



COMUNE DI GAZZANIGA
Provincia di Bergamo

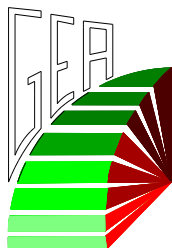
AMMINISTRAZIONE COMUNALE

**COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E
SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO**

IN ATTUAZIONE DELL'ART. 57 DELLA L.R. 11/03/2005 N. 12

RELAZIONE TECNICA

settembre 2012 – aggiornamento dopo osservazioni



a cura di:

Dott. Geol. Sergio Ghilardi
iscritto O.R.G. della Lombardia, n. 258

INDICE

1	PREMESSA.....	3
1.1	Obiettivi e quadro normativo di riferimento	3
1.2	Articolazione del lavoro	5
2	LINEAMENTI GEOGRAFICI	7
2.1	Inquadramento geografico	7
3	LINEAMENTI GEOLOGICI E LITOLOGICI.....	9
3.1	Inquadramento geologico generale.....	9
3.2	Caratteri generali delle unità	13
3.3	Inquadramento geologico strutturale.....	27
3.4	Criteri di realizzazione della cartografia litologica.....	29
4	LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI	35
4.1	Inquadramento geomorfologico generale.....	35
4.2	Criteri di realizzazione della cartografia geomorfologica	42
5	LINEAMENTI IDROGRAFICI E IDROGEOLOGICI.....	47
5.1	Inquadramento idrografico	47
5.2	Inquadramento idrogeologico.....	61
5.3	Vulnerabilità della falda	65
5.4	Sintesi degli elementi di criticità	67
6	INQUADRAMENTO CLIMATOLOGICO	68
6.1	Carte regionali delle precipitazioni medie, minime e massime	68
6.2	Precipitazioni breve e intense	73
6.3	Raccolta dati degli Annali del Servizio Idrografico Italiano	73
6.4	Calcolo dei parametri “a” e “n” per diversi T _r	74
6.5	Elaborazioni P.A.I.....	76
7	CARATTERI LITOTECNICI.....	78
7.1	Criteri di realizzazione della cartografia litotecnica.....	78

8	QUADRO DISSESTI.....	83
8.1	Criteri di realizzazione della cartografia del dissesto.....	83
8.2	Dissesto del Roncliscione	85
8.3	Ricerca storica sui dissesti del 10 luglio 1972.....	88
9	VINCOLI	94
9.1	Criteri di realizzazione della cartografia dei vincoli.....	94
10	SINTESI DEGLI ELEMENTI GEOLOGICI.....	97
10.1	Criteri di realizzazione della cartografia di sintesi	97
10.2	Individuazione delle aree di criticità	99
11	FATTIBILITÀ GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO.....	103
11.1	Criteri di realizzazione della cartografia di fattibilità	103
11.2	Individuazione delle classi di fattibilità sul territorio	104
12	NORME GEOLOGICHE DI PIANO	108
13	VALUTAZIONE DELL'EFFETTO SISMICO.....	109
13.1	Generalità e metodologie di analisi	109
13.2	Analisi di 1° livello	116
13.3	Analisi di 2° livello	118
13.4	Zonizzazione di 2° livello.....	120
13.4.1	Amplificazione litologica	120
13.4.2	Amplificazione morfologica.....	129
14	CONCLUSIONI.....	137
15	BIBLIOGRAFIA.....	142

**SONO RIPORTATE IN ROSSO LE PARTI DI TESTO MODIFICATE A SEGUITO
DELLE OSSERVAZIONI DELLA REGIONE LOMBARDIA**

1 PREMESSA

1.1 Obiettivi e quadro normativo di riferimento

Il Comune di Gazzaniga (BG) ha incaricato lo scrivente Studio G.E.A. di predisporre lo studio geologico dell'intero territorio comunale, nell'ottica di un nuovo progetto urbanistico redatto secondo i criteri stabiliti nella Legge 11 marzo 2005, n. 12 "Legge per il Governo del Territorio".

Nel Titolo II, art. 57 comma 1 della summenzionata legge, ai fini della prevenzione dei rischi geologici, idrogeologici e sismici, è previsto che:

- a) il documento di piano contenga la definizione dell'assetto geologico, idrogeologico e sismico comunale sulla base dei criteri ed indirizzi emanati dalla Giunta Regionale, sentite le Province, entro tre mesi dall'entrata in vigore della L.R. n. 12/05;
- b) il piano delle regole contenga:
 - 1. il recepimento e la verifica di coerenza con gli indirizzi e le prescrizioni del P.T.C.P. e del Piano di Bacino;
 - 2. l'individuazione delle aree a pericolosità e vulnerabilità geologica, idrogeologica e sismica, secondo i criteri e gli indirizzi di cui alla lettera a), nonché le norme e le prescrizioni a cui le medesime aree sono assoggettate in ordine alle attività di trasformazione territoriale, compresa l'indicazione di aree da assoggettare a eventuali piani di demolizione degli insediamenti esistenti,

ripristino delle condizioni di sicurezza, interventi di rinaturalizzazione dei siti o interventi di trasformazione urbana, PRU o PRUSST.

Il lavoro è stato condotto secondo quanto disposto nei "*Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57 della L.R. 11 marzo 2005, N. 12*" (D.G.R. 22 dicembre 2005 n. 8/1566).

Con la predisposizione del presente studio geologico, il Comune di Gazzaniga (compreso nell'elenco di cui alla D.G.R. 11-12-2001 n. 7/7365 con situazione iter P.A.I. "non avviato"), propone un nuovo quadro dissesti di cui all'Elaborato 2 del P.A.I. (una volta recepito lo studio stesso negli strumenti urbanistici comunali con le modalità previste dalla L.R. 12/05) ai sensi dell'art. 18 delle N.d.A. del P.A.I.

Lo studio geologico proposto contiene il quadro del dissesto derivante da valutazioni di maggior dettaglio rispetto ai dati contenuti nel primo livello di approfondimento dei P.T.C.P., e sarà perciò strumento di riferimento una volta raggiunta la compatibilità ai sensi dell'art. 18 delle N.d.A. del P.A.I.

Lo studio attuale sostituisce il precedente studio geologico denominato *Relazione geologica a corredo di P.R.G.* (costituito da relazione tecnica e allegati cartografici), redatto nel luglio 1999 dal Dott. Geol. Carlo Lurati di Parè (Como) ai sensi della L.R. 41/1997.

Lo studio illustrato in queste pagine, redatto secondo i riferimenti normativi citati, è costituito dalla presente relazione tecnica, da una serie di allegati e dalla relativa cartografia tematica.

Per i rilievi di terreno e la rappresentazione grafica dei dati è stato utilizzato, come base topografica, il nuovo rilievo aerofotogrammetrico del comune in scala 1:2.000 (ambito urbano) – 1:5.000 (intero territorio).

Ciò che emerge da questo studio è una sintesi geoambientale di carattere interpretativo, che non ha lo scopo di affrontare singoli problemi geologico-tecnici, né esime l'Amministrazione Comunale ed i Cittadini dall'assolvere gli obblighi derivanti da specifiche normative di legge concernenti il settore edilizio, geotecnico ed ambientale.

Essendo uno strumento a supporto della programmazione, l'obiettivo di questo studio è quello di raccogliere i principali parametri geologici delle aree esaminate e di evidenziare la vocazione delle stesse e le limitazioni d'uso del territorio per una corretta ed efficace gestione delle risorse; in particolare si fa riferimento ai nuovi interventi edificatori (urbanizzazione) per valutarne la fattibilità, predisponendo nel contempo i provvedimenti di salvaguardia e valorizzazione del patrimonio naturale.

1.2 Articolazione del lavoro

Nelle prime fasi dello studio si è proceduto alla raccolta ed alla valutazione dei dati geologici ed ambientali reperibili in bibliografia, riguardanti il territorio comunale di Gazzaniga e di alcuni dei comuni limitrofi, nonché l'intero territorio provinciale.

Successivamente è stato eseguito un nuovo rilevamento a tappeto delle caratteristiche geologiche e geomorfologiche su tutto il territorio comunale.

I dati così ricavati e opportunamente rielaborati hanno permesso di ottenere le seguenti carte di base:

- Tavola 1 – Corografia in scala 1:10.000
- Tavola 2 – Carta Litologica in scala 1:5.000

COMUNE DI GAZZANIGA
Committente: Amministrazione Comunale
**COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL
TERRITORIO IN ATTUAZIONE DELL'ART. 57 DELLA L.R. 11/03/2005 N. 12**

- Tavola 3 – Carta Geomorfologica in scala 1:5.000
- Tavola 4 – Carta Idrografica in scala 1:5.000
- Tavola 5 – Carta Idrogeologica in scala 1:5.000

Da queste, incrociando i dati tra loro e con gli strumenti della pianificazione sovraordinata, sono state derivate le seguenti carte:

- Tavola 6 – Carta Litotecnica in scala 1:5.000
- Tavola 7 – Carta del Dissesto con Legenda Uniformata P.A.I. in scala 1:10.000 su base C.T.R.
- Tavola 8 – Carta della Pericolosità Sismica locale in scala 1:5.000
- Tavola 9 – Carta dei Vincoli in scala 1:5.000 (intero territorio) e 1:2.000 (urbanizzato)
- Tavola 10 – Carta di Sintesi in scala 1:5.000
- Tavola 11 – Carta di Fattibilità Geologica delle Azioni di Piano in scala 1:5.000 (intero territorio), 1:2.000 (urbanizzato) e 1:10.000 su base C.T.R. (per aggiornamento mosaico informatizzato di fattibilità della Regione Lombardia)

Sulla cartografia di fattibilità è integrata la definizione della risposta sismica locale così come presente singolarmente nella Tavola 8.

2 LINEAMENTI GEOGRAFICI

➤ TAVOLA N. 1 – COROGRAFIA

2.1 Inquadramento geografico

Il Comune di Gazzaniga dista 18 km da Bergamo, nell'omonima provincia. Il territorio comunale si colloca nella media Val Seriana sulla destra idrografica ed occupa una superficie di circa 15 km². Si sviluppa arealmente in senso E-O e confina con i Comuni di Albino, Cene, Aviatico, Fiorano al Serio e Vertova. Morfologicamente il territorio può essere suddiviso in tre aree omogenee: l'ambito di fondovalle, costituito da un aggregato urbano densamente antropizzato con ampie connessioni fra le aree abitative ed industriali, che sorge in prossimità del fiume Serio; l'ambito collinare/montano, caratterizzato da aree boschive, pascoli con blandi rilievi montuosi interrotti da profonde incisioni vallive e agglomerati rurali (Platz, Val de Grü, Lenté).

In queste zone, il centro abitato più importante è Orezzo, situato a quota 670 m. s.l.m. e l'ambito dei terrazzi morfologici che costituisce una connessione tra i primi due, caratterizzate da piccole aree pianeggianti che si affacciano sull'alveo del fiume Serio, nelle quali sorgono le località di S. Rocco, Perrone, Sergagneta, Mozzo e Masserini. Pertanto il Comune di Gazzaniga conserva ancora estese aree non urbanizzate ed un territorio di elevata naturalità.

Per quanto concerne le quote, il centro storico di Gazzaniga si colloca attorno a 370 m s.l.m., Masserini è situata a circa 470 m s.l.m., Orezzo a circa 700 m s.l.m. e Platz a circa 900 m s.l.m.

COMUNE DI GAZZANIGA
Committente: Amministrazione Comunale
**COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL
TERRITORIO IN ATTUAZIONE DELL'ART. 57 DELLA L.R. 11/03/2005 N. 12**

Il punto più alto del territorio è rappresentato dalla vetta del Monte Succhello, a 1540 m s.l.m., mentre il punto più basso è situato nell'alveo del Serio nell'estremità sud del comune, a circa 360 m s.l.m.



**Figura 1 - Ortofotografia aerea a colori del territorio di Gazzaniga,
con indicati i principali elementi geografici [Fonte: Regione Lombardia]**

3 LINEAMENTI GEOLOGICI E LITOLOGICI

➤ **TAVOLA N. 2 – CARTA LITOLOGICA**

3.1 Inquadramento geologico generale

L'analisi degli aspetti geologici del territorio è stata condotta sia avvalendosi delle informazioni disponibili nella Carta Geologica della Provincia di Bergamo sia, soprattutto, mediante osservazioni dirette sul terreno (rilevamento geolitologico).

Il territorio Comunale di Gazzaniga si colloca in corrispondenza della media val Seriana nel settore centro orientale della Provincia di Bergamo. Il substrato roccioso è costituito da sequenze deposizionali Triassiche e Giurassiche, i cui litotipi predominanti sono costituiti da Calcari e Dolomie e da unità Quaternarie prevalentemente fluviali e fluvioglaciali.

Tettonicamente il territorio è interessato da un sistema distensivo di tipo Horst e Graben orientato circa NNE-SSO e N-S che ha tagliato le sequenze deposizionali Triassiche e Giurassiche. Il sistema distensivo, attualmente inattivo, è stato successivamente sigillato dalle unità Quaternarie.

Le unità quaternarie sono di natura eterogenea: sono presenti, infatti, depositi glaciali, di versante e di frana, di conoide, fluvioglaciali ed alluvionali, lacustri.

Da un punto di vista paleoambientale, le formazioni presenti materializzano l'evoluzione del Bacino Lombardo dalla messa in posto della Dolomia Principale sino agli ambienti bacinali inquadrabili in un sistema di rampa carbonatica del Triassico Superiore-Giurassico (Dolomia Principale, Dolomie Zonate, Calcari di Zorzino-Dolomia a Conchodon, Dolomia di Zandobbio).

Dalla più antica alla più recente, nel territorio comunale di Gazzaniga affiorano le seguenti unità del substrato (i numeri si riferiscono alla Carta Geologica della Provincia di Bergamo, riportata nella pagina seguente):

Formazioni triassiche

- Dolomia Principale (29)
- Dolomie Zonate (30, 30a)
- Calcarea di Zorzino (31)
- Argillite di Riva di Solto (32)
- Calcarea di Zu (33)

Formazioni giurassiche

- Dolomia a Conchodon (34)
- Calcarea di Sedrina (35)
- Calcarea di Moltrasio (37)
- Calcarea di Domaro (38)

I depositi quaternari sono ascrivibili alle seguenti unità:

- Complesso di Parre (86)
- Complesso di Ponte della Selva (92)
- Complesso del Serio (94)
- Unità Post-Glaciale (119)

In generale, la geologia di Gazzaniga è composta principalmente da unità sedimentarie marine costiere (calcari e dolomie) alle quali si sovrappongono unità tipiche del sistema alpino nella sua evoluzione durante il Quaternario (unità fluvioglaciali, alluvionali e di versante).



Figura 2 - Pinnacoli di calcare subaffiorante carsificato in località Gromplà

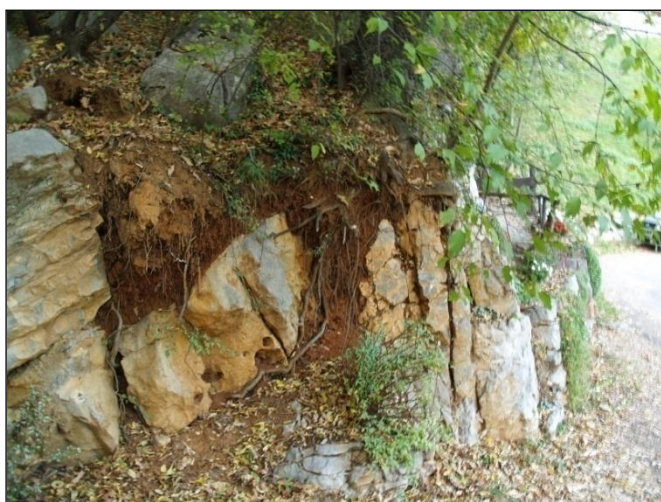


Figura 3 - Organi geologici lungo la strada per Orezzo all'altezza di Gromplà

COMUNE DI GAZZANIGA
Committente: Amministrazione Comunale
COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO IN ATTUAZIONE DELL'ART. 57 DELLA L.R. 11/03/2005 N. 12

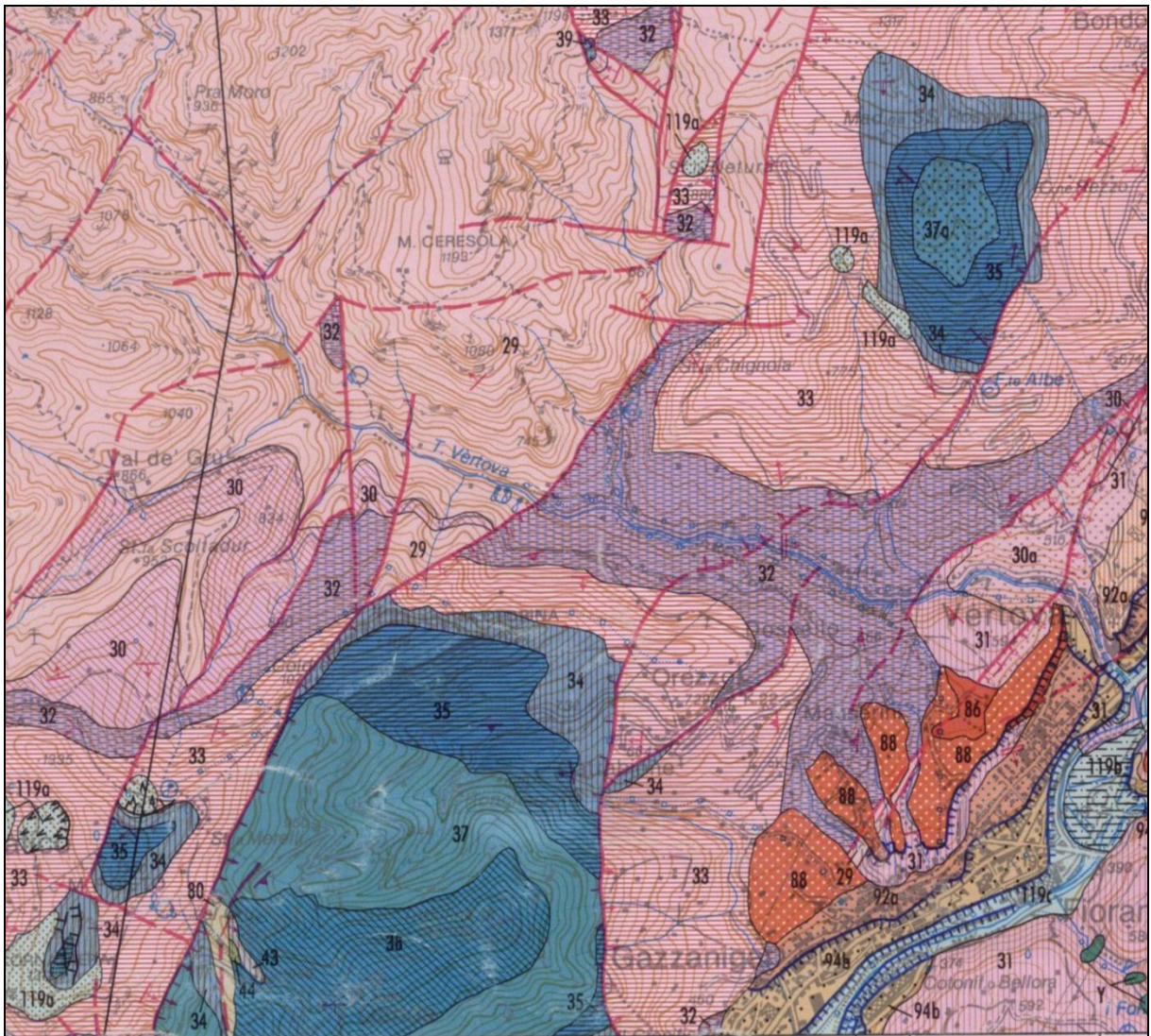


Figura 4 - Stralcio della Carta Geologica della Provincia di Bergamo centrata sul territorio di Gazzaniga; in rosa la serie triassica, in blu la serie giurassica, in giallo e arancio i depositi superficiali degli altopiani e del fondovalle seriano

3.2 Caratteri generali delle unità

Di seguito si riportano i caratteri stratigrafici e litologici essenziali delle unità superficiali nel territorio comunale di Gazzaniga. Le informazioni e la nomenclatura delle unità sono tratte dalle Note Illustrative della Carta Geologica della Provincia di Bergamo.

Per ogni unità geologica, sia del substrato che delle coperture superficiali, vengono indicate le seguenti informazioni:

- Nome dell'unità e numero corrispondente sulla Carta Geologica della Provincia di Bergamo
- Litologia (definizione sintetica)
- Età
- Limiti (tipologia e unità)
- Aree di affioramento nel territorio comunale
- Descrizione estesa delle caratteristiche
- Ambiente deposizionale

Substrato roccioso

Dolomia Principale (29)

Litologia: dolomie in prevalenza grigio-chiare, stratificate in grossi banchi con orizzonti bioclastici a Dasycladacee e Bivalvi; dolomie grigie, grigio-scure massicce con facies di piattaforma marginale e intercalazioni di breccie intraformazionali e strati di dolomie micritiche scure (facies di transizione al Gruppo dell'Aralalta).

Età: Norico Medio.

Spessore: da 900 a 1500 m.

Limiti: inferiore non visibile; superiore tettonico con la Formazione di Castro o il Calcarea di Zu, con il Calcarea di Zorzino o le Dolomie Zonate, oppure con l'Argillite di Riva di Solto.

Area di affioramento: ambito montano.

Caratteri: membro basale costituito da dolomie ben stratificate scure (doloareniti fini, grainstones oolitici e dolosiltiti sottilmente laminate, ricche in clasti pelitici flottati e con sottili intercalazioni marnoso-dolomitiche). Successione soprastante costituita da dolomie chiare in grossi banchi metrici (LDP-MDP), organizzata in cicli *shallowing upward* di spessore fino a decametrico. Membro superiore (UDP) presente solo in aree marginali, dove si realizza l'eteropia con il Gruppo dell'Aralalta (Calcarea di Zorzino e Dolomie Zonate); questo membro è caratterizzato da breccie dolomitiche poligeniche, packstone-rudstone bio-litoclastici, patch reef costituiti da boundstone di Serpulidi, Alghe blu-verdi e Problematica, tasche bioclastiche ricche in Lamellibranchi, Gasteropodi e Dasycladacee.

Ambiente: vasta ed articolata piattaforma carbonatica precocemente dolomitizzata, con facies prevalentemente lagunari e di piana tidale nella porzione media e inferiore, individuazione di solchi intrapiattaforma (controllati da tettonica sinsedimentaria e configurati a semigraben) nel membro superiore.

Dolomie Zonate (30 – 30a)

Litologia: doloareniti, dolosiltiti scure laminate, granoclassate, torbiditi in strati pianoparalleli di spessore decimetrico. Le “Brecce sommitali della Dolomia Principale” (30a) sono brecce e megabrecce caotiche dolomitiche a clasti di Dolomie Zonate e Dolomia Principale organizzate in corpi lenticolari.

Età: Norico medio.

Spessore: mediamente 100 m in Val Seriana.

Limiti: inferiore con la Dolomia Principale, superiore con la superficie topografica o con l'Argillite di Riva di Solto, laterale eteropico con il Calcare di Zorzino.

Area di affioramento: ambito montano, Val de Grü, Forcellino.

Caratteri: alternanze di doloareniti-dolosiltiti in strati decimetrici pianoparalleli, con clasti millimetrici chiari e scuri, spesso con clasti pelitici appiattiti isoorientati (clay chips) e massa di fondo grigio-scura. I livelli più grossolani possono presentare struttura gradata e base degli strati erosiva. Sono anche presenti ritmiti grigio-nerastre di spessore centimetrico con laminazioni oblique e ripple di corrente. I livelli più fini sono caratterizzati da ritmiti millimetriche con alternanza regolare di laminazioni parallele chiare e scure (zonazioni), in cui possono essere presenti intercalazioni spesse sino a 10 cm di marne dolomitizzate nerastre finemente laminate. Lenti di doloruditi, paraconglomerati, orizzonti con slumping ed altre deformazioni sinsedimentarie e diagenetiche sono più frequentemente intercalate nelle successioni prossimali alla transizione laterale con la Dolomia Principale. Il contenuto paleontologico è scarso. Le “Brecce sommitali della Dolomia Principale” sono brecce dolomitiche carbonatiche poligeniche con geometrie lenticolari, a clasti di dimensioni mediamente centimetriche-decimetriche (localmente metriche), sia litificati di Dolomia Principale che semilitificati di Dolomie Zonate. Locali intercalazioni di megabrecce.

Ambiente: pendii a debole inclinazione che raccordavano la piattaforma carbonatica della Dolomia Principale a bacini intrapiattaforma con circolazione ristretta e fondali

in prevalenza anossici. I corpi conglomeratici e le megabrecce testimoniano l'esistenza di margini controllati dalla tettonica sinsedimentaria (semigraben) nel contesto distensivo-transtensivo del Bacino d'Iseo. Le "Brecce sommitali" sono legate a margini interni di piattaforma-scarpata controllati dalla tettonica sinsedimentaria e processi deposizionali connessi a trasporti in massa.

Calcere di Zorzino (31)

Litologia: calcari micritici scuri ben stratificati, localmente con intercalazioni calcarenitiche torbiditiche, slumping e giunti marnosi.

Età: Norico Medio.

Spessore: nell'ordine delle decine e centinaia di metri.

Limiti: inferiore con la Dolomia Principale, laterale eteropico con le Dolomie Zonate, superiore con l'Argillite di Riva di Solto.

Area di affioramento: limitati lembi sul pendio di raccordo tra piana del Serio ed altopiani.

Caratteri: successione monotona di calcari micritici neri, spesso laminati, fetidi, con rare intercalazioni calcarenitiche-ruditiche a volte con base erosiva e gradazione diretta. Stratificazione evidente in strati pianoparalleli da centimetrici a pluridecimetrici, con rare sottili intercalazioni centimetriche di marne nere. Nella parte medio-superiore si osserva un incremento nel contenuto di terrigeni fini, passando gradualmente a calcari marnosi neri sottilmente stratificati, lastroidi, spesso carboniosi e ricchi di fossili.

Ambiente: bacino intrapiattaforma poco profondo, caratterizzato da condizioni spesso anossiche, in ambito di piattaforma carbonatica con elevata deposizione di fanghi carbonatici.

Argillite di Riva di Solto (32)

Litologia: alternanze cicliche di spessore fino a decametrico di argilliti nere, marne e calcari marnosi grigio-scuri con sottili intercalazioni bioclastiche (tempestiti a lamellibranchi, gasteropodi). Alla base prevalgono le argilliti e le marne argillose nere con subordinate intercalazioni di calcari micritici, con paraconglomerati e slumping.

Età: Norico Superiore.

Spessore: nell'ordine delle decine di metri.

Limiti: inferiore con il Calcare di Zorzino, le Dolomie Zonate o l'Argillite di Riva di Solto, superiore con il Calcare di Zu.

Area di affioramento: Val Vertova, Masserini, Orezza.

Caratteri: la litozona inferiore è caratterizzata da argilliti e argilliti marnose nere fogliettate, spesso con laminazioni parallele, ricche di materia organica specialmente alla base, organizzate in pacchi sino a plurimetrici con base planare; subordinati livelli di marne e calcari marnosi neri, laminati e con patina d'alterazione ocrea in grossi noduli o singoli strati decimetrici a superficie ondulata. Locali intercalazioni da metriche a pluridecametriche di calcari micritici neri spesso con laminazioni parallele. Porzione basale caratterizzata da livelli paraconglomeratici sino a metrici, con clasti intrabacinali in abbondante matrice micritico-argillosa; frequenti slumping e deformazioni sinsedimentarie. La litozona superiore presenta un contenuto maggiore in calcite, con regolari intercalazioni di orizzonti carbonatici micritici con associati alla base calcari marnosi. Organizzazione in cicli asimmetrici con spessori di 7-8 m (fino a 30 m).

Ambiente: passaggio graduale da un ambiente batimetricamente articolato con circolazione ristretta al fondo ed inquinato da terrigeni ad un ambiente di baia subtidale a circolazione aperta, meno profondo e a sedimentazione mista carbonatico-terrigena.

Calcarea di Zu (33)

Litologia: alla base cicli plurimetrici costituiti da marne, calcari marnosi scuri e calcari grigio-scuri localmente bioclastici. Porzione centrale caratterizzata da prevalenti banchi calcarei bioclastici, oolitici e con patch reef. Porzione superiore caratterizzata da una ripresa delle intercalazioni cicliche marnoso-carbonatiche con alla sommità un secondo orizzonte riccamente fossilifero di piattaforma carbonatica. A tetto, locali facies calcaree sottilmente stratificate.

Età: Norico Superiore – Retico.

Spessore: circa 400 m.

Limiti: superiore con la Dolomia a Conchodon – Corna o tettonico con il Calcarea di Sedrina, inferiore con l'Argillite di Riva di Solto.

Area di affioramento: Orezzo, Ganda Lunga.

Caratteri: formazione suddivisibile in 4 membri. L'unità è costituita da calcari micritici e bioclastici, calcari marnosi da grigi a nerastrati in strati decimetrici pianoparalleli o in banchi plurimetrici costituiti da strati amalgamati. Subordinate sono le intercalazioni di marne e, più raramente, argilliti marnose nerastrati di spessore metrico presenti soprattutto alla base e alla sommità. Membro intermedio essenzialmente calcareo con Coralli, Brachiopodi, Crinoidi, Foraminiferi, ooliti e localmente grossi Megalodontidi. Successione dotata di marcata ciclicità, con ripetuti cicli asimmetrici ad alta frequenza, spesso di tipo shallowing upward a spessore variabile.

Ambiente: sedimentazione mista carbonatico-marnosa di bassa profondità, in un sistema di rampa carbonatica con circolazione aperta e fondali ben ossigenati. Nella formazione si identificano 2-3 sequenze deposizionali.

Dolomia a Conchodon – Corna (34)

Litologia: calcari micritici e oolitici, localmente dolomie cristalline grigio-nocciola in grossi banchi. Noduli di selce alla base e alla sommità.

Età: Retico Superiore – Hettangiano.

Spessore: 90-100 m.

Limiti: inferiore netto con il Calcare di Zu, superiore con il Calcare di Sedrina.

Area di affioramento: ovest di Orezzo, Monte Cedrina.

Caratteri: unità esclusivamente carbonatica, di colore grigio-nocciola chiaro, massiva o in strati e banchi amalgamati; alla base è costituita da grainstones finemente oolitici, seguiti verso l'alto da alternanze di mudstones scarsamente fossiliferi e grainstones oolitici. Frequenti corpi lenticolari con laminazioni oblique a grande e piccola scala, a volte con base erosiva. Nelle facies basali sono talora presenti calcareniti litoclastiche a clasti intraformazionali, oppure piccoli filoncelli sedimentari.

Ambiente: estesa piattaforma carbonatica in prevalenza subtidale, con elevata produttività oolitica, pellettifera e micritica.

Calcare di Sedrina (35)

Litologia: calcari micritici alternati a calcari grigio scuri in strati decimetrici con noduli di selce nera e interstrati sottili marnosi; rari lamellibranchi. Superiormente, calcari grigio chiari in grossi banchi, con ooliti, calcareniti bioclastiche a crinoidi e brachiopodi; silicizzazione localmente intensa (selce bianca).

Età: Hettangiano.

Spessore: fino a 150 m.

Limiti: inferiore con la Dolomia a Conchodon – Corna o tettonico con il Calcare di Zu, superiore con il Calcare di Moltrasio (“Brecce liassiche”).

Area di affioramento: ovest di Orezzo, Monte Cedrina, Coldré.

Caratteri: litozona inferiore calcarea costituita da calcari grigio scuri a stratificazione media pianoparallela, con rare liste e noduli di selce alternati a marne in livelli centimetrici, lateralmente passante a calcari grigi a stratificazione media, poveri di selce e senza intercalazioni argilloso-marnose, frequentemente oolitici e bioclastici (Bivalvi, Gasteropodi, Brachiopodi, Ostracodi), localmente oncolitici. Litozona calcareo-marnosa costituita da calcari micritici grigio scuri a stratificazione media pianoparallela o piano-ondulata con abbondanti noduli di selce nera, intercalati a marne e marne argillose grigio scure. Litozona oolitico-bioclastica costituita da strati e banchi di calcareniti e calciruditi oolitico-bioclastiche talora ricche in Brachiopodi, Crinoidi, Bivalvi, spesso fortemente silicizzate, normalmente organizzate in corpi mal stratificati di spessore fino a decametrico, con laminazioni oblique concave o piane. Le calcareniti possono associarsi a strati di calcari micritici più sottili a bioclasti dispersi.

Ambiente: sequenza trasgressivo-regressiva dell'intero Bacino Lombardo sotto controllo di attività tettonica sinsedimentaria ai margini degli alti strutturali che suddividevano il bacino in ambiti a differente subsidenza.

Calccare di Moltrasio (37)

Litologia: calcari micritici alternati a calcari marnosi grigio-scuri, in strati da decimetrici a metrici, diffusamente bioturbati. Presenza di slumping. Abbondante silicizzazione diffusa, spesso incompleta, in grossi noduli neri.

Età: Sinemuriano – Pliensbachiano.

Limiti: stratigrafico con il Calccare di Sedrina ed il Calccare di Domaro. Tettonico con il Calccare di Sedrina.

Affioramento nel territorio in studio: Monte Ganda, Platz.

Caratteri: associazione di strati calcareo-marnosi pianoparalleli, selciferi e talora spongolitici, di natura torbidityca, con marne emipelagiche e calcilutiti pelagiche a stratificazione regolare, ricche in selce. Verso i settori di chiusura marginale dei corpi, a questi sedimenti tendono ad associarsi corpi lenticolari, massivi o caotici, costituiti da paraconglomerati intraformazionali e/o litoclastici e slumps, derivanti da scivolamenti e scoscendimenti in massa sinsedimentari; locali intercalazioni di calciruditi, brecce e megabrecce intraformazionali ed extraformazionali.

Ambiente: l'unità delinea la fase di strutturazione principale del Bacino Lombardo nel Liassico Inferiore, con la contrapposizione dei domini di alto e basso strutturale delimitati da faglie normali sinsedimentarie, tettonicamente attive.

Calcere di Domaro (38)

Litologia: calcari micritici grigi con liste di selce nocciola, a stratificazione decimetrica planare, con intercalazioni di argilliti grigio-verdi e localmente di calcareniti-ruditi. Nella parte medio-superiore, frequenti intercalazioni di marne verdi e rossastre, localmente in lenti potenti associate a calcari marnosi rossastri, a volte nodulari. In zone di paleoalto, successioni ridotte con calcari marnosi rossastri a stratificazione nodulare e diffuse ammoniti.

Età: Pliensbachiano.

Limiti: Monte Ganda.

Affioramento nel territorio in studio: ampia fascia NW-SE da Foppa a Col Pedrino.

Caratteri: intervallo inferiore costituito da coppie calcilutiti-marna, costituenti gruppi ripetuti ritmicamente; ad esse seguono calcilutiti grigie o rosate, con intercalazioni marnose nodulari, a stratificazione sottile pianoparalleli di colore rosso o verde; frequenti intersezioni con filoni sedimentari sino a decametrici, costituiti da breccie litoclastico-bioclastiche e micriti pelagiche toarciane. Intervallo superiore costituito dall'associazione di calcari marnosi grigi in strati e banchi talora plurimetrici, associati a calcareniti gradate passanti a marne, in strati pianoparalleli da sottili a medi, di origine chiaramente torbidity; in alcuni settori si intercalano limitati corpi di slump o di brecciole che sottolineano il passaggio alla Formazione di Concesio.

Ambiente: l'unità sottolinea una complessa evoluzione del Bacino Lombardo, che evolve diversamente da settore a settore, con una migrazione evidente dell'attività tettonica da ovest verso est tra il Sinemuriano ed il Pliensbachiano.

Depositi superficiali

Complesso di Parre – Unità di Semonte (86)

Litologia: conglomerati costituiti da depositi alluvionali, fluvioglaciali, glaciali, di contatto glaciale e di versante. Depositi lacustri. Cementazione da ottima a scarsa. Clasti prevalentemente carbonatici, subordinati cristallini.

Età: Pliocene Inferiore – Pleistocene Superiore.

Spessore: probabilmente superiore a 90 m.

Limiti: inferiore e laterale con il substrato roccioso, superiore con la superficie topografica.

Area di affioramento: fascia degli altopiani.

Caratteri: conglomerati stratificati in banchi metrici pianoparalleli, a supporto di matrice arenacea grossolana con abbondanti ciottoli di dimensioni da centimetriche a decimetriche, ben arrotondati e poco sferici, frequentemente embricati o con locale stratificazione obliqua a basso angolo, ottimamente cementati. Conglomerati organizzati in cicli metrici a gradazione diretta dei clasti e incremento della matrice verso l'alto. Conglomerati in corpi lenticolari metrici, a supporto clastico, con ciottoli ben selezionati di dimensioni inferiori al decimetro, ben arrotondati, con matrice scarsa e cementazione discreta. Conglomerati grossolanamente stratificati a supporto di matrice limosa ocracea con abbondanti ciottoli centimetrici, subarrotondati, prevalentemente locali con rari clasti dell'alta Val Seriana, ottimamente cementati. Sabbie e arenarie grossolane in corpi planari decimetrici, chiuse lateralmente nell'arco di alcuni metri.

Ambiente: riempimento di un paleoalveo del Serio spostato più a destra rispetto al corso attuale.

Complesso di Ponte della Selva – Unità di Albino (92)

Litologia: depositi alluvionali, di conoide e di versante con suoli superiori a 3,5 m e con copertura loessica ubiquitaria.

Età: Pleistocene Medio.

Spessore: variabile.

Limiti: inferiore con il substrato, laterale con il substrato, con il Complesso di Piario o con il Complesso del Serio, superiore con la superficie topografica.

Area di affioramento: fascia alta della piana fluviale del Serio, in corrispondenza dei centri abitati principali di Gazzaniga e Rovalto.

Caratteri: i depositi alluvionali sono costituiti da ghiaie a supporto clastico in corpi stratoidi, con ciottoli ben arrotondati, appiattiti o discoidali da centimetrici a decimetrici, ben selezionati. Ghiaie a supporto clastico con abbondante matrice sabbiosa, mal selezionate, con clasti da subarrotondati ad arrotondati. Sabbie grossolane in corpi lenticolari, talora con laminazioni oblique. Clasti prevalentemente carbonatici, subordinati cristallini dell'alta Val Seriana. Profilo di alterazione di solito non interamente conservato. I depositi di conoide sono costituiti da ghiaie a supporto clastico e matrice sabbiosa, con clasti da subangolosi a subarrotondati, organizzati in corpi stratoidi o lenticolari, con subordinate intercalazioni sabbiose. Clasti di provenienza locale ascrivibili a formazioni noriche e liassiche. I depositi di versante comprendono diamicton a supporto di matrice sabbiosa con ciottoli e blocchi a spigoli vivi.

Ambiente: alluvionale, di conoide e di versante inseriti nella complessa dinamica deposizionale-erosionale del Pleistocene.

Complesso del Serio – Unità di Gazzaniga (94)

Litologia: ghiaie stratificate a supporto clastico, matrice sabbiosa grossolana da assente ad abbondante, ciottoli arrotondati, selezionati, embricati. Sabbie fini con laminazioni parallele.

Età: Pleistocene Superiore.

Spessore: variabile.

Limiti: fascia bassa della piana fluviale del Serio.

Area di affioramento: a fregio del Serio in lembi discontinui dal Ponte del Costone sino a Gazzaniga. A fregio del Romna nel suo corso inferiore.

Caratteri: ghiaie stratificate a supporto clastico, con ciottoli da subarrotondati ad arrotondati, da isodiametrici ad appiattiti, centimetrico-decimetrici, ben selezionati, con matrice scarsa o assente, frequenti embricazioni. Ghiaie a supporto clastico con abbondante matrice sabbiosa grossolana, ciottoli arrotondati, selezione moderata, frequenti cluster. Sabbie fini in corpi stratoidi con laminazioni parallele. Subordinate intercalazioni di sabbie grossolane in corpi lenticolari, con laminazioni a festoni. Clasti in prevalenza carbonatici, con subordinati (40%) silicoclasti dell'Alta Valle. Alterazione dei depositi pressoché nulla; nel tratto a monte si osserva decarbonatazione solo entro i primi dieci centimetri dalla superficie.

Ambiente: fluvio-glaciale ed alluvionale connesso alla dinamica del Serio.

Unità Postglaciale (119)

Litologia: depositi attuali di versante, di frana, alluvionali, di conoide, lacustri e di torbiera, con differenti caratteristiche da zona a zona.

Età: Pleistocene Superiore – Olocene.

Limiti: inferiore con il substrato roccioso e tutti i depositi superficiali, superiore con la superficie topografica.

Area di affioramento: unità molto diffusa in tutto il territorio, negli alvei dei corsi d'acqua (depositi alluvionali), lungo i pendii (fasce e conoidi detritici: depositi di versante), in corrispondenza dei conoidi di deiezione (depositi di conoide). Particolarmente significativa nell'alveo del Serio.

Caratteri: i depositi di versante sono costituiti da diamicton a ciottoli e blocchi spigolosi, arrotondati se provenienti da precedenti depositi alluvionali, a supporto sia clastico che di matrice sabbioso-siltosa ad argillosa. Assenti strutture significative, anche se si riconoscono frequentemente letti paralleli al pendio. I depositi di frana sono costituiti da diamicton e depositi a supporto di matrice a clasti spigolosi e blocchi, con matrice fine sempre molto abbondante. Clasti riferibili ai litotipi affioranti sui versanti a monte. I depositi alluvionali sono costituiti da ghiaie a ciottoli e blocchi con matrice sabbiosa, sabbie talora con ciottoli, ghiaie ben selezionate in prevalenza a supporto clastico e con ciottoli ben arrotondati; maturità tessiturale dei sedimenti proporzionale all'importanza del corso d'acqua. Organizzati in corpi lenticolari e stratoidi, con strutture sedimentarie di corrente, quali ciottoli embricati, laminazioni oblique a basso angolo e laminazione incrociata. Clasti riferibili ai litotipi affioranti a monte. I depositi lacustri e di torbiera sono costituiti da limi ricchi in materia organica, con rari elementi più grossolani presenti solo se vi è ruscellamento verso il bacino.

Ambiente: alluvionale, lacustre, di conoide e di versante riferibile alla dinamica deposizionale-erosionale recente ed attuale.

3.3 Inquadramento geologico strutturale

La Carta Geologica della Provincia di Bergamo evidenzia la presenza di lineamenti tettonici, costituiti soprattutto da faglie normali.

L'assetto strutturale del territorio di Gazzaniga è dominato dalla presenza di lineamenti di importanza sia locale che regionale, ascrivibili al sistema a Horst e Graben del Monte Cavlera – Monte Rena. Si tratta di un fascio di fratture e faglie orientate NNO-SSE e N-S, caratterizzati da intensa tettonizzazione delle rocce, impostazione di valli lungo faglia e, in alcuni casi, deformazioni gravitative profonde.

In corrispondenza dei lineamenti strutturali principali (o di altri lineamenti locali) è possibile che gli ammassi rocciosi abbiano proprietà geomeccaniche compromesse dall'intensa tettonizzazione (fratture, giunti, brecce di faglia). Si tratta, ad ogni modo, di una problematica troppo specifica per essere rilevata dettagliatamente in questa sede, ma che deve essere valutata e rilevata puntualmente (anche mediante rilievi strutturali e geomeccanici ove necessario) in seno alle varie indagini geologico-geotecniche predisposte nel territorio comunale.

COMUNE DI GAZZANIGA
Committente: Amministrazione Comunale
COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO IN ATTUAZIONE DELL'ART. 57 DELLA L.R. 11/03/2005 N. 12

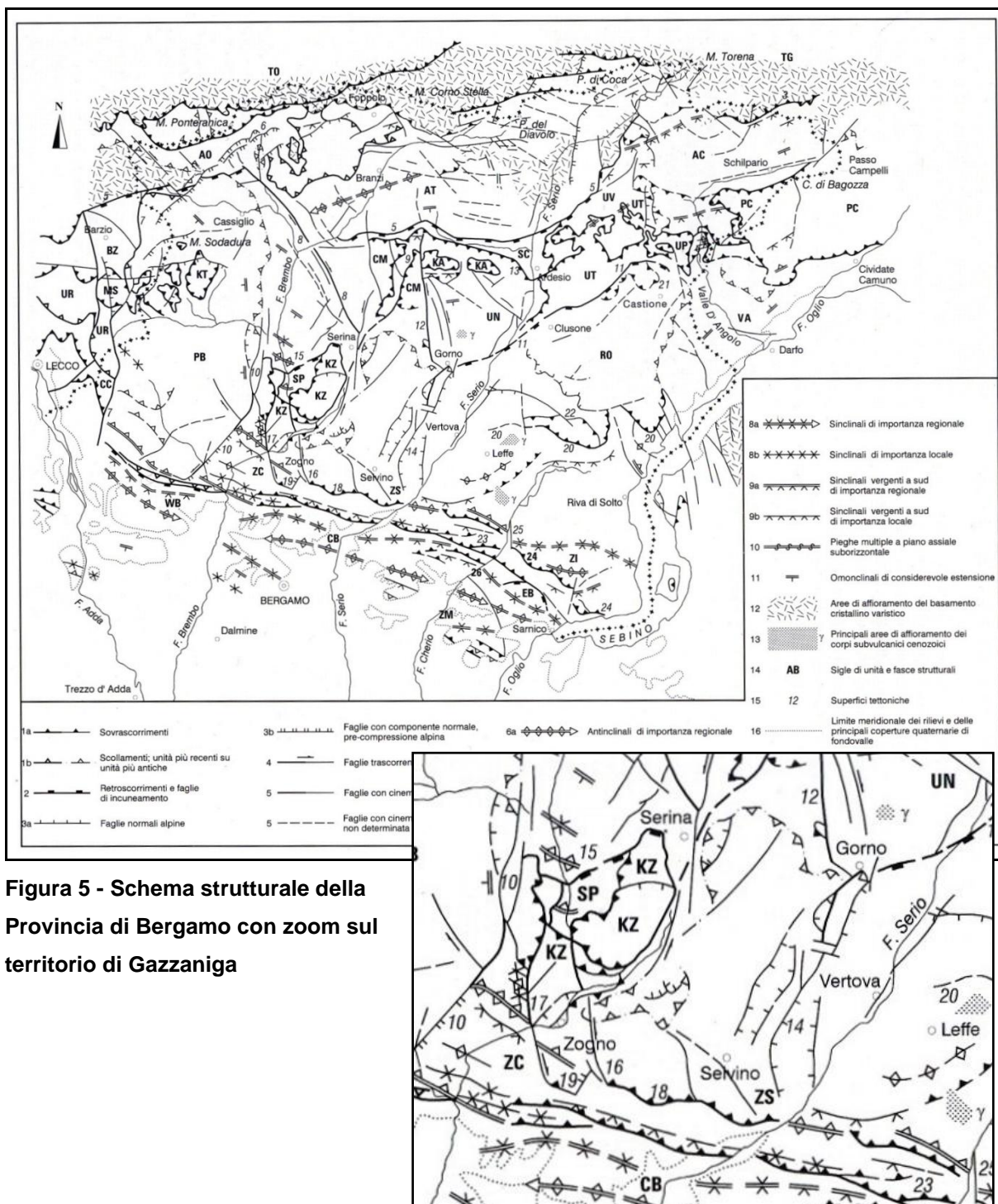


Figura 5 - Schema strutturale della Provincia di Bergamo con zoom sul territorio di Gazzaniga

3.4 Criteri di realizzazione della cartografia litologica

La Carta Litologica, redatta alla scala 1:5.000, è il prodotto delle osservazioni di terreno integrate con le informazioni dedotte dalla cartografia disponibile in letteratura.

Essa è finalizzata ad identificare le unità geologiche di pertinenza del territorio comunale e, da un punto di vista strettamente applicativo, assume particolare rilevanza per la caratterizzazione dei litotipi dominanti nei primi metri di terreno.

In tal senso è stata realizzata la Carta Litotecnica, sempre in scala 1:5.000, che va oltre le osservazioni strettamente litologiche, prendendo in considerazione le proprietà geotecniche dei terreni costituenti il territorio comunale (cfr. capitolo 7).

Si fa di nuovo presente che il territorio comunale di Gazzaniga è stato fatto oggetto di un rilevamento geologico e geomorfologico completamente nuovo, anche al fine di verificare eventuali modificazioni di carattere geomorfologico intervenute nel lasso di tempo tra la redazione del precedente studio geologico e la predisposizione di quello attuale.

Il territorio comunale di Gazzaniga è caratterizzato dalla diffusione di litotipi del substrato roccioso: dolomie, calcari e argilliti. A queste formazioni si sovrappongono unità quaternarie a varia litologia, costituite prevalentemente da ghiaie e sabbie, diamicton e fini massivi con clasti sparsi.

La distribuzione delle differenti litologie è legata in parte alla topografia e in parte all'assetto tettonico che caratterizza il territorio comunale e le zone limitrofe.

Il sistema di Horst e Graben produce degli alti strutturali in cui sono ubicate le unità Giurassiche, mentre nelle zone depresse (Graben) affiorano prevalentemente le unità triassiche.

Nel dettaglio, gli affioramenti rocciosi interessano prevalentemente il comparto di monte e localmente alcune porzioni del comparto di versante e di fondovalle. Nel complesso il comparto di versante è caratterizzato dalla presenza lungo i pendii di detriti e depositi sciolti e morenici. Il comparto di fondovalle, su cui sorgono i principali nuclei abitativi, presenta principalmente depositi sciolti e coltri eluviali di alterazione e sparsi affioramenti rocciosi.

Le unità quaternarie occupano gran parte del comparto di versante e del fondovalle dove affiorano abbondanti coltri fluviali e fluvioglaciali.

Anche se ai fini della ricostruzione stratigrafica e dell'interpretazione evolutiva del territorio è utile distinguere rigorosamente le unità litologiche fra loro (come operato nella Carta Litologica), dal punto di vista prettamente applicativo si possono convenientemente operare alcuni raggruppamenti sia all'interno del substrato roccioso che dei depositi superficiali, giungendo così alla costruzione della Carta Litotecnica (cfr. capitolo 7).

Sulla Carta Litologica è anche riportata una sezione geologica del territorio comunale tratta dallo studio geologico del 1999.

La distinzione fondamentale che ha ispirato la cartografia litologica è stata quella tra depositi superficiali e substrato roccioso.

I primi, che in genere vengono trascurati o semplificati nella cartografia geologica tradizionale, rivestono fondamentale importanza ambientale in quanto su di essi generalmente avvengono sia le modificazioni antropiche, sia quelle legate all'evoluzione naturale più immediata del paesaggio.

Depositi superficiali

Questi depositi sono stati distinti in primo luogo in base alle loro caratteristiche genetiche, che permettono di articularli in:

- detriti di falda
- accumuli di frana
- depositi fluviali e fluvioglaciali
- suoli e colluvi

Detriti di falda

La disgregazione fisico-chimica delle pareti rocciose normalmente dà luogo al piede dei pendii alla formazione di estese coltri detritiche, formate da ciottoli spigolosi di solito ben classati, con matrice sabbioso-limosa. Per la suddivisione dei detriti di falda si è tenuto conto della presenza o meno di un suolo con presenza di copertura vegetale. Il detrito, sulla base del fatto che risulti costantemente alimentato o meno, può presentarsi colonizzato da vegetazione arborea o arbustiva (**dc**), solo parzialmente colonizzato (**dp**) o non colonizzato (**dn**). Sono anche diffusi falde di detrito antiche e cementate (**cf**).

Localmente è presente anche un Conoide di detrito (**co**) caratterizzato da materiale di scivolamento accumulato in seguito a fenomeni gravitativi e formato da ciottoli e ghiaie.

I detriti di falda sono presenti un po' in tutto il territorio comunale, in particolare nel

settore centro-meridionale e alla base dei versanti a contatto con i depositi fluviali dei corsi d'acqua.

Accumuli di frana

In questa categoria rientrano accumuli di frana attiva, depositi gravitativi di versante e accumuli di paleofrana (**ac**). Si tratta sostanzialmente di ciottoli e blocchi, anche di grandi dimensioni, in genere spigolosi, a supporto sia clastico che di matrice. Questi accumuli, definibili geometricamente, derivano soprattutto da crolli di rocce lapidee o da scivolamenti di materiali coerenti o pseudocoerenti.

Si tratta di depositi molto localizzati nel territorio comunale.

Depositi fluviali e fluvioglaciali

Fra i depositi di origine fluviale e fluvioglaciale si devono ascrivere:

- Le alluvioni attuali (**aa**) e recenti (**ar**) che costituiscono il greto dei fiumi, e che sono caratterizzate da ghiaie e sabbie di varia natura e dimensioni appartenenti alle unità litologiche che costituiscono il bacino brembano.
- Le alluvioni terrazzate (**at**) rappresentati da terrazzi morfologici sopraelevate dal fiume di pochi metri che danno luogo ad ampie aree pianeggianti soggette anche a fenomeni di esondazione e purtroppo spesso volte occupate dalle attività industriali e artigianali.
- I conoidi di deiezione (**cd**) che costituiscono il deposito alluvionale lasciato dai fiumi o dai torrenti quando questi raggiungono il fondovalle o aree più pianeggianti che interrompono bruscamente la loro corsa e il trasporto del materiale.

Depositi fluvioglaciali

I depositi fluvioglaciali (**fg**) sono costituiti da ciottoli e blocchi costituiti da litotipi della sequenza triassica e giurassica affioranti nei domini di versante, immersi in una matrice fine limoso-argillosa. Nel complesso si tratta di un deposito molto eterogeneo. Sono abbondantemente presenti nel comparto centro-meridionale del comune in corrispondenza dell'altipiano compreso tra le frazioni di San Rocco e Masserini.

Suoli e paleosuoli

Le coltri pedologiche (**el**) rappresentano i prodotti di alterazione fisica-chimica in situ del substrato roccioso e come tali sono strettamente condizionate dalla natura dello stesso, oltre che da una serie di condizioni climatiche e topografiche.

Coltre colluviale

Data la morfologia del territorio e l'acclività dei versanti, le coltri pedologiche sono piuttosto diffuse nel comune di Gazzaniga. Si ritrovano principalmente sui litotipi carbonatici del settore centro-meridionale del territorio comunale, dove l'alterazione carsica determina la formazione di suoli spesso a tasche e pinnacoli.

Sono anche presenti dei depositi limoso.argillosi con clasti sparsi, derivanti dalla mobilitazione del materiale fine di versante per fenomeni di soliflusso e creptazione caratterizzate da depositi fini (**cl**). Talvolta possono essere pedogenizzati (**ec**).

Unità del substrato roccioso

Il substrato roccioso è stato suddiviso nei differenti litotipi presenti nell'area di studio, i quali sono stati rappresentati indipendentemente dalla formazione geologica a cui appartengono.

Sulla carta il colore tratteggiato più tenue indica le rocce subaffioranti, mentre il colore simile, ma più intenso e pieno, indica la roccia effettivamente affiorante.

Rocce sedimentarie

Al: litareniti medio-fini, siltiti marnoso dolomitiche e argilliti, grigio verdi, raramente rosse. Queste litologie sono presenti sul territorio comunale e corrispondono alle Argilliti di Riva di Solto della Carta Geologica della Provincia di Bergamo.

Cs: calcari in strati e banchi. Affiora prevalentemente nel comparto meridionale e centrale e del territorio comunale.

Cn: calcari con lenti e noduli di selce; stratificazione in strati e banchi. Anche questa unità, come la precedente, affiora nel comparto meridionale e centrale e del territorio comunale.

Dm: dolomie grigio chiare in prevalenza, stratificate in grossi banchi o massive, con facies di piattaforma marginale e intercalazioni di brecce e strati di dolomie mi critiche scure. Questa unità affiora in tutto il settore montuoso settentrionale del territorio. Corrisponde alla formazione conosciuta in letteratura come Dolomia Principale, affiorante ampiamente nelle Prealpi Orobiche, e presente nella Carta Geologica della Provincia di Bergamo.

4 LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI

➤ TAVOLA N. 3 – CARTA GEOMORFOLOGICA

4.1 Inquadramento geomorfologico generale

Da un punto di vista geomorfologico, il territorio di Gazzaniga si rivela particolarmente interessante. La morfologia del territorio risulta modellata da una vasta combinazione di processi geologici, testimoniati dalla varietà di litologie presenti, dagli articolati sistemi vallivi, dal passaggio del Serio, nonché da pendii scoscesi interessati da numerosi dissesti di varia natura.

Occorre inoltre considerare l'impatto piuttosto notevole dell'azione antropica, soprattutto nel fondovalle.

Si possono distinguere, in linea di massima, tre ambiti morfologici principali:

- *Rilievi montuosi*: è costituito dalle aree collinari e montane più elevate, caratterizzate da roccia affiorante o subaffiorante con pendii molto ripidi e talora pareti subverticali. I processi di modellamento morfologico principali sono chiaramente legati alla dinamica di versante. Le valli che solcano le pendici sono scavate per lo più nella roccia viva. La morfologia è piuttosto articolata: sono presenti numerose valli minori, che hanno inciso profondamente i fianchi dei rilievi montuosi. Alcune di queste valli sono molto importanti, profondamente incise e con ampi bacini: basti pensare alla Val Vertova con la sua laterale Val de Grü, alla Val Rova ed alla Val Rovaro. La presenza di aree in dissesto, dovute soprattutto a crolli in roccia, è piuttosto considerevole. Nella parte più alta del territorio sussistono anche alcune aree caratterizzate da pericolosità di valanga. Di questo ambito fanno parte anche i

pendii più blandi che ospitano gli abitati di Platz, di Orezzo e la parte alta di Ganda Lunga. In queste aree, il versante principale è caratterizzato da locali spianamenti e da morfologie più dolci che hanno certamente favorito, unitamente alla favorevole esposizione verso sud, l'insediamento dei nuclei abitati.



Figura 6 - Panoramica su Platz da Ganda



Figura 7 - Panoramica su Orezzo dalla strada verso Platz



Figura 8 - Il fianco ovest della Val Vertova dalla strada verso la Val de Grü

- *Fascia degli altopiani*: alle pendici del versante principale, in posizione di raccordo con il fondovalle seriano, si trova una fascia caratterizzata dalla presenza di altopiani costituiti da depositi alluvionali e fluvioglaciali antichi, spesso con notevoli spessori di colluvi e paleosuoli alla sommità. Gli altopiani sono caratterizzati verso sud da scarpate nette, spesso in dissesto, e sono divisi tra loro da impluvi di varia importanza, di solito comunque molto incisi. Gli altopiani più significativi sono quello di San Rocco, quello di Perrone e quello di Masserini (importante frazione del comune); verso il confine con

Fiorano al Serio vi è anche il più stretto pianoro di Mozzo. Verso sud-ovest, gli altopiani si esauriscono presso la Val Rova lasciando il posto ai bassi e blandi pendii del Monte Ganda (località Ganda Lunga). Questo settore del territorio comunale è da considerarsi critico dal punto di vista dei possibili dissesti e dovrebbe essere monitorato con particolare attenzione, anche in virtù della sua elevata urbanizzazione.



Figura 9 – Altopiano di San Rocco

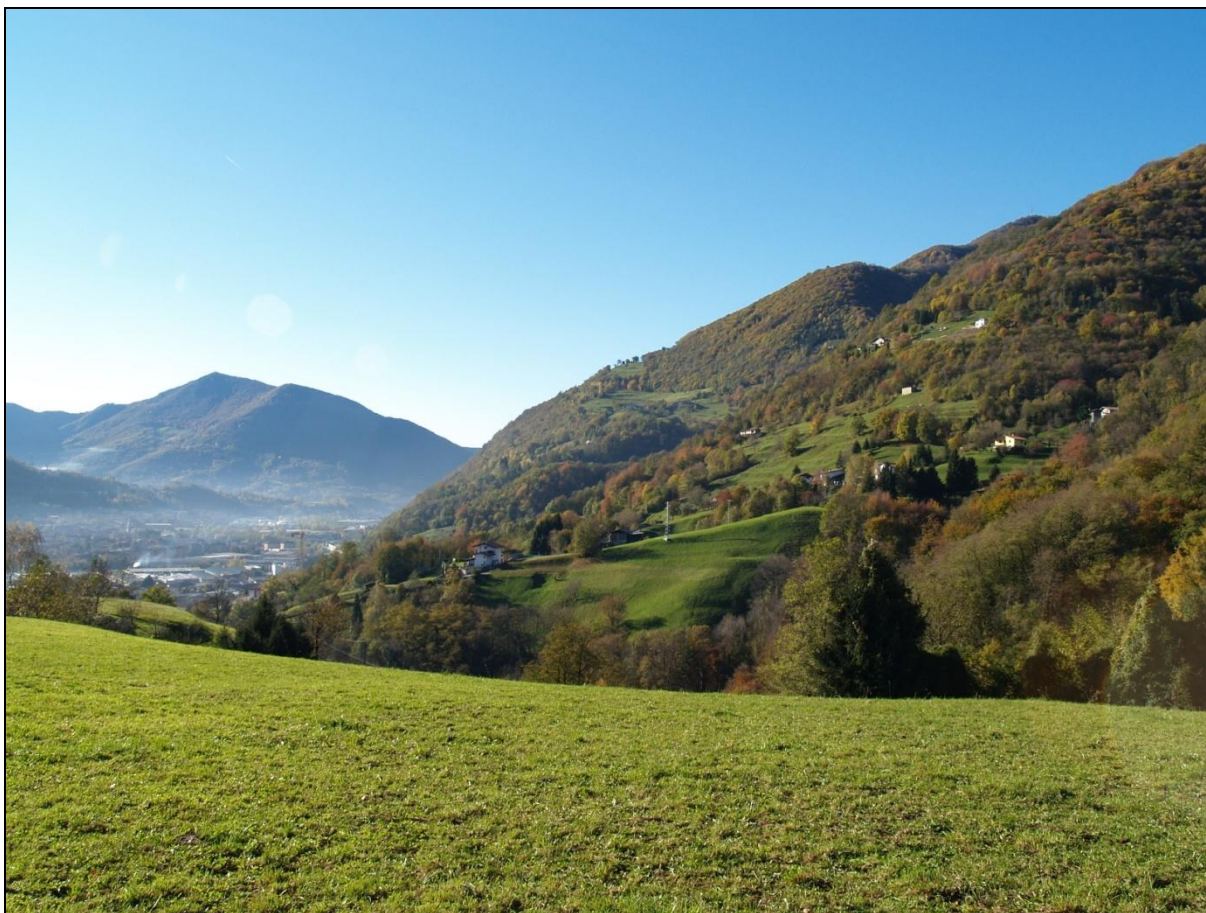


Figura 10 - Ganda Lunga dall'altopiano di San Rocco

- *Fondovalle*: l'ambito è costituito dalle piane terrazzate del Serio, su cui sorgono il centro storico principale di Gazzaniga e la sua frazione Rova, a sud-ovest del comune. La morfologia del territorio è dominata da processi legati prevalentemente alla dinamica fluvio-torrentizia, ma tutto il territorio è profondamente urbanizzato e non è più possibile riscontrare morfologie significative, al di là di alcuni orli di terrazzo fluviale. Il raccordo con la fascia degli altopiani avviene in modo brusco, con scarpate non eccessivamente alte ma piuttosto nette.



Figura 11 - Panoramica sul centro storico dal cimitero

4.2 Criteri di realizzazione della cartografia geomorfologica

Le caratteristiche geomorfologiche del territorio di Gazzaniga (oggetto di nuovo rilevamento geologico e geomorfologico in seno al presente studio) sono ben evidenziate nella Tavola 3 – Carta Geomorfologica.

La Carta Geomorfologica individua gli elementi areali, lineari e puntiformi che determinano la dinamica morfogenetica del paesaggio. Tali elementi sono raggruppati in base al loro meccanismo genetico prevalente, ricordando comunque sempre che le forme del paesaggio sono di norma il risultato di più processi sovrapposti e concomitanti, a diverso grado di importanza.

Di seguito sono elencati gli elementi morfologici contenuti nella tavola.

Elementi morfodinamici di versante

Area di frana attiva

Sono individuate tutte le frane di qualsiasi tipologia (scivolamenti, crolli, colate) individuate anche nella cartografia del dissesto con stato attivo.

Area di frana quiescente

Sono individuate tutte le frane di qualsiasi tipologia (scivolamenti, crolli, colate) individuate anche nella cartografia del dissesto con stato quiescente.

Area di frana relitta o stabilizzata

Sono individuate tutte le frane di qualsiasi tipologia (scivolamenti, crolli, colate) individuate anche nella cartografia del dissesto con stato relitto (paleofrane) o stabilizzato.

Dissesto puntuale non fedelmente cartografabile

Si tratta di dissesti di piccola entità, puntiformi, la cui geometria non è fedelmente riportabile in carta.

Orlo di scarpata di degradazione o frana

Si tratta di cigli di scarpate la cui genesi è imputabile a fenomeni di versante di tipo franoso (nicchie) o erosivo.



Figura 12 - Scarpata dell'altopiano di Masserini con segni di erosione corticale

Ambito interessato da soliflusso o creep

È stato individuato un ambito interessato in modo particolarmente evidente dal fenomeno di movimentazione lenta della coltre superficiale (soliflusso e creptazione). Il fenomeno è in genere reso evidente dalla presenza di coltri colluviali, gibbosità e ondulazioni alla base di versanti, eventuali tracce di ruscellamento diffuso, curvature nei tronchi degli alberi. È un fenomeno di dissesto lento, molto comune ovunque vi siano versanti con significativa acclività associata alla presenza di coltri superficiali di depositi fini.



Figura 13 - Segni di soliflusso sui versanti della Valle Orezza

Rottura della cotica erbosa da erosione e/o pascolo

Si tratta di un fenomeno a genesi mista antropica e di versante. Nelle aree dove è frequente il pascolo di animali, tendono a formarsi rotture della cotica erbosa che favoriscono l'erosione, creando talvolta i presupposti per dissesti di carattere corticale. Possono essere presenti anche forme simili a terrazzetti e sentieramenti da pascolo.

Morfologie delle acque superficiali

Sorgenti idropotabili captate

Sono segnalate anche nella Carta Geomorfologica le sorgenti captate dal sistema acquedottistico.

Orlo di scarpata fluvio-torrentizia

Orlo di scarpata la cui genesi è imputabile all'azione erosiva dei corsi d'acqua. Si distinguono orli attivi (attualmente in erosione) e inattivi (con erosione non più in atto). Alcuni di questi orli assumono il carattere di forre.

Tracce di ruscellamento diffuso

Solchi e vallecole in terreno che rappresentano situazioni di ruscellamento diffuso delle acque meteoriche. Sui substrati carbonatici carsici queste forme sono generalmente più frequenti ed evidenti.

Conoide di deiezione importante

Sono segnalati i due più importanti conoidi di deiezione, uno allo sbocco della Val Rovaro a sud-ovest del territorio comunale ed uno a nord-est, al confine con Fiorano al Serio.

Morfologie miste ed antropiche

Area di valanga

Area a rischio di valanga determinata mediante rilevamento su terreno o per fotointerpretazione tramite gli strumenti della pianificazione sovraordinata (SIRVAL).

Orlo di scarpata modellata da più processi

Rientrano in questa categoria tutte quelle scarpate di cui non è possibile determinare un unico processo morfogenetico, ma che sono il risultato di più processi (ad esempio di versante, torrentizi ed antropici) concomitanti.

Orlo di scarpata di origine antropica

Si tratta di scarpate la cui genesi è imputabile solo all'azione dell'uomo. Rientrano in questa categoria, ad esempio, scarpate stradali e rimodellamenti morfologici.

Grotta verticale

È segnalata una sola grotta verticale di origine naturale a sud di Platz, sul versante destro della Val di Platz.

Area riportata o con terreno rimaneggiato

Sono segnalate alcune aree caratterizzate dalla presenza di rimodellamenti morfologici, aree riportate o cumuli di terreni rimaneggiati ad opera dell'uomo.

5 LINEAMENTI IDROGRAFICI E IDROGEOLOGICI

- **TAVOLA N. 4 – CARTA IDROGRAFICA**
- **TAVOLA N. 5 – CARTA IDROGEOLOGICA**

5.1 Inquadramento idrografico

L'idrografia del territorio di Gazzaniga è piuttosto articolata, ed è costituita da un corso d'acqua principale in cui si immettono diversi torrenti e valli minori, caratterizzati da dimensioni e portate variabili. Per la descrizione e individuazione del sistema idrografico superficiale, si faccia riferimento allo studio del Reticolo Idrico Minore ai sensi delle D.G.R. 7868/02, 13950/02 e successive modifiche ed integrazioni. Gli impluvi riportati sulla Carta Idrografica sono puramente indicativi, finalizzati a dare un'idea complessiva del reticolato idrografico, e non coincidono necessariamente con quelli dello studio del Reticolo Idrico Minore.

Il corso d'acqua principale è il Fiume Serio, che decorre nel fondovalle in senso NE-SW facendo da confine con il comune di Cene ad est. Nel territorio di Gazzaniga, il Serio ha carattere torrentizio e andamento blandamente sinuoso; in particolare descrive una curvatura piuttosto evidente verso sinistra in corrispondenza del comparto artigianale-industriale del comune, probabilmente a seguito della deposizione di importanti corpi conoidali derivanti dalla dinamica della Val Rovaro e della Val Rova.

Il Torrente Vertova è il secondo corso d'acqua per importanza del comune, tuttavia esso si trova a nord, lungo il confine con Vertova, è quindi molto marginale rispetto al grosso del territorio e ininfluenza per quanto concerne i possibili rapporti con le aree urbanizzate. Si tratta di un importante affluente destro del Serio, caratterizzato da un

bacino molto ampio che trae origine dai contrafforti del Monte Alben, dotato di portate elevate ed incassato in una valle (la Val Vertova) molto nota sia dal punto di vista geologico che naturalistico.

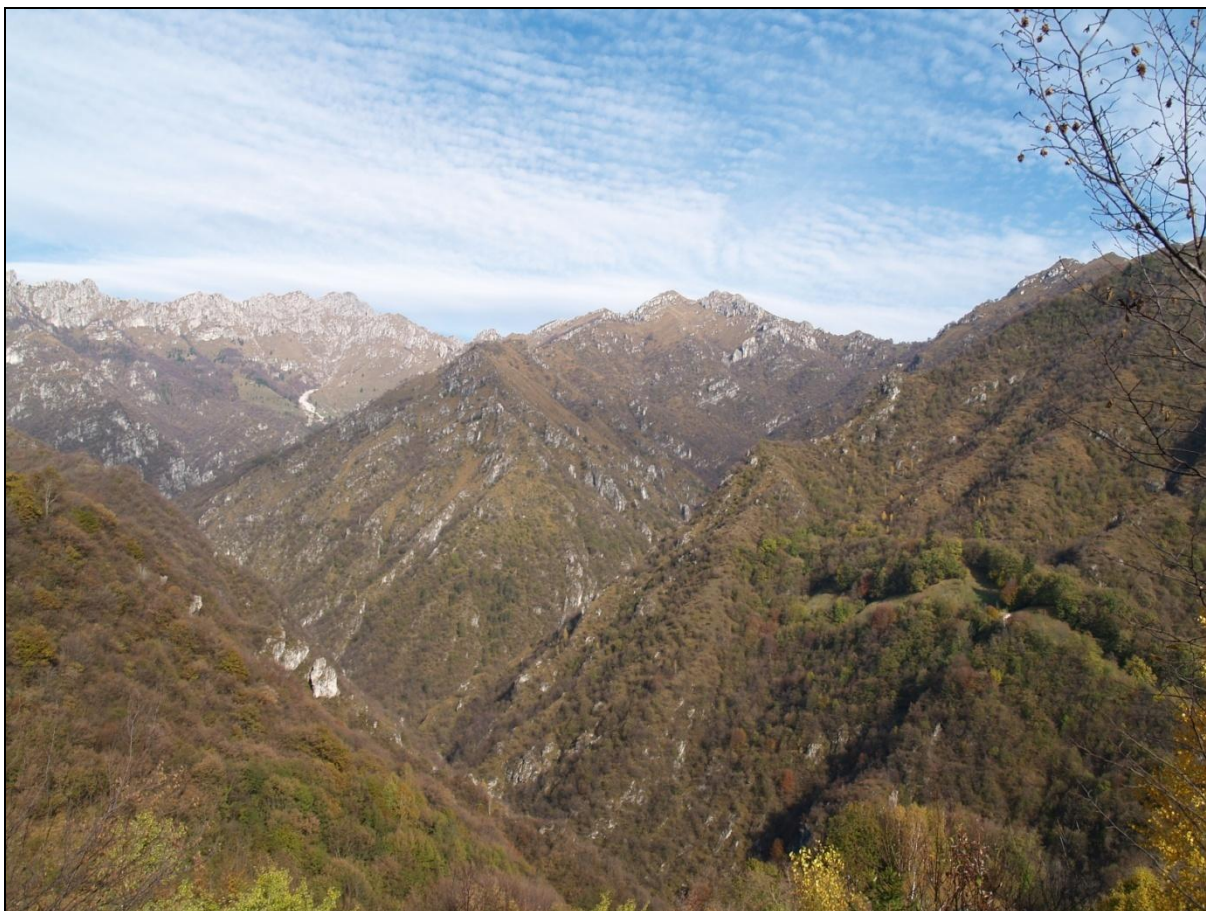


Figura 14 - Tratto alto della Val Vertova dalla strada per la Val de Grü

La Val de Grü è una laterale della Val Vertova che ricade per la maggior parte nel territorio di Gazzaniga ed è anche caratterizzata dalla presenza di un borgo rurale. Si tratta di una profonda ed ampia valle incisa nel substrato roccioso carbonatico, contraddistinta da un'elevata ramificazione e dalla presenza, soprattutto sul versante destro, di numerosi dissesti.



Figura 15 - Torrente della Val de Grü

La Val Rovaro è situata a sud-ovest del territorio comunale ed è totalmente marginale al comune, ricadendo quasi tutta in Aviatico e in Albino, ad eccezione di una parte del conoide di sbocco. Si tratta di una valle molto ampia e caratterizzata da un'elevata quantità di dissesti. La principale problematica di questo corso d'acqua è dovuta alla sua zona di sbocco nel Serio, potenzialmente interessabile da fenomeni di inghiaiamento ed esondazione.



Figura 16 - Tratto terminale della Val Rovaro

La Val Rova, denominata nel suo tratto alto Val di Platz, è probabilmente la valle più significativa in Gazzaniga non tanto per la portata media del torrente, quanto per il suo lungo ed ampio sviluppo nel territorio e per le possibili interferenze con il centro abitato. La valle trae origine dal Monte Ganda e dal Monte Cedrina, scendendo poi il versante in direzione sud-est, rimanendo a valle di Orezzo, quindi piega bruscamente verso sud in corrispondenza di San Rocco e passa in tombotto presso Piazza San Mauro a Rova, raggiungendo poi il Serio all'altezza del ponte verso Cene. Questa valle è caratterizzata da numerosi dissesti lungo il suo corso; si ricorda, fra gli altri, la recente frana del Roncliscione, studiata dallo scrivente.



Figura 17 - Val Rova



Figura 18 - Val Rova - tombotto di Piazza San Mauro



Figura 19 - Val Rova - sbocco nel Fiume Serio

Le altre valli presenti nel territorio di Gazzaniga sono di dimensioni più contenute, ma non devono essere per questo trascurate, in quanto si collocano di solito entro aree critiche dal punto di vista dei dissesti. Inoltre, questi impluvi di solito si inseriscono tra gli altopiani e vengono tombottati una volta giunti in prossimità del centro abitato principale. Si citano in particolare la Valle Masserini, la Val Misma (a confine con Fiorano al Serio) e la vallecola discendente da San Rocco (coincidente di fatto con Via San Rocco).



Figura 20 - Valletta in località Sergagneta



Figura 21 - Val Misma



Figura 22 - Valle Orezzo



Figura 23 - Valle Orezzo – tombotto



Figura 24 - Valle Masserini

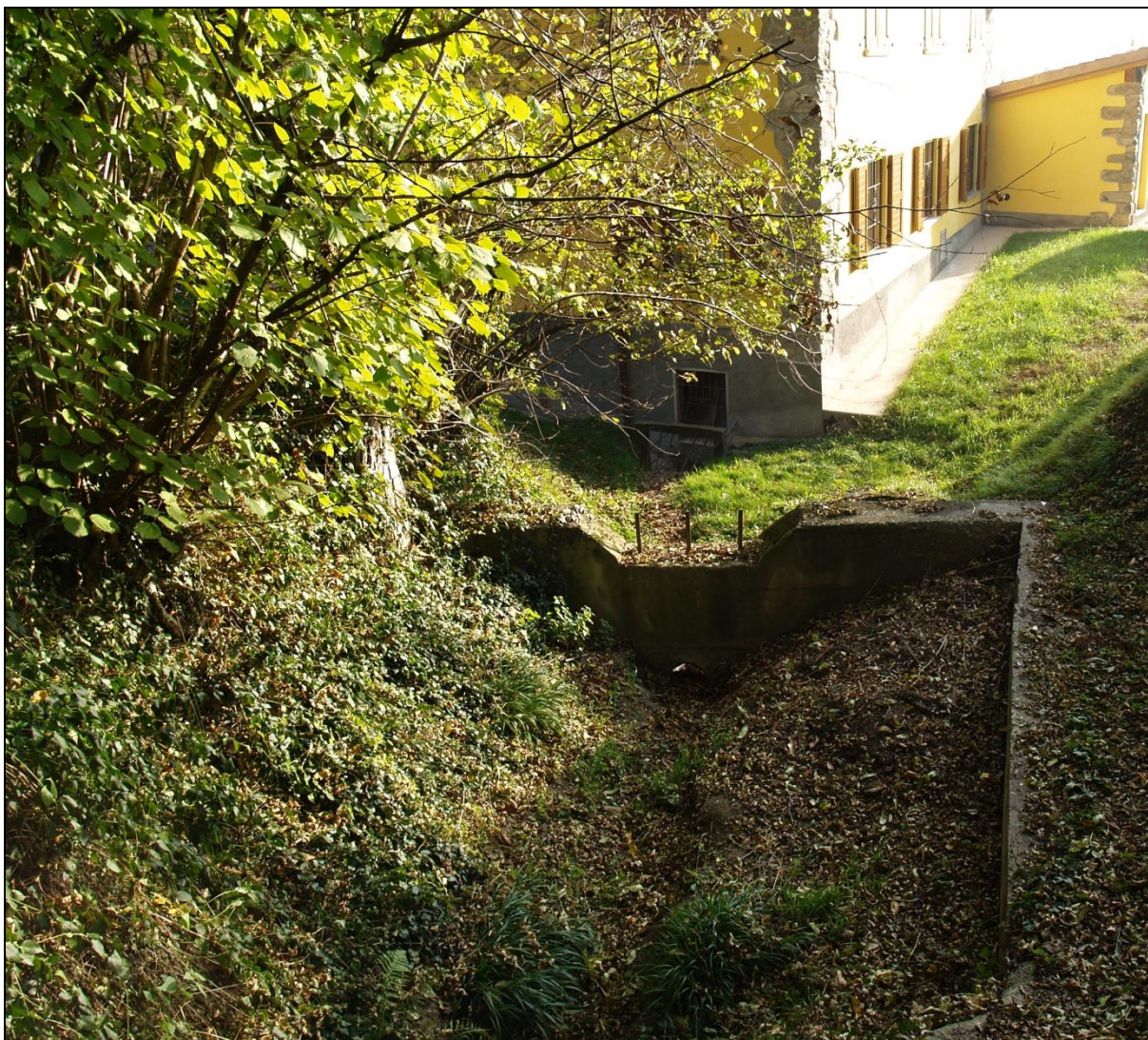


Figura 25 - Valle Masserini (tratto alto) – tombotto



Figura 26 - Via San Rocco - la strada costituisce di fatto una vallecola

Si vuole sottolineare in questa sede la criticità rappresentata proprio dal problema dei corsi d'acqua tombottati. Molti corsi d'acqua, spesso dissestati, passano in tombotti una volta raggiunto il margine del centro abitato di Gazzaniga, per poi essere convogliati verso il Serio rimanendo sempre al di sotto dell'abitato. È il caso ad esempio della Val Rova e della Valle di Masserini. La strada discendente dall'altopiano di San Rocco (Via San Rocco), poi, rappresenta in pratica una vera e propria valle. Si ritiene indispensabile, dal punto di vista della protezione civile, mantenere sotto stretto monitoraggio queste situazioni, anche eventualmente effettuando uno studio idrologico-idraulico di dettaglio sui vari tombotti e relativi corsi d'acqua, atto a verificare le reali problematiche degli stessi.

L'idrografia del territorio di Gazzaniga è ben rappresentata nella Tavola 4 – Carta Idrografica. Tale cartografia rappresenta i corsi d'acqua esistenti sul territorio comunale. Si fa notare come i corsi d'acqua indicati non coincidano necessariamente con lo studio del Reticolo Idrico comunale; tale studio deve tuttora essere utilizzato come riferimento ufficiale per quanto concerne i vincoli di polizia idraulica sul territorio. La Tavola 4 rappresenta anche l'ubicazione delle sorgenti captate, riscontrabile anche sulla Carta Idrogeologica, e delle aree a drenaggio difficoltoso delle acque.

5.2 Inquadramento idrogeologico

L'assetto idrogeologico del territorio di Gazzaniga è particolarmente complesso a causa di numerosi motivi, ed in particolare:

- presenza di unità a diversa conducibilità idraulica primaria e secondaria;
- litologie calcareo-dolomitiche soggette a fenomeni di carsismo;
- presenza di significative coperture detritiche, fluvioglaciali, alluvionali e di conoide, tutte tendenzialmente permeabili;
- presenza di manufatti antropici che hanno modificato l'assetto idrogeologico del sottosuolo, soprattutto nel fondovalle.

Il substrato roccioso è costituito da rocce sedimentarie sia terrigene che calcareo-dolomitiche dotate di differenti gradi di porosità primaria, caratterizzate talvolta dalla presenza di discontinuità strutturali (faglie, fratture), con elevata possibilità di circolazione idrica in roccia.

I depositi detritici e di frana, i terreni fluvioglaciali, i sedimenti di conoide e quelli alluvionali sono costituiti da materiale granulometricamente eterogeneo, ma in

prevalenza grossolano (ghiaioso-sabbioso), caratterizzato quindi da valori di conducibilità idraulica piuttosto elevati.

Al contrario le coltri di suolo e di colluvio sono costituite in prevalenza da materiale limoso-argilloso caratterizzato da conducibilità idraulica ridotta o molto ridotta.

Si è dunque in presenza di un modello idrogeologico di circolazione idrica che, in linea di massima, prevede l'assorbimento d'acqua sui rilievi in quota, nelle valli laterali e sugli altopiani, il deflusso sotterraneo attraverso le discontinuità tettoniche e/o strutturali ed infine la confluenza nei tratti bassi delle valli oppure sulla piana alluvionale del Serio.

Chiaramente il modello idrogeologico per l'ambito di fondovalle differisce da quello più generale dei comparti alti, data la presenza importante del Fiume Serio e della relativa falda di subalveo. Sulla piana fluviale, quindi, la circolazione idrica sotterranea avviene entro i depositi alluvionali ghiaioso-sabbiosi, potendo dare luogo quindi anche a falde sospese o acquiferi isolati a varie profondità. In generale si tratta di un ambito dove la permeabilità dei terreni è molto elevata, tuttavia occorre considerare la forte presenza di manufatti antropici che, di fatto, creano ampie superfici impermeabilizzate.

Per quanto concerne le opere di captazione esistenti, si segnala la presenza di una serie di sorgenti ad uso idropotabile, attive e tutelate da opportune aree di salvaguardia ai sensi del D.Lgs. 152/2006, collocate in prevalenza nel comparto di versante.

Le sorgenti idropotabili si concentrano in Val Vertova e nella zona di Platz, più una in Val Rovaro (esterna al territorio comunale ma interferente) e rappresentano in generale elementi di elevata vulnerabilità idrogeologica, in quanto punti di connessione fra la superficie topografica e gli acquiferi sotterranei.

Sussistono poi sorgenti e venute d'acqua non idropotabili, oltre ad una serie di pozzi concentrati nella zona di fondovalle.

L'assetto idrogeologico del territorio e la permeabilità dei depositi sono ben rappresentati nella Tavola 5 – Carta Idrogeologica. Tale cartografia rappresenta i seguenti elementi:

- Sorgenti captate con relative aree di salvaguardia
- Pozzi captati (sia attivi che inattivi)
- Aree di elevata vulnerabilità idrogeologica
- Aree con importanti manifestazioni sorgentizie

Per quanto attiene alle “aree di elevata vulnerabilità idrogeologica”, si vuole sottolineare la presenza di una zona del comune, ubicata grossomodo centralmente nella piana del Serio (Via Crispi e zone limitrofe), dove sono state determinate rilevanti concentrazioni di inquinanti nei pozzi.

Per un'analisi dettagliata di questa problematica si rimanda agli studi effettuati dallo scrivente già nel 2005 (*Relazione geologica sui terreni di proprietà del Sig. Masserini in Via Crispi n. 3 a Gazzaniga interessati da potenziale inquinamento da cromo a seguito degli eventi alluvionali del 1976*) e nel 2007 (*Indagine ambientale integrativa in Via Crispi n. 3 e nelle aree limitrofe*).

Ai fini della pianificazione territoriale è importante sottolineare come qualsiasi utilizzo o trasformazione territoriale che si collochi entro quest'area o nelle sue vicinanze debba necessariamente tener conto di questa problematica, per la quale è anche stato istituito un apposito ambito nella Carta di Sintesi e nella Carta di Fattibilità Geologica delle Azioni di Piano.

Per quanto concerne invece le “aree con importanti manifestazioni sorgentizie”, è stato delimitato un ambito in Val Vertova (ricadente solo in parte nei confini di Gazzaniga) caratterizzato da una concentrazione di importanti sorgenti idropotabili, captate dal sistema acquedottistico. Il limite esterno di questo ambito rappresenta il perimetro di partenza da cui è stata delimitata, con criterio geometrico (200 m), la zona di rispetto di tutte le captazioni idropotabili contenute al suo interno.

La Carta Idrogeologica, inoltre, suddivide il territorio sulla base dei seguenti ambiti a differente permeabilità:

Depositi superficiali

- **h:** permeabilità da elevata a media
- **m:** permeabilità da media a ridotta
- **l:** permeabilità da ridotta a molto ridotta

Substrato roccioso

- **H:** permeabilità da elevata a media
- **M:** permeabilità da media a ridotta
- **L:** permeabilità da ridotta a molto ridotta

Per i depositi superficiali il parametro fondamentale per la suddivisione è la permeabilità primaria. Per le rocce, invece, entrano in gioco sia la permeabilità primaria (porosità intrinseca) che quella secondaria (fatturazione e disgregazione degli ammassi). In generale, hanno valori di permeabilità elevati o medi i depositi superficiali medio-grossolani e le rocce calcareo-dolomitiche, mentre hanno valori da ridotti a molto ridotti i depositi superficiali fini (suoli e colluvi) e le rocce argillitiche.

5.3 Vulnerabilità della falda

L'analisi della vulnerabilità della falda del comune di Gazzaniga si basa sulle osservazioni emerse durante l'esecuzione delle indagini per il P.G.T. In particolare, sono stati considerati i seguenti aspetti:

- Permeabilità dei suoli e del substrato.
- Uso del suolo.
- Caratteristiche geologiche (lineamenti tettonici, litotipi presenti, ecc.).
- Caratteristiche geomorfologiche (pendenze, carsismo, ecc.).
- Caratteristiche pedologiche.
- Distribuzione e concentrazione delle opere di captazione.

Trattandosi di un comune con forte componente di ambito montano, non è possibile tracciare un modello univoco e semplice della circolazione idrica sotterranea, che avviene prevalentemente all'interno di acquiferi in roccia ed è controllata da una lunga serie di fattori fra i quali figurano il carsismo, la presenza di lineamenti tettonici, la presenza di contatti tra substrato e depositi superficiali e tra formazioni del substrato a differente conducibilità idraulica, l'acclività dei versanti e via discorrendo. Proprio in virtù di questa complessità è difficile definire anche la vulnerabilità idrogeologica del territorio.

In linea generale, si può affermare dunque che il territorio comunale di Gazzaniga è caratterizzato da un grado di vulnerabilità idrogeologica diversificato a seconda delle zone analizzate.

Le aree caratterizzate dall'affioramento di substrato roccioso presentano circolazione idrica in roccia con vulnerabilità da media ad alta, sia a causa della porosità intrinseca di molte tipologie rocciose (permeabilità primaria), sia a causa della loro frequente fratturazione (permeabilità secondaria), nonché dell'alterazione carsica. Le rocce carsiche (calcari e dolomie) sono, in generale, più vulnerabili rispetto alle formazioni marnose ed argillitiche.

Nelle aree di altopiano, caratterizzate da depositi fluvioglaciali ed alluvionali, la vulnerabilità è variabile; i depositi infatti sono di per sé piuttosto permeabili, tuttavia esistono di solito elevati spessori di paleosuoli e colluvi che, avendo granulometria molto fine, fungono da strato di protezione per il materiale sottostante.

Più critica invece la zona di fondovalle, sia per l'elevata concentrazione di popolazione e di attività artigianali ed industriali (soprattutto in prossimità del Serio), sia per l'elevata permeabilità dei depositi, sia infine per la presenza accertata di contaminanti nel sottosuolo, come già accennato in precedenza.

Attività comunque rischiose nel territorio comunale da un punto di vista della possibile contaminazione della falda freatica sono rappresentate in particolare da:

- *Spandimento di concimi*: la presenza di letamaie, specie se in accumuli di dimensioni importanti, rappresenta un elemento di rischio per la possibile infiltrazione della sostanza organica nel terreno. Laddove la copertura pedologica/argillosa è troppo sottile o inesistente, il suolo non ha sufficiente capacità protettiva e le sostanze contaminanti possono raggiungere le falde, specialmente in presenza di rocce intensamente fratturate o carsificate e terreni permeabili.

- *Rifiuti solidi urbani e rifiuti inerti*: gli accumuli di rifiuti solidi urbani, anche di modesta entità, rappresentano un elemento di potenziale contaminazione delle falde.
- *Aree cimiteriali*: per queste aree esiste una specifica fascia di rispetto, che non ha però carattere prettamente geologico e non è pertanto indicata in cartografia.
- *Attività industriali pericolose*: qualsiasi tipo di attività industriale pericolosa, che implichi la lavorazione e/o lo stoccaggio di sostanze inquinanti, rappresenta un elemento di rischio per gli acquiferi, soprattutto se tali attività si situano in zone dove la permeabilità dei terreni è elevata (nel caso di Gazzaniga, il comparto artigianale - industriale si trova a sud-ovest in prossimità del Serio, quindi su terreni ad alta permeabilità).

5.4 Sintesi degli elementi di criticità

Riassumendo, gli elementi di criticità idrologico - idraulica e idrogeologica più significativi presenti sul territorio di Gazzaniga sono così sintetizzabili:

- Presenza di numerose valli e vallecole che si immettono in tombotti una volta raggiunto il centro abitato.
- Stato e pulizia degli alvei delle valli minori, situazioni di dissesto all'interno delle valli stesse.
- Conoide di sbocco della Val Rovaro.
- Presenza del Fiume Serio con conseguenti problematiche di esondazione ed erosione spondale.
- Presenza di contaminazioni delle falde nel centro storico (Via Crispi e dintorni).

6 INQUADRAMENTO CLIMATOLOGICO

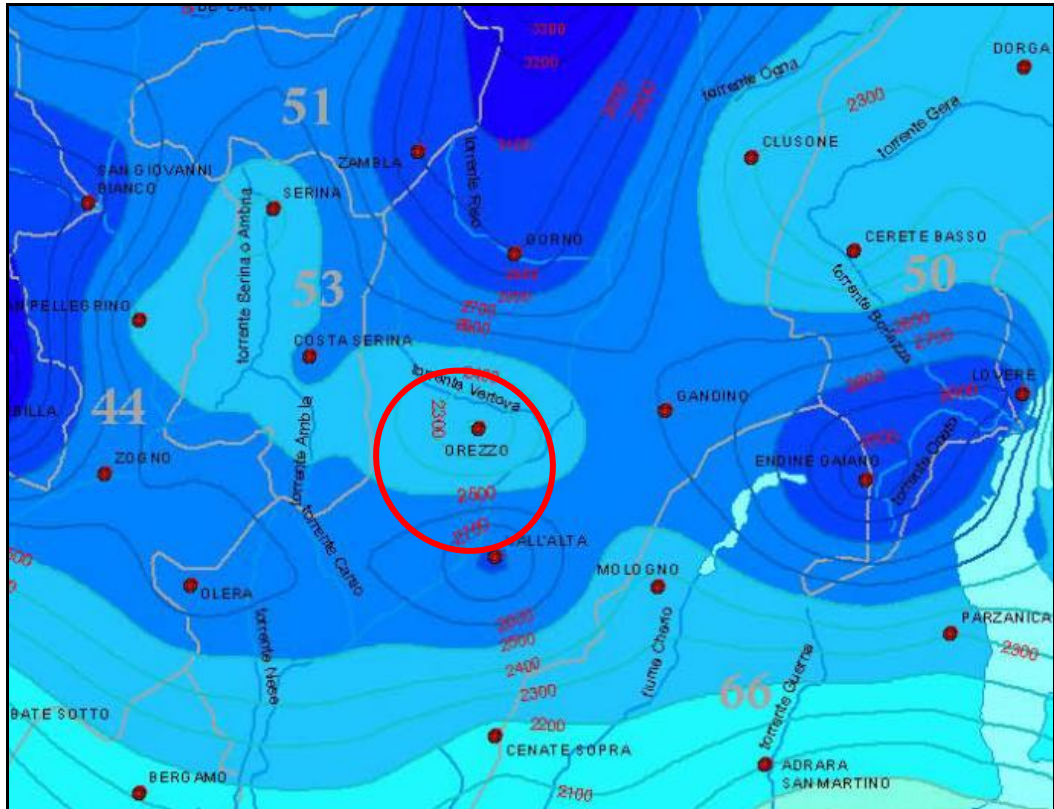
6.1 Carte regionali delle precipitazioni medie, minime e massime

Per l'analisi del regime pluviometrico è stato consultato il seguente studio della Regione Lombardia: *Carta delle precipitazioni medie, massime e minime annue del territorio alpino della Regione Lombardia (registrate nel periodo 1891 – 1990), Ceriani Massimo, Carelli Massimo. Servizio Geologico – Ufficio Rischi Geologici. Regione Lombardia.*

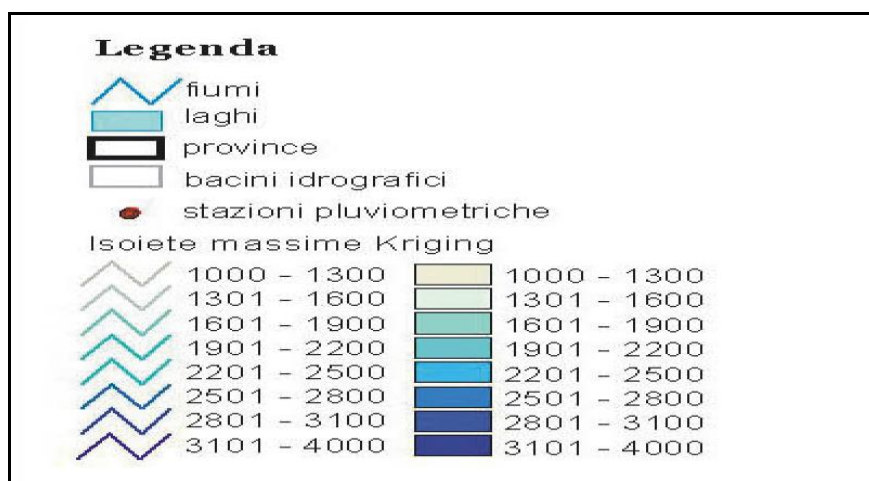
Per la realizzazione delle carte delle precipitazioni medie, massime e minime annue sono stati utilizzati i dati pubblicati negli “*Annali Idrologici – parte prima*” del Servizio Idrografico, Ufficio Idrografico del Po, dal 1913 al 1983 e nella Pubblicazione n.24 “*Precipitazioni medie mensili ed annue e numero dei giorni piovosi per il trentennio 1921 – 1950 – Bacino del Po*”; solo per alcune aree particolarmente significative i dati sono stati integrati fino al 1990 con il reperimento diretto degli stessi presso aziende idroelettriche (AEM, ENEL Sondel) e presso il Servizio Idrografico stesso (tratto da “*Carta delle precipitazioni medie, massime e minime annue del territorio alpino della Regione Lombardia -registrate nel periodo 1891 – 1990-, Ceriani Massimo, Carelli Massimo. Servizio Geologico – Ufficio Rischi Geologici Regione Lombardia*”).

Dai dati di ogni stazione sono stati estratti i massimi e i minimi assoluti misurati e con questi dati sono state prodotte le carte delle precipitazioni massime e minime annue (tratto da “*Carta delle precipitazioni medie, massime e minime annue del territorio alpino della Regione Lombardia (registrate nel periodo 1891 – 1990), Ceriani Massimo, Carelli Massimo. Servizio Geologico – Ufficio Rischi Geologici Regione Lombardia*”).

COMUNE DI GAZZANIGA
Committente: Amministrazione Comunale
COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO IN ATTUAZIONE DELL'ART. 57 DELLA L.R. 11/03/2005 N. 12



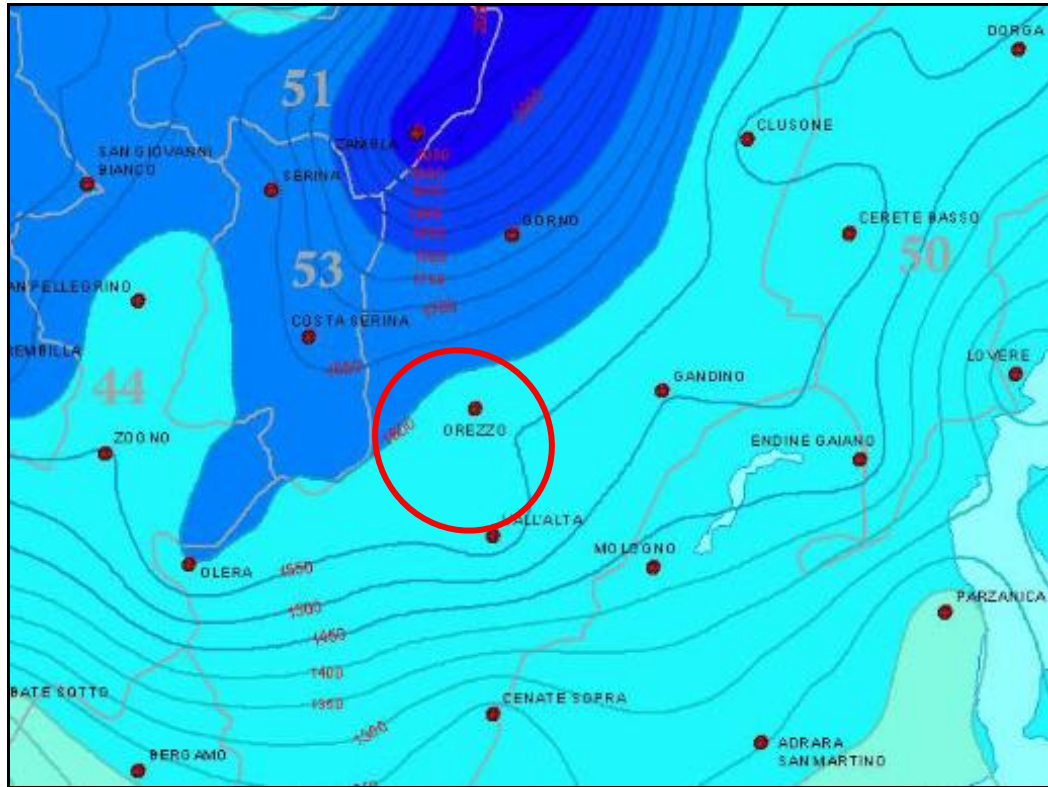
- Carta delle precipitazioni massime annue del territorio lombardo, Regione Lombardia -



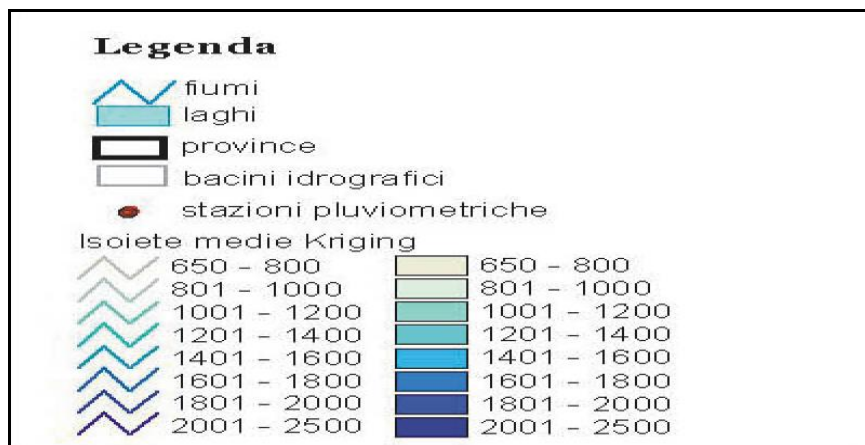
COMUNE DI GAZZANIGA

Committente: Amministrazione Comunale

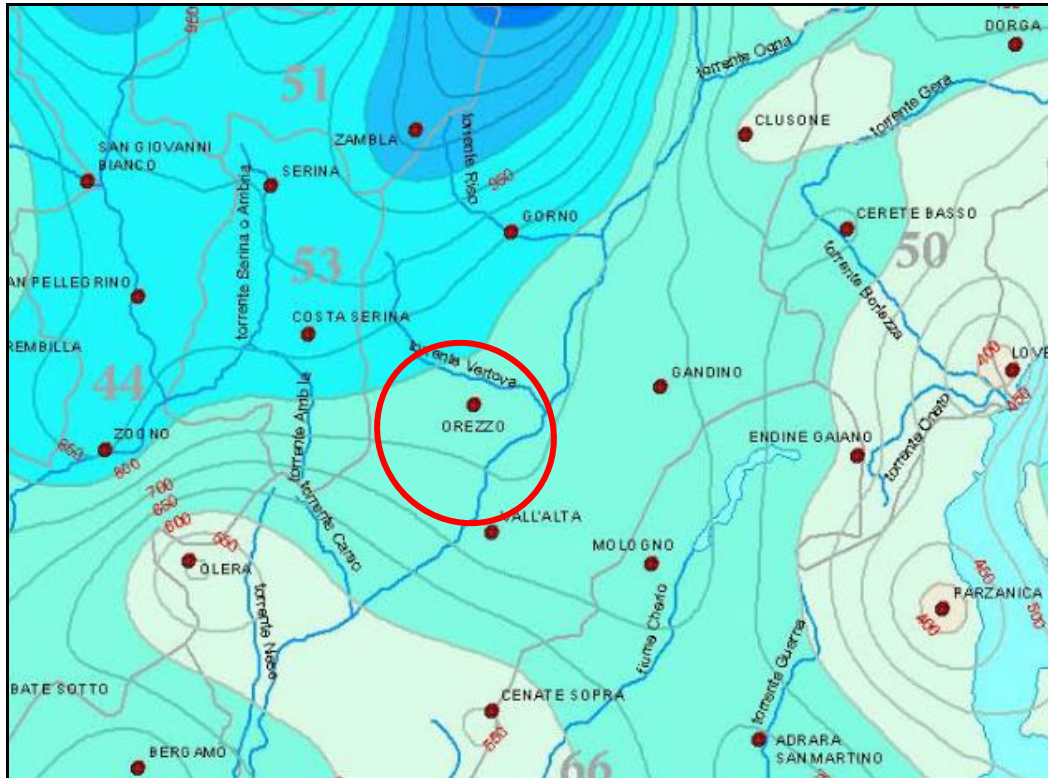
COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO IN ATTUAZIONE DELL'ART. 57 DELLA L.R. 11/03/2005 N. 12



- Carta delle precipitazioni medie annue del territorio lombardo, Regione Lombardia



COMUNE DI GAZZANIGA
Committente: Amministrazione Comunale
COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO IN ATTUAZIONE DELL'ART. 57 DELLA L.R. 11/03/2005 N. 12



- Carta delle precipitazioni minime annue del territorio lombardo, Regione Lombardia



COMUNE DI GAZZANIGA
Committente: Amministrazione Comunale
**COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL
TERRITORIO IN ATTUAZIONE DELL'ART. 57 DELLA L.R. 11/03/2005 N. 12**

La tabella seguente riporta, per le stazioni meteorologiche di Gandino e Orezzo (le più significative per Gazzaniga):

- la data di inizio delle letture;
- l'ultimo anno considerato o l'anno di dismissione della stazione;
- il numero di anni completi nel periodo considerato;
- le precipitazioni medie, minime e massime annue nel periodo considerato.

n.	Bacino idrografico	Località	Quota (m)	Strumento	Inizio	Fine	Anni	Media	Min	Max
60	Adda Inferiore	OREZZO	730	P	1921	1947	25	1544,1	766,0	2104,0
41	Adda Inferiore	GANDINO	570	P	1915	1981	65	1470,2	250,8	2610,6

6.2 Precipitazioni breve e intense

Al fine di una più corretta definizione della analisi climatologia e della potenziale ondata di piena, si è ritenuto di grande importanza riportare le informazioni desunte dallo Studio del Prof. Ing. Paoletti e del Dott. Ing. Peduzzi, facente parte del lavoro svolto per la redazione del Piano Territoriale Provinciale, di cui il sottoscritto era coordinatore per gli aspetti ambientali. È importante definire il regime delle piogge di breve durata e forte intensità, da cui le correnti idriche prendono origine. I risultati ottenuti, sia pure con i limiti derivanti dalle evidenziate carenze dell'informazione disponibile, hanno consentito di dare un inquadramento generale significativo circa la distribuzione spaziale di tali precipitazioni e quindi di poterne valutare nei vari bacini idrologici considerati i valori corrispondenti a frequenze probabili.

6.3 Raccolta dati degli Annali del Servizio Idrografico Italiano

Per l'acquisizione dei dati relativi alle precipitazioni di breve durata e forte intensità si è fatto riferimento agli Annali pubblicati dal Servizio Idrografico Italiano sui quali (Parte I, tabella III) sono reperibili i massimi annuali delle precipitazioni della durata di 1, 3, 6, 12 e 24 ore.

Le stazioni considerate sono elencate in tabella assieme alla provincia di appartenenza, al codice del catalogo del S.I.I., alla quota, alla posizione, al periodo in cui sono disponibili le osservazioni ed infine al numero di anni di osservazioni utili.

Stazione	Prov.	Codice S.I.I.	Quota [m.s.m.]	Coord. N [km]	Coord. E [km]	N. oss.
Bergamo	BG	1021	366	61	52,5	49
Gorno	BG	1016	640	79,5	65,5	23

6.4 Calcolo dei parametri "a" e "n" per diversi T_r

Le elaborazioni condotte sui dati raccolti sono state finalizzate alla individuazione, per ogni stazione, della relazione statistica che lega l'altezza delle precipitazioni h alla durata d ed al tempo di ritorno T , relazione nota in Idrologia Tecnica come curva di possibilità pluviometrica e che solitamente è esprimibile nella forma monomia

$$h(T) = a(T) \times d^{n(T)}$$

in cui i parametri a e n - funzione di T - sono da stimare sulla base delle serie storiche dei massimi annuali delle altezze di precipitazione disponibili per le differenti durate pubblicate negli Annuali: 1, 3, 6, 12 e 24 ore.

A tal fine si è ipotizzato che, per qualunque durata d , i valori di h seguano la distribuzione di probabilità asintotica di Gumbel (EV1), il cui uso è molto diffuso per regolarizzare serie empiriche di valori estremi.

Secondo tale modello la probabilità P di non superamento di un generico valore dell'altezza di pioggia h , segnata durata d , è esprimibile con la:

$$P(h) = \exp [- \exp [- \alpha (h-u)]]$$

Visto che la statistica viene effettuata sul massimo valore che in un anno assume la grandezza h , è possibile legare la probabilità P al tempo di ritorno T , definito come il numero di anni in cui, mediamente, h viene superato una sola volta.

Si dimostra che $T = 1 / (1 - P)$ e quindi dalla (2) si ha:

$$h(T) = u - \frac{1}{\alpha} \ln \ln T / (T-1)$$

COMUNE DI GAZZANIGA
Committente: Amministrazione Comunale
**COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL
TERRITORIO IN ATTUAZIONE DELL'ART. 57 DELLA L.R. 11/03/2005 N. 12**

dove u e α sono i parametri della distribuzione legati ai momenti del I e II ordine del campione dalle relazioni:

$$\alpha = 1,283/\sigma(h)$$

$$u = \mu(h) - 0,45\sigma(h)$$

con $\mu(h)$ media e $\sigma(h)$ varianza del campione stesso.

Eseguiti i calcoli, dall'analisi dei diagrammi nel piano di Gumbel è emerso il buon adattamento di tutti i campioni alle distribuzioni di probabilità stimate.

Prefissato quindi un tempo di ritorno T , tramite l'espressione prima citata, si sono calcolate le altezze di pioggia per le varie durate (1, 3, 6, 12, 24 ore) introducendo di volta in volta i parametri α ed u calcolati sui campioni disponibili per le durate stesse.

I cinque valori di altezza di pioggia così ottenuti, posti sul piano $\log h$, $\log d$, sono stati interpolati tramite una retta adottando il metodo dei minimi quadrati.

In tal modo si sono ottenuti per ogni tempo di ritorno i valori dei parametri a e n delle equazioni delle curve di possibilità pluviometrica.

I risultati delle elaborazioni condotte con tale metodologia, per le stazioni considerate, sono riportati in tabella sotto descritta.

STAZIONE	n₁₀	n₅₀	n₁₀₀	a₁₀	a₅₀	a₁₀₀
Bergamo	0,25	0,25	0,25	44,2	57,8	63,5
Gorno	0,31	0,29	0,29	53,6	69,7	76,5

Tabella - Curve di possibilità pluviometrica

6.5 Elaborazioni P.A.I.

Le curve di possibilità pluviometrica per il bacino possono essere inoltre dedotte dal Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) che suddivide il bacino in celle di ciascuna delle quali fornisce i parametri. La curva è data nella forma:

$$h = a \cdot \theta^n$$

dove:

h è l'altezza di pioggia attesa, in [mm];

θ è la durata di pioggia, in [h];

a, n sono parametri che dipendono dal tempo di ritorno dell'evento T, dati per ciascuna cella e riportati nella seguente tabella.

Dodici sono le celle necessarie a coprire l'intero territorio di Gazzaniga; poiché ciascuna cella è quadrata di lato 2 km, la superficie coperta è di 48 km², superiore a quella del comune complessivo. In altri termini, tutto il Comune rimane, come è corretto che sia, all'interno dell'area discretizzata dalle celle selezionate.

Si costruiscono quindi le curve di possibilità pluviometrica semplicemente effettuando una media sui valori, utilizzando i valori presentati nella tabella seguente.

COMUNE DI GAZZANIGA
Committente: Amministrazione Comunale
COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO IN ATTUAZIONE DELL'ART. 57 DELLA L.R. 11/03/2005 N. 12

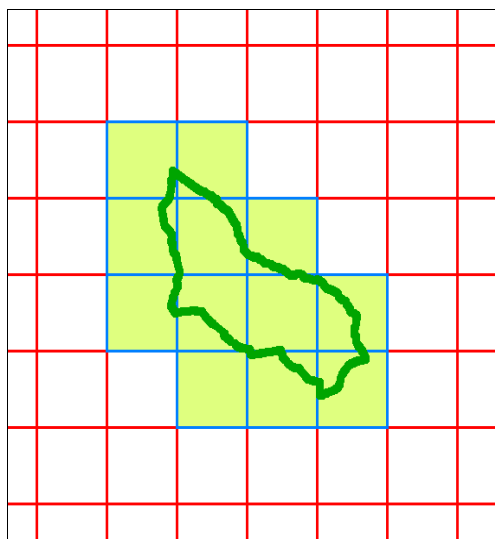


Figura 27 - Individuazione delle celle cpp PAI sovrapposte al confine comunale

Cella	a Tr 20	n Tr 20	a Tr 100	n Tr 100	a Tr 200	n Tr 200	a Tr 500	n Tr 500
DZ62	57.2	0.3192	72.485	0.3138	79.024	0.3119	87.664	0.30996
DZ63	56.87	0.3096	72.167	0.3036	78.713	0.3015	87.358	0.29934
DZ64	56.248	0.3003	71.464	0.2936	77.975	0.2913	86.571	0.28885
EA62	58.466	0.3206	74.201	0.3157	80.93	0.314	89.819	0.31228
EA63	57.849	0.3111	73.484	0.3056	80.172	0.3038	89.003	0.30179
EA64	56.95	0.3023	72.396	0.2962	79.004	0.2941	87.725	0.29189
EA65	55.879	0.2938	71.063	0.2872	77.561	0.2848	86.147	0.28247
EB63	58.578	0.3131	74.479	0.3082	81.281	0.3065	90.256	0.30478
EB64	57.442	0.3046	73.059	0.2992	79.741	0.2973	88.554	0.29532
EB65	56.248	0.2966	71.55	0.2906	78.098	0.2885	86.745	0.28634
EC64	57.56	0.3073	73.231	0.3024	79.939	0.3007	88.774	0.29902
EC65	56.319	0.2995	71.654	0.2941	78.216	0.2922	86.858	0.29032

In conclusione, per quanto concerne le precipitazioni brevi e intense, in funzione della tipologia di studio (calcolo portata corso d'acqua, calcolo portata scarichi, ecc.), andranno valutati e utilizzati i parametri (da stazioni puntuali e/o dalla regionalizzazione del P.A.I.) che si ritengono più utili e conservativi.

7 CARATTERI LITOTECNICI

➤ TAVOLA N. 6 – CARTA LITOTECNICA

7.1 Criteri di realizzazione della cartografia litotecnica

La Carta Litotecnica prodotta mostra gli ambiti areali a differente qualità geotecnica delle rocce e dei terreni, distinti con sei colori diversi: tre per il substrato roccioso e tre per i depositi superficiali.

Dall'esame dei dati disponibili, in relazione alle unità geolitologiche individuate nel substrato roccioso e nei depositi superficiali, si evince che il territorio comunale di Gazzaniga può essere suddiviso in ambiti con proprietà geotecniche diverse:

Substrato roccioso

1. **Ambito bGR (buone proprietà geotecniche):** comprende le aree costituite dalle rocce calcaree e calcareo-dolomitiche sia massive che stratificate. Si tratta di unità caratterizzate da grado di fratturazione generalmente piuttosto contenuto e coperture pedologiche, quando presenti, variabili in termini di spessore e persistenza laterale. Nel caso di formazioni molto carnificate, possono sussistere doline ed organi geologici con tasche di alterazione anche plurimetriche, ma non definibili a priori in uno studio di ampio respiro. Per le rocce ricadenti in questo ambito si può stimare un RQD tra il 70% ed il 100%.



Figura 28 - Affioramento di calcari stratificati in Val Vertova (lungo la strada per la Val de Grü)

2. **Ambito dGR (discrete proprietà geotecniche):** comprende essenzialmente le aree caratterizzate dall'affioramento delle formazioni argillitiche. Queste formazioni sono costituite da rocce sottilmente stratificate e laminate, talora con elevati spessori della coltre di alterazione ("rinada"). Per le rocce ricadenti in questo ambito si può stimare un RQD compreso tra 40% e 80%.



Figura 29 - Affioramento di argilliti tettonizzate in località Mozzo

Depositi superficiali

1. **Ambito bGT (buone proprietà geotecniche):** comprende le zone in cui si riconoscono depositi superficiali medio-grossolani. I parametri geotecnici stimati per questi depositi sono:
 - Peso di volume naturale: 1,8-1,9 t/m³
 - Peso di volume saturo: 1,9-2,0 t/m³
 - Angolo d'attrito = 28°-32°
 - Modulo elastico E = 12-20 MPa

2. **Ambito dGT (discrete proprietà geotecniche):** caratterizza principalmente la fascia degli altopiani, più una serie di aree a nord e ad ovest del Monte Cedrina. Per questi sedimenti si possono stimare i seguenti parametri geotecnici:
 - Peso di volume naturale: 1,7-1,8 t/m³
 - Peso di volume saturo: 1,8-1,9 t/m³
 - Angolo d'attrito = 24°-30°
 - Modulo elastico E = 8-15 MPa

3. **Ambito sGT (scadenti proprietà geotecniche):** comprende le porzioni di territorio comunale caratterizzate da terreni limoso-argillosi potenti e persistenti. Per tali sedimenti si possono stimare i seguenti parametri geotecnici:
 - Peso di volume naturale: 1,5-1,6 t/m³
 - Peso di volume saturo: 1,6-1,7 t/m³
 - Angolo d'attrito = 21°-25°
 - Modulo elastico E = 2-6 MPa

Oltre alla suddivisione in aree a differente qualità geomeccanica dei terreni, sulla Carta Litotecnica sono state riportate anche le principali indagini geologico-geotecniche consultate per la redazione della carta stessa.

Inoltre, sulle zone sommitali degli altopiani di San Rocco – Masserini – Mozzo e in una piccola area di Cattabione sono state indicate tre “aree di altopiano caratterizzate da terreni con caratteristiche particolarmente scadenti”. Ciò non è in contraddizione con la classificazione di queste zone in ambiti a “proprietà geomeccaniche discrete” (dGT): quest’ultima suddivisione, infatti, si riferisce alla litologia generale dei terreni (depositi fluvioglaciali/alluvionali antichi), mentre la retinatura di cui sopra è limitata alla porzione sommitale degli altopiani e fa riferimento alle potenti coltri di materiale d’alterazione che si riscontrano in quei punti.

Si sottolinea che le caratteristiche geotecniche prospettate nella Carta Litotecnica e nel presente capitolo sono puramente indicative, utili per una zonizzazione di massima del comune, ma non sono in alcun modo sostitutive delle analisi geotecniche puntuali previste per qualsiasi intervento dalle Norme Geologiche di Piano e dalle Norme Tecniche delle Costruzioni.

8 QUADRO DISSESTI

- **TAVOLA N. 7 – CARTA DEL DISSESTO CON LEGENDA UNIFORMATA P.A.I.**
- **TAVOLA N. 9 – CARTA DEI VINCOLI**

8.1 Criteri di realizzazione della cartografia del dissesto

I rilevamenti di terreno e la consultazione di studi in bibliografia hanno permesso l'individuazione di numerose aree in dissesto esistenti nel territorio di Gazzaniga.

Il recepimento dei dissesti presenti nel S.I.T. regionale e nel SIRVAL (Sistema Informativo Regionale Valanghe), ha a sua volta consentito l'individuazione e l'approfondimento di ulteriori ambiti di instabilità.

La Carta del Dissesto con Legenda Uniformata P.A.I., redatta in scala 1:10.000 su base C.T.R., è finalizzata ad aggiornare l'Elaborato 2 del P.A.I.; i dissesti contenuti in tale tavola provengono:

- Dagli strumenti informatizzati dell'Inventario dei Fenomeni Franosi della Regione Lombardia (Inventario Dissesti – GeolFFI – SIRVAL).
- Da quanto derivato dai rilevamenti in campo eseguiti con il presente studio e da studi precedenti (osservazioni di terreno, rilievi precedenti e raccolta di dati bibliografici).

Il quadro dissesti attuale differisce inevitabilmente dalle “aree caratterizzate dalla presenza di indizi di instabilità” indicate nella Carta di Sintesi dello studio geologico del 1999, essendo cambiati i criteri di redazione degli studi geologici ed essendo stati presi in considerazione nuovi strumenti, nonché alla luce dei nuovi rilevamenti di terreno effettuati.

La legenda utilizzata segue gli standard grafici P.A.I., così come richiesto dai criteri attuativi della L.R. 12/2005.

Come già precisato in premessa, con la predisposizione del presente studio geologico, il Comune di Gazzaniga (compreso nell'elenco di cui alla D.G.R. 11-12-2001 n. 7/7365 con situazione iter P.A.I. "non avviato"), propone nuovi aggiornamenti al quadro dissesti di cui all'Elaborato 2 del P.A.I. (una volta recepito lo studio stesso negli strumenti urbanistici comunali con le modalità previste dalla L.R. 12/05) ai sensi dell'art. 18 delle N.d.A. del P.A.I.

Di fatto, dato che lo stato dell'iter P.A.I. risulta "non avviato", più che di aggiornamenti al quadro dei dissesti è più corretto parlare di "nuovo quadro dissesti". La presente cartografia rappresenta dunque, di fatto, il nuovo punto di partenza per la definizione dei dissesti nel territorio comunale di Gazzaniga.

8.2 Dissesto del Roncliscione

Si ritiene utile riportare alcuni dati circa un importante evento franoso, al momento già sottoposto a sistemazione, occorso in località Roncliscione nell'aprile del 2006 e studiato dallo scrivente.

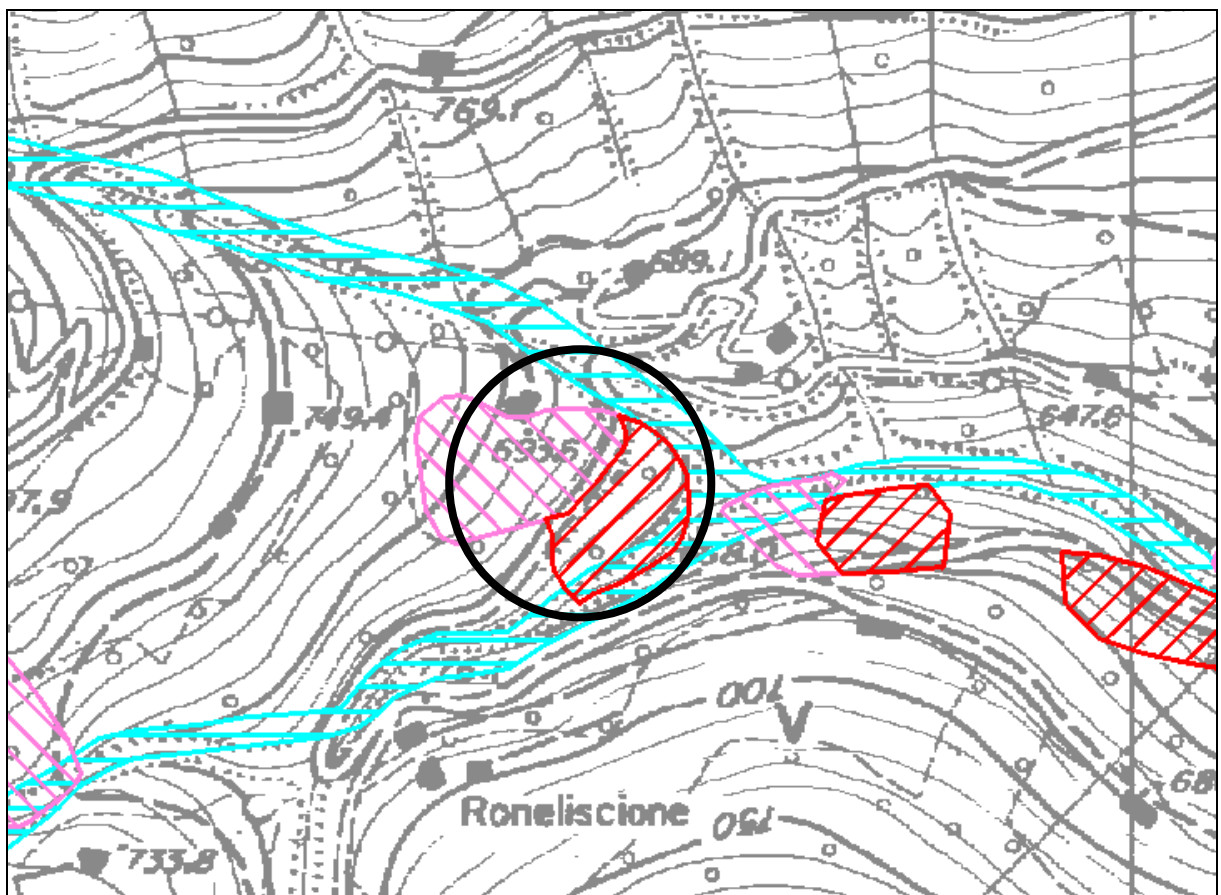


Figura 30 - Localizzazione della frana di Roncliscione

Il dissesto in oggetto può essere inquadrato come uno scorrimento (scivolamento) traslazionale (*Varnes D.J., 1978*), in cui si è verificato uno spostamento del materiale roccioso e della sovrastante copertura, lungo una superficie di scorrimento grossomodo planare; tuttavia non si è in grado di escludere che in porzioni locali sia in atto anche un movimento rotazionale (scivolamento traslativo/rotazionale). Si tratta comunque di un movimento franoso classificabile come “complesso”.

Le indagini geognostiche condotte inducono a ritenere che il movimento si sia verificato lungo uno o più piani di stratificazione. I segni più evidenti del dissesto sono le classiche fessure di trazione, ben visibili in nicchia, lungo i fianchi del dissesto e all'incrocio con la strada agro-silvo-pastorale. Spostandosi sotto la strada non si riscontrano evidenze di movimento, se non nel lembo roccioso dislocato già descritto nel paragrafo precedente. Le litologie coinvolte sono calcari grigi organizzati in orizzonti da decimetrici a metrici, sovrastati da una coltre colluviale con spessore più che metrico.

Il fenomeno franoso si inserisce su una porzione di versante dapprima planare e poi concava, con pendenza stimata in 28°, ed è compreso tra la quota altimetrica di 694 metri (quota massima coronamento) e quella di 633 metri s.l.m. (quota inferiore del piede del dissesto). Il dissesto in pianta assume una forma approssimativamente conica, che si sviluppa su di una superficie (calcolata topograficamente) pari a circa 6.500 m² (0,0065 km²).

La lunghezza massima del dissesto è stimata in circa 100 metri, mentre la larghezza massima (raggiunta al piede) è circa 120 m. Infine, l'altezza massima della fessura di taglio principale stimata in 2 metri circa, mentre lo spessore di scivolamento è valutato in circa 10 m, per un totale di 65.000 m³.



Figura 31 – Fessure di trazione della frana nell’ottobre del 2006

La frana è stata oggetto di un progetto di sistemazione, seguito dallo scrivente, che si è concluso nel 2009 con la realizzazione di opere di parziale messa in sicurezza del dissesto.

8.3 Ricerca storica sui dissesti del 10 luglio 1972

È stato acquisito materiale bibliografico inerente i numerosi dissesti occorsi sul territorio di Gazzaniga e di buona parte della media-bassa Valle Seriana a seguito del nubifragio del 10 luglio 1972.

In tale occasione, il territorio comunale fu colpito da numerosi smottamenti, per lo più riguardanti la coltre superficiale di terreno lungo le scarpate degli altopiani, in genere di modeste dimensioni e concentrati soprattutto nelle zone a prato o pascolo (meno frequenti, cioè, nelle aree a copertura boschiva persistente).

Un ruolo importante ebbero, in questa occasione, le strade aperte sui versanti e, soprattutto, le strade costruite entro impluvi a monte del centro storico, quali ad esempio le strade nella Valle Orezzo e nella Valle San Rocco. Qui, infatti, il materiale mobilitato dalle frane e dai corsi d'acqua ostruì rapidamente i tombotti, determinando l'invasione delle sedi stradali da parte dell'acqua e dei detriti e causando allagamenti importanti nel centro storico.

Anche la Val Rova determinò l'ostruzione del tombotto di Piazza San Mauro, con allagamento della piazza stessa e danneggiamenti in Via 4 Novembre.

Più importante ancora fu il trasporto solido della Val Rovaro, che, nonostante la presenza di alcune briglie, depositò detriti oltre la strada comunale, raggiungendo la strada provinciale e l'ex ponte ferroviario.

Testimonianze storiche mostrano come la Val Rovaro e la Val Rova siano state più volte in passato interessate da fenomeni di dissesto ed esondazione; si ricordano il 17 e il 22 luglio 1932, il 21 giugno 1933 e il 28 luglio 1941.

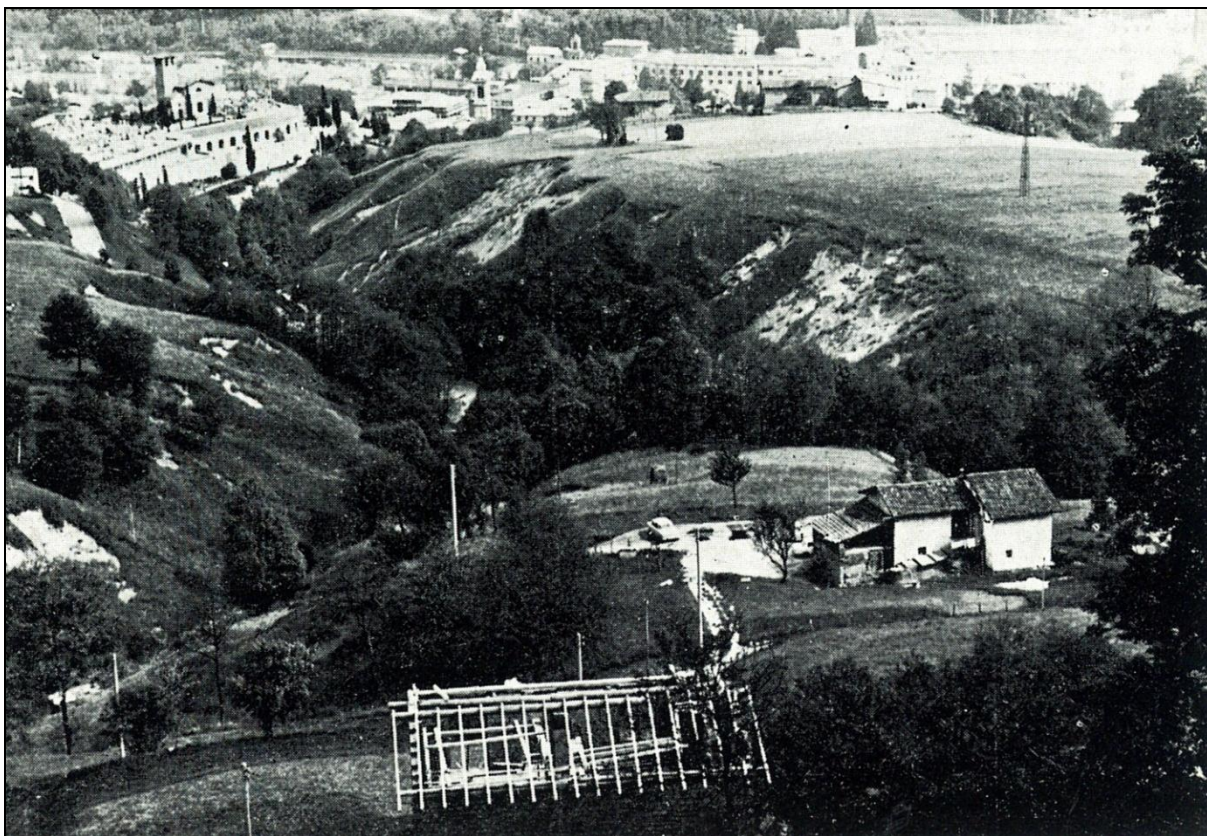


Figura 32 - Smottamenti del 10 luglio 1972 lungo le scarpate della Valle Orezzo



Figura 33 - Dissesto corticale presso Case Masserini (10 luglio 1972)



Figura 34 - Tratto alluvionato della Valle Orezzo all'altezza del cimitero di Gazzaniga (1972)



Figura 35 - Smottamenti corticali lungo la scarpata dell'altopiano di Masserini (1972)



Figura 36 - Esondazione e trasporto solido della Val Rovaro (10 luglio 1972)

9 VINCOLI

➤ TAVOLA N. 9 – CARTA DEI VINCOLI

9.1 Criteri di realizzazione della cartografia dei vincoli

I nuovi criteri di realizzazione degli studi geologici di supporto ai Piani di Governo del Territorio prevedono, in fase di sintesi, la realizzazione di un'adeguata cartografia che indichi chiaramente i vincoli di carattere geologico, idraulico e idrogeologico cui è sottoposto il territorio comunale (Carta dei Vincoli realizzata in scala 1:5.000 e 1:2.000).

Tali vincoli sono riassumibili in:

- Vincoli derivanti dalla pianificazione di bacino ai sensi della L. 183/89, ed in particolare:
 - *Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (Elaborato 2 – Quadro del dissesto aggiornato)*: ambiti di dissesto (frane, esondazioni torrentizie, valanghe, conoidi, aree a rischio idrogeologico molto elevato) così come presenti nel quadro dissesto P.A.I., con relativi aggiornamenti.
 - *Quadro del dissesto così come presente nel S.I.T. regionale e/o derivante dal presente studio, proposto in aggiornamento*: ambiti di dissesto (frane e valanghe) presenti nel quadro dissesti della Regione Lombardia sul territorio di Gazzaniga e sottoposti a modifiche/integrazioni in seno al presente studio.

- *Vincoli di polizia idraulica ai sensi della d.g.r. 25 gennaio 2002 n. 7/7868:* a seguito della redazione, da parte dello scrivente, dello studio del Reticolo Idrico Minore del comune, sono state individuate le fasce di rispetto dei corsi d'acqua nel territorio comunale, definite in 10 m dalle sponde esterne, che deve di fatto essere valutata puntualmente sul terreno e misurata sempre a partire dai cigli esterni delle sponde. N.B.: dato che lo studio del Reticolo Idrico è stato realizzato su di una vecchia base aerofotogrammetrica non georeferenziata, si è deciso di non riportare questo vincolo sulla Carta dei Vincoli, per non creare approssimazioni e discrepanze che potrebbero indurre in errori e generare situazioni di dubbio o confusione. Perciò, **il vincolo di polizia idraulica del Reticolo Idrico dovrà sempre essere verificato sullo studio del Reticolo Idrico comunale** e non sulla Carta dei Vincoli. Sarà cura dello scrivente, se richiesto dal Comune, adeguare il reticolo idrico alla nuova cartografia e redigere, eventualmente, una Carta dei Vincoli aggiornata in tal senso.
- *Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile:* zona di tutela assoluta e zona di rispetto delle captazioni pubbliche ad uso idropotabile (sorgenti), individuate ai sensi del D.Lgs. 152/2006 art. 94. Nel comune di Gazzaniga le captazioni sono vincolate con criterio geometrico, rispettivamente in cerchi di raggio 10 m e cerchi di raggio 200 m dalla bocca della sorgente. L'utilizzo di diversi criteri di perimetrazione delle aree di salvaguardia e la ridefinizione delle aree stesse in modo più dettagliato dovranno essere subordinati a indagini ed approfondimenti specifici di carattere idrogeologico. Questi vincoli non vanno confusi con il cosiddetto "Vincolo Idrogeologico" ai sensi del R.D.L. 30-12-1923 n. 3267, che non ha nessuna connessione con le opere di captazione.

- *Geositi*: nel territorio di Gazzaniga è stato individuato un sito di interesse speleologico in Val Rova. L'ubicazione in Carta dei Vincoli è indicativa ed è tratta dal Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale della Provincia di Bergamo. Non si propone la perimetrazione di ulteriori siti.

10 SINTESI DEGLI ELEMENTI GEOLOGICI

➤ TAVOLA N. 10 – CARTA DI SINTESI

10.1 Criteri di realizzazione della cartografia di sintesi

La fase di sintesi della cartografia relativa agli studi geologici di supporto ai Piani di Governo del Territorio prevede la realizzazione di una cartografia adeguata, che sintetizzi in scala opportuna (1:5.000 o superiore) le principali problematiche di ordine geologico, geomorfologico, idrogeologico e idrologico separatamente indicate nella cartografia tematica.

Gli ambiti di criticità sono suddivisi in base alla tipologia di problema riscontrato, sulla scorta delle linee guida emanate dalla Regione Lombardia:

- *Aree vulnerabili per l'instabilità dei versanti*: problematiche connesse alla presenza di fenomeni di dissesto lungo i pendii.
- *Aree vulnerabili da un punto di vista idrogeologico*: problematiche legate a particolari configurazioni degli acquiferi, ai bacini di alimentazione delle sorgenti ed alla circolazione idrica sotterranea, oppure a fenomeni di contaminazione delle falde idriche sotterranee.
- *Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico*: problematiche legate alla presenza di corsi d'acqua e relativi fenomeni di dissesto (esondazioni), carenze delle opere di difesa spondale e simili.
- *Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche*: problematiche geotecniche legate alle caratteristiche intrinseche dei terreni o ad elementi e processi che ne determinano un peggioramento qualitativo (ristagni, impaludamenti, materiali di riporto, ecc.).

Le aree critiche da un punto dell'instabilità dei versanti e quelle vulnerabili dal punto di vista idraulico sono quelle più significativamente presenti nel territorio di Gazzaniga.

È possibile, naturalmente, la coesistenza di problematiche diverse su di una medesima zona. In questo caso, se tale concomitanza è significativa, la Carta di Sintesi la rappresenta mediante la sovrapposizione grafica delle simbologie relative a ciascun fenomeno.

Si noti come vi sia corrispondenza fra gli ambiti individuati nella Carta di Sintesi e le classi di fattibilità indicate nella Carta di Fattibilità delle Azioni di Piano. La classe di fattibilità 2 (fattibilità con modeste limitazioni) corrisponde all'assenza di fenomeni critici. La presenza di elementi di vulnerabilità comporta invece l'attribuzione della classe 3 (divisa in ambiti) o della classe 4 (ancora divisa in ambiti), a seconda del livello di criticità. La coesistenza di ambiti critici corrispondenti a classe 3 e 4 sulla medesima area comporta automaticamente l'attribuzione della classe 4, cioè la più vincolante, anche se nella realizzazione di interventi e nella predisposizione di indagini occorre tener conto delle prescrizioni e degli approfondimenti previsti per tutti i fenomeni di criticità presenti.

10.2 Individuazione delle aree di criticità

La distribuzione dei differenti ambiti di criticità geologica rispecchia fedelmente le problematiche del territorio.

In particolar modo:

- *Aree vulnerabili per l'instabilità dei versanti*
 - Aree di frana attiva (Fa): ambiti caratterizzati da fenomeni franosi attivi riconosciuti dai rilevamenti di terreno, dal S.I.T. regionale, dalla bibliografia disponibile. I fenomeni compresi in questa categoria sono: scivolamenti rotazionali-traslativi, crolli, ribaltamenti e colamenti. Gli ambiti sono individuabili anche sulla Carta del Dissesto con Legenda Uniformata P.A.I. 1:10.000 e sulla Carta dei Vincoli. La distribuzione di queste aree è molto ampia, concentrata soprattutto nel comparto montano e nella zona degli altopiani.
 - Aree di frana quiescente (Fq): ambiti caratterizzati da fenomeni franosi quiescenti riconosciuti dai rilevamenti di terreno, dal S.I.T. regionale, dalla bibliografia disponibile. I fenomeni compresi in questa categoria sono: scivolamenti rotazionali-traslativi, ribaltamenti e colamenti. Gli ambiti sono individuabili anche sulla Carta del Dissesto con Legenda Uniformata P.A.I. 1:10.000 e sulla Carta dei Vincoli. Anche in questo caso la distribuzione areale è diffusa, anche se le frane quiescenti sono meno diffuse di quelle attive.
 - Aree di frana relitta o stabilizzata (Fs): ambiti caratterizzati da fenomeni franosi relitti (cioè non più in equilibrio con le condizioni ambientali attuali) riconosciuti dai rilevamenti di terreno, dal S.I.T. regionale, dalla bibliografia disponibile. I fenomeni compresi in questa categoria sono:

scivolamenti rotazionali-traslativi, ribaltamenti e colamenti. Gli ambiti sono individuabili anche sulla Carta del Dissesto con Legenda Uniformata P.A.I. 1:10.000 e sulla Carta dei Vincoli. È la tipologia di ambito franoso meno critica (non determina infatti l'attribuzione della classe di fattibilità 4, ma ammette la 3 o la 2). La distribuzione è varia su tutto il territorio ad eccezione, ovviamente, del fondovalle pianeggiante. **Si fa notare che alle frane stabilizzate viene talvolta attribuita la classe di fattibilità 4: ciò non dipende dalle frane di per sé, ma dalla sovrapposizione parziale o totale con ambiti "er", che comportano la classe di fattibilità 4, come peraltro evidenziato dalle sigle sulla carta.**

- Aree acclivi o prossime a scarpate acclivi (as): aree ad acclività medio-elevata o poste in immediata prossimità di scarpate acclivi, talora caratterizzate da presenza di fenomeni erosivi diffusi, ruscellamento concentrato, colluviamento, soliflusso e soil creep. Distribuite in tutto il territorio comunale, con prevalenza in Platz, Orezza, Ganda Lunga e nella fascia degli altopiani.
- Aree molto acclivi e/o in erosione accelerata (er): zone site in versante da acclive a molto acclive, con concomitanza di più problematiche geomorfologiche e geotecniche. In particolare si riscontrano coperture detritiche diffuse (depositi di versante), balze e pareti rocciose, impluvi molto incisi, forre e tracce di erosione superficiale diffusa. Distribuite in tutto il territorio comunale, con ovvia prevalenza nel comparto montano. In generale, questo ambito è presente ovunque vi siano aree molto acclivi e/o in erosione senza però evidenti fenomeni di dissesto quali frane, crolli, conoidi o valanghe.
- Aree a pericolosità elevata o molto elevata di valanga (Ve): ambiti caratterizzati da rischio elevato di valanghe individuati dal SIRVAL. Si

trovano in un'unica zona posta a sud del Monte Succhello, lontano dai centri abitati principali.

- *Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico*
 - Aree a pericolosità molto elevata di esondazione torrentizia (Ee): aree di pertinenza degli alvei attivi di alcuni corsi d'acqua, interessati o potenzialmente interessabili da fenomeni di esondazione ed erosione torrentizia frequenti. Quest'area è ubicata sia in corrispondenza del Serio, sia di numerosi impluvi minori.
 - Aree a pericolosità elevata di esondazione torrentizia (Eb): è stata attribuita a questo ambito un'area di modesta estensione nella zona compresa tra il ponte Gazzaniga-Cene e la superstrada della Val Seriana (zona Vigili del Fuoco). L'area è connessa alla possibile dinamica esondativa del Serio.
 - Aree a pericolosità media o moderata di esondazione torrentizia (Em): ricade in quest'area una stretta fascia della piana alluvionale del Serio, tra la SS671 e Via Vittorio Veneto, interessata o potenzialmente interessabile da fenomeni di esondazione ed erosione fluvio-torrentizia con pericolosità media o moderata. Verso sud-ovest, la fascia si allarga a comprendere gran parte della zona artigianale (fino al conoide della Val Rovaro), e si raccorda inoltre ad una porzione esondabile legata alla Val Rova, sviluppata quindi tra Via Vittorio Veneto e Piazza San Mauro.
 - Aree di conoide attivo non protetto (Ca): conoidi non protetti posti in corrispondenza degli sbocchi della Val Rovaro e della Val Rova.
 - Aree di conoide protetto o non recentemente attivatosi (Cn): conoide protetto o non attivatosi in tempi recenti posto al confine con Fiorano al Serio, allo sbocco della Val Misma.

- Aree di drenaggio difficoltoso delle acque (dr): si tratta di alcuni ambiti dove sono state riscontrate situazioni locali di difficile drenaggio delle acque, con possibili fenomeni di ristagno superficiale ed infiltrazioni di vario genere. Si trovano principalmente ad Orezzo, a sud di Mozzo ed allo sbocco di alcuni piccoli avvallamenti nella frazione di Rovalto.

- *Aree vulnerabili dal punto di vista geotecnico*
 - Aree dotate di proprietà geotecniche scadenti (sg): ambiti di buona estensione caratterizzati da bassa qualità geotecnica dei terreni. Si trovano sulle porzioni sommitali degli altopiani di San Rocco – Perrone – Masserini – Mozzo; un'area più piccola è sita anche a Cattabione.

- *Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico*
 - Aree ad elevata vulnerabilità idrogeologica (idrg): si tratta di un'area parzialmente caratterizzata da contaminazioni della falda acquifera, sita in Via Crispi e zone limitrofe, nella zona di fondovalle in pieno centro abitato. Per ulteriori informazioni si faccia riferimento al capitolo 5.

11 FATTIBILITÀ GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO

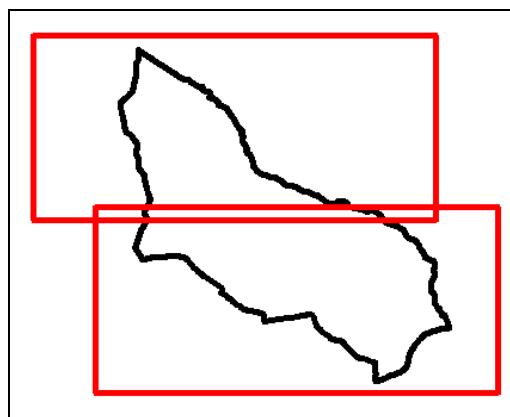
➤ TAVOLA N. 11 – CARTA DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO

11.1 Criteri di realizzazione della cartografia di fattibilità

La fase finale dello studio geologico di supporto al Piano di Governo del Territorio consiste nell'attribuzione delle opportune classi di fattibilità geologica agli ambiti di criticità emersi durante lo studio del territorio e sintetizzate nella Carta di Sintesi, tenendo conto anche dei vincoli geologici indicati nella relativa tavola.

La cartografia di fattibilità consiste di n. 2 tavole complessive in scala 1:5.000 e di n. 2 tavole di dettaglio in scala 1:2.000 limitate al comparto urbanizzato (Tavole 11A-11B-11C-11D), oltre che di una tavola finalizzata all'aggiornamento del mosaico informatizzato regionale di fattibilità geologica in scala 1:10.000 su base C.T.R. (Tavola 11m).

Lo schema seguente illustra la suddivisione del territorio nelle tavole di dettaglio in scala 1:5.000:



Quadro d'unione delle tavole di dettaglio 1:5.000

La cartografia di proposta ha influenza diretta e fattiva sulle scelte amministrative e sulle politiche del territorio, suddividendo il comune in aree ove la fattibilità delle azioni di piano è subordinata a precise prescrizioni di ordine geologico, che possono anche comportare l'inedificabilità (tranne per casi particolari) nel caso della classe 4. Non sono stati evidenziati, durante l'analisi del territorio, elementi sufficienti a giustificare l'introduzione della classe di fattibilità 1 (fattibilità senza particolari limitazioni). Pertanto, la classe di fattibilità meno limitante introdotta rimane la 2.

11.2 Individuazione delle classi di fattibilità sul territorio

La distribuzione delle classi di fattibilità geologica sul territorio comunale di Gazzaniga rispecchia la localizzazione delle aree di criticità evidenziate nella cartografia di sintesi, scaturite dall'analisi territoriale rappresentata nella cartografia tematica.

La classe di fattibilità 2 (gialla), la meno limitante, occupa porzioni limitate del territorio comunale, poste solo nel fondovalle seriano in aree pianeggianti o subpianeggianti prive di problematiche geologico-geotecniche. In particolare la classe 2 occupa tre ambiti dal centro storico a Rova, sempre a monte di Via Cesare Battisti.

In queste porzioni di territorio non sono state riscontrate particolari problematiche di ordine geologico; sarà ad ogni modo necessario attenersi alle norme di piano, con particolare riferimento all'esecuzione delle adeguate indagini geotecniche per le opere edilizie.

La classe di fattibilità 3 (arancio) occupa, con le sue varie suddivisioni, porzioni molto vaste ed importanti del territorio comunale. Inoltre, essa funge generalmente da

fascia di sicurezza fra le classi 2 e 4. Le zone più significative ricadenti in classe 3 sono:

- La piana del Serio a valle di Via Cesare Battisti.
- Il centro storico di Gazzaniga e Rova a monte di Via Alessandro Manzoni.
- La fascia degli altopiani.
- Orezzo, Gromplà, Platz e Ganda Lunga.
- Ampie zone a sud del Monte Cedrina.
- Alcune aree in Val de Grü.
- Piccole aree in versante in vari punti del territorio comunale (Val Vertova, Roncliscione, ecc.).

Le problematiche riscontrate sono di varia tipologia, riconducibili principalmente a motivazioni geomorfologiche e geotecniche già ampiamente descritte nel capitolo relativo alla cartografia di sintesi.

La classe di fattibilità 4 ha una distribuzione notevole sul territorio; d'altronde la grande quantità di dissesti e l'elevata acclività della maggior parte del comune non possono che implicare la presenza di vaste aree ricadenti in questa classe. In particolare, la classe 4 con le sue varie suddivisioni occupa:

- Gli alvei attivi dei principali corsi d'acqua.
- I conoidi attivi allo sbocco della Val Rovaro e della Val Rova.
- La maggior parte del comparto montano, specie in presenza di fenomeni di dissesto e valanga.

Complessivamente, si può affermare che il territorio di Gazzaniga non risulta eccessivamente penalizzato dalle problematiche geologiche rilevate, se si considera la notevole estensione di queste ultime. Rispetto allo studio geologico precedente, la fattibilità è stata considerevolmente modificata, in pratica ripermetrata *ex novo*. Ciò è inevitabile se si considera che lo studio è stato redatto sulla base delle risultanze dei nuovi rilievi di terreno e dell'incrocio con i tematismi della pianificazione sovraordinata, nel rispetto delle condizioni di sicurezza per il territorio e i centri abitati. Lo studio del 1999, inoltre, era realizzato con criteri diversi e comprendeva, ad esempio, alcuni ambiti di classe 4 non compatibili con gli attuali criteri (classe 4D – aree comprese entro la fascia di rispetto cimiteriale D.P.R. 285/90).

Nel complesso, la Carta della Fattibilità Geologica per le Azioni di Piano attuale risulta più cautelativa rispetto a quella precedente, prevedendo un'estensione più cospicua della classe 4 e della classe 3, e limitando la classe 2 (che nello studio del 1999 era molto estesa, comprendendo ad esempio anche quasi tutto l'abitato di Orezzo) ai soli ambiti ritenuti pressoché privi di elementi di criticità. Per quanto concerne l'abitato di Orezzo nello specifico, si ritiene che la classe di fattibilità 3 sia più appropriata, dato che la zona è caratterizzata da vari dissesti, e spesso da orientazione sfavorevole della stratificazione rispetto al versante (strati a franapoggio).

Per la cartografia della classe di fattibilità 3 e della classe di fattibilità 4 è stato seguito il criterio di utilizzare una suddivisione in ambiti di criticità, ad ognuno dei quali corrisponde una propria normativa di fattibilità. La scelta di istituire molteplici ambiti è stata peraltro dettata dalla complessità del territorio di Gazzaniga e dalla presenza di molte perimetrazioni riconducibili a strumenti della pianificazione sovraordinata.

Per la classe 2, invece, non è stata adottata alcuna suddivisione in ambiti, perché le aree non presentano nessun tipo di criticità importante (come facilmente deducibile dalla Carta di Sintesi).

Data la complessità geologica del territorio, si è infine ritenuto opportuno evitare completamente l'introduzione della classe di fattibilità 1 (fattibilità senza particolari limitazioni).

12 NORME GEOLOGICHE DI PIANO

In allegato alla presente relazione sono riportate le prescrizioni normative tecniche per gli interventi urbanistici, con indicazione degli studi e delle indagini di approfondimento richieste, delle opere di mitigazione del rischio, degli interventi di controllo dei fenomeni in atto o potenziali, della predisposizione di sistemi di monitoraggio e degli idonei piani di protezione civile; tali prescrizioni devono essere recepite nelle Norme Tecniche di Attuazione del Piano di Governo del Territorio.

Per ciascun ambito di intervento, indipendentemente dalla classe di fattibilità assegnata ad ogni poligono e dagli studi di approfondimento indicati nelle specifiche classi di fattibilità, devono essere comunque applicate le disposizioni previste dal D.M. 14 settembre 2005 “Norme tecniche per le costruzioni” (pubblicato sulla G.U. n. 222 del 23 settembre 2005 – Supplemento Ordinario n. 159) e D.M. 14 gennaio 2008 “Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni” (pubblicato sulla G.U. n. 29 del 4 febbraio 2008 – Supplemento Ordinario n. 30).

Si specifica che la Carta dei Vincoli, la Carta di Sintesi e la Carta di Fattibilità Geologica delle Azioni di Piano, nonché le presenti Norme Geologiche di Attuazione, costituiscono parte integrante anche del Piano delle Regole, ai sensi dell’art. 10, comma 1, lettera d della L.R. 12/2005.

13 VALUTAZIONE DELL'EFFETTO SISMICO

➤ TAVOLA N. 8 – CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

13.1 Generalità e metodologie di analisi

Con l'entrata in vigore, il 23 ottobre 2005, dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" (pubblicata sulla G.U. n. 105 del 08-05-2003 Supplemento ordinario n. 72), viene effettuata una suddivisione del territorio nazionale su base sismica e vengono fornite le prime normative tecniche per le costruzioni nelle zone sismiche. La Regione Lombardia ha preso atto della classificazione di tale Ordinanza mediante la d.g.r. n. 14964 del 7 novembre 2003.

L'Ordinanza è peraltro entrata in vigore contestualmente al D.M. 14-09-2005 "Norme tecniche per le costruzioni", pubblicato sulla G.U. n. 222 del 23-09-2005 Supplemento ordinario n. 159, successivamente modificate e integrata dal D.M. 14 gennaio 2008 "*Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni*" (pubblicato sulla G.U. n. 29 del 4 febbraio 2008 – Supplemento Ordinario n. 30).

Grazie alla nuova Ordinanza, si è passati dalla vecchia classificazione sismica del territorio nazionale (D.M. 5 marzo 1984) alla suddivisione nuova che, per la Lombardia, classifica 41 comuni in zona 2, 238 comuni in zona 3 e 1267 comuni in zona 4.

L'OPCM 3274 introduce una classificazione sismica che fornisce uno scenario della pericolosità sismica in Italia, in attesa che venga promulgata una nuova e più rigorosa mappa sismica, proposta dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

COMUNE DI GAZZANIGA
Committente: Amministrazione Comunale
COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO IN ATTUAZIONE DELL'ART. 57 DELLA L.R. 11/03/2005 N. 12

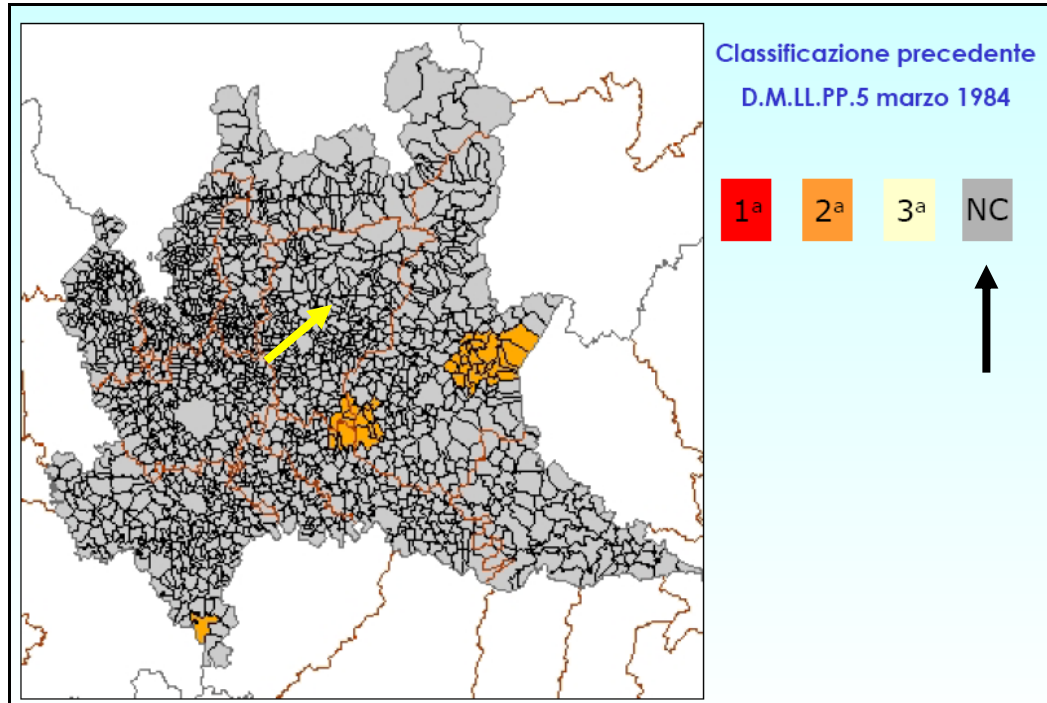
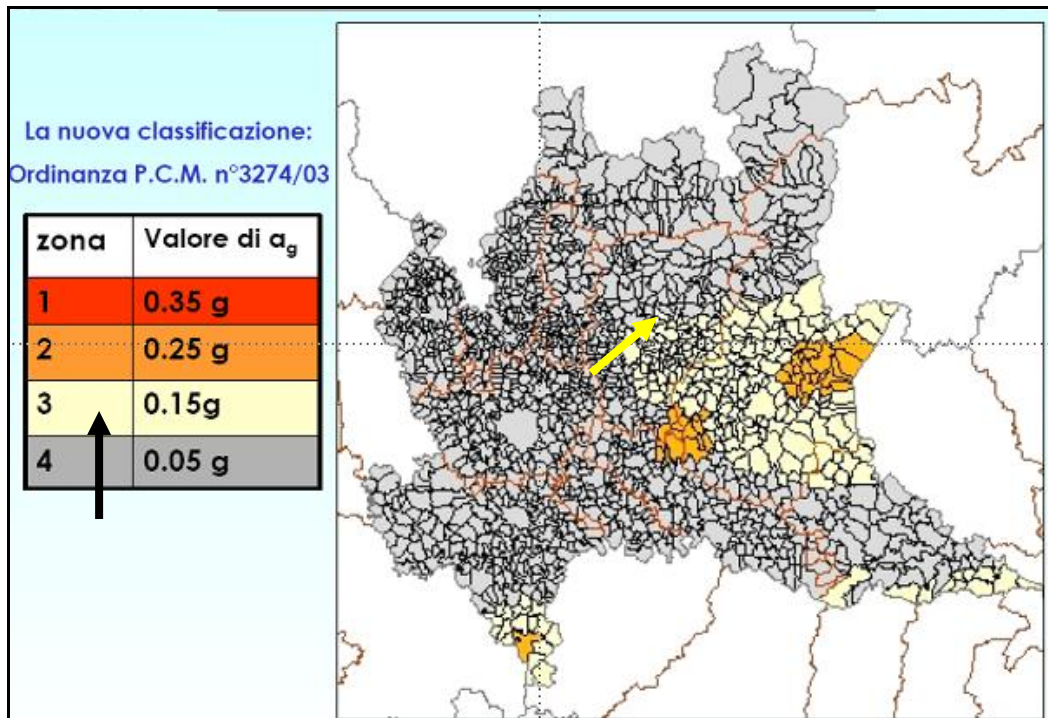


Figura 37 - Vecchia e nuova classificazione sismica (indicata in giallo la zona di Gazzaniga)



COMUNE DI GAZZANIGA
Committente: Amministrazione Comunale
COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO IN ATTUAZIONE DELL'ART. 57 DELLA L.R. 11/03/2005 N. 12

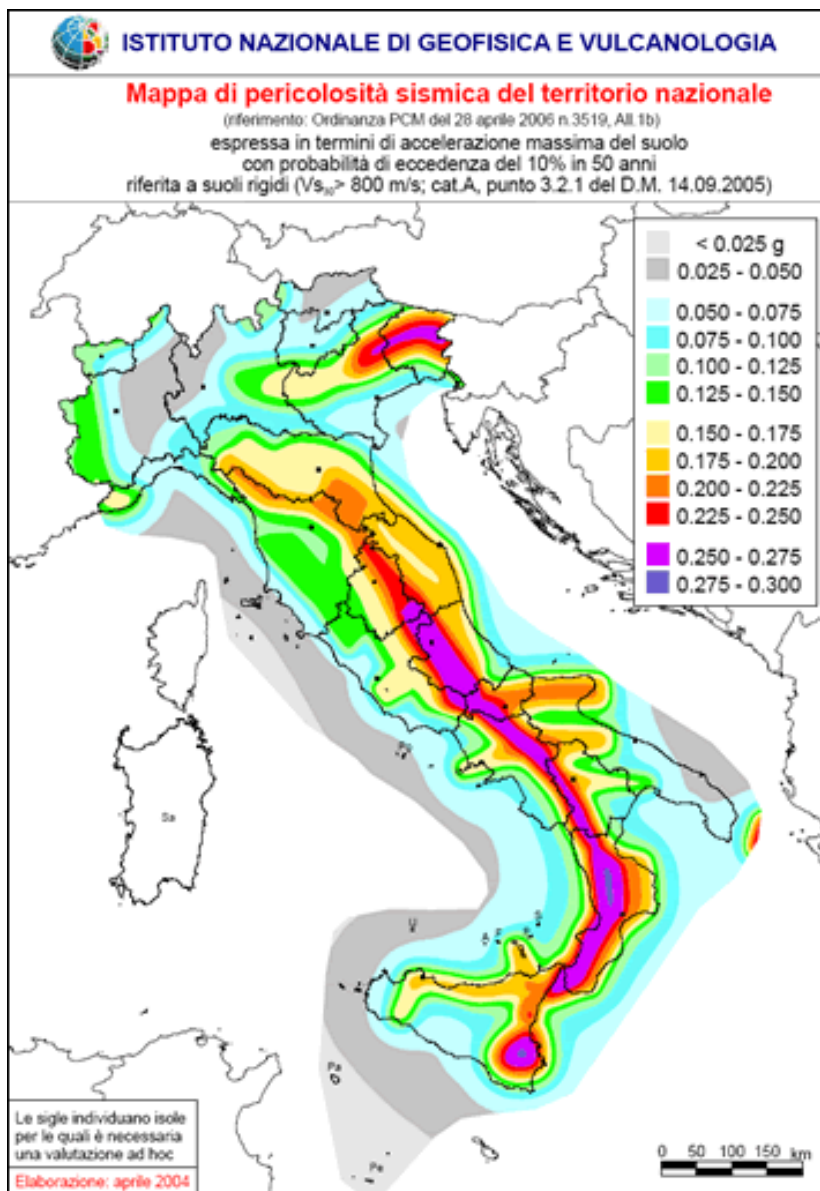


Figura 38 - Mappa della pericolosità sismica del territorio italiano (I.N.G.V.)

COMUNE DI GAZZANIGA
Committente: Amministrazione Comunale
COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO IN ATTUAZIONE DELL'ART. 57 DELLA L.R. 11/03/2005 N. 12

Al fine di sviluppare una metodologia di valutazione dell'amplificazione sismica locale in adempimento alle nuove normative nazionali, la Regione Lombardia ha predisposto uno studio pilota, elaborato dal Politecnico di Milano – Dipartimento di Ingegneria Strutturale, basato sull'analisi di indagini dirette e prove sperimentali effettuate in aree campione del territorio regionale.

Tale metodologia, esaustivamente descritta nell'Allegato 5 dei Criteri attuativi della L.R. 12/2005, prevede studi basati su **tre livelli di approfondimento crescente**.

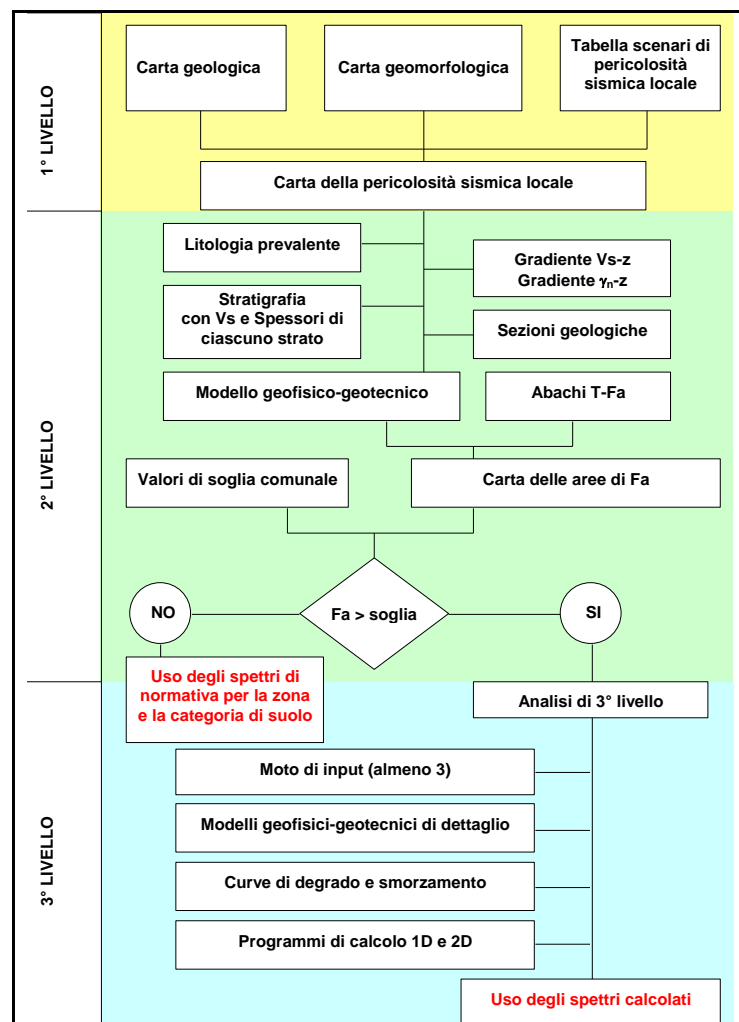


Figura 39 - Diagramma dei percorsi di definizione dei tre livelli di approfondimento sismico
[Criteri attuativi L.R. 12/05 – Regione Lombardia]

Il **1° livello**, obbligatorio per tutti i comuni (quindi anche quelli classificati in zona 4), consiste in una zonazione del territorio comunale in aree a diverso grado di pericolosità sismica locale, sulla base degli elementi geologici e geomorfologici presenti, nonché la redazione di una Carta della Pericolosità Sismica Locale contenente tali perimetrazioni.

Il **2° livello** prevede una caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione sismica nelle aree perimetrate dalla Carta della Pericolosità Sismica Locale. Tale caratterizzazione, che deve essere effettuata secondo le metodologie specifiche descritte nel suddetto Allegato 5 dei Criteri attuativi della L.R. 12/2005, fornisce una stima della risposta sismica dei terreni, costituita da un *fattore di amplificazione Fa*. Mediante il 2° livello di approfondimento si individuano quelle aree dove la normativa nazionale non è sufficiente a salvaguardare dagli effetti dell'amplificazione sismica locale, ovvero quelle zone dove il fattore di amplificazione Fa calcolato è superiore al valore Fa di soglia fornito per il comune dal Politecnico di Milano. In queste aree bisogna procedere con gli approfondimenti di 3° livello, oppure usare i parametri di progetto previsti dalla normativa nazionale per la categoria di suolo superiore. Il 2° livello di approfondimento è obbligatorio per i comuni classificati in zona 2 e 3 che posseggono zone di amplificazione sismica Z3 e Z4 (cfr. tabella nelle pagine seguenti) interferenti con i centri abitati o gli ambiti di possibile espansione urbanistica. Inoltre il 2° livello è obbligatorio anche per i comuni classificati in zona 4 che posseggono zone di amplificazione sismica Z3 e Z4 interferenti con costruzioni strategiche rilevanti (individuate dalla d.g.r. n. 14964/2003); gli stessi comuni possono decidere di estendere questo livello di approfondimento anche ad altre tipologie di edifici. I valori Fa di soglia determinati per il comune di Gazzaniga sono riportati nella tabella seguente.

COMUNE DI GAZZANIGA
Committente: Amministrazione Comunale
**COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL
TERRITORIO IN ATTUAZIONE DELL'ART. 57 DELLA L.R. 11/03/2005 N. 12**

VALORI DI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0,5 E 1,5 s				
	Valori soglia			
COMUNE	B	C	D	E
Gandino	1.7	2.4	4.2	3.1
Gandosso	1.7	2.4	4.3	3.1
Gaverina Terme	1.7	2.4	4.2	3.1
Gazzaniga	1.7	2.4	4.2	3.1
Gerosa	1.7	2.4	4.2	3.1
Ghisalba	1.7	2.4	4.3	3.1
Gorlago	1.7	2.4	4.3	3.1
Gorle	1.7	2.4	4.3	3.1
Gorno	1.7	2.4	4.2	3.1

Valori soglia per il periodo 0,5-1,5 s nei diversi tipi di suoli del comune di Gazzaniga

VALORI DI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0,1 E 0,5 s				
	Valori soglia			
COMUNE	B	C	D	E
Gandino	1.4	1.9	2.2	2.0
Gandosso	1.5	1.9	2.3	2.0
Gaverina Terme	1.4	1.9	2.2	2.0
Gazzaniga	1.4	1.8	2.2	2.0
Gerosa	1.4	1.9	2.2	2.0
Ghisalba	1.5	1.9	2.3	2.0
Gorlago	1.5	1.9	2.3	2.0
Gorle	1.5	1.9	2.3	2.0
Gorno	1.4	1.9	2.2	2.0

Valori soglia per il periodo 0,1-0,5 s nei diversi tipi di suoli del comune di Gazzaniga

Il **3° livello** di approfondimento, da eseguirsi secondo le linee guida emanate dalla Regione Lombardia, implica la definizione degli effetti di amplificazione sismica mediante indagini ed analisi approfondite. In fase progettuale, questo livello si applica quando un comune è caratterizzato dalla presenza di zone di amplificazione sismica Z1, Z2 e Z5, oppure quando possiede zone Z3 e Z4 per le quali il 2° livello mostra l'insufficienza della normativa nazionale. Il 3° livello è inoltre obbligatorio per la progettazione di edifici il cui uso prevede affollamento, per industrie pericolose da un punto di vista ambientale, per reti viarie e ferroviarie essenziali o strategiche.

Occorre precisare che gli approfondimenti di 2° e 3° livello non devono essere eseguiti nelle aree che, per caratteristiche geologiche o per vincoli normativi, sono escluse dall'edificazione.

Il comune di Gazzaniga ricade in zona sismica 3, perciò è stato applicato il 2° livello di approfondimento, con la zonizzazione del territorio mediante realizzazione della Carta della Pericolosità Sismica Locale (1° livello) e l'analisi degli effetti di amplificazione topografica (ambiti Z3) e litologica (ambiti Z4) negli ambiti di classe di fattibilità 3, con il supporto di indagini sismiche in sito (microtremori ambientali mediante Tromino®).

Tali indagini, i cui elaborati sono forniti in allegato, sono state effettuate sul campo dai tecnici dello studio Sottosuolo s.r.l. Geologia Geotermia Idrogeologia di Villa Guardia (Como); lo scrivente ha eseguito le successive elaborazioni secondo le metodologie indicate dalla Regione Lombardia, utilizzando i dati di campo così come acquisiti dai suddetti tecnici.

13.2 Analisi di 1° livello

In seguito all'analisi sismica di primo livello, nel territorio di Gazzaniga sono stati individuati alcuni ambiti interessati dall'amplificazione sismica a vari livelli. In particolare:

- **Z1a zone caratterizzate da movimenti franosi attivi** (effetto sismico di instabilità). Individuate in corrispondenza di tutti gli ambiti di franosità attiva individuati nella Carta del Dissesto con Legenda Uniformata P.A.I. e nella Carta di Sintesi. A questa zona di amplificazione sismica è attribuita la classe di pericolosità sismica H3.
- **Z1b zone caratterizzate da movimenti franosi quiescenti** (effetto sismico di instabilità). Individuate in corrispondenza di tutti gli ambiti di franosità quiescente individuati nella Carta del Dissesto con Legenda Uniformata P.A.I. e nella Carta di Sintesi. A questo ambito di pericolosità sismica viene assegnata la classe di pericolosità sismica H2.
- **Z2 zone con terreni di fondazione scadenti, riporti** (effetto sismico di cedimento/liquefazione). Individuate in corrispondenza delle aree con terreni scadenti alla sommità degli altopiani. A questo ambito di pericolosità sismica viene assegnata la classe di pericolosità sismica H2.
- **Z3a zone di ciglio $H > 10$ m (scarpate con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)** (effetto sismico di amplificazione topografica). Ambiti lineari individuati nella zona di raccordo tra gli altopiani ed il fondovalle, e in maniera meno frequente in alcuni altri ambiti di versante. Attribuibili alla classe di pericolosità sismica H2.
- **Z3b zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo** (effetto sismico di amplificazione topografica). Ambiti lineari individuati in corrispondenza delle creste e dei

cocuzzoli del settore montano e collinare del territorio. Ascrivibili alla classe di pericolosità sismica H2.

- **Z4a zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi** (effetto sismico di amplificazione litologica). Ricadono in questo ambito tutte le aree costituite da depositi alluvionali e fluvioglaciali, cioè principalmente il fondovalle seriano e gli altopiani. Sono esclusi, al contrario, i conoidi, in quanto ricadenti in zona Z4b. Questi ambiti sono attribuibili alla classe di pericolosità sismica H2.
- **Z4b zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre** (effetto sismico di amplificazione litologica). Ricadono in questa zona i conoidi pedemontani (indipendentemente dallo stato di attività/protezione) o comunque posti allo sbocco di impluvi. Attribuibili alla classe di pericolosità sismica H2.

Le zone Z1c, Z4c, Z4d e Z5 non sono state individuate nel territorio comunale di Gazzaniga.

Come già accennato, tutti gli ambiti elencati sono cartografati nella Tavola 8 – Carta della Pericolosità Sismica Locale (in scala 1:5.000). Essi sono anche stati sovrapposti, mediante retinature trasparenti, alla Carta di Fattibilità Geologica delle Azioni di Piano.

Poiché è possibile l'associazione di diversi effetti sismici (e.g. amplificazioni litologiche e topografiche), vi può essere concomitanza di più ambiti, espressa dalla sovrapposizione delle relative simbologie e retinature.

13.3 Analisi di 2° livello

Come già detto, il 2° livello di approfondimento è obbligatorio per i comuni classificati in zona 2 e 3 che posseggono zone di amplificazione sismica Z3 e Z4 (cfr. tabella nelle pagine seguenti) interferenti con i centri abitati o gli ambiti di possibile espansione urbanistica. Gazzaniga ricade in zona sismica 3 e possiede numerosi ambiti urbanizzati in classe di fattibilità 2 o 3 interferenti con zone PSL Z3 e Z4.

Pertanto, ai fini dell'analisi di 2° livello, è stata eseguita dai tecnici di Sottosuolo s.r.l. (cfr. sopra) una campagna di indagini sismiche mediante lo strumento Tromino®, con l'acquisizione di numerosi punti di lettura dei dati e conseguenti elaborazioni.

L'analisi di 2° livello è stata dunque eseguita:

1. Solo per le aree PSL ricadenti in classe di fattibilità 2 o 3, escludendo quelle ricadenti in classe 4.
2. Solo per le aree PSL di tipo Z3 e Z4, escludendo le aree Z2, poiché per queste ultime è previsto il 3° livello di approfondimento in fase progettuale.
3. Per le creste e scarpate (Z3), utilizzando le metodologie elaborate dalla Regione Lombardia.
4. Per le aree di amplificazione litologica (Z4), utilizzando le metodologie elaborate dalla Regione Lombardia partendo dai dati acquisiti mediante le letture al Tromino®.

In conclusione, si può affermare che il comune di Gazzaniga presenta una situazione abbastanza complessa relativamente alla pericolosità sismica locale, in virtù dei numerosi dissesti presenti e dei diversi effetti di amplificazione riscontrati.

Per la realizzazione di qualsiasi opera, ed a maggior ragione di opere pubbliche o strategicamente rilevanti, l'aspetto sismico dovrà sempre essere attentamente valutato.

13.4 Zonizzazione di 2° livello

13.4.1 Amplificazione litologica

Per la zonazione sismica di II° livello, sono stati eseguite le seguenti indagini geofisiche:

- n. 15 sondaggi sismici verticali a mezzo di misurazione di microtremori ambientali, distribuiti sul territorio comunale in modo da ricoprire la aree in classe di fattibilità 3 o 2 nelle aree individuate nella zonazione sismica di I° livello come suscettibili di amplificazione litologica.

L'indagine è stata finalizzata alla individuazione della presenza di contrasti di impedenza marcati nel sottosuolo, alla determinazione della frequenza naturale di vibrazione del sottosuolo ed alla stima del profilo di velocità delle onde S con la profondità.

Le generalità sul metodo, le modalità di misura e le risultanze delle indagini sono riportate in allegato.

I punti dove sono state eseguite le indagini sono le seguenti:

CODICE	LOCALITA'
SSV1	Via Salici 1
SSV2	Via Salici Z. IND.
SSV3	Via Salici 2
SSV4	Via Salici 3
SSV5	Via Marconi
SSV6	Via Cesare Battisti
SSV7	Via Verdi
SSV8	Ospedale
SSV9	Via Gruppo Cerete
SSV10	Via Europa
SSV11	Via San Rocco 1
SSV12	Via San Rocco 2
SSV13	Via Masserini
SSV14	Via Masserini 2
SSV15	Via Mozzo

È stato verificato il valore di amplificazione in sito, utilizzando la procedura descritta nei Criteri attuativi della L.R. 12/2005.

Mediante il 2° livello di approfondimento quindi si individuano quelle aree dove la normativa nazionale non è sufficiente a salvaguardare dagli effetti dell'amplificazione sismica locale, ovvero quelle zone dove il fattore di amplificazione F_a calcolato è superiore al valore F_a di soglia fornito per il comune dal Politecnico di Milano.

In queste aree bisogna procedere con gli approfondimenti di 3° livello, oppure usare gli spettri di risposta relativi alla categoria di suolo superiore.

In base ai dati ricavati dalle indagini sono stati calcolati il valore delle V_{s30} e il periodo proprio (T) per ogni colonna stratigrafica analizzata.

Il valore delle V_{s30} è stato calcolato utilizzando la seguente equazione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\left(\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s_i}} \right)}$$

Il periodo proprio del sito T necessario per l'utilizzo della scheda di valutazione è calcolato considerando tutta la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore della velocità V_s è uguale o superiore a 800 m/s ed utilizzando la seguente equazione:

$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^n h_i}{\left(\frac{\sum_{i=1}^n V_{s_i} \times h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$$

ove h_i e V_{s_i} sono lo spessore e la velocità dello strato i -esimo del modello.

Il periodo è stato tra l'altro valutato più propriamente tenendo in considerazione le indagini geofisiche effettuate, che riportano la frequenza propria del sito.

Sempre in base ai dati ricavati dalle indagini indirette, si è associata ad ogni ambito di interesse la relativa scheda litologica di valutazione di riferimento, verificandone la validità in base all'andamento dei valori di Vs con la profondità.

COMUNE DI GAZZANIGA
Committente: Amministrazione Comunale
COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO IN ATTUAZIONE DELL'ART. 57 DELLA L.R. 11/03/2005 N. 12

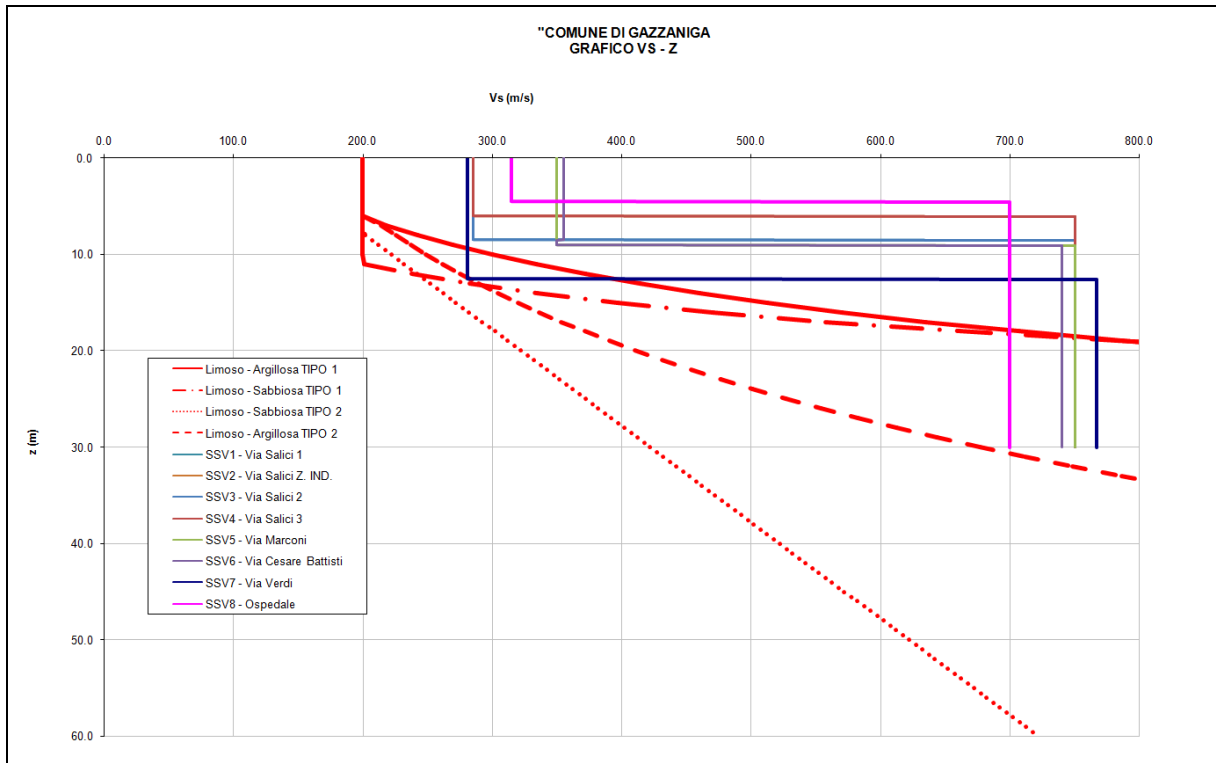


Figura 40 - Grafico Vs-Z relativo alle letture da 1 a 8

COMUNE DI GAZZANIGA
Committente: Amministrazione Comunale
COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO IN ATTUAZIONE DELL'ART. 57 DELLA L.R. 11/03/2005 N. 12

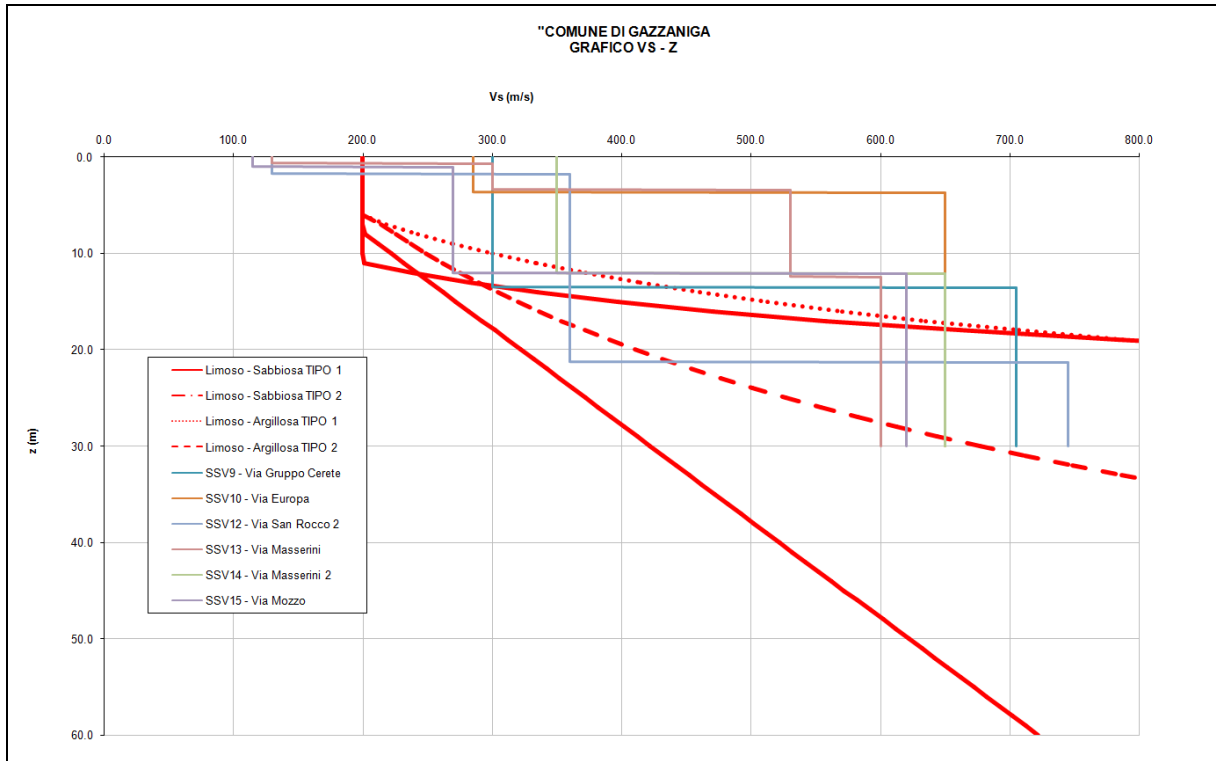


Figura 41 - Grafico Vs-Z relativo alle letture da 9 a 15

È stato successivamente valutato lo spessore del primo strato per l'intervallo di periodo 0.1 – 0.5 s.

È stato così possibile calcolare il valore di F_a per gli intervalli di periodi 0.1 – 0.5 s e 0.5 – 1.5 s, individuando così i valori soglia del fattore di amplificazione in funzione della categoria di suolo e per i due intervalli di periodi.

Tali valori sono stati confrontati con il parametro calcolato per ciascun Comune della Regione Lombardia. Tale valore è riportato nella banca dati in formato .xls (soglie_lomb.xls) e rappresenta il valore di soglia, oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito

Di seguito si allegano i calcoli relativi, che consentono di individuare le aree a diversa pericolosità sismica (H1 o H2) ed in modo particolare quelle in cui la normativa nazionale risulta insufficiente a caratterizzare da un punto di vista sismico il territorio.

COMUNE DI GAZZANIGA
Committente: Amministrazione Comunale
**COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL
TERRITORIO IN ATTUAZIONE DELL'ART. 57 DELLA L.R. 11/03/2005 N. 12**

Tabella riassuntiva

Località	Vs30 [m/s]	Tipo suolo	Fr [Hz]	T _{sito} [s]	Scheda Litologia	T _{0,1-0,5}		T _{0,5-1,5}	
						Fa Calcolato	Fa soglia	Fa Calcolato	Fa soglia
SSV1 – Via Salici 1	513	“B”	10.28	0.10	LA 2	1.3	1.4	1.0	1.7
SSV2 – Via Salici Z. IND.	565	“B”	14.19	0.07	LA 2	1.0	1.4	1.0	1.7
SSV3 – Via Salici 2	513	“B”	10.31	0.10	LA 2	1.3	1.4	1.0	1.7
SSV4 – Via Salici 3	565	“B”	15.69	0.06	LA 2	1.0	1.4	1.0	1.7
SSV5 – Via Marconi	559	“B”	9.58	0.10	LA 2	1.1	1.4	1.0	1.7
SSV6 – Via C. Battisti	566	“B”	11.25	0.09	LA 2	1.1	1.4	1.0	1.7
SSV7 – Via Verdi	446	“B”	8.13	0.12	LA 2	1.4	1.4	1.0	1.7
SSV8 – Ospedale	592	“B”	18.38	0.05	LA 2	1.0	1.4	1.0	1.7
SSV9 – Via G. Cerete	439	“B”	5.91	0.17	LA 2	1.7	1.4	1.1	1.7
SSV10 – Via Europa	439	“B”	20.63	0.05	LA 2	1.0	1.4	1.0	1.7
SSV11 – Via San Rocco 1	nd	“B”	-	-		-	1.4	-	1.7
SSV12 – Via San Rocco 2	379	“B”	4.52	0.22	LS 2	1.6	1.4	1.2	1.7
SSV13 – Via Masserini	495	“B”	9.1	0.11	LA 2	1.2	1.4	1.0	1.7
SSV14 – Via Masserini 2	484	“B”	7.38	0.14	LA 2	1.3	1.4	1.1	1.7
SSV15 – Via Mozzo	376	“B”	5.73	0.17	LS 2	1.7	1.4	1.1	1.7

G	Scheda litologia ghiaiosa
LA 1	Scheda litologia limoso - argillosa Tipo 1
LA 2	Scheda litologia limoso - argillosa Tipo 2
LS 1	Scheda litologia limoso - sabbiosa Tipo 1
LS 2	Scheda litologia limoso - sabbiosa Tipo 2

COMUNE DI GAZZANIGA
Committente: Amministrazione Comunale
**COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL
TERRITORIO IN ATTUAZIONE DELL'ART. 57 DELLA L.R. 11/03/2005 N. 12**

Dove:

T_{sito} = periodo proprio del sito T

$T_{0,1-0,5}$ = periodo riferito a strutture basse e rigide

$T_{0,5-1,5}$ = periodo riferito a strutture alte e flessibili

Fa = fattore di amplificazione

Considerazioni sulle risultanze dell'analisi – prescrizioni

Dai risultati dell'analisi condotta, considerando una variabilità di $\pm 0,1$ rispetto al valore di F_a calcolato, si ricava quanto segue:

- Esistono delle aree dove la normativa non è abbastanza sufficiente a tenere conto della reale amplificazione del sito, per periodi compresi tra 0,1 e 0,5 s (strutture basse e rigide).
- Per tali aree, la normativa è da considerarsi quindi insufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione morfologica del sito, e quindi per tali aree o si esegue un'analisi di terzo livello o si utilizza uno spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore, con il seguente schema:
 - *anziché lo spettro della categoria di suolo B si utilizzerà quello della categoria di suolo C; nel caso in cui la soglia non fosse ancora sufficiente si utilizzerà lo spettro della categoria di suolo D;*
 - *anziché lo spettro della categoria di suolo C si utilizzerà quello della categoria di suolo D;*
 - *anziché lo spettro della categoria di suolo E si utilizzerà quello della categoria di suolo D*

13.4.2 Amplificazione morfologica

La procedura semplificata è valida per lo scenario di zona di scarpata (Z3a) e zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo (Z3b), caratterizzata da pendii con inclinazione maggiore o uguale ai 10°.

Il rilievo è identificato sulla base di cartografie a scala almeno 1:10.000 e la larghezza alla base è scelta in corrispondenza di evidenti rotture morfologiche: sono da considerare creste solo quelle situazioni che presentano il dislivello altimetrico minimo (h) maggiore o uguale ad un terzo del dislivello altimetrico massimo (H) (scheda di valutazione).

Per le creste, il materiale costituente il rilievo topografico deve avere una V_s maggiore o uguale ad 800 m/s.

Il valore di F_a determinato per entrambe le schede dovrà essere approssimato alla prima cifra decimale ed assegnato all'area corrispondente alla larghezza in cresta l , mentre lungo i versanti tale valore è scalato in modo lineare fino al valore unitario alla base di ciascun versante.

I valori di F_a così ottenuti dovranno essere utilizzati per valutare il grado di protezione raggiunto al sito dall'applicazione della normativa sismica vigente.

La valutazione del grado di protezione viene effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando i valori di F_a ottenuti con il valore di St delle NTC.

La procedura prevede pertanto di valutare il valore di F_a con la scheda di valutazione e di confrontarlo con il corrispondente valore di soglia, considerando una variabilità di ± 0.1 che tiene in conto la variabilità del valore di F_a ottenuto dalla procedura semplificata.

Si possono presentare quindi due situazioni:

- il valore di Fa è inferiore o uguale al valore di soglia corrispondente: la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione morfologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa (classe di pericolosità H1);
- il valore di Fa è superiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione morfologica e quindi è necessario effettuare analisi più approfondite (3° livello) in fase di progettazione edilizia (classe di pericolosità H2).

Considerazioni sul territorio del Comune di Gazzaniga

Sono stati individuati sul territorio del Comune, nella fase del I° livello di approfondimento, varie linee di scarpata e cresta/cucuzzolo.

Sono stati successivamente studiati i singoli elementi per valutare se effettivamente rientrassero nei criteri di riconoscimento predisposti dalla R.L..

Tali tipologie sono state valutate attentamente nelle aree *interferenti con urbanizzato e/o urbanizzabile*, e con classe di fattibilità diversa dalla classe 4.

Di seguito si riporta un'immagine con l'indicazione delle tracce delle sezioni.

COMUNE DI GAZZANIGA
Committente: Amministrazione Comunale
COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO IN ATTUAZIONE DELL'ART. 57 DELLA L.R. 11/03/2005 N. 12

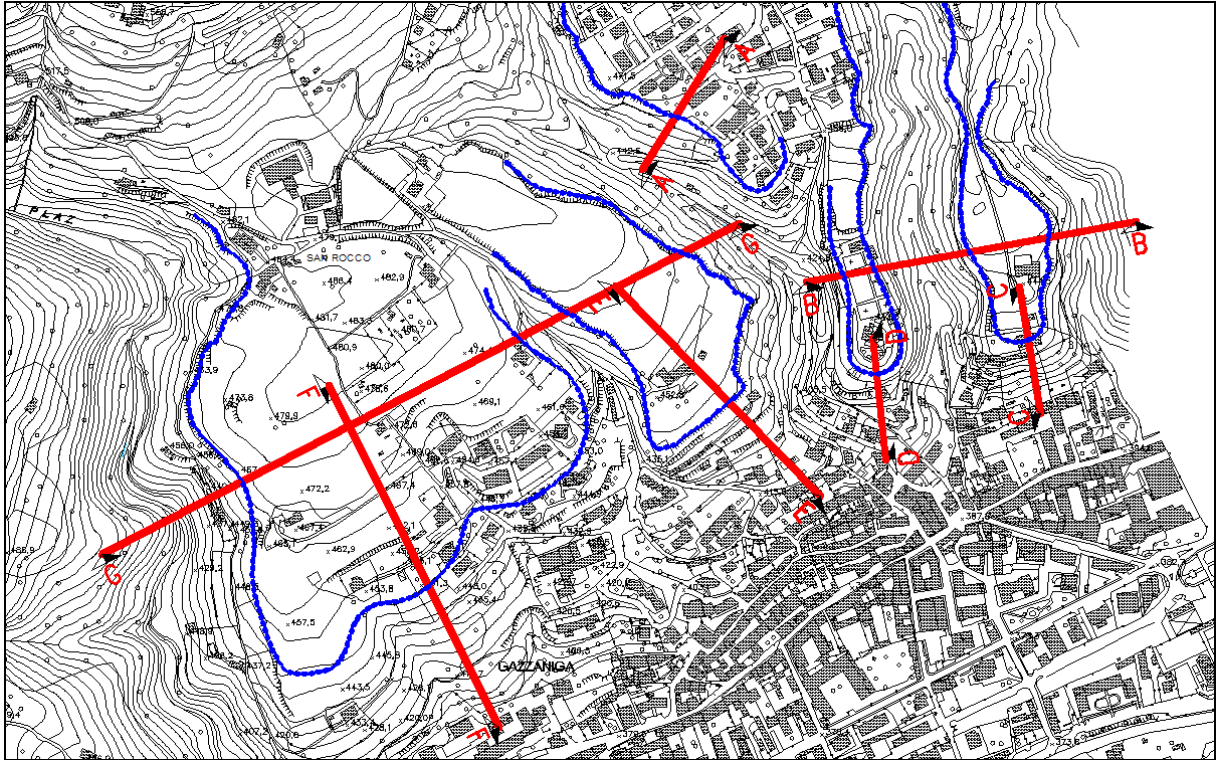


Figura 42 - Esempi di tracce di sezioni

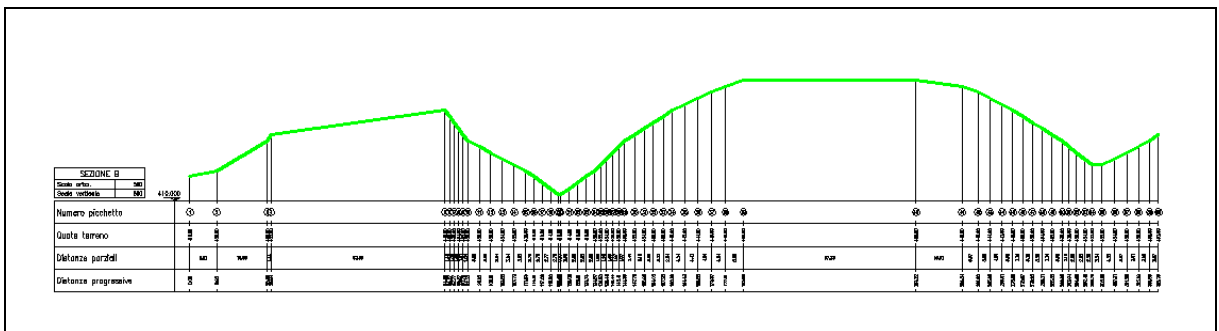


Figura 43 - Esempio di sezione

COMUNE DI GAZZANIGA
Committente: Amministrazione Comunale
COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO IN ATTUAZIONE DELL'ART. 57 DELLA L.R. 11/03/2005 N. 12

Di seguito si riportano alcune elaborazioni:

SEZIONE N° B1					
Valori				Tipo di scarpata	
H =	27	m	OK	CONTROPENDENZA	
$\alpha_1 =$	35	gradi (°)	OK	h < 1/3 H	OK
L =	57	m	OK		
Prima verifica			OK	IDEALE	
h =	8	m		h=0, $\beta=0$	NO
$\beta =$	0	gradi (°)			
				PENDENZA	
				$\beta < 1/5\alpha$	NO
SCARPATA CONROPENDENZA					
		Fa	1.2	Ai	20.3

COMUNE DI GAZZANIGA
Committente: Amministrazione Comunale
COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO IN ATTUAZIONE DELL'ART. 57 DELLA L.R. 11/03/2005 N. 12

SEZIONE N° B2					
Valori				Tipo di scarpata	
H =	37	m	OK	CONTROPENDENZA	
$\alpha_1 =$	30	gradi (°)	OK	h < 1/3 H	NO
L =	72	m	OK		
Prima verifica			OK	IDEALE	
h =	0	m		h=0, $\beta=0$	OK
$\beta =$	0	gradi (°)			
				PENDENZA	
				$\beta < 1/5\alpha$	NO
SCARPATA IDEALE					
		Fa	1.2	Ai	27.8

SEZIONE N° B3					
Valori				Tipo di scarpata	
H =	28	m	OK	CONTROPENDENZA	
$\alpha_1 =$	29	gradi (°)	OK	h < 1/3 H	NO
L =	72	m	OK		
Prima verifica			OK	IDEALE	
h =	0	m		h=0, $\beta=0$	OK
$\beta =$	0	gradi (°)			
				PENDENZA	
				$\beta < 1/5\alpha$	NO
SCARPATA IDEALE					
		Fa	1.2	Ai	21.0

COMUNE DI GAZZANIGA
Committente: Amministrazione Comunale
COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO IN ATTUAZIONE DELL'ART. 57 DELLA L.R. 11/03/2005 N. 12

SEZIONE N° G2					
Valori				Tipo di scarpata	
H =	15	m	OK	CONTROPENDENZA	
$\alpha_1 =$	18	gradi (°)	OK	h < 1/3 H	NO
L =	250	m	OK		
Prima verifica			OK	IDEALE	
h =	-	m		h=0, $\beta=0$	NO
$\beta =$	1.5	gradi (°)			
				PENDENZA	
				$\beta < 1/5\alpha$	OK
NON E' SCARPATA					
Fa		1.1	Ai		15.0

SEZIONE N° G3					
Valori				Tipo di scarpata	
H =	11	m	OK	CONTROPENDENZA	
$\alpha_1 =$	14	gradi (°)	OK	h < 1/3 H	NO
L =	58	m	OK		
Prima verifica			OK	IDEALE	
h =	0	m		h=0, $\beta=0$	OK
$\beta =$	0	gradi (°)			
				PENDENZA	
				$\beta < 1/5\alpha$	NO
SCARPATA IDEALE					
Fa		1.1	Ai		11.0

COMUNE DI GAZZANIGA
Committente: Amministrazione Comunale
COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO IN ATTUAZIONE DELL'ART. 57 DELLA L.R. 11/03/2005 N. 12

SEZIONE N° G4					
Valori				Tipo di scarpata	
H =	28	m	OK	CONTROPENDENZA	
$\alpha_1 =$	30	gradi (°)	OK	h < 1/3 H	NO
L =	64	m	OK		
Prima verifica			OK	IDEALE	
h =	-	m		h=0, $\beta=0$	NO
$\beta =$	6	gradi (°)			
				PENDENZA	
				$\beta < 1/5\alpha$	OK
NON E' SCARPATA					
		Fa	1.2	Ai	21.0

Considerazioni sulle risultanze dell'analisi – prescrizioni

Solo alcune delle sezioni analizzate ricadono nelle condizioni di “scarpate” o “cresta/cocuzzolo”.

Dai risultati dell'analisi condotta, considerando una variabilità di $\pm 0,1$ rispetto al valore di F_a calcolato, si ricava che tutte le scarpate e le creste analizzate hanno valore di F_a inferiore al valore di soglia corrispondente.

14 CONCLUSIONI

Su incarico dell'Amministrazione Comunale di Gazzaniga è stata redatta la presente Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57 della Legge Regionale n. 12 del 11-03-2005.

Lo studio si compone della presente Relazione Tecnica e di un repertorio cartografico composto da tavole tematiche, di vincolo-sintesi e di proposta, realizzati mediante la sintesi di tutti gli elementi emersi dalla ricerca bibliografica e dai rilievi di terreno.

La geologia del comune di Gazzaniga si riflette inevitabilmente sui caratteri morfologici, idrologici e idrogeologici del suo territorio.

In generale, si tratta di un territorio abbastanza complesso, che racchiude in sé i caratteri tipici degli ambiti montani incisi da valli profonde e punteggiati da dissesti di vario tipo, unitamente alle caratteristiche dei territori di fondovalle modellati da processi fluviali e fluvioglaciali.

La geologia è caratterizzata dalla presenza di numerose unità del substrato di tipo terrigeno, calcareo e dolomitico. A queste formazioni si sovrappongono depositi superficiali di versante, di conoide, di frana, fluvioglaciali ed alluvionali, quindi terreni molto eterogenei sia da un punto di vista compositivo che tessiturale.

Si riscontrano significativi fenomeni di dissesto connessi alla dinamica di versante, soprattutto aree di crollo, scivolamento rotazionali-traslativi, dissesti torrentizi e movimenti della coltre superficiale. I dissesti attivi prevalgono sui fenomeni ormai disattivati (relitti) e su quelli quiescenti, comunque ben rappresentati. Presenti anche alcuni conoidi a vario stato di attività e numerosi gli ambiti di esondazione torrentizia,

senza contare la presenza del Serio con relative aree di esondazione.

Per quanto concerne, nella fattispecie, le problematiche idrauliche, si vuole sottolineare la criticità rappresentata dal conoide di sbocco della Val Rovaro e dall'immissione in tombotti della gran parte dei corsi d'acqua discendenti dal versante, con tutti i possibili rischi di ostruzione dei tombotti stessi ed esondazione dei torrenti in pieno centro abitato. Si ritiene inoltre molto importante curare la pulizia e la conservazione in buono stato degli alvei dei corsi d'acqua, incluse le valli minori. Per quanto attiene alle frane ed ai dissesti di carattere gravitativo in genere, si consiglia di tenere sempre monitorata la zona degli altopiani, già in passato caratterizzata da movimentazioni della coltre superficiale soprattutto lungo le scarpate; anche i versanti di Orezzo necessitano attenzione per il possibile innesco di frane in terreno e in roccia dovute alla giacitura sfavorevole della stratificazione. Proprio per questo motivo, anche nel caso di interventi di edificazione, tutte le operazioni di sbancamento – anche se in roccia – dovranno essere eseguite con grande cautela. Si ritiene infine auspicabile il completamento delle opere di messa in sicurezza previste nel progetto di sistemazione della frana di Roncliscione, incluse le opere di regimazione idraulica della Val Rova. Questo è particolarmente importante se si considera che la Val Rova si immette in tombotto in Piazza San Mauro ed è già stata in passato caratterizzata da fenomeni di esondazione torrentizia proprio per l'ostruzione del tombotto stesso.

Le aree a pericolosità di valanga, peraltro non trascurabili, sono comunque limitate ad un ambito relativamente modesto nel comparto montuoso settentrionale del territorio.

Il quadro dei dissesti realizzato nel corso del presente studio rappresenta di fatto un nuovo punto di partenza per l'individuazione dei dissesti insistenti sul territorio comunale, dato che lo stato dell'iter P.A.I. di Gazzaniga risulta "non avviato". La base

di partenza per la cartografia delle aree in dissesto è rappresentata dai rilievi di terreno e dall'Inventario dei Fenomeni Franosi (più il SIRVAL) della Regione Lombardia. Per la perimetrazione dei dissesti è stata utilizzata anche la documentazione storica a disposizione.

Si ribadisce la necessità di rispettare le norme di polizia idraulica e le fasce di rispetto (che devono sempre essere valutate puntualmente sul terreno mediante rilievi topografici) per tutti i corsi d'acqua appartenenti al Reticolo Idrico Principale ed al Reticolo Idrico Minore. Le fasce di rispetto non sono riportate nella Carta dei Vincoli per problemi cartografici (cfr. capitolo 9); occorre quindi sempre far riferimento allo studio del Reticolo Idrico Minore realizzato dallo scrivente, fino a che non si adeguerà tale studio alla nuova base topografica.

Da non trascurare, peraltro, le problematiche più strettamente idrogeologiche, legate alla presenza di captazioni pubbliche ad uso idropotabile e, quindi, alla vulnerabilità degli acquiferi. Le norme relative alle aree di salvaguardia delle captazioni idropotabili (di cui all'art. 94 del D.Lgs. 152/2006 "Testo Unico Ambientale") devono sempre essere rigorosamente rispettate. La delimitazione delle aree di salvaguardia è riportata nella Carta dei Vincoli ed è stata effettuata mediante criterio geometrico. L'eventuale adozione di criteri più precisi è demandata all'esecuzione di studi specifici.

Si ricorda che nel centro storico di Gazzaniga (Via Crispi e dintorni) sussiste un'area caratterizzata da elevata vulnerabilità idrogeologica per via della contaminazione delle acque sotterranee riscontrata in alcuni pozzi; questo problema dovrà essere sempre monitorato con attenzione nel corso del tempo e dovranno essere adottate tutte le misure necessarie per la tutela della salute pubblica.

La cartografia di proposta nasce dall'attenta valutazione di tutti gli elementi di criticità riassunti nelle tavole di vincolo e di sintesi (che tengono conto, a loro volta, della cartografia tematica di inquadramento). Le carte di fattibilità delle azioni di piano, infatti, stabiliscono le attitudini dei diversi ambiti territoriali nei confronti dei futuri interventi urbanistici. Per la realizzazione di queste carte e, di concerto, delle norme geologiche di piano, si è scelto un approccio fortemente legato alla normativa vigente ed agli strumenti di pianificazione sovraordinata, suddividendo le classi di fattibilità in numerosi ambiti, ad ognuno dei quali sono associate una o più norme in base alle criticità riscontrate ed alle limitazioni esistenti (ad esempio, perimetrazioni P.A.I.).

Nei prossimi anni sarà infatti importante valutare con molta attenzione la sostenibilità territoriale di eventuali ulteriori espansioni insediative. Si dovrà considerare la disponibilità della risorsa primaria, l'acqua, che non rappresenta attualmente un problema preoccupante per Gazzaniga, ma che è in ogni caso un fattore di criticità: le falde sotterranee e le opere di captazione, infatti, necessitano sempre di adeguate politiche di tutela.

Di concerto, sarà necessario tenere conto delle aree caratterizzate da proprietà geotecniche scadenti, frane, crolli, esondazioni ed erosioni dei corsi d'acqua, fenomeni di trasporto in massa (conoidi), carsismo e valanghe. In linea di massima, l'espansione e la trasformazione urbanistica dovrebbero di principio concentrarsi sulle aree contraddistinte dal grado di criticità geologica più basso possibile, quali per esempio le zone ricadenti in classe di fattibilità 2.

Significativa dovrà peraltro essere l'attuazione di politiche di valorizzazione (o eventuale recupero) di aree caratterizzate da un elevato valore paesaggistico e naturalistico, molto frequenti in Gazzaniga anche in virtù della sua interessante collocazione geografica, della vastità del suo territorio e della presenza di elementi

geologici e geomorfologici molto eterogenei. Sono certamente da citare, tra gli ambiti più significativi del territorio e degni della maggiore attenzione, la Val de Grü, l'altopiano di San Rocco, Ganda Lunga, il Monte Cedrina e tutto il comparto montano.

Nella progettazione ed esecuzione di qualsiasi intervento pubblico o privato, occorrerà attenersi scrupolosamente a tutte le norme geologiche stabilite dal presente studio, sia per quanto concerne le indagini geologico-geotecniche richieste caso per caso, sia per quanto attiene alle prescrizioni tecniche, ai divieti ed agli accorgimenti costruttivi, anche in termini di normativa sismica. Si ricorda poi che la Carta di Fattibilità Geologica delle Azioni di Piano deve sempre essere consultata di concerto con le altre cartografie di proposta, in particolare la Carta di Sintesi e la Carta dei Vincoli, poiché determinati vincoli normativi (quali ad esempio le fasce di rispetto dei corsi d'acqua, i dissesti puntuali non perimetrati, le aree di salvaguardia delle captazioni idropotabili, i geositi, ecc.) sono riportati solamente su queste carte. Si rammenta anche che le norme di piano contenenti articoli stralciati da strumenti legislativi esterni (quali ad esempio le norme di attuazione del P.A.I. per i dissesti e le valanghe) devono sempre essere controllate utilizzando le versioni vigenti di tali strumenti, poiché non si può escludere che essi possano essere, in futuro, sottoposti a modifiche, integrazioni o variazioni rispetto ai testi attuali. Gli articoli di legge esterni riportati nel presente documento rappresentano dunque un riferimento legislativo utile per una rapida ed efficace consultazione, ma devono sempre essere verificati con gli strumenti legislativi originali.

Ranica, dicembre 2011

Aggiornamento dopo osservazioni – settembre 2012

Dott. Geol. Sergio Ghilardi

15 BIBLIOGRAFIA

Per la redazione dello studio geologico sono stati consultati i seguenti riferimenti principali:

1. Relazione geologica a corredo del P.R.G. ai sensi della L.R. 41/97 (Dott. Geol. Carlo Lurati, 1999)
2. Carta Geologica della Provincia di Bergamo e relative Note Illustrative (Provincia di Bergamo, 2000)
3. Mosaico informatizzato degli studi geologici comunali della Regione Lombardia, consultabile su www.cartografia.regione.lombardia.it
4. Inventario dei Fenomeni Franosi della Regione Lombardia, consultabile su www.cartografia.regione.lombardia.it
5. SIRVAL – Sistema Informativo Regionale Valanghe, consultabile su www.cartografia.regione.lombardia.it
6. Criteri attuativi L.R. 12/2005 per il Governo del Territorio – Componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio (Bollettino Ufficiale Regione Lombardia n. 13 – edizione speciale del 28 marzo 2006 e successive integrazioni)
7. Atlante dei dissesti P.A.I. e delle fasce fluviali, consultabile su www.adbpo.it
8. Cartografia Geoambientale della Regione Lombardia (Studio G.E.A. – Carta Litologica, Carta Geomorfologica, Carta Idrologica con Indicazioni inerenti la Permeabilità, Carta del Dissesto e della Pericolosità)
9. I dissesti prodotti dal nubifragio del 10 luglio 1972 nella bassa Valle Seriana, parte del Bollettino dell'Associazione Mineraria Subalpina – anno XVIII numero 1-2 (Govi e Mortara, 1981)

10. Relazione geologica sui terreni di proprietà del Sig. Masserini in Via Crispi 3 a Gazzaniga (Bg) interessati da potenziale inquinamento da cromo a seguito degli eventi alluvionali del 1976 (Studio G.E.A., 2005)
11. Indagine ambientale integrativa in Via Crispi 3 e nelle aree limitrofe (Studio G.E.A., 2007)
12. Relazione geologica di supporto al progetto di formazione nuovo fabbricato ad uso residenziale in loc. Mozzo (Studio G.E.A., 2004)
13. Indagine geologico-geotecnica di supporto alla formazione di nuovo complesso residenziale in località Orezzo (Studio G.E.A., 2006)
14. Relazione geologico-geotecnica a supporto del progetto di realizzazione nuovo fabbricato di civile abitazione (Studio G.E.A., 2004)
15. Relazione geologico-geotecnica a supporto del progetto di ristrutturazione ed ampliamento di un fabbricato rurale in località Roncliscione (Studio G.E.A., 2003)
16. Indagine geologico-geotecnica di supporto al progetto di Piano di Recupero da attuarsi tra L.go Cortinovis e Via Europa (Studio G.E.A., 2003)
17. Relazione geologico-geotecnica di supporto del piano di recupero Via Manzoni angolo Via Verdi – residenza Elena (Studio G.E.A., 2003)
18. Indagine geologico-geotecnica di supporto alla valutazione dei cedimenti dell'immobile ad uso civile abitazione (Studio G.E.A., 2007)
19. Progetto di consolidamento scarpata posta a valle del campo sportivo di Orezzo (Studio G.E.A., 2006)
20. Indagine geologico-geotecnica di supporto alla ristrutturazione fabbricato rurale con cambio d'uso in località Roncliscione (Studio G.E.A., 2006)
21. Progetto di realizzazione di un muro di sostegno con funzione di argine – relazione idrologica-idraulica (Studio G.E.A., 2007)
22. Indagine geologico-geotecnica di supporto al nuovo P.L. denominato “Gruppo Cerete” in Via Marconi (Studio G.E.A., 2005)

23. Progetto degli interventi di stabilizzazione del movimento franoso in località Roncliscione (Studio G.E.A., 2007)
24. Indagine geologico-geotecnica di supporto alla lottizzazione "Gromplà" (Studio G.E.A., 2009)
25. Indagine geologico-geotecnica di supporto alla realizzazione nuovo edificio residenziale in Via Giovanni Pascoli (Studio G.E.A., 2011)
26. Indagine geologico-geotecnica di supporto alla formazione di un nuovo tronco stradale in Via Santa Lucia (Studio G.E.A., 2011)