di dissesto più importanti.

Nella parte alta della valle Camos, l'alveo in forte erosione mette a nudo affioramenti di Argillite e, più a monte, di travertino.

Il versante orografico sinistro si presenta particolarmente acclive ed è interessato da una serie di nicchie di frana.

La valle è ricca di captazioni di acque sorgive (5 captate ed altre emergenze non captate) e la maggior parte dell'acqua in alveo deriva dagli scarichi di fondo delle sorgenti o del bacino dell'acquedotto presente a valle.

Valle Cà de Grassi

Questa valle ha il bacino idrografico più piccolo del territorio comunale ed il suo impluvio l'unico a non essere attualmente attivo lungo tutto il tracciato individuato.

Il suo delta progradante nel lago è ancora ben identificabile, anche se non vi sono tracce di attività recente.

Per quanto riguarda l'asta la stessa è riconoscibile nel tratto di monte, da quota 500 fino ad un pianoro a monte della Cascina Diavolino: qui l'alveo si presenta comunque in erosione e con detrito grossolano.

Da qui l'alveo si disperde, probabilmente le poche acque scolanti si infiltrano, perché nel tratto successivo sono presenti la cascina, alcuni tracciati stradali ed una serie di terrazzi antropici, a blanda pendenza, privi di qualsiasi scorrimento di acqua.

Il bacino che interessa il territorio di Bianzano è un'area a scarsa pendenza, che evolve poi, in Spinone, in un pendio particolarmente acclive; la presenza di vegetazione nel sottobosco sfavorisce lo svilupparsi di fenomeni di ruscellamento diffuso.

Valle del Pacifec

Anche il bacino idrografico della valle del Pacifec è limitato per estensione ed arriva per la sua terminazione superiore in territorio di Bianzano.

Il suo tratto di confluenza a Lago, al di sotto della strada per Ranzanico, ha sempre creato molti problemi erosivi, perché vi è stata fatta confluire artificialmente la valle Spineda.

Di recente, in fase di sistemazione della valle Spineda sono state fatte alcune opere di protezione spondale, ma ancora insufficienti, per cui l'alveo presenta ancora dei tratti in erosione.

L'attraversamento della strada Provinciale avviene con un tubo del diametro di 50 centimetri che è leggermente sottodimensionato, per cui è importante la manutenzione della vasca di accumulo realizzata a monte della strada stessa.

I versanti sono molto acclivi in corrispondenza dell'incisione valliva, con pendenze massime del 60-70%.

La copertura vegetale è fitta e diffusa omogeneamente su tutto il bacino ed è composta prevalentemente da alberi ad alto fusto (carpino, frassino, acero faggio, castagno ecc.).

Lungo i versanti si sono osservati locali processi di ruscellamento diffuso.

La litologia affiorante all'interno del bacino idrografico è prevalentemente pelitica; Sono affioranti, irregolarmente a diverse quote anche intervalli 3-10 m di calcari marnosi laminati in strati decimetrici .

La giacitura è a reggipoggio, l'inclinazione degli strati è compresa tra 290° e 310° e l'immersione oscilla tra 35° e 40°.

L'alveo in forte erosione presenta accumuli di materiale detritico grossolano che in caso di eventi meteorologici eccezionali può originare flussi gravitativi sul conoide allo sbocco della valletta, come messo in evidenza dagli studi di dettaglio sul conoide effettuati per le osservazioni al PAI.

Le opere di arginatura infatti in alcuni tratti risultano inadeguate ed inoltre sono solo presenti nella parte bassa: la parte mediana e superiore è completamente priva di opere di regimazione idraulica di sorta.

Valle Spineda

E la valle più orientale del territorio Comunale.

La valle è priva di un proprio sbocco a lago dato che, in passato, il suo tratto finale è stato fatto confluire insieme alla valle Pacifec.

In passato questa confluenza era stata tombinata con un tubo assolutamente insufficiente, che aveva creato gravi problemi di esondazione e fuoriuscita di materiali lungo la strada e nei terreni sottostanti.

Recentemente la Provincia ha realizzato un intervento per porre rimedio a questa situazione, con la realizzazione di un canale a cielo aperto, parallelo alla Provinciale stessa, in sostituzione del tubo, fino alla confluenza con il tratto finale della Pacifec.

La parte sopra è stata nel tempo oggetto di svariati interventi di regimazione idraulica e di consolidamento delle sponde, in parte motivati dall'instabilità dei luoghi ma soprattutto per ridurre al minimo i fenomeni di trasporto solido per il problema del tombinamento sopra descritto.

La valle corre per un ampio tratto (fino a quota 450) su un versante ed un fondovalle con pendenza blande.

In seguito, fino a quota 500 m s.l.m., la valle si fa maggiormente incisa e sono presenti alcuni piccoli fenomeni di franamento sui versanti; più sopra, fino alla strada di Bianzano, le pendenze spianano e non sono presenti problemi particolari.

2.3.1 GENERALITA' SULLA PORTATA DI MASSIMA PIENA DELLE VALLI

La portata di un corso d'acqua è una grandezza che dipende da parametri molto variabili, sia nel tempo sia nello spazio, relativi al percorso che l'acqua compie durante il suo ciclo idrologico.

La variabile “precipitazione meteorica”, insieme alla variabile “superficie del bacino”, è uno dei fattori di controllo principali delle portate dei corsi d'acqua.

Come è generalmente accettato la determinazione delle precipitazioni di progetto avviene attraverso la preliminare ricostruzione di un ietogramma sintetico derivante dall'elaborazione delle piogge intense registrate all'interno e nelle aree contermini al bacino da modellare.

Questa fase conduce alla determinazione delle curve di possibilità pluviometrica media da associare a tale territorio ossia delle curve che legano, per assegnati tempi di ritorno, le altezze di precipitazione h alle corrispondenti durate t .

Il legame funzionale tra altezza di pioggia $h(t)$ e durata t viene di solito espresso da una relazione monomia del tipo:

$$h(t) = a t^n$$

dove a ed n sono i parametri caratteristici della stazione e rappresentano rispettivamente l'altezza di precipitazione relativa alla durata di un'ora e n la pendenza della retta che rappresenta la precedente relazione di un diagramma probabilistico:

$$\log h = \log a + \log t$$

La stima dei parametri a ed n viene effettuata riportando su tale piano le coppie di punti (t, h) e regolarizzandoli su una retta (quando non risulti più conveniente l'uso di una spezzata a due o più lati).

Tali punti devono ovviamente essere tra loro omogenei, nel senso che devono avere un medesimo tempo di ritorno T.

Nel presente studio i tempi di ritorno prescelti per ricoprire il campo di interesse tecnico sono di 50 e 100 anni, ritenuti quelli maggiormente significativi per il problema specifico.

Per il calcolo dell'altezza della pioggia critica sono stati utilizzati a questo proposito i dati ricavati dal "Piano Territoriale Provinciale" di per precipitazioni brevi ed intense (durata inferiore a 24 ore) con tempo di ritorno di 100 anni ($a = 63,5$ e $n = 0,290$ per $t \geq 1$ ora) e di 50 anni ($a = 57,5$ e $n = 0,295$ per $t \geq 1$ ora).

Ricordando che l'altezza della pioggia è esprimibile da una funzione del tipo $H = at^n$ (dove t è il tempo di durata della pioggia espresso in ore), le funzioni utilizzate sono:

- (1) $H = 63,5 t^{0,290}$ (per un tempo di ritorno di 100 anni)
- (2) $H = 57,5 t^{0,295}$ (per un tempo di ritorno di 50 anni)

Per il calcolo delle portate di massima piena del bacino, con diversi tempi di ritorno, si è utilizzata la procedura suggerita dalla "Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica" del P.A.I. per bacini di limitata estensione.

Nel calcolo dell'altezza della pioggia critica si sostituisce a t il valore del tempo di corrvazione T_c , ricavato dalla formula empirica di Giandotti (3). Il tempo di corrvazione corrisponde al tempo che una particella d'acqua impiega a percorrere la distanza tra il punto più distante verso monte del bacino e la sezione di chiusura verso valle del bacino stesso e definisce la durata minima della pioggia perché tutto il bacino possa contribuire al deflusso nella sezione terminale.

(3)

$$T_c(ore) = \frac{4 \times \sqrt{S} + 1,5 \times l}{0,80 \times \sqrt{\bar{H}_m}}$$

dove le variabili sono:

$T_c(ore)$ = tempo di corrivazione

$S(kmq)$ = area del bacino idrografico sotteso dalla sezione di misura

$l(km)$ = lunghezza dell'asta valliva principale

$H(m)$ = altitudine media ponderata del bacino, ricavata dalla seguente formula:

$$\frac{\sum_{i=1}^n h_i \times S_i}{S}$$

h_i = altitudine media tra due direttrici (curve di livello considerate);

S_i = superficie compresa tra le due direttrici;

$H_0(m)$ = quota della sezione di chiusura;

$\bar{H}_m = H(m) - H_0(m)$ = altitudine media del bacino riferita alla quota della sezione di chiusura.

Per la determinazione della portata massima (Q_{max} , portata di piena) del bacino idrografico, essendo lo stesso considerato piccolo per estensione, si utilizza la formula del metodo razionale (4):

$$Q_{max}(m^3/sec) = \frac{0,278 \times Cd \times S \times H_{crit}(t, T)}{T_c}$$

(4)

dove le variabili sono:

$H(mm)$ = altezza della pioggia caduta in un tempo T_c

S (kmq) = superficie del bacino idrografico

T_c (ore) = tempo di corrivazione del bacino

C_d = coefficiente di deflusso

Quest'ultimo coefficiente tiene conto di tre fattori:

- il fattore di ragguaglio (cr) della precipitazione alla superficie del bacino idrografico;
- il fattore di trattenuta del terreno (cd), funzione della capacità di assorbimento del terreno;
- il fattore di laminazione (cl) che dipende dalla capacità di invaso sulla superficie del bacino e nel reticolo idrografico dello stesso.

La stima del coefficiente di deflusso, a causa della variabilità dei fattori cr , cd e cl e della difficoltà della loro misura, è un punto critico e costituisce il maggior elemento di incertezza nella valutazione della portata.

I suoli in oggetto sono in prevalenza costituiti da terreni poco o nulla permeabili con copertura boschiva diffusa.

In accordo con i valori proposti in una guida dalla F.A.O. e nei manuali idraulici indicati dalla “Direttiva piene” dell’Autorità di Bacino del fiume Po, è stato scelto un valore di $C_d = 0.35$, che costituisce in ogni caso un valore cautelativo se confrontato con i coefficienti di deflusso valutati per diverse zone della provincia di Bergamo.

La formula del metodo razionale si basa sui seguenti presupposti:

- la precipitazione è costante nel tempo ed è uniformemente distribuita su tutto il bacino, in modo tale che alla sezione di chiusura pervengono i contributi di aree via via più

distanti dalla sezione stessa sino al raggiungimento della condizione di contributo contemporaneo da parte di tutto il bacino;

- la portata stimata ha lo stesso tempo di ritorno T_r di quello dell'intensità di pioggia;
- il tempo di formazione del colmo di piena è pari a quello della fase di riduzione;
- l'intensità di pioggia ha una durata pari a quella del tempo di corrivazione T_c (questa è la situazione maggiormente critica poiché si assume che si raggiunge l'altezza critica nel tempo minore, piogge intense, essendo il tempo di corrivazione la durata minima della pioggia che può provocare un'ondata di piena)

2.3.2 CALCOLO DELLA PORTATA DI MASSIMA PIENA DELLE VALLI

Utilizzando le relazioni sopra riportate ed inserendo i parametri morfologici e le caratteristiche geologiche dei diversi bacini idrografici si è proceduto al calcolo delle portate di massima piena di tutte le valli del territorio Comunale, con sezione di chiusura come individuato nella tavola n° 4.

I calcoli di seguito riportati devono essere considerati come un'indicazione di massima; è evidente che per la progettazione di interventi che necessitano di una valutazione di questo parametro è necessario approfondire l'aspetto con analisi e valutazioni specifiche di maggiore dettaglio (sia per l'aspetto delle piogge che per analisi con la portata di massima piena, anche con l'utilizzo di più metodologie di calcolo).

I calcoli di seguito indicati sono stati eseguiti con parametri cautelativi (sia in termini di piogge che di coefficienti di deflusso).

Di seguito è riportato un prospetto delle caratteristiche morfologiche, idrologiche ed idrauliche per ogni singola valle del territorio Comunale.

VALLE DEI CAREGGI

Dati morfologici del bacino idrografico

Superficie del bacino	S = 0.2285 kmq
Altezza massima del bacino	Hmax 640,30 m
Quota della sezione di chiusura	H ₀ = 334,00 m
Altezza media del bacino	Hm = 487,15 m
Lunghezza dell'asta valliva principale (estesa fino allo spartiacque)	L = 1393 m
Pendenza media dell'asta fluviale	i = 0,22
Condizioni del substrato	fittamente vegetato, litologia affiorante costituita da Argilliti di Riva di Solto e, localmente, da depositi glaciali con ciottoli e blocchi in matrice limoso-argillosa

Calcolo della portata di massima piena

Tempo di corrivazione	Tc = 0.240 h	
Altezza della pioggia critica	Hc100 = 41,65 mm	Tr = 100 anni
	Hc50 = 37,74 mm	Tr = 50 anni
Portata di massima piena	Qmax(100)= 4,87 mc/sec	Tr = 100 anni
	Qmax(50)= 4,41 mc/sec	Tr = 50 anni

VALLE DEL TUF

Dati morfologici del bacino idrografico

Superficie del bacino	S = 0,5237 kmq
Altezza massima del bacino	Hmax 655,00 m
Quota della sezione di chiusura	H ₀ = 334,10 m
Altezza media del bacino	Hm = 494,55 m
Lunghezza dell'asta valliva principale (estesa fino allo spartiacque)	L = 1710 m
Pendenza media dell'asta fluviale	i = 0,19
Condizioni del substrato	fittamente vegetato, litologia affiorante costituita da Argilliti di Riva di Solto e, localmente, da depositi glaciali con ciottoli e blocchi in matrice limoso-argillosa

Calcolo della portata di massima piena

Tempo di corrivazione	Tc = 0.31 h	
Altezza della pioggia critica	Hc100 = 44,73 mm	Tr = 100 anni
	Hc50 = 40,58 mm	Tr = 50 anni
Portata di massima piena	Qmax(100)= 7,42 mc/sec	Tr = 100 anni
	Qmax(50)= 6,73 mc/sec	Tr = 50 anni

VALLE VOLPERA

Dati morfologici del bacino idrografico

Superficie del bacino	S = 0,0939 kmq
Altezza massima del bacino	Hmax 610,10 m
Quota della sezione di chiusura	H ₀ = 355,00 m
Altezza media del bacino	Hm = 482,55 m
Lunghezza dell'asta valliva principale (estesa fino allo spartiacque)	L = 860 m
Pendenza media dell'asta fluviale	i = 0,30
Condizioni del substrato	fittamente vegetato, litologia affiorante costituita da Argilliti di Riva di Solto e, localmente, da depositi glaciali con ciottoli e blocchi in matrice limoso-argillosa

Calcolo della portata di massima piena

Tempo di corrivazione	Tc = 0.140 h	
Altezza della pioggia critica	Hc100 = 35,85 mm	Tr = 100 anni
	Hc50 = 32,41 mm	Tr = 50 anni
Portata di massima piena	Qmax(100)= 2,29 mc/sec	Tr = 100 anni
	Qmax(50)= 2,07 mc/sec	Tr = 50 anni

VALLE DEI PANNI

Dati morfologici del bacino idrografico

Superficie del bacino	S = 0,5844 kmq
Altezza massima del bacino	Hmax 765,00 m
Quota della sezione di chiusura	H ₀ = 335,00 m
Altezza media del bacino	Hm = 550,00 m
Lunghezza dell'asta valliva principale (estesa fino allo spartiacque)	L = 1815 m
Pendenza media dell'asta fluviale	i = 0,24
Condizioni del substrato	fittamente vegetato, litologia affiorante costituita da Argilliti di Riva di Solto e, localmente, da depositi glaciali con ciottoli e blocchi in matrice limoso-argillosa

Calcolo della portata di massima piena

Tempo di corrivazione	Tc = 0.310 h	
Altezza della pioggia critica	Hc100 = 44,78 mm	Tr = 100 anni
	Hc50 = 40,63 mm	Tr = 50 anni
Portata di massima piena	Qmax(100)= 8,26 mc/sec	Tr = 100 anni
	Qmax(50)= 7,49 mc/sec	Tr = 50 anni

VALLE CAMOS-CIMITERO

Dati morfologici del bacino idrografico

Superficie del bacino	S = 0,4052 kmq
Altezza massima del bacino	Hmax 840,00 m
Quota della sezione di chiusura	H ₀ = 335,20 m
Altezza media del bacino	Hm = 587,60 m
Lunghezza dell'asta valliva principale (estesa fino allo spartiacque)	L = 1555 m
Pendenza media dell'asta fluviale	i = 0,32
Condizioni del substrato	fittamente vegetato, litologia affiorante costituita da Argilliti di Riva di Solto e, localmente, da depositi glaciali con ciottoli e blocchi in matrice limoso-argillosa

Calcolo della portata di massima piena

Tempo di corrivazione	Tc = 0.250 h	
Altezza della pioggia critica	Hc100 = 42,23 mm	Tr = 100 anni
	Hc50 = 38,28 mm	Tr = 50 anni
Portata di massima piena	Qmax(100)= 6,62 mc/sec	Tr = 100 anni
	Qmax(50)= 6,00 mc/sec	Tr = 50 anni

VALLE CA' DE GRASSI

Dati morfologici del bacino idrografico

Superficie del bacino	S = 0,0639 kmq
Altezza massima del bacino	Hmax 575,00 m
Quota della sezione di chiusura	H ₀ = 334,00 m
Altezza media del bacino	Hm = 454,50 m
Lunghezza dell'asta valliva principale (estesa fino allo spartiacque)	L = 692 m
Pendenza media dell'asta fluviale	i = 0,35
Condizioni del substrato	fittamente vegetato, litologia affiorante costituita da Argilliti di Riva di Solto e, localmente, da depositi glaciali con ciottoli e blocchi in matrice limoso-argillosa

Calcolo della portata di massima piena

Tempo di corrivazione	Tc = 0.120 h	
Altezza della pioggia critica	Hc100 = 34,08 mm	Tr = 100 anni
	Hc50 = 30,78 mm	Tr = 50 anni
Portata di massima piena	Qmax(100)= 1,76 mc/sec	Tr = 100 anni
	Qmax(50)= 1,59 mc/sec	Tr = 50 anni

VALLE PACIFEC

Dati morfologici del bacino idrografico

Superficie del bacino	S = 0,0876 kmq
Altezza massima del bacino	Hmax 585,00 m
Quota della sezione di chiusura	H ₀ = 334,70 m
Altezza media del bacino	Hm = 459,85 m
Lunghezza dell'asta valliva principale (estesa fino allo spartiacque)	L = 871 m
Pendenza media dell'asta fluviale	i = 0,29
Condizioni del substrato	fittamente vegetato, litologia affiorante costituita da Argilliti di Riva di Solto e, localmente, da depositi glaciali con ciottoli e blocchi in matrice limoso-argillosa

Calcolo della portata di massima piena

Tempo di corrivazione	Tc = 0.150 h	
Altezza della pioggia critica	Hc100 = 36,00 mm	Tr = 100 anni
	Hc50 = 32,54 mm	Tr = 50 anni
Portata di massima piena	Qmax(100)= 2,11 mc/sec	Tr = 100 anni
	Qmax(50)= 1,91 mc/sec	Tr = 50 anni

VALLE SPINEDA

Dati morfologici del bacino idrografico

Superficie del bacino	S = 0,3364 kmq
Altezza massima del bacino	Hmax 900,00 m
Quota della sezione di chiusura	H ₀ = 353,40 m
Altezza media del bacino	Hm = 626,70 m
Lunghezza dell'asta valliva principale (estesa fino allo spartiacque)	L = 1456 m
Pendenza media dell'asta fluviale	i = 0,38
Condizioni del substrato	fittamente vegetato, litologia affiorante costituita da Argilliti di Riva di Solto e, localmente, da depositi glaciali con ciottoli e blocchi in matrice limoso-argillosa

Calcolo della portata di massima piena

Tempo di corrivazione	Tc = 0.220 h	
Altezza della pioggia critica	Hc100 = 40,87 mm	Tr = 100 anni
	Hc50 = 37,03 mm	Tr = 50 anni
Portata di massima piena	Qmax(100)= 5,94 mc/sec	Tr = 100 anni
	Qmax(50)= 5,38 mc/sec	Tr = 50 anni

2.4 CARTA IDROGEOLOGICA

Sulla base delle caratteristiche di permeabilità presunta delle formazioni geologiche e dei terreni precedentemente descritti si può passare alle unità idrogeologiche (tavola n° 5 - carta idrogeologica).

Si ricorda che la permeabilità può essere di tipo primario, cioè dovuta alla porosità presente tra granulo e granulo oppure secondaria, cioè dovuta essenzialmente alle discontinuità delle masse rocciose.

Per ammassi rocciosi e terreni è possibile effettuare la seguente distinzione di massima:

1- Rocce e terreni con permeabilità da scarsa fino ad impermeabili

A questo tipo appartengono le Argilliti di Riva di Solto, che costituiscono la maggior parte il territorio comunale nella parte collinare.

Le Argilliti sono rocce praticamente impermeabili.

All'interno della formazione sono però presenti intercalazioni di strati carbonatici ed il grado di tettonizzazione è elevato, per cui è possibile, in alcune porzioni, una circolazione delle acque.

Per quanto riguarda i terreni superficiali rientrano in questa categoria i depositi lacustri e palustri, a prevalente granulometria limoso-argillosa.

Questi depositi sono distribuiti nella zona umida dei Careggi ed in una stretta fascia lungo il Lago di Endine.

2- Rocce e terreni con permeabilità media

A questo tipo appartiene, per quanto riguarda il substrato roccioso, il Calcare di Zorzino, posto a monte del limite comunale di Spinone, interamente in territorio di Bianzano.

Questa formazione risulta mediamente permeabile sia per la fratturazione che per i fenomeni di dissoluzione carsica al suo interno.

I calcari della formazione di Zorzino costituiscono, indubbiamente, la fonte primaria di immagazzinamento idrico della zona in ampio.

Per quanto riguarda i depositi superficiali in questa categoria sono stati inclusi i depositi glaciali e i depositi di conoide: si tratta di depositi con granulometria eterogenea e variabile, per cui è stata indicata una permeabilità complessiva media, con la possibilità di locali zone a permeabilità maggiore o minore, sulla base della composizione granulometrica specifica.

I depositi glaciali e di conoide interessano sia il pianoro di Bianzano sia la fascia di collegamento tra il Lago e la collina su cui sorge Spinone, sia, in alcune lenti, limitate zone sui versanti stessi di Spinone.

3- Terreni a permeabilità alta

In questa categoria sono stati inseriti sia i depositi di versante che i depositi alluvionali.

Si tratta di depositi di spessore molto contenuto (alcuni metri al massimo), posizionati rispettivamente:

- quelli di versante in una stretta fascia di raccordo tra collina e pianura
- quelli alluvionali lungo alcune incisioni vallive

Sono comunque stati individuati in carta perchè in alcuni casi hanno una contenuta importanza idrogeologica, in quanto sede di piccole emergenze sorgentizie.

Nella tavola n° 5 sono stati riportati altri elementi di interesse idrogeologico e precisamente:

- *Scorrimenti idrici sotterranei.*

Sono stati individuati quelli collocati nella parte alta del territorio comunale.

Gli stessi sono stati ipotizzati all'interno dei depositi del pianoro di Bianzano in base ai livelli di emergenza acque, in corrispondenza dei banchi di travertino, e alle sottostanti sorgenti presenti nelle Argilliti.

Per quanto riguarda i flussi idrici sotterranei nella parte inferiore del centro abitato non vi sono dati puntuali, ad eccezione di quanto riportato nelle analisi della San Carlo: si tratta comunque di direttrici di flusso che dalla parte collinare con direzione NW-SE scorrono verso il lago.

- *Sorgenti*

Sono state censite in carta tutte le sorgenti e le emergenze di acque profonde, distinte tra quelle captate per uso alimentare e quelle non captate.

In carta sono anche stati segnalati i pozzi (adibiti a scopo minerale, piezometrico e/o di controllo) della fonti San Carlo come desunti dai documenti trasmessi dalla Ditta stessa.

In valle del Tuf è stata anche la sorgente minerale da cui ha tratto inizio l'attività delle fonti nel Comune di Spinone e che è attualmente dimessa.

Si tratta di una sorgente di acque sulfuree, con portate molto contenute.

Tali acque derivano le loro caratteristiche chimiche da passaggio, in quantità contenute (quasi un gocciolamento) e con percorsi lenti, attraverso gli scisti bituminosi presenti nella formazione delle Argilliti di Riva di Solto.

- *Vincoli relativi alle acque ad uso potabile.*

Per tutte le sorgenti utilizzate a scopo potabile del Comune di Spinone al Lago è stata riportata anche la vincolistica di salvaguardia. Per una trattazione più approfondita di questi ultimi elementi si rimanda ai successivi capitoli specifici.

2.4.1 ASSETTO IDROGEOLOGICO DEL COMUNE

Partendo dalla distinzione sopra effettuata, analizzando di volta in volta la situazione locale (fratturazione delle rocce, distribuzione dei banchi di calcari nelle Argilliti, presenza e spessore dei depositi morenici, accumulo di detriti di falda o frana e loro grado di cementazione) ed associando il tutto all'assetto geologico del territorio Comunale ed al posizionamento delle zone di emergenza delle acque profonde è stato possibile schematizzare il quadro geologico del territorio Comunale (vedi sezione idrogeologica).

L'elemento principale nella parte alta è rappresentato dal sovrascorrimento dei calcari (permeabili per fessurazione e carsismo) sopra le argilliti.

Pochi dati sono disponibili su tale aspetto ma dall'analisi sotto riportata delle sorgenti presenti è ipotizzabile che la parte di monte dei calcari rappresenti il bacino di alimentazione principale, a grande scala, dell'area, cui si assommano gli apporti meteorici e di infiltrazione più superficiali.

Dall'analisi idrogeologica di dettaglio del territorio emergono le seguenti tipologie di sorgenti, indicative di differenti circuiti di alimentazione:

1° tipo: sorgenti per contatto.

Affiorano lungo il limite tra i depositi glaciali di Bianzano e le Argilliti di Riva di Solto.

In genere sono le sorgenti con portate maggiori (Fontanino di Bianzano 3 l/s) e spesso rappresentano perdite di troppo pieno delle captazioni del Comune di Bianzano.

Considerando i buoni valori di portata e la distribuzione costante durante tutto l'arco dell'anno è corretto affermare che l'alimentazione di tali sorgenti non è legata solo alle acque meteoriche che rimangono tra argilliti e depositi ma è vi è anche l'esistenza di alimentazione da parte dei carbonati retrostanti attraverso fratture.

Questo può essere confermato anche dal chimismo delle sorgenti.

Tali sorgenti alimentano in buona percentuale i torrenti sopra Spinone e fuoriescono essenzialmente a livello dell'orizzonte di travertino.

A questa tipologia possono essere associate sorgenti, anche non captate, nella parte alta della Valle del Tuf che emergono appena sotto il bancone di travertino alla fine del terrazzo morenico come pure il Fontanino di Bianzano.

2° tipo: sorgenti per fratturazione.

Sono le emergenze che fuoriescono all'interno della formazione delle Argilliti di Riva di Solto, dalle fratture presenti nei livelli calcareo-marnosi intercalati ai livelli impermeabili di argilliti.

Le sorgenti che fanno capo a questa tipologia sono la quasi totalità di quelle studiate, sia in Valle del Tuf che in Valle Camos.

In genere le portate di tali sorgenti sono modeste, dell'ordine di 0,3-0,4 l/sec, spesso un singolo manufatto di captazione è strutturato in modo da raccogliere le acque di 2-3 o anche più piccole emergenze.

Nonostante il basso valore di portata di ogni singola sorgente sono state quelle che hanno risolto il problema dell'acqua potabile di Spinone, in particolare nei periodi estivi, perché la loro portata anche se minima, rimane pressoché costante in tutti i periodi dell'anno.

Anche qui per spiegare la costanza di emergenza è verosimile pensare ad alimentazioni profonde da parte del Calcere di Zorzino, tramite sversamenti dal sovrascorrimento del Monte Crocione, e non solo al semplice accumulo nelle Argilliti di Riva di Solto.

Visto che non sono geologicamente legate a condizioni particolari (limiti stratigrafici e/o tettonici) le quote di emergenza sono varie all'interno dell'affioramento della formazione delle Argilliti di Riva di Solto.

3° tipo: sorgenti di frana e di detrito.

Le emergenze di tali sorgenti sono all'interno dei depositi di versante, sia di falda che di frana. Si tratta sempre di portate modeste dell'ordine di 0,3-0,4 l/sec.

Si tratta, in genere, di sorgenti caratterizzate da emergenze diffuse.

E' probabile che l'acqua di queste sorgenti sia comunque legata ad una delle due tipologie sopra citate che sono state ricoperte dagli accumuli detritici, oltre chiaramente agli apporti meteorici diretti nei depositi superficiali.

L'esistenza di una sorgente a monte, per contatto o fratturazione, sembra essere confermata dalla portata più o meno costante durante l'anno, in particolare nei periodi di secca, che non sarebbe possibile se l'alimentazione fosse limitata ai piccoli depositi di versante.

Le stesse andrebbero monitorate per verificare eventuali diminuzioni costanti con il passare del tempo perché tale fenomeno potrebbe essere collegato a fenomeni di erosione da parte delle acque e conseguenti perdite di portata per infiltrazione.

Anche di queste sorgenti le quote altimetriche sono variabili.

In genere il manufatto di captazione è costruito a trincea proprio per raggiungere la sorgente geologica; non mancano comunque i casi in cui le acque vengono raccolte direttamente dai depositi di versante (es. sorgente 1, Valle del Tuf)

In generale, dai dati sopra riportati, si evince che è difficile valutare quali siano le reali interazioni tra le acque immagazzinate nei carbonati e le sorgenti nelle Argilliti.

Il fatto che la quantità d'acqua delle sorgenti resti pressoché costante durante l'anno indica l'esistenza di rifornimenti che non sono solo legati alle Argilliti ma probabilmente dovuti ad un'alimentazione più profonda e complessa, che passa attraverso i carbonati dello Zorzino.

Nei depositi glaciali di Bianzano, al contatto con le sottostanti Argilliti, è contenuta una falda captata per usi potabili; il livello di contatto è caratterizzato da una serie di emergenze da cui hanno origine parte delle acque delle diverse valli, livello al quale è presente il banco di travertino.

Per quanto riguarda le eventuali falde contenute all'interno dei depositi glaciali, di conoide e lacustri di fondovalle il Comune non ha pozzi, avendo tutta la sua alimentazione da sorgenti in quota, per cui non sono disponibili dati specifici.

Per tale aspetto si rimanda al paragrafo specifico, che fornisce alcuni elementi idrogeologici legati all'alimentazione dei pozzi per acqua minerale delle Fonti San Carlo.

Le indicazioni sono riprese dalla nota del dr. Bertuletti, consulente delle Fonti San Carlo, trasmessa, al Comune di Spinone al Lago con un quadro di massima della situazione.

2.4.2 SORGENTI AD USO POTABILE DEL COMUNE

L'acquedotto comunale di Spinone al Lago è alimentato da 12 sorgenti localizzate rispettivamente 5 nella Valle del Tuf, 6 nella Valle Camos ed 1 nel pianoro di Bianzano. La scelta, effettuata in passato, di scegliere le piccole sorgenti e non perforare pozzi nella piana, è legata al fatto che tutte le sorgenti hanno acqua di buona qualità e che sono situate a quote superiori rispetto alle abitazioni del paese, per tutto il rifornimento dell'acqua per l'acquedotto avviene per gravità con costi contenutissimi per la popolazione.

Le quantità d'acqua prelevate da ogni singola sorgente sono modeste, in genere inferiori ad 1 l/sec con, l'unica eccezione del Fontanino di Bianzano la cui portata minima è stata stimata in circa 1,5 l/sec e la media in circa 3 litri/secondo.

Nonostante ciò la ricchezza di queste piccole emergenze ha permesso negli anni di risolvere il problema idrico del Comune particolarmente sentito nei periodi estivi per il carico turistico, con la necessità, nei casi di siccità più drastici, di alcune integrazioni di rifornimento al bacino idrico della valle del Tuf da parte dell'acquedotto dei Laghi.

Da misurazioni di massima effettuate durante i sopralluoghi il totale medio d'acqua che è possibile captare dalle sorgenti è valutabile in 8-10 litri/sec.

Tale quantità è confermata anche dalle quantità d'acqua fornite dall'acquedotto alla popolazione negli anni.

Negli allegati sono riportate le schede di dettaglio delle singole sorgenti utilizzate a scopo potabile, con ubicazione, planimetria e dettagli tecnici ed idrogeologici.

2.4.3 DELIMITAZIONE DELLE AREE DI SALVAGUARDIA

Le aree di salvaguardia individuate nella carta idrogeologica ed in quella dei vincoli sono state tracciate su base idrogeologica, in base ad un apposito studio eseguito nel 1997 per conto del Comune di Spinone al Lago per l'ASL di Trescore Balneario, proprio per l'individuazione delle aree di salvaguardia delle sorgenti.

Per l'area di salvaguardia della sorgente Seriola a Bianzano si è riproposta la perimetrazione indicata nella pratica di rinnovo della concessione già avvallata dall'ARPA di Bergamo.

Di seguito vengono riassunte le principali considerazioni che hanno condotto alla perimetrazione di salvaguardia.

Tutte le osservazioni di carattere geologico, idrogeologico, climatico, geochimico hanno portato all'elaborazione del seguente modello di circolazione delle acque delle sorgenti.

Il bacino principale di alimentazione è posto nei massicci carbonatici dello Zorzino e della Dolomia Principale, sede della grande circolazione a livello regionale.

Una parte dell'acqua circolante nei carbonati, sovrapposti alle argilliti con un sovrascorrimento, si infiltra lungo fratture e/o lungo i piani di stratificazione nelle Argilliti stesse, fino ad emergere a giorno.

Tali acque compiono percorsi abbastanza lunghi nei calcari (durezza 32-34), invece molto variabili nelle argilliti, come testimoniato dalla variabilità della quantità dei solfuri.

Per la Valle del Tuf il percorso è più breve, situazione che lascia le acque più ricche di calcio e povere di solfati.

Questa forte variabilità è probabilmente in funzione delle precipitazioni che aumentano la circolazione dell'acqua portandola più a contatto con altre acque ricche in solfati o in zone della formazione geologica più ricche di zolfo.

L'ipotesi che le acque sorgive abbiano il loro bacino principale di alimentazione nei massicci carbonatici e non siano legate ad una circolazione e accumulo delle acque meteoriche all'interno delle argilliti od al contatto dei depositi morenici o di versante, circolazione che sicuramente esiste ma è secondaria rispetto a quanto sopra detto, sembra essere rinforzato anche per le considerazioni che seguono:

- Le portate di ogni singola sorgente sono più o meno costanti anche nei periodi di secca, caso non spiegabile per sorgenti di così debole entità e con bacini superficiali molto ridotti
- Il bacino idrografico sotteso è piccolo non potrebbe fornire un accumulo più o meno stabile durante tutto l'arco dell'anno
- I quantitativi di residuo e di ioni calcio così elevati sono tali da non poter essere spiegati con la forte carica aggressiva verso i carbonati delle acque meteoriche.

Infatti tali acque, scorrendo a contatto con le Argilliti o nei depositi morenici di Bianzano, molto poveri di carbonati di calcio, non avrebbero modo di raccogliere un quantitativo così elevato di tali sostanze.

Ad ulteriore conferma il fatto che subito a livello dell'uscita a giorno delle acque presso la fine del pianoro di Bianzano, dopo un breve percorso al contatto fra morene e

argilliti, le acque sono così ricche di carbonato da deporre banconi di tufo potenti 5-6 metri.

L'alimentazione superficiale dovuta allo scorrimento delle acque meteoriche e/o superficiali nelle argilliti, al contatto con le morene e nei depositi di versante sicuramente esiste, ma è d'importanza secondaria, e interessa quantitativi d'acqua mediamente minori, anche se è quella che determina la forte variabilità di portata nel tempo, in relazione al regime pluviometrico.

Le aree di salvaguardia sono state tracciate su base idrogeologica, in base alle considerazioni sopra citate, facendo riferimento a quanto previsto dalla D.G.R. n° 6/15137 del 27/06/96 "Direttive per l'individuazione delle aree di salvaguardia delle captazioni di acque sotterranee (pozzi e sorgenti) destinate al consumo umano".

Di seguito vengono esposte le scelte effettuate per la delimitazione di tali aree e vengono spiegati i motivi geologici, ambientali ed idrogeologici che le supportano.

Si rammenta che nelle aree di tutela assoluta e di rispetto delle sorgenti vigono i divieti e le prescrizioni di cui al D.P.R. 236/88, modificato dal D.L. n° 152 del 11/05/99 e dal D. Lgs. 258/2000, nonché quelle della D.G.R.n° 7/12693 del 10/04/03.

Zona di tutela assoluta

La scelta effettuata è stata di tracciare l'area di tutela assoluta con raggio di 10 metri, anche se ancora le captazioni non sono cintate o il fondo su quest'area non è impermeabilizzato.

Con questa scelta si è voluto sottolineare la fortissima tutela a cui il terreno nei dintorni delle captazioni deve essere sottoposto.

In futuro potranno essere effettuati, a seconda delle necessità, gli interventi necessari a proteggere l'area nel modo richiesto dall'art. 5 sopra citato e dal D.G.R. n° 6/15137, cioè recintarla, costruire i canali di scolo delle acque meteoriche, impermeabilizzare il terreno e proteggere dall'erosione dei corsi d'acqua superficiali.

Non si è ritenuto, invece, necessario ampliare oltre i 10 m. di raggio quest' area in quanto le sorgenti da tutelare hanno portate molto ridotte, come già esposto, e nel territorio immediatamente circostante non è stata evidenziata una particolare situazione di pericolo per le risorse.

Zona di rispetto

In questo caso si è optato per l'utilizzo del **criterio idrogeologico** per tracciare la zona di rispetto, come previsto dalla D.G.R. n°6/15137.

Questa scelta ha una duplice motivazione di fondo:

- ⇒ garantire la massima protezione delle acque delle sorgenti, infatti sebbene siano sorgenti di entità limitata (in genere inferiori a 2 l/s) rappresentano il bene primario dei cittadini e del Comune, e come tali vanno tutelate con il massimo rigore.
- ⇒ evitare, ove possibile, di sottoporre ai vincoli restrittivi sopra elencati, aree di territorio produttive che non sono interessate dalla circolazione delle acque delle sorgenti, anche se la legge è molto restrittiva e vincolante.

In particolare si è partiti dalle considerazioni idrogeologiche sui bacini di alimentazione delle sorgenti, sopra esposte, e cioè:

- l'alimentazione principale delle emergenze, cioè quella che permette una portata costante anche nei periodi di siccità, è legata alla circolazione delle acque nei carbonati della Dolomia Principale e dello Zorzino,

- l'alimentazione dovuta alle acque meteoriche e/o di scorrimento superficiale direttamente sulle Argilliti o sui depositi morenici di Bianzano è di secondaria importanza ed è responsabile delle oscillazioni di piena delle sorgenti.

Sulla base di tali considerazioni si sono adottati i seguenti criteri per la delimitazione delle zone di rispetto delle sorgenti:

1. Per quanto riguarda il bacino d'alimentazione principale e profondo non è possibile individuare nei pressi delle sorgenti aree particolari da sottoporre a tutela.

Vista l'importanza che rivestono i massicci carbonatici della Dolomia Principale e dello Zorzino per la circolazione delle acque ed in considerazione del fatto che tutte le emergenze del versante destro del Lago potrebbero essere collegate potrebbe essere utile effettuare uno studio integrato, concordato fra tutti gli Enti che si occupano della distribuzione di acqua potabile in Val Cavallina, per istituire delle *aree di protezione* in punti a particolare vulnerabilità, come ad esempio grotte o inghiottitoi carsici.

2. Per quanto riguarda l'alimentazione legata alle acque meteoriche, poiché la Argilliti sono praticamente impermeabili e le giaciture sono così variabili da non individuare direzioni preferenziali di infiltrazione, la loro circolazione avviene a livello molto superficiale.

Si possono, quindi, considerare i bacini idrografici in argilliti coincidenti con i bacini idrografici superficiali.

Per questo motivo come limite laterale di delimitazione dei bacini di alimentazione sono stati usati i bacini idrografici sottesi dalle singole sorgenti e poi cumulati perché le sorgenti sono a gruppi.

Il limite superiore è stato tracciato, come previsto dalle indicazioni di legge, con raggio pari a 200 metri dal punto della captazione.

2.4.4 ACQUE MINERALI

Nel territorio del Comune di Spinone al Lago è ubicata un'importante azienda che imbottiglia e produce acque minerali: le "Fonti San Carlo di Spinone al Lago S.p.A.", azienda che oltre ad avere lo stabilimento ha anche le opere ed i manufatti di captazione delle acque ad uso minerale nel territorio del Comune.

Nella carta idrogeologica è riportata la perimetrazione dell'area di concessione mineraria delle Fonti San Carlo, come anche l'ubicazione del patrimonio idrico della stessa Società (pozzi di prelievo, pozzi di servizio, piezometro, ecc.), come desunto dalla tavola trasmessa al Comune dalla Ditta stessa in data 6 novembre 2003.

Per quanto riguarda l'assetto idrogeologico e le caratteristiche delle acque prelevate dalla Società si riporta di seguito esattamente quanto indicato nella nota idrogeologica del 06/11/03 del dr. Bertuletti trasmessa al Comune, su esplicita richiesta per il presente studio.

Quanto di seguito riportato è tutto quanto comunicato dal Consulente della Ditta.

"La Società San Carlo, attualmente, capta acque minerali attraverso pozzi. Di questi il pozzo San Carlo n° 1 è terebrato in un substrato roccioso costituito da alternanze di calcari marnosi ed argilliti (vedi stratigrafia allegata).

Negli altri pozzi importati nel paleoconoide di Valle del Tuff il substrato roccioso è stato intercettato a profondità variabili fra 65 e 75 metri; indagini geosismiche hanno evidenziato un gradino di roccia in corrispondenza della zona apicale del paleoconoide.

I depositi continentali di riempimento della paleocuvetta lacustre sono costituiti da alternanze di depositi fluvioglaciali e lacustri, suturati da alternanze di blocchi rocciosi calcarei e limi argillosi con intercalazioni di conglomerati a cemento argilloso.

Le intercalazioni a granulometria grossolana, sabbioso-ghiaiose (depositi fluvioglaciali) compresi e confinati tra livelli poco o nulla permeabili costituiti da limi più o meno argillosi (depositi glacio-lacustri) sono sede di circolazione idrica in pressione.

Prove di natura geofisica sui pozzi hanno evidenziato una direzione di flusso NO-SE; l'alimentazione, pertanto, si ipotizza avvenga attraverso travasi idrici sotterranei lungo il sovrascorrimento di M. Crocione. Le falde sono di tipo artesiane.

Nei depositi più superficiali di conoide sono state intercettate falde freatiche lenticolari a profondità variabile fra 7 e 13 metri, probabilmente in diretta connessione con le acque della valle del Tuf.

Il pozzo di ricerca (2003) in prossimità della ex scuola materna è stato spinto fino a 70 metri; è stato intercettato un acquifero in pressione il cui livello statico si è stabilizzato a 16 m dal p.c.

E' in corso un monitoraggio idrodinamico, chimico e batteriologico che si protrarrà per un anno idrologico, secondo le disposizioni di legge.

L'acquifero è costituito da depositi ghiaiosi a supporto di matrice sabbioso-limosa (fluvioglaciali); è tamponato a tetto da argille e limi sabbiosi ed è sostenuto a letto da argille poggianti sul substrato argillitico.

Non è stata riscontrata circolazione di acqua riconducibile ad una falda freatica.”

2.5 CARTA DEI MANUFATTI E DELLE OPERE ANTROPICHE

La carta riporta come elemento caratterizzante l'*idrografia superficiale* del territorio comunale, l'insieme cioè delle principali linee di deflusso costante (il fiume Cherio) o saltuario (le vallette laterali) delle acque superficiali.

Questo perchè la quasi totalità delle opere di sistemazione idrogeologica e dei manufatti sono realizzati in relazione all'idrografia superficiale.

Spesso in corrispondenza di zone abitate o strade i torrenti si presentano *tombinati*, costretti cioè a scorrere in tombotti che restringono il loro alveo, in genere in corrispondenza di attraversamenti o passaggi stradali.

Questi manufatti necessitano di periodici controlli; la loro ostruzione ad opera di detriti e vegetazione costituisce pericolo di esondazione in caso di piene particolarmente intense.

La morfologia dell'alveo, in particolare nelle zone dove la minor pendenza favorirebbe frequenti esondazioni e variazioni di percorso, è controllata da *difese spondali*,.

Nella parte terminale della valle del Tuf e nella parte centrale della valle del Pacifec troviamo *argini in terra* per il contenimento delle acque; più diffusi sono sicuramente gli interventi spondali costituiti da muri in cemento (per esempio in valle dei Careggi, in valle Volpera e in valle dei Panni).

Quest'ultima in particolare, nella tratto che attraversa il centro del paese, è caratterizzata dalla presenza di numerose *briglie*, *traverse*, *soglie*, manufatti che, tagliando trasversalmente l'alveo, mantengono costante la pendenza, diminuiscono la velocità del flusso e di conseguenza l'erosione del fondo.

Anche la parte alta della valle del Tuf, della valle Camos e delle valle Spineda è regolata da numerose briglie.

In carta sono riportati anche i *ponti*, attraversamenti sia pedonali che stradali; in alcuni casi posso costituire, come i tombotti, significativi restringimenti dell'alveo con conseguenze simili nel caso il deflusso non avvenga in maniera regolare.

Nel complesso del territorio comunale, i manufatti sono presenti maggiormente in alcune zone, indicativi anche delle problematiche passate e future e precisamente:.

- La valle Careggi risulta arginata nella parte bassa, mentre la parte a monte è priva di qualsiasi opera idraulica ed infatti l'alveo ed i versanti sono spesso in erosione ed in stati di dissesto. La valle necessiterebbe, sicuramente, di una integrazione delle opere di regimazione idraulica e di stabilizzazione dei versanti
 - La valle del Tuf è particolarmente ricca di briglie e traverse nella parte a monte, proprio perchè da sempre afflitta da problemi sia lungo l'alveo che, soprattutto, di instabilità dei versanti. Molte delle opere sono in cattivo stato di manutenzione ed altre sono state distrutte dalle frane e la valle necessiterebbe, sicuramente, di importanti interventi di regimazione e stabilizzazione dei versanti. La parte bassa, il cui tracciato è stato modificato artificialmente per la bonifica dei luoghi, scorre sufficientemente tranquilla, senza opere particolari.
 - La valle dei Panni è pressochè totalmente regimata nella parte bassa, quella che attraversa il centro abitato, con fondo e sponde in cls, briglie e soglie di fondo, muri spondali, ecc., realizzati proprio a salvaguardia dell'abitato e delle infrastrutture.
- Nel 1997-99 sono stati realizzati ulteriori interventi di regimazione e messa in

sicurezza delle opere esistenti. La parte alta della valle, anche perchè priva di problematiche particolari, non presenta opere ad interventi significativi.

- La valle Spineda presenta una serie di opere, soprattutto briglie in alveo e di contenimento dei versanti (gabbionate, muri, opere di ingegneria naturalistica) nella parte alta, opere realizzate per ridurre al minimo il trasporto solido verso valle, considerata la presenza, in passato, del tombinamento nettamente insufficiente sotto la strada per Ranzanico. Di recente la Provincia ha completato la realizzazione di un canale a cielo aperto, parallelo alla strada, per risolvere il problema.
- La valle Volpera, seppur abbia un bacino molto contenuto, presenta alcuni interventi, tra un canale artificiale in sassi e cls nella zona in cui attraversa una proprietà privata. Nella parte alta del bacino sono state realizzate una serie di briglie, con lo scopo di trattenere il trasporto solido della valle, dato che nei pressi del centro abitato la stessa viene immessa nella fognatura Comunale.
- La valle Camos presenta una serie di opere sia longitudinali che trasversali nel tratto a monte di via Diaz e fino circa a quota 400 m, soprattutto per la stabilizzazione del fondo e dei versanti. La parte bassa, oltre ad alcune difese spondali preso la confluenza con la valle del cimitero, non presenta opere particolari.
- La valle Pacifec presenta dei muri spondali nel tratto basso, tra la strada per Bianzano e lo sbocco a Lago, anche perchè in questo tratto si immette anche la valle Spineda, con conseguenti problema erosivi. Le opere in questo tratto necessiterebbero sicuramente di una sistemazione e di un potenziamento. Nella parte alta per un tratto è presente una contenuta arginatura in terra, per indirizzare il

flusso della corrente e null'altro. Sicuramente delle opere di regimazione anche in questa zona sarebbero importanti, anche perchè l'attraversamento della strada per Bianzano è realizzato con un tombotto di piccole dimensioni protetto da una contenuta vasca di accumulo. E' chiaro, quindi, che la riduzione del trasporto solido sarebbe molto importante per la salvaguardia dello stesso.

Pressochè prive di opere sono solamente la valle Cascina Diavolina e la valle del Cimitero.

2.6 CARTA DEI VINCOLI

Una parte molto importante del lavoro è la verifica dei vincoli di natura fisico-ambientale esistenti sul territorio per inserirli e raccordarli con le prescrizioni sulle problematiche geologiche.

In questo modo verifiche diverse sugli stessi problemi, da parte di diversi Enti, si contengono e si può operare in accordo: questa scelta facilita ed accelera l'iter burocratico delle ristrutturazioni e delle nuove realizzazioni sia per l'Ufficio Tecnico Comunale che per i cittadini.

Nello specifico è stata redatta una carta che contiene tutti i principali vincoli di interesse specifico geologico-idrogeologico, derivati da normative in vigore.

La carta è stata redatta alla scala 1:5.000 sulla stessa base del P.R.G.

Gli elementi che sono stati inseriti sono i seguenti:

Vincolo idrogeologico - R.D.L. n° 3267/1923

Si tratta di un vincolo che serve a tutelare terreni e zone boscate da mutamenti di destinazione d'uso.

Quasi tutto il territorio comunale, nella porzione montuosa e collinare, è soggetto a tale vincolo, ad eccezione delle frazioni abitate.

Lo svincolo, che non ha riscontri penali, ma solo amministrativi, è rilasciato dal Presidente della Comunità Montana Valle Cavallina in quanto competente per territorio.

Si tratta di un vincolo nato negli anni '30 prevalentemente per tutelare le zone boscate, senza diretta connotazione con i reali problemi geologici ed idrogeologici (frane, dissesti, ecc.).

Si è ritenuto comunque opportuno riportare la delimitazione in questa carta perché, nelle zone montane, è sempre stato un elemento di attenzione all'aspetto geologico ed è stato tra le prime normative ad introdurre la richiesta della relazione geologica da allegare alle pratiche edilizie.

La delimitazione delle aree sulla carta è precisa nei limiti dei problemi grafici per cui è sempre importante effettuare la verifica di dettaglio sui mappali oggetto di intervento presso gli Enti delegati (Comunità Montane, Corpo Forestale, Provincia, Comune).

Fascia di 10 m. di inedificabilità assoluta lungo i corsi d'acqua, L. 523/1904 art. 96

La legge di polizia idraulica definisce un'area di rispetto fluviale, dalle acque pubbliche, per le edificazioni di 10 metri dalla zona di massima esondazione dei fiumi; questo vincolo è stato riconfermato dal parere n° 55 del 01/06/88 del Consiglio di Stato.

In questa fascia sono interdetti l'edificazione e gli scavi; inoltre la Legge prevede una fascia di 4 metri di interdizione assoluta a qualunque operazione lungo gli alvei.

Questo vincolo, per le aree extraurbane, ha rilevanza notevole e riscontri penali.

In carta è stata evidenziata la fascia di 10 metri dal piede degli argini di pertinenza fluviale in cui è vietata l'edificazione, ai sensi dell'art. 96 comma f della L. 523/1904 che recita:

Sono lavori e atti vietati in modo assoluto sulle acque pubbliche, loro alvei, sponde e difese i seguenti:

f) le piantagioni di alberi e siepi, le fabbriche e lo smovimento di terreno e distanza dal piede degli argini e loro accessori come sopra minore di quella stabilità dalle discipline vigenti nelle diverse località, ed in mancanza di tali discipline a distanza

minore di quattro metri per le piantagioni e smovimento del terreno e di metri dieci per le fabbriche e per gli scavi.

La fascia è stata disegnata con il seguente criterio:

- per tutti i corsi d'acqua del reticolo principale, come individuati ai sensi della L.R. 1/2000 dalla D.G.R. 25/01/02 n° 7/7868.

➤ Per gli altri corsi d'acqua, dato che il Comune non è ancora dotato del piano di individuazione del reticolo minore e dei relativi vincoli si è deciso di sottoporre al vincolo di polizia idraulica i corsi d'acqua che rispondessero ai criteri indicati nell'allegato C della D.G.R. sopra citata (siano indicati come demaniali nelle carte catastali, siano stati oggetto di interventi di sistemazione idraulica, siano rappresentati come tali nelle cartografie ufficiali, siano interessati da derivazioni d'acqua). In aggiunta si è ritenuto di sottoporre ai vincoli del R.D. 523/1904 anche quei corsi in cui le carte inventario dei dissesti della Regione Lombardia segnalavano dei fenomeni di debris flow o per i quali erano stati riscontrati problemi geologici ed idraulici che suggerissero l'applicazione di tale vincolistica.

In sede di individuazione, con apposito piano, del reticolo minore il Comune potrà approfondire tale aspetto, con appositi studi, ed eventualmente modificare quanto indicato rispettando, però, quanto richiesto in Delibera e seguendo l'iter segnalato nella stessa.

Aree di salvaguardia delle acque destinate al consumo umano, D. Lgs 258/2000

Sono state indicate in carta le seguenti due zone, come indicato dalla normativa:

- zona di tutela assoluta: raggio di 10 metri intorno alla captazione, adibita esclusivamente ad opere di presa e canalizzazioni: tale area deve essere recintata, impermeabilizzata ed avere canalizzazioni per le acque meteoriche;
- zona di rispetto: con raggio di 200 metri dal punto di captazione, delimitata con criterio idrogeologico, come dettagliato all'apposito paragrafo. In questa zona sono vietate le attività elencate all'art.6 del D.P.R..

Per i dettagli relativi alle prescrizioni ed ai divieti della normativa si rimanda all'art. 5 della proposta di N.T.A. a carattere geologico "Salvaguardia delle risorse idropotabili". Questo vincolo ha pesanti riscontri penali, riguardando acque destinate al consumo umano e quindi direttamente la salute pubblica.

Vincoli derivanti dalla Pianificazione di Bacino: Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)

Sulla carta sono stati riportati i dissesti e le problematiche di carattere idrogeologico relativi al Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico.

L'iter istruttorio e gli adempimenti compiuti dal Comuni in relazione alle osservazioni al P.A.I. stesso sono già stati dettagliati al par. 1.4.

Nell'allegato 4.2 dell'atlante del dissesto P.A.I., di vincolistica immediatamente operativa, sono segnalate le due conoidi protette CN delle valli dei Panni e Camos, declassate in seguito alle prime osservazioni, e le zone delle valli Tuff e Careggi in situazione di forte dissesto, come anche l'area di esondazione del Lago, segnalate all'Autorità di Bacino dallo Stesso Comune di Spinone.

In questa sede sono stati aggiunti come vincoli P.A.I. le due zone delle conoidi Pacifec, Spineda e Careggi, oggetto di un approfondimento specifico in sede di ultime

osservazioni al P.A.I., approfondimento già verificato ed approvato dalla stessa Regione Lombardia.

Il quadro del dissesto PAI rappresentato e riportato in carta rispetta la carta del quadro del dissesto del territorio Comunale con legenda P.A.I. già validata dalla Regione Lombardia.

All'interno delle aree P.A.I. vige quanto previsto dalle N.d.A. del P.A.I. stesso, come ripreso dalle norme di fattibilità geologica allegate al presente studio.

Le aree di frana attiva non perimetrata sono qui rappresentate tali e quali, ma saranno delimitate dettagliatamente alla scala 1:2.000 delle carte di sintesi e di fattibilità.

Area di concessione mineraria

In carta è stato inserito il perimetro dell'area di concessione mineraria, per acque minerali, delle Fonti San Carlo: si tratta della porzione di territorio in cui le Fonti possono effettuare ricerche minerarie ed in cui hanno le fonti di approvvigionamento idrico (pozzi).

La delimitazione è stata ripresa dai documenti trasmessi dalle stesse Fonti San Carlo al Comune di Spinone al Lago.

In questa porzione di territorio non esiste una normativa e/o una vincolistica specifica con divieti e delimitazioni sulle attività consentite nei dintorni, come avviene invece per le acque potabili.

Resta comunque il fatto che nel sottosuolo è presente un bene di estrema importanza, per cui l'area in concessione è comunque da intendersi come una zona di attenzione e di salvaguardia delle risorse idriche profonde captate a scopo minerale.

In questa zona deve essere prestata la massima attenzione alla realizzazione di sondaggi profondi e/o pozzi per altri scopi, perchè potrebbero interferire con la risorsa.

Per quanto riguarda le attività urbanistiche ordinarie sono le stesse Fonti San Carlo con lettera del 03/09/03 a rispondere ad un quesito del Comune, in relazione ad un nuovo pozzo di ricerca, ribadendo che “la Fonti San Carlo non ha mai posto vincoli neppure per altre edificazioni poste vicino a zone interessate da pozzi di prelevamento preesistenti. I pozzi sono progettati e costruiti in modo che non ci possa essere alcun contatto con l'esterno. I consistenti strati di argilla e la profondità del pozzo rendono assolutamente sicure la purezza di eventuali acque che si andranno a identificare. E' chiaro che tutte le opere di scarico delle costruzioni di superficie devono essere comunque fatte a termini di legge”.

2.7 CARTA DI DETTAGLIO

Questa carta rappresenta la sintesi delle conoscenze acquisite dagli studi precedenti, dai dati bibliografici e dai rilievi personali.

E' stato riportato tutto il territorio comunale alla scala 1:2.000 indicando contemporaneamente alcuni aspetti già precedentemente illustrati nelle carte specifiche; si fornisce così un quadro molto dettagliato dello stato del territorio.

La carta contiene al suo interno diversi livelli di informazioni, relativamente alla caratterizzazione geotecnica del territorio, alle problematiche legate ai versanti, alle acque superficiali, acque sotterranee, ecc. ed alle opere, sia di difesa del suolo che di regimazione idraulica, presenti sul territorio.

La base della carta è costituita dall'informazione di carattere geologico-tecnico / geomeccanico: viene, cioè fornita, una prima caratterizzazione dei terreni e delle rocce in posto; caratterizzazione basata per i terreni sulla granulometria e per la roccia sul grado di fratturazione.

A questo livello informativo sono sovrapposti ulteriori livelli informativi e precisamente:

1. dinamica geomorfologica (comprendente: attività acque superficiali, attività gravitativa, attività carsica e attività glaciale)
2. elementi idrogeologici (sorgenti, pozzi, direzioni di flusso, salvaguardie delle acque potabili)
3. opere di regimazione idraulica, opere in alveo ed opere di sistemazione idrogeologica in genere
4. indagini geognostiche e dati geotecnici del territorio

La disamina di dettaglio dei diversi elementi e sulla distribuzione degli stessi è già stata eseguita in modo puntuale nelle precedenti carte tematiche, per cui di seguito viene ripreso un veloce riepilogo degli elementi riportati in carta, con puntualizzazione sugli aspetti totalmente nuovi.

1. Dinamica geomorfologica

In carta sono riportati gli elementi ed i problemi idrogeologici generati da diversi agenti esogeni, quali: dall'*attività delle acque superficiali*, dall'*attività gravità*, dall'*attività carsica* e *glaciale*.

L' *attività delle acque superficiali* si manifesta nel territorio comunale in modo differente e con differenti tipologie: *elementi lineari in alveo* nelle aste del reticolo idrico principale, *elementi lineari sui versanti* nella zona collinare, *elementi areali* nelle zone pianeggianti.

Le valli Careggi e Cà de Grassi, in caso di abbondanti precipitazioni, possono essere interessate da *problemi idraulici* come *esondazioni*, *colate*, e *debris flow*.

La parte terminale della valle dei Panni è invece soggetta ad *esondazione lacuale*, in caso di piogge intense e prolungate.

Anche i problemi legati all'*attività gravitativa* sono stati differenziati in carta in *elementi puntuali*, *lineari* ed *areali* in base alla loro tipologia, al loro sviluppo e alla zona che interessano.

In carta sono riportati anche alcuni esempi di *attività carsica* (estremamente limitati) e *glaciale* (*massi erratici*).

Per una migliore e più dettagliata trattazione di tutti questi aspetti si rimanda al commento della carta geomorfologica.

2. Elementi idrogeologici

In carta sono state riportate le sorgenti presenti sul territorio con le rispettive *zone di rispetto* e di *tutela assoluta* (per una trattazione completa si rimanda al commento alla carta idrogeologica).

Alla testata della valle del Tuf si trova una zona di *emergenza concentrata non captata*, caratterizzata dalla presenza di risorgive non regolate da opere idrauliche, che poi vanno ad alimentare il deflusso superficiale della valle stessa.

Le *sorgenti adibite ad uso umano* utilizzate dal comune di Spinone sono presenti sia sul territorio di competenza che su quello di Bianzano, per cui la carta è stata ampliata anche al necessario intorno per comprendere tali aspetti.

I *pozzi minerali* sono quelli attualmente in uso dalle Fonti San Carlo (con uso di prelievo di acqua, controllo piezometrico, controllo qualitativo, ecc.); la *sorgente minerale* (sorgente sulfurea per gocciolamento della acque all'interno di scisti bituminosi) in valle del Tuf risulta ormai da tempo abbandonata.

Nei depositi glaciali della piana di Bianzano sono indicati gli *scorrimenti idrici sotterranei*, identificati in base ai livelli di emergenza acque, in corrispondenza dei banchi di travertino e alle sottostanti sorgenti presenti nelle Argilliti.

Altri scorrimenti idrici sono stati indicati anche sul fondovalle, in riferimento ai pozzi minerali utilizzati dalle Fonti San Carlo ed alle indicazioni fornite dalla stessa Ditta.

3. Opere idrauliche

Lungo le aste del reticolo idrico sono state realizzate opere di vario genere, principalmente con funzione di regimazione e regolazione idraulica; tali opere sono state illustrate nella carta dei manufatti e sono qui riprese con un maggior dettaglio.

Si tratta in genere di *difese spondali e argini (in terra, in cls, in pietrame, ecc.)* finalizzati al controllo della morfologia dell'alveo ed alla stabilizzazione delle sponde; *briglie, traverse e soglie* per il controllo della portata e per la stabilizzazione del fondo stesso.

Sono stati anche individuati i principali tombotti: questi ultimi manufatti, insieme ai *ponti*, possono costituire significativi restringimenti dell'alveo.

Si tratta di opere che necessitano, quindi, di periodici controlli e di ordinaria e straordinaria manutenzione, affinché il deflusso avvenga in maniera regolare; la loro ostruzione ad opera di detriti e vegetazione può creare un pericolo di esondazione in caso di piene particolarmente intense.

4. Classificazione geotecnica

In carta sono stati riportati i vari tipi di prove geognostiche che hanno interessato il territorio comunale, alcune delle quali desunte da studi e lavori precedenti effettuati dagli Scriventi o da altri Tecnici all'interno del territorio Comunale.

Si tratta di *prove penetrometriche (statiche e dinamiche), sondaggi a carotaggio continuo, saggi con escavatore con prove di percolazione, rilievi geomeccanici, indagini geofisiche (SEV), piezometri e pozzi (di cui spesso manca la stratigrafia) e prelievi di campioni per analisi di laboratorio.*

Le prove indicate sono state effettuate principalmente in valli Careggi, in valle del Tuf e in località Cascina Diavolino: non sono molti dati di carattere geotecnico, ma si tratta del massimo che è stato possibile reperire presso gli archivi comunali relativamente al problema specifico.

Le litologie, presenti nel territorio comunale sono state riportate in questa carta evidenziandone le caratteristiche geotecniche e geomeccaniche, come desunte dall'analisi granulometrica, dalla caratterizzazione e dalla verifica dei dati geotecnici delle prove sopra riportate.

Le rocce sono distinte in base al loro grado di fratturazione:

- il Calcare di Zorzino che affiora sopra l'abitato di Bianzano, si presenta come *roccia massiccia*,
- le Argilliti di Riva di Solto che caratterizzano il territorio di Spinone nella sua parte collinare si presentano invece come *roccia da fratturata a molto fratturata*.

I depositi invece sono distinti in base alla Unified Soil Classification (Casagrande, 1948).

Si è optato per l'utilizzo di questa classificazione, invece che per quella della più tradizionale classificazione CNR UNI 10006, perché è stata ritenuta più flessibile e maggiormente adatta a descrivere le svariate litologie e le diverse sfumature, in termini di variabilità e di interdigitazione, dei depositi presenti.

I depositi alluvionali, costituiti prevalentemente da una miscela di ghiaia e sabbia con poco o nulla di materiale fine, possono presentarsi localmente ben graduati (GW) o mal graduati (GP).

I depositi di travertino sono definiti come carbonati di origine chimica dovuti a evaporazione.

I depositi di versante hanno granulometria grossolana mal graduata (GP).

I depositi lacustri e palustri del fondovalle presentano torbe e altri terreni fortemente organici (Pt), limo inorganico e sabbia molto fine (ML), argilla inorganica ghiaioso - sabbiosa (CL), limo e argilla limosa organici (OL).

I depositi di conoide sono caratterizzati da ghiaia limosa (GM) e argillosa (GC), in miscela con sabbia e argilla.

I depositi glaciali infine presentano ghiaie limose (GM) e argillose (GC) in miscela di sabbia e argilla e granulometrie più fini, limo inorganico e sabbia molto fine (ML) , argilla inorganica ghiaioso - sabbiosa (CL).

2.8 CARTA DI SINTESI

Questo elaborato cartografico fornisce una visione d'insieme delle problematiche presenti nel territorio comunale e consente di evidenziare in un unico colpo d'occhio i rischi presenti.

Sono infatti riportate aree omogenee dal punto di vista della pericolosità e della vulnerabilità per la presenza di uno o più fenomeni di dissesto geomorfologico e idrogeologico in atto.

Ogni fenomeno è puntualmente definito e delimitato in modo univoco da un poligono; nel caso in una medesima area siano presenti più fenomeni si ha la sovrapposizione di più poligoni.

I diversi elementi sono stati distinti nelle seguenti categorie generali:

- 1. aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico*
- 2. aree pericolose per instabilità dei versanti*
- 3. aree vulnerabili dal punto di vista idraulico*
- 4. aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche*
- 5. aree vulnerabili dal punto di vista sismico*

Sono state omesse le indicazioni sulle opere di sistemazione idrogeologica ed idraulica, perché già indicate puntualmente alla stessa scala nella carta di dettaglio.

1. Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico

Sono riportate in carta

- *l'area di concessione mineraria delle Fonti San Carlo*
- *le zone di rispetto e di tutela assoluta delle sorgenti ad uso potabile.*

Queste ultime aree sono sottoposte a vincolistica con diverso grado di restrizione, come previsto dal D.Lgs 258/2000.

La perimetrazione riguarda 7 sorgenti poste nel territorio Comunale e 4 ubicate nel vicino comune di Bianzano.

Per quanto riguarda l'area di concessione mineraria non esiste una vincolistica di legge, ma è, comunque, un elemento di forte attenzione per la corretta salvaguardia del bene acqua, sia per l'aspetto ambientale che per i forti interessi, anche di carattere economico, legati all'attività di imbottigliamento.

2. Aree pericolose per instabilità versanti

Area a franosità superficiale diffusa

Si intendono quelle zone interessate da colamenti o scivolamenti di entità singole contenute ma molto diffuse, tali da individuare tutta un'area a grave rischio di dissesto.

In questa categoria rientrano anche quelle zone dove sono stati osservati segni di possibile scorrimento delle acque superficiali, in caso di piogge intense che portano a saturazione i terreni (*ruscellamento superficiale diffuso*) anche se non si sono ancora sviluppati fenomeni di erosione accelerata dei suoli.

Il poligono di individuazione di queste aree parte dal coronamento della frana stessa e comprende le zone di scivolamento, di deposito del materiale e quelle di possibile influenza, valutate in base a morfologia ed entità del fenomeno.

Area di frana attiva quiescente

Le aree di frana quiescente sono più diffuse e corrispondono a *frane non cartografabili*, a piccole *nicchie di frana* o a *gradini morfologici*: in valle dei Panni e a monte della località Foppelli si hanno le zone maggiormente interessate da questo tipo di fenomeno.

Sono stati individuati invece due soli casi di fenomeni franosi attivi: uno interessa la parte superiore della valle del Tuf, l'altro la valle Careggi in corrispondenza di Casina Briga e per entrambe è stata redatta la scheda frane.

Anche in questo caso il poligono di individuazione di queste aree parte dal coronamento della frana stessa e comprende le zone di scivolamento, di deposito del materiale e quelle di possibile influenza, valutate in base a morfologia ed entità del fenomeno.

Area in erosione accelerata

Presenta fenomeni di dissesto dei terreni superficiali con molta frazione fine su pendii acclivi ed in presenza di acque scolanti; troviamo un unico esempio in valle del Tuf.

Area interessata da carsismo

Sempre in valle del Tuf sono state osservate due piccole doline originate dalla dissoluzione chimica della porzione carbonatica delle Argilliti di Riva di Solto ad opera delle acque superficiali e profonde.

Aree eccessivamente acclivi

Rientrano in questo ambito tutte le zone del territorio comunale con pendenza generale superiore a 45°, siano esse costituite da roccia o da terreni.

Si tratta, comunque, di aree di estensione molto contenute e variamente distribuite nella parte montuosa del territorio.

Aree pericolose per terreni potenti in pendenze elevate

Si considerano solo i terreni (*depositi alluvionali, depositi glaciali e depositi di versante*) con deposito a spessore plurimetrico e pendenza compresa tra i 35° e i 45°.

Con una pendenza così elevata è evidente che i terreni sono in condizione di equilibrio limite, per cui eventuali interventi e/o operazioni di scavo possono, con un'alta

probabilità, innescare fenomeni di dissesto e franamento. Anche in questo caso si tratta di varie lenti sparse sul territorio.

Aree potenzialmente pericolose per condizioni geologiche e pendenze

In questo caso per i terreni la pendenza è compresa tra 20° e 35°, per la roccia tra 35° e 45°.

L'indicazione di pericolosità potenziale è legata al fatto che allo stato attuale non sono ancora osservabili dissesti già sviluppati ed attivi.

Sono comunque aree che richiedono indagini attente ed accurate prima di un loro eventuale utilizzo per fini urbanistici.

Aree pericolose per incrocio di fattori morfologici, geologici, vegetali, climatici e per dinamica dei versanti

Queste zone, già state evidenziate da studi precedenti, sono confermate anche nel presente piano geologico.

La potenziale pericolosità di questa aree incrocia, oltre ai tradizionali fattori di geologia e pendenza sopra già valutati, anche aspetti relativi al tipo ed alle caratteristiche della vegetazione presente, l'esposizione e le caratteristiche morfologiche del tratto di versante interessato, i parametri climatici dell'area, le condizioni di scolo e drenaggio delle acque superficiali.

In base all'incrocio di tali fattori sono state individuate le aree in questa categoria: molte di tali aree si sovrappongono, a riprova della correttezza dell'analisi, ad aree già segnalate per problematiche dei versanti.

3. Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico

Area con dinamica fluviale tipo delta progradante attivo – non attivo

Allo sbocco delle vallette nel lago si osservano cinque piccoli delta progradanti: solo quello di valle Cà de Grassi non è attivo.

Si tratta di un elemento interessante dal punto di vista geomorfologico, cui dedicare la necessaria attenzione, ma privo di problematiche particolare, dato che gli aspetti di esondazione o alluvionamento sono indicati da altri piani.

Aree potenzialmente interessate da flussi di detrito su conoidi pedemontani

Nelle valli Careggi e Pacifec, al diminuire della pendenza nella zona di raccordo collina - pianura, in occasione di rilevanti precipitazioni e di accumulo notevole di materiale nelle zona a monte, si possono verificare flussi di massa che, espandendosi oltre l'alveo, possono interessare ampia parte del conoide.

Le aree individuate sono quelle risultate a pericolosità alta/molto alta o medio/bassa dallo studio di dettaglio delle conoidi per le osservazioni al PAI.

A tali aree vanno aggiunte le zone delle conoidi della valle dei Panni, della Camos-Cimitero e della Spineda, anch'esse aree di conoide con pericolosità bassa e come tali classificate dal PAI quali conoidi protette.

Aree soggette ad esondazioni lacuali

L'unica area del territorio comunale interessata da questo genere di fenomeno, in caso di consistenti precipitazioni ed innalzamento del livello del lago, è la parte terminale del conoide della valle dei Panni.

Area di rispetto dei corsi d'acqua

Per tutti i corsi d'acqua del reticolo idrico del territorio è stata evidenziata una fascia di 10 metri dal piede degli argini, in cui sono vietati edificazione e scavi, ai sensi dell'art. 96 comma f della L. 523/1904.

La Legge prevede inoltre una fascia di 4 metri di interdizione assoluta a qualunque operazione lungo gli alvei.

4. Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche

Aree con terreni fini (limosi, argillosi, sabbiosi) di età recente

Sono compresi in queste aree tutti i depositi lacustri e palustri che caratterizzano la zona pianeggiante tra le valli Careggi e Tuf e la sottile fascia lungo il perimetro del lago.

In caso di edificazioni e scavi in queste aree sono necessarie indagini geologiche supplementari mirate alla puntualizzazione della stratigrafia e delle caratteristiche geotecniche di dettaglio.

Aree di possibile ristagno, torbose, paludose

A bordo del lago, lungo il fiume Cherio e nella zona pianeggiante tra le valli Careggi e Tuf si trovano terreni argilloso-limosi e torbosi, sottoconsolidati e fortemente compressibili, caratterizzati dalla presenza costante di vegetazione e acqua (sia in superficie che come falda freatica affiorante).

5. Aree vulnerabili dal punto di vista sismico

Il Comune di Spinone al Lago è stato recentemente classificato tra quelli sismici nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20/03/2002 e riconfermato dalla Regione Lombardia, per quanto di sua competenza, con la D.G.R. n° 7/14964 del 07/11/2003.

Il Comune, che prima dell'entrata in vigore del recente D.P.C.M. non era classificato sismico è stato ora inserito in ZONA 3.

Si è quindi provveduto, in questa sede, alle analisi ed alle valutazioni richieste dalla normativa regionale per i comuni classificati sismici, valutazioni riassunte nell'apposita tavola grafica.

Le analisi eseguite hanno previsto l'individuazione, su base morfologica, geologica e geotecnica delle aree del territorio comunale di possibile amplificazione sismica in caso di evento tellurico, con una sommaria indicazione del possibile fattore di amplificazione.

Il riferimento per le analisi e le valutazioni di cui sopra è stato lo studio della Regione Lombardia "Determinazione del rischio sismico a fini urbanistici in Lombardia" del giugno 1996.

In base alle condizioni geologiche, geologico-tecniche e geomorfologiche dell'area su cui sorge l'abitato di Spinone al Lago si è ricercato nello studio sopra citato il caso tipo maggiormente confacente cioè che riproducesse il più fedelmente possibile, con le approssimazioni dello studio stesso, la condizione dell'abitato.

Il raffronto non è stato per nulla semplice per diversi aspetti:

- 1- I dati sul sottosuolo del Comune di Spinone al Lago sono molto pochi, per cui ci si è basati sulla sezione geologica realizzata presso la valle del Tuf dove era disponibile la stratigrafia di un pozzo della San Carlo e sui dati di due sondaggi nella zona dei Careggi. Mancano totalmente dati profondi di tipo geofisico e dati geognostici di tutta la porzione orientale dell'abitato
- 2- Le sezioni tipo di analisi disponibili sono relativamente poche, anche perché realizzate quando i Comuni sismici in Lombardia erano 42, per cui con schematizzazioni rilevanti

3- Il Comune di Spinone presenta situazioni differenti: parte collinare con substrato molto fratturato, depositi di conoide intervallati a depositi lacustri, aree di fondovalle (presso il fiume Cherio) con depositi torbosi e palustri recenti, versante a monte caratterizzato da un sovrascorrimento di calcari, da un pianoro intermedio e da un successivo breve tratto molto acclive, ecc.

Tenendo presente i limiti di cui sopra la situazione morfologici e geologica più vicina è quella dell'abitato di Toscolano Maderno, per un paio elementi di similitudine:

- abitato su potenti depositi di conoide e lacustri (anche > 60 metri, anche se per Toscolano nettamente maggiori di quelli di Spinone),
- presenza di un substrato roccioso con scadenti caratteristiche geotecniche, a tergo del paese ed immergente bruscamente sotto i depositi stessi. (anche se di tipo differente)

In base ai parametri indicativi stimati, quali di profondità del substrato roccioso, alla densità relativa dei terreni ed alle condizioni idrogeologiche (ipotizzando la profondità variabile tra 0 e circa 100 metri, con valori medi tra 30 e 70 metri, e differenti condizioni di saturazione e compattezza dei terreni) si possono desumere dei valori di amplificazione sismica mediamente variabili tra 1,5 e 3.

Stante questa situazione e considerato che quella delle conoidi e dei depositi in zone pedementane e di raccordo è sicuramente una condizione di potenziale amplificazione in carta è stata retinata tutta l'area con tali caratteristiche (praticamente tutto l'abitato di Spinone e le aree subpianeggianti limitrofe).

In carta sono anche stati evidenziate quelle aree con la presenza di terreni torbosi-palustri sottoconsolidati, ubicati ad ovest della valle del Tuf, lungo il Lago di Endine ed il fiume Cherio, che, date la scadenti caratteristiche geotecniche, sono potenzialmente a rischio di liquefazione (le porzioni sabbiose sotto falda) o possono causare cedimenti differenziali e comunque problemi geotecnici in genere alle strutture in caso di evento sismico.

Restano comunque da considerare i limiti rilevanti sopra discussi dell'analisi svolta, per cui la situazione, data anche la delicatezza dell'argomento, necessiterebbe di essere approfondita con studi ad hoc, sia per una maggiore caratterizzazione del sottosuolo di Spinone sia per la parte vera e propria di analisi dell'amplificazione, con modelli specifici sul Comune o comunque con il potenziamento e l'integrazione delle sezioni tipo di riferimento e di appoggio per le valutazioni.

2.9 CARTA DI FATTIBILITA'

2.9.1 QUADRO GENERALE

Quadro generale

Questa carta, redatta alla scala 1:2.000, interessa l'intero territorio comunale e rappresenta il documento finale degli studi geologici eseguiti; deve poter essere utilizzata in modo chiaro ed agevole dagli amministratori comunali, dai tecnici e dai singoli cittadini.

Il suo scopo è quello di visualizzare in maniera semplice ed organica le attitudini del territorio, con particolare attenzione ai fini edilizi, all'urbanizzazione e agli interventi sul territorio nel rispetto delle caratteristiche geoambientali.

La Carta di Fattibilità è il risultato della valutazione di tutti gli elementi analizzati: si tratta di una carta di pericolosità che fornisce indicazioni in ordine alle limitazioni d'uso del territorio, alle prescrizioni per gli interventi urbanistici ed agli studi ed alle indagini da effettuare a supporto degli interventi edilizi.

Il lavoro è stato eseguito in conformità alle indicazioni della Regione Lombardia che distingue quattro classi di fattibilità con limitazioni a carattere geologico via via crescenti.

E' evidente che non tutte le aree comprese in seconda, in terza oppure in quarta classe sono affette dagli stessi problemi per cui necessitano di studi ed indagini diverse, mirate non solo in base al progetto ma in base alla zona.

Per questo devono essere consultate anche tutte le altre carte redatte che visualizzano le caratteristiche geologiche, idrogeologiche, geomorfologiche e geologico-tecniche del Comune, riassunte nella Carta di Sintesi.

2.9.2 MODALITA' DI REDAZIONE DELLA CARTA

La Carta della Fattibilità Geologica di piano è stata concepita e realizzata tenendo conto di due aspetti:

1. criterio generale di gestione del territorio in base alle diverse problematiche,
2. trasformazione attenta e rigorosa dalla Carta di Fattibilità alla Sintesi, in base alle indicazioni della normativa.

1. Criterio generale

Il Comune di Spinone al Lago è caratterizzato da un territorio che va da pianeggiante a collinare; le problematiche geologiche sono in diretta correlazione con tale situazione morfologica.

Prevalenza di dissesti, erosione ed elevate pendenze nella parte collinare, flussi di detrito su conoide nella zona di raccordo collina-pianura, terreni con caratteristiche geotecniche scadenti in buona parte del territorio pianeggiante.

A queste zone si aggiunge la fascia fluvio-lacustre lungo il Cherio e il lago di Endine con aree potenzialmente esondabili e paludose.

Nella Carta di Fattibilità si è cercato di tenere conto di questo quadro, soprattutto per quelle aree in cui, nella Carta di Sintesi, non erano stati evidenziati elementi particolari di pericolosità o vulnerabilità per predisporre una valutazione che rispondesse anche a queste peculiarità geologiche e morfologiche ed il Piano avesse anche una sua unitarietà nella gestione del territorio.

2. Trasformazione dalla Carta di Sintesi

Negli aspetti puntuali la Carta di Fattibilità è stata desunta dalla Carta di Sintesi, attribuendo ai diversi poligoni definiti un valore di fattibilità, in base a quanto riportato di seguito.

Rispetto alle classi di ingresso nel caso di incrocio, in un'area, di più fattori è sempre stato mantenuto il grado di fattibilità maggiore tra quelli individuati.

Inoltre nel caso in cui i fenomeni segnalati sull'area potessero tra loro avere interazioni tali da far ipotizzare un aggravio delle condizioni di pericolosità si è proceduto ad un aumento della classe di fattibilità.

Per quanto riguarda le classi di ingresso si è fatto riferimento alle tabelle riportate nella D.G.R. 29/10/01 n° 7/6645 senza alcuna diminuzione di classe rispetto a quelle indicate.

Nel caso di elementi non riconducibili a nessuna delle voci indicate dalla regione ne è stata creata una ad hoc e la classe di fattibilità di ingresso è stata realizzata sia in raffronto ad eventuali voci simili già presenti sia in base a valutazioni autonome sul grado di pericolosità dei fenomeni.

La tabella utilizzata per il passaggio in prima battuta dalla sintesi alla fattibilità è la seguente:

Sottoclasse	Voce della Carta di Sintesi	Classe
Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico		
	Area di concessione mineraria	
C	Zona di rispetto sorgenti potabili	3
C	Zona di tutela assoluta sorgenti potabili	4
Aree pericolose per instabilità versanti		

STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA SPADA
di Spada Mario, Orlandi Gian Marco e Bianchi Susanna

B	Area a franosità superficiale diffusa	4
B	Area di frana quiescente	4
B	Area di frana attiva	4
B	Area in erosione accelerata	4
B	Area interessata da carsismo	4
B	Aree eccessivamente acclivi	4
B	Aree pericolose per incrocio di fattori morfologici, geologici, vegetali, climatici e per dinamica dei versanti	4
B	Aree pericolose per terreni potenti in pendenze elevate	4
B	Aree potenzialmente pericolose per condizioni geologiche e geomorfologiche	3
Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico		
D	Aree con dinamica fluviale tipo delta progradante attivo	3
	Aree con dinamica fluviale tipo delta progradante non attivo	2
A	Aree potenzialmente interessate da flusso di detrito su conoidi pedemontani con pericolosità alta/molto alta	4
A	Aree potenzialmente interessate da flusso di detrito su conoidi pedemontani con pericolosità media e bassa	2-3
D	Aree soggette ad esondazioni lacuali	4
E	Aree di rispetto dei corsi d'acqua	4
Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche		
D	Aree con terreni fini (limoso-argillosi-sabbiosi) di età recente**	2-3
D	Aree di possibile ristagno, torbose, paludose	3
Aree vulnerabili dal punto di vista sismico		
*	Aree di potenziale amplificazione sismica	

* Un discorso a parte merita sicuramente l'aspetto relativo alle aree di potenziale amplificazione sismica del territorio Comunale, individuate con le modalità e le perplessità esposte al precedente paragrafo.

La zona perimetrata è molto ampia ed interessa praticamente tutto l'abitato di Spinone e le aree di possibile ampliamento futuro.

All'interno di tale aree, relativamente alle classi di fattibilità esistenti, sono state apportate le seguenti modifiche, tenendo conto dell'amplificazione sismica:

- le zone di classe 1, perchè subpianeggianti e prive di particolari problematiche geologiche sono state passate a classe 2
- le aree di classe 2 per presenza di terreni fini di origine lacustre recente (segnate con ** in tabella) sono state passate in classe di fattibilità 3
- per le altre aree (diverse fasce dei conoidi e salvaguardie fluviali) non si è proceduto di applicare un ulteriore scatto di fattibilità, data la non interazione tra i fenomeni ed il problema di amplificazione sismica.

Tutta l'area di possibile amplificazione sismica è comunque stata appositamente perimetrata sulla carta di fattibilità geologica, con l'apposizione di un apposito articolo delle Norme Geologiche di piano, sulle corrette attenzioni e salvaguardie da applicare.

2.9.3 COMMENTO DELLE CLASSI DI FATTIBILITA'

Allo scopo di rendere più agevole la consultazione le classi di fattibilità 2-3-4 sono state suddivise in ulteriori sottoclassi (2a, 2b, ecc.), proprio in base al tipo di problematiche evidenziate.

Il valore di fattibilità ad un poligono è stato dato utilizzando quello più cautelativo (in caso di elementi classe 2 e 3 è stata chiaramente utilizzata la classe 3) e la sottoclasse è

tesa a mettere in luce il problema principale, quello più gravoso e che necessita di maggiore attenzione oppure con l'incrocio dei retini relativi alle diverse problematiche.

Resta comunque fondamentale, da parte dei tecnici incaricati, la verifica della carta di sintesi, per valutare la presenza o meno di altre problematiche, di entità e pericolosità minore, ma che comunque è opportuno valutare.

Le classi individuate nel territorio comunale sono le seguenti:

Classe 1 - Fattibilità senza particolari limitazioni

In questa classe rientrano le aree per le quali gli studi non hanno individuato specifiche controindicazioni di carattere geologico all'urbanizzazione o alla modifica di destinazione d'uso delle particelle.

Si rammenta che la classificazione di un territorio in classe 1 indica che non vi sono problematiche particolari da segnalare, ma non esclude l'esecuzione delle indagini geognostiche previste dal D.M. 11/03/88, che vanno comunque effettuate in sede di progettazione esecutiva, in base alla tipologia di opera da realizzare.

Nel territorio Comunale non sono state individuate aree ricadenti in questa classe di fattibilità.

Questo anche perchè quelle aree nella porzione subpianeggiante del territorio, prive di particolari problematiche, che avrebbero potuto essere inserite in classe 1, sono passate a classe 2 per la recente normativa antisismica (che inserisce il Comune in zona 3), dato la zona è tutta di potenziale amplificazione sismica.

Classe 2 - Fattibilità con modeste limitazioni

In questa classe ricadono le aree nelle quali sono state rilevate puntuali o ridotte condizioni limitative alla modifica di destinazione d'uso dei terreni, per superare le

quali si rende necessario realizzare approfondimenti di carattere geologico-tecnico o idrogeologico.

Si tratta, quindi, di zone in cui la situazione geologica presenta un quadro leggermente problematico, ma che con l'applicazione di opportuni accorgimenti e/o introducendo eventuali limitazioni possono essere utilizzate.

In base all'analisi delle caratteristiche del territorio di Spinone al Lago ed alle diverse problematiche sono state suddivise le seguenti sottoclassi:

Classe 2

In questa classe generica sono state ricomprese le seguenti aree:

- tutte le aree con pendenze molto blande ($> 20^\circ$) indipendentemente dal tipo di substrato
- le aree con pendenze comprese tra 20° e 35° con presenza di substrato roccioso affiorante o subaffiorante privo di problematiche particolari
- le aree di con morfologia tipo delta progradante non attivo

In tutte queste aree non sono stati rinvenuti particolari elementi di pericolosità, ma considerata la natura del territorio Comunale e la già citata normativa antisismica di recente apposizione è necessaria una doverosa attenzione per operare.

Sottoclasse 2A

Le aree ricadenti in questa sottoclasse di fattibilità hanno un grado di pericolosità H1-H2 per problemi di trasporto in massa e di colate lungo conoide e/o sono state classificate come Cn "aree di conoidi non recentemente riattivate o completamente protette da opere di difesa" per la presenza di interventi di salvaguardia idraulica.

Classe 3 - Fattibilità con consistenti limitazioni

La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni alla modifica delle destinazioni d'uso delle aree per le condizioni di pericolosità - vulnerabilità individuate nell'area o nel suo immediato intorno.

L'utilizzo di tali aree sarà subordinato alla realizzazione di supplementi di indagine per acquisire maggiore conoscenza geologico-tecnica e/o idrogeologica dell'area e del suo intorno mediante campagne geognostiche, prove in situ ed in laboratorio oppure studi tematici a carattere idrogeologico, ambientale, idraulico, ecc.

Ciò dovrà consentire di precisare le idonee destinazioni d'uso, le volumetrie ammissibili, le tipologie costruttive più opportune nonché le opere di sistemazione.

Per la tipologia e la consistenza dei fenomeni che li caratterizzano questi terreni possono essere ricondotti ad un utilizzo insediativo previa preventiva dettagliata valutazione e *progettazione a carattere geologico da affrontare a livello di area e non solo di singolo progetto edilizio.*

Sottoclasse 3A

Le aree ricadenti in questa classe di fattibilità hanno un grado di pericolosità H3, per problemi di trasporto in massa e di colate lungo conoide e/o sono state classificate come Cn "aree di conoidi non recentemente riattivate o completamente protette da opere di difesa" per la presenza di interventi di salvaguardia idraulica.

Sottoclasse 3B

In questa sottoclasse sono state ricomprese le seguenti aree:

- aree potenzialmente pericolose e/o di attenzione per la valutazione incrociata delle condizioni geologiche e geomorfologiche ed in particolare:

- presenza di depositi superficiali potenti su pendenze tra 20° e 35°
- presenza di substrato roccioso affiorante e/o subaffiorante con pendenze variabili tra 35° e 45°
- aree interessate da fenomeni di ruscellamento diffuso, che insistono su versanti, in depositi, mediamente o poco acclivi

Sottoclasse 3C

In questa sottoclasse ricadono le aree di rispetto delle risorse idropotabili (sorgente Sottocorna): al suo interno valgono le prescrizioni del comma 5 art. 5 del D.Lgs 258/00.

Per i divieti e le cautele per l'utilizzo di tali aree si rimanda all'articolo 5.

L'area non resta visibile in fase di stampa della carta di fattibilità perchè ricoperta dalla classe 4 per altre problematiche, comunque ne è stato messo in evidenza il limite per rammentare l'importanza di una corretta salvaguardia del bene acqua.

Sottoclasse 3D

In questa sottoclasse ricadono le aree con presenza di terreno torbosi e palustri recenti o ancora attivi, ca presenza di falda a piano campagna, sottoconsolidati.

Sempre in questa sottoclasse sono state inserite anche le aree caratterizzate dalla presenza di depositi di origine lacustre recenti, caratterizzati da sabbie, limi ed argille, con falda molto vicina a piano campagna e per questo richiedono la doverosa attenzione per operare.

Si tratta, dal punto di vista geotecnico, di una condizione leggermente migliore della precedente ma considerando l'aspetto di amplificazione sismica le due zone geotecniche sono state accorpate.

Classe 4 - Fattibilità con gravi limitazioni

L'alta pericolosità/vulnerabilità comporta gravi limitazioni per la modifica delle destinazioni d'uso delle aree.

Dovrà essere esclusa qualsiasi nuova edificazione, se non opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti.

Per gli edifici esistenti saranno consentiti esclusivamente le opere relative ad interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, come definiti dall'art. 31, lettere a), b), e) della L. 457/1978. Eventuali infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico potranno essere realizzate solo se non altrimenti localizzabili e dovranno comunque essere puntualmente valutate in funzione della tipologia di dissesto e del grado di rischio che determinano l'ambito di pericolosità/vulnerabilità omogenea.

Nello specifico sono state distinte le seguenti sottoclassi:

Sottoclasse 4A – area di conide attivo non protetta

Le aree ricadenti in questa classe di fattibilità hanno un grado di pericolosità H4-H5, da elevato a molto elevato, per problemi di trasporto in massa e di colate lungo conoide.

Tali aree sono classificabili come aree di conoide attivo non protetto ed assimilabili in tutto e per tutto alle aree Ca del PAI.

Tali aree sono quindi soggette alle restrizioni ed alla vincolistica della NTA del PAI con particolare riferimento all'art. 9 punto 7.

Sottoclasse 4B – aree con problemi di instabilità dei versanti

In questa sottoclasse sono state incluse quelle zone con problematiche genericamente riferibili all'instabilità dei versanti, tra cui:

- Aree di distacco di massi

- Aree soggette a fenomeni di crollo sia in roccia che in depositi (zone di distacco e di accumulo)
- Aree a pericolosità potenziale per crolli con roccia fratturata su pendenze tra 35° e 45°
- Aree eccessivamente acclivi (pendenza superiore a 45°)
- Aree pericolose per presenza di potenti spessori di terreni su pendenze tra 35° e 45°
- Aree pericolose per incrocio di fattori geologici, geomorfologici, vegetazionali e climatici

In questa sottoclasse ricadono anche le aree segnalate sul PAI per problemi di frana o di dissesto a carattere morfologico, presenti in valle del Tuf ed in valle Careggi (o Boffalora)

Sottoclasse 4C – Aree di tutela assoluta delle fonti idriche (D. Lgs 258/2000)

E' un area estesa per un con raggio di 10 metri intorno alla captazione idropotabile: tali aree devono essere adeguatamente protette e devono essere adibite unicamente alle opere di captazione ed alle infrastrutture di servizio.

Sottoclasse 4D – Area esondabile

Si tratta di un'area posta allo sbocco a lago della valle dei Panni periodicamente interessata da fenomeni di esondazione del Lago, in concomitanza con piogge intense o prolungate.

Sottoclasse 4E – zone di rispetto dei corsi d'acqua

La sottoclasse individua la fascia di 10 m. di inedificabilità assoluta lungo i corsi d'acqua, ai sensi del R.D. 503/1904 art. 96, vincolo riconfermato dal parere n° 55 del 01/06/88 del Consiglio di Stato.

La legge di polizia idraulica definisce un'area di rispetto fluviale, dalle acque pubbliche, per le edificazioni di 10 metri dalla zona di massima esondazione dei fiumi.

In questa fascia sono interdetti l'edificazione e gli scavi; inoltre la Legge prevede una fascia di 4 metri di interdizione assoluta a qualunque operazione lungo gli alvei.

Per maggiore comodità e per una migliore leggibilità della carta sono stati riportati, con apposito simbolo grafico, alcuni elementi di carattere normativo o di rilevanza geologica ed idrogeologica, che si voluto mettere in particolare evidenza, anche se già recepiti da alcune sottoclassi.

Questi elementi sono:

- *Area di concessione mineraria (Fonti San Carlo)*
- *Aree di rispetto di pozzi e sorgenti*
- *Aree di possibile amplificazione sismica*

A tali aree sono stati dedicati degli articoli specifici delle norme geologiche di piano che la loro gestione, oltre alle eventuali ulteriori problematiche geologiche evidenziate, è particolare e necessita di un'apposita attenzione.

Per i dettagli normativi e vincolistici e per la gestione puntuale delle diverse classi di fattibilità e delle aree sopra citate si rimanda alle specifiche NTA di carattere geologico.

COMUNE DI SPINONE AL LAGO

STUDIO GEOLOGICO DEL TERRITORIO COMUNALE -

L.R. n° 41 del 24/11/97

CAPITOLO TERZO

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

ED ALLEGATI

3.0 COMMENTO E MODALITA' DI UTILIZZO DEL PRESENTE PIANO

Tutta l'area comunale è compresa nella carta di Fattibilità geologica: la scelta è stata dettata dal fatto che, pur non essendoci previsioni di interventi nella zona collinare e montuosa, in passato vi sono state problematiche urbanistiche di vario tipo (interventi agricoli, strade forestali, ecc.), per cui si è ritenuto opportuno valutare tutto il territorio. Tale scelta è stata chiaramente agevolata anche dalla contenuta estensione del territorio Comunale stesso.

In questo modo, inoltre, qualunque area è ricompresa nelle carte di sintesi e di fattibilità, per cui il Comune ha in mano un quadro complessivo per l'utilizzo di tutte le aree del territorio, anche nell'ottica di future varianti di P.R.G. con nuove previsioni di espansione.

Qualunque iniziativa che preveda trasformazioni di uso del suolo per scopi insediativi e/o produttivi, ecc., è subordinata al rispetto delle indicazioni contenute nella Carta di Fattibilità Geologica di Piano ed alle relative norme.

In seguito a quanto sopra per tutti i nuovi progetti che saranno presentati al Comune che prevedano modifiche e/o trasformazioni del territorio, il Tecnico Comunale dovrà valutare la conformità dell'intervento progettato con la situazione geologica dei luoghi (tramite confronto con la carta della fattibilità e della relativa normativa) e richiedere i necessari approfondimenti geologici o, al limite, vietare l'intervento ove ci si trovasse in classe IV.

Le zone del territorio comunale comprese in classi 2 - 3 - 4 di fattibilità sono oggetto di vari problemi a carattere geologico, idrogeologico, geotecnico, geomeccanico, geomorfologico, idraulico e dovranno essere oggetto di indagini specificatamente

approfondite, integrate da una nota geologico-tecnica che evidenzi in modo puntuale i problemi ed i rischi, le eventuali opere di bonifica e le limitazioni e cautele in sede esecutiva.

I diversi problemi a carattere geologico sono riassunti in modo completo nella carta del rischio, i cui elaborati devono essere consultati per avere un quadro più preciso dei problemi delle diverse zone: protezione acque sorgive, fasce di pertinenza fluviale, dissesti in rocce e/o terreni, trasporto su conoide, caratteristiche geotecniche scadenti dei terreni e pendenze dei versanti, ecc. ed è in funzione di questo che deve essere redatta la nota.

Relativamente a tale aspetto le classi di fattibilità 2-3-4 sono state distinte in ulteriori sottoclassi, proprio in base alle problematiche emerse.

Del presente studio fa parte anche la proposta di Norme Geologiche di Piano per la gestione dei vincoli di carattere geologico.

Alcuni articoli riguardano gli approfondimenti relativi alle classi di fattibilità, tre articoli sono stati separati appositamente e riguardano in modo specifico due problemi importanti per il territorio Comunale e che hanno una vincolistica ed una normativa specifica: la gestione delle aree di salvaguardia delle risorse idropotabili, quella dell'area di concessione mineraria e la normativa relativa alle aree di possibile amplificazione sismica.

3.1 VALUTAZIONI SULLA VARIANTE DI P.R.G.

La variante generale di PRG che viene proposta in questa sede e di cui il presente studio geologico è strumento di supporto è sicuramente una variante conservativa della condizione attuale del territorio.

La stessa privilegia decisamente gli aspetti di tutela e salvaguardia ambientale (ed in questa ottica va anche la recente istituzione del P.L.I.S. che interessa la fascia del lago, la parte collinare ed il tracciato delle valli) rispetto a quelli di espansione edilizia.

Le nuove aree residenziali sono poche, di entità contenuta e tutte ubicate nelle immediate vicinanze delle aree già edificate.

Nessun intervento di espansione è previsto nella zona collinare o/e di raccordo, che è sicuramente la più delicata.

Lo studio di pericolosità di tutte le conoidi era già stato effettuato per le osservazioni al PAI, validato dalla Regione Lombardia ed adottato dal Comune con apposita variante di PRG e le relative prescrizioni sono già in vigore.

L'aspetto importante di questa variante, portata avanti contemporaneamente ed in collaborazione con gli Architetti Progettisti, riguarda la condivisione reciproca delle scelte, in accordo anche con l'Amministrazione, l'aggiornamento di tutti i dati disponibili sul territorio Comunale e la predisposizione di un sistema informativo di gestione dei dati integrato per tutti gli aspetti.

Il lavoro è stato infatti interamente realizzato con un GIS, sia per la parte geologica che per quella urbanistica, e questo aspetto consentirà al Comune una gestione integrata, semplice da aggiornare ed implementabile nel tempo relativamente a qualsiasi aspetto.

3.2 ALLEGATI

Allegato n° 1	Corografia, scala 1:25.000
Allegato n° 2	Dati Climatici (precipitazioni medie mensili e giorni piovosi) - Stazione di Endine - Stazione di Mologno - Stazione di Trescore Balneario
Allegato n° 3	Carta delle pendenze, scala 1:5.000
Allegato n° 4	Dati delle sorgenti ad uso potabile nel territorio Comunale (dati generali, ubicazione, planimetrie manufatti, aree di tutela) - Sorgenti Valle del Tuf - Sorgenti Valle Camos
Allegato n° 5	Dati idrogeologici sulle acque ad uso minerale: planimetria di concessione e stratigrafia n° 2 pozzi
Allegato n° 6	Dati sulle conoidi oggetto di studio di dettaglio (Valle Pacifec e Valle dei Careggi) - Carta della pericolosità - Scheda conoidi
Allegato n° 7	Schede censimento frane - Frana Boffalora - Frana Valle Tuf

(vedi faldone fuori testo)