



COMUNE DI PIARIO
Provincia di Bergamo

VARIANTE 01 AL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

COMPONENTE GEOLOGICA,
IDROGEOLOGICA E SISMICA
DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO
(LR 12/2005 - DGR IX/2616/2011 – DGR X/2129/2014)

Elaborato 01: Relazione illustrativa

APRILE 2017



MARIANTONIA FERRACIN, GEOLOGO
Via Bocchetta, 14 - 24020 Gandellino (BG)
www.atoshstudio.com – info@atoshstudio.com
mobile +39 348 6039446

1. INDICE

1.	INDICE.....	2
2.	ELENCO elaborati E TAVOLE FUORI TESTO	6
3.	PREMESSA.....	7
4.	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO – TERRITORIALE	9
5.	LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI	10
5.1	PROCESSI MORFODINAMICI	11
5.2	FORME E DEPOSITI CONNESSI ALLA GRAVITÀ	12
5.2.1	Nicchia di frana per crollo	12
5.2.2	Nicchia di frana per colamento	12
5.2.3	Contropendenza.....	12
5.2.4	Orlo di scarpate di degradazione.....	13
5.2.5	Canalone di detrito	13
5.2.6	Accumulo di frana per crollo	13
5.2.7	Accumulo di frana per scorrimento	13
5.2.8	Aree soggette a distacco e/o caduta massi	13
5.2.9	Cresta di degradazione	14
5.3	FORME E DEPOSITI CONNESSI ALLE ACQUE SUPERFICIALI	14
5.3.1	Dosso fluviale.....	14
5.3.2	Vallecola ad U	14
5.3.3	Orlo di terrazzo con altezza inferiore a 5 metri	14
5.3.4	Orlo di terrazzo con altezza superiore a 5 metri.....	14
5.3.5	Superficie soggetta a dilavamento concentrato	15
5.4	FORME E DEPOSITI GLACIALI E CRIONIVALI.....	15
5.4.1	Cordone morenico.....	15
5.4.2	Principali massi erratici	15
5.5	FORME STRUTTURALI E TETTONICHE.....	15

5.5.1 Picco roccioso.....	15
5.5.2 Sella	15
5.6 ELEMENTI ANTROPICI	16
5.6.1 Orlo di terrazzo	16
5.6.2 Tratto di argine in muratura.....	16
5.6.3 Opera di derivazione.....	16
5.6.4 Canale artificiale	16
5.6.5 Antico canale di irrigazione	16
5.7 FORME RELITTE	16
5.7.1 Superficie relitta o di origine complessa	16
5.7.2 Orlo di superficie relitta o di origine complessa	16
5.8 SISTEMA DI TERRAZZI – UNITÀ DI PAESAGGIO	17
5.8.1 Area di pertinenza dell'alveo attuale del fiume Serio	17
5.8.2 Primo ordine di terrazzi del fiume Serio.....	18
5.8.3 Secondo ordine di terrazzi del fiume Serio.....	18
5.8.4 Terrazzo fluvioglaciale	18
5.9 ELEMENTI DI DISSESTO CONTENUTI NEL CENSIMENTO REGIONALE.....	19
6. LINEAMENTI CLIVOMETRICI	22
6.1 Finalità all'utenza urbanistica	24
6.2 Modalità di applicazione	26
7. LINEAMENTI GEOLOGICI E LITOLOGICI.....	27
7.1 Inquadramento geologico	27
7.2 Le unità del substrato	27
7.2.1 Formazione di Gorno (Carnico inferiore).....	27
7.2.2 Dolomia principale (Carnico superiore – Norico medio)	29
7.3 Depositi continentali quaternari e neogenici.....	31
7.3.1 Depositi antropici (Olocene)	31
7.3.2 Alluvioni attuali (Pleistocene superiore – olocene).....	31
7.3.3 Alluvioni recenti (Pleistocene superiore – olocene).....	31
7.3.4 Depositi grossolani di degradazione dei versanti (Olocene).....	32

7.3.5 Depositi medio - fini di degradazione dei versanti (Olocene)	32
7.3.6 Depositi alluvionali antichi (Pleistocene superiore – Olocene)	32
7.3.7 Bacino dell’Oglio.....	33
7.3.8 Bacino del Serio.....	35
8. CARATTERIZZAZIONE METEOCLIMATICA	46
8.1 PRECIPITAZIONI DI BREVE DURATA E DI FORTE INTENSITÀ	46
9. LINEAMENTI IDROGRAFICI ED IDROGEOLOGICI.....	52
9.1 IDROGRAFIA.....	52
9.1.1 Pericolosità idraulica.....	53
9.2 IDROGEOLOGIA	54
9.2.1 Struttura idrogeologica degli acquiferi in depositi alluvionali e nel substrato roccioso	54
9.2.2 Censimento dei dati idrogeologici	57
9.2.3 Piezometria della falda e portate specifiche	61
9.2.4 Permeabilità e vulnerabilità degli acquiferi	61
10. elementi di pericolosità sismica locale.....	65
10.1 inquadramento tettonico.....	67
10.1.1Assetto tettonico dell’Italia Settentrionale	67
10.2 Inquadramento sismologico.....	69
10.2.1Cenni di sismicità storica e strutturale	69
10.2.2Quadro normativo nazionale	72
10.3 Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito: aspetti metodologici	78
10.3.1Aspetti generali	78
10.3.2Analisi e valutazione degli effetti sismici secondo la normativa regionale	80
10.4 Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito	100

10.4.1Primo	livello
.....	100
10.4.2Secondo	livello
.....	101
11. sintesi degli elementi tecnici	106
13. sintesi dei vincoli normativi a carattere geologico ed idrogeologico.....	110
14. fattibilita' delle azioni di piano	112
15. Fattibilità delle azioni di piano.....	116

2. ELENCO ELABORATI E TAVOLE FUORI TESTO

Elaborati

Elaborato 01: Relazione Illustrativa

Elaborato 02: Norme Geologiche Di Piano

Tavole allegate

Tavola ID	Oggetto	Scala
01a	Lineamenti geomorfologici	1:5.000
01b	Lineamenti clivometrici	1:5.000
02	Lineamenti geologici e litologici	1:5.000
03	Lineamenti idrogeologici e idrografici	1:5.000
04	Elementi della pericolosità sismica locale	1:5.000
05a	Sintesi degli elementi tecnici	1:5.000
05b	Sintesi dei vincoli normativi a carattere geologico e idrogeologico	1:5.000
06	Fattibilità geologica delle azioni di piano	1:5.000
07a	Fattibilità geologica delle azioni di piano	1:2.000
07b	Fattibilità geologica delle azioni di piano	1:2.000

3. PREMESSA

Il presente documento, parte integrante del PGT di Piario, rappresenta l'aggiornamento dello studio geologico allegato al previgente strumento di pianificazione locale (PGT).

L'aggiornamento dell'esistente studio geologico è reso obbligatorio dalla LR 12/2005, successive modifiche ed integrazioni, e di relativi criteri attuativi di cui alla DGR IX/2616/2011 e DGR X/2129/2014, che hanno recepito le disposizioni in materia di microzonazione sismica contenute nel DM 14 gennaio 2008 "*Norme Tecniche per le Costruzioni*".

In particolare la DGR IX/2616/2011 ha recepito le disposizioni nazionali in campo sismico previste dal DM 14 gennaio 2008, già introdotte dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 3274 del 20 marzo 2003 e fatte proprie dalla Regione Lombardia con la DGR VII/14964/2003 e con DGR X/2129/2014.

Oltre ad altri aspetti, l'obiettivo fondamentale della DGR IX/2616/2011 è l'individuazione e la delimitazione di zone omogenee del territorio comunale (microzonazione sismica) alle quali vengono attribuiti parametri e prescrizioni finalizzati alla riduzione del rischio sismico da utilizzare nella pianificazione urbanistica, nella progettazione di manufatti e nella messa in sicurezza di edifici esistenti.

Riprendendo quanto presente nello studio approvato in data **4 aprile 2012** e efficace dal **25 luglio 2012**, l'aggiornamento riguarda i seguenti elementi:

- Zonazione della Pericolosità Sismica Locale: sull'elaborato cartografico sono riportati gli areali delle diverse situazioni tipo, in grado di determinare gli effetti sismici locali che possono alterare, amplificandoli, gli effetti di un sisma di riferimento (approfondimento di I° LIVELLO). Sugli scenari di pericolosità sismica locale, riportati nella Tabella 1 – Allegato 5 – della DGR IX/2616/2011 e DGR X/2129/2014, se previsti, vengono effettuati successivamente gli approfondimenti di II° LIVELLO, secondo le procedure stabilite dalle DGR stesse.
- Carta di Fattibilità geologica delle Azioni di Piano: l'attribuzione delle si tratta di un aggiornamento della carta di fattibilità, sulla quale sono riportati con appositi retini "trasparenti" le aree a pericolosità sismica locale soggette ad amplificazioni sismiche, distinguendo quelle con Fattore di Amplificazione (Fa) maggiore al valore soglia comunale da quelle con Fa minore al valore soglia comunale. La procedura di calcolo del

Fa è fissata dall'allegato 5 alla DGR IX/2616/2011 e DGR X/2129/2014. Tale sovrapposizione non comporta quindi un automatico cambio di Classe di fattibilità, ma fornisce indicazioni su dove poter utilizzare, in fase di progettazione, lo spettro di risposta elastico previsto dal DM 14 gennaio 2008, oppure dove sia necessario realizzare preventivamente gli studi di III° Livello (fermo restando la possibilità di utilizzare i parametri di progetto previsti dalla normativa nazionale per la zona sismica superiore).

Modifiche della fattibilità sono state effettuate per adeguarla alla carta di sintesi, aggiornata in seguito all'approvazione del PGT vigente.

La riedizione dello Studio Geologico / fattibilità non ha implicato l'aggiornamento del quadro del dissesto con legenda uniformata PAI in quanto il comune di Piario non risulta tra i comuni di cui alla DGR VII/7365/2001 o alla DGR IX/2616/2011 assoggettati all'iter di cui all'articolo 18 delle NdA. del PAI.

- Le Norme Geologiche di Piano: la normativa è stata riformulata sulla base delle recenti indicazioni normative e con riferimento al Piano delle Regole ad al Documento di Piano del PGT.

Al fine di rendere omogenea ed unitaria la lettura dello studio geologico si sono riproposti, senza alcuna modifica, gli altri elaborati cartografici presenti nel vigente studio geologico.

4. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO – TERRITORIALE

Il territorio del Comune di Piario, ubicato in provincia di Bergamo, si trova interamente sulla sinistra idrografica del fiume Serio e si estende per una superficie complessiva di 1,48 km².

Nell'ambito del territorio comunale è presente un solo nucleo abitato di una certa dimensione che è anche sede comunale.

Più in dettaglio il territorio di Piario si estende con andamento grossomodo Nord Sud e presenta una porzione pianeggiante prossima al nucleo abitato, mentre il resto del territorio comunale è montuoso.

I principali rilievi sono: il Monte Nè (851 m s.l.m.) e il Monte Cucco (767 m s.l.m.).

Nel territorio comunale di Piario la quota minima è pari a 480 m s.l.m. e quella massima è di 851 m s.l.m..

Dal punto di vista strettamente amministrativo il territorio di Piario confina a Nord con il Comune di Villa d'Ogna, ad Est e Sud Est con il Comune di Clusone, ad Ovest – Sud Ovest con il Comune Parre.

Dal punto di vista idrografico il territorio di Piario appartiene al bacino del fiume Serio.

In generale, se si esclude l'area pianeggiante più fortemente antropizzata, sono ben conservati i caratteri morfologici naturali originari con evidenti fenomeni geomorfologici attivi.

5. LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI

I progressi della geologia ambientale hanno condotto recentemente alla messa a punto di una metodologia di rilevamento geologico che si avvale delle indicazioni combinate ricavate dalla geomorfologia, dalla litologia di superficie, dall'idrogeologia, dall'idrologia e dall'intervento antropico sul territorio.

L'interpretazione combinata di questi caratteri permette di evidenziare i processi che controllano l'evoluzione in atto del paesaggio e si possono, di conseguenza, ritenere di preminente importanza nella definizione delle caratteristiche geoambientali di un territorio.

La parte preliminare di queste indagini è costituita da un'attenta osservazione delle forme del terreno e della loro associazione, tenendo conto dei seguenti aspetti:

- proprietà morfogenetiche e morfometriche quali: tipo, dimensioni, inclinazioni, esposizione ecc.;
- composizione litologica ed assetto tettonico dei materiali su cui si sono modellati;
- forze e processi dinamici che hanno modellato o che attualmente insistono nella loro azione;
- relazioni cronologiche tra le diverse forme;
- rapporti reciproci e distribuzione spaziale.

Lo studio geomorfologico rappresenta quindi un aspetto funzionale alla determinazione delle caratteristiche geologico – idrogeologico dell'area.

La morfologia dell'area presenta molteplici aspetti legati sia alla varietà dei tipi litologici, sia alla tettonica, sia alla diversità dei processi geomorfologici che, in funzione delle condizioni climatiche passate ed attuali, hanno modellato e modellano tuttora la zona.

I processi geomorfologici evidenziati nello studio del territorio di Piario sono principalmente legati all'azione della gravità sui versanti montuosi, alla quale si abbina quella dei ghiacci, dell'acqua, sia incanalata sia diffusa, ed in minima parte al carsismo.

Molteplici sono inoltre le incidenze morfologiche dovute all'attività antropica, talora direttamente responsabili di piccole instabilità.

I dati raccolti nel corso dell'indagine geomorfologica si sono rivelati determinanti sia nel corso delle indagini specifiche relative all'individuazione e distribuzione dei principali rischi geologici sia nella definizione di aree a caratteristiche geoambientali omogenee.

Infine è da sottolineare come le stesse unità litologiche condizionano la morfologia del territorio in misura diversa a seconda delle caratteristiche delle rocce e della loro maggiore o minore predisposizione all'alterazione e alla demolizione ad opera degli agenti atmosferici.

5.1 PROCESSI MORFODINAMICI

Le carte geomorfologiche ad indirizzo applicativo sono prodotte essenzialmente al fine di valutare la pericolosità dei processi morfogenetici che possono determinare situazioni di rischio (Pellegrini et al., 1993).

La morfologia del territorio di Piario è il risultato della combinazione di diversi fattori geologici, dell'azione del modellamento superficiale operata da fattori climatici e dell'azione antropica.

Nella carta geomorfologica sono stati evidenziati con campiture gli elementi che compongono il paesaggio fisico, mentre con simboli sono indicati i processi geomorfologici in atto, quiescenti o inattivi.

Le forme individuate sono suddivise in funzione dell'agente geomorfologico che le ha generate, al diverso tipo di processo morfogenetico ed al suo attuale grado d'attività.

Notevole importanza nell'indagine geomorfologica sul territorio comunale di Piario è stata data dalla fotointerpretazione, che ha permesso di ottenere dati di base indispensabili per la fase successiva di verifiche sul campo.

Il successivo rilevamento sul terreno è stato utilizzato sia per tarare le indagini eseguite con l'ausilio delle foto aeree, che per approfondire la conoscenza dei rapporti tra gli elementi individuati. L'indagine fotogrammetrica è stata condotta sulla base delle fotografie aeree in bianco e nero, prodotto dalla Rilievi Aerofotogrammetrici Topografici Industriali s.r.l. per conto dell'Amministrazione Comunale di Piario.

La fotointerpretazione ha permesso di evidenziare, in prima approssimazione, numerosi elementi caratteristici del territorio, come ad esempio le tessiture, i patterns e la densità di drenaggio, i tracciati fluviali (attuali ed abbandonati), i fenomeni gravitativi in atto, le forme connesse all'assetto strutturale ed i limiti di alcune unità di paesaggio.

Si sono distinte forme legate all'azione fluviale, all'azione della gravità ed all'azione antropica. Alle forme riconosciute è attribuito poi un grado d'attività individuando i fenomeni attivi, quiescenti ed inattivi.

Le forme attive sono ancora in evoluzione, collegate quindi a processi morfogenetici ancora in atto all'epoca del rilevamento e quelle dovute a processi non in atto ma ricorrenti a ciclo breve.

Le forme quiescenti, pur non essendo in evoluzione al momento del rilievo, sono in grado di riattivarsi in seguito ad eventi meteorologici particolari od eccezionali. Spesso però queste forme possono riattivarsi anche con un inopportuno intervento antropico.

Infine vi sono le forme inattive, per le quali si ritiene sostanzialmente completata l'evoluzione. Sono in genere collegate a condizioni morfo-climatiche diverse da quelle attuali, perciò difficilmente riattivabili.

Nel territorio comunale di Piario le forme riconosciute sono connesse prevalentemente all'azione gravitativa, a quella delle acque superficiali e dei ghiacci che con la loro azione d'erosione, di scorrimento e di deposito hanno modellato buona parte della superficie.

Spesso la forte antropizzazione del territorio, legata soprattutto alla costruzione di edifici e ai terrazzi agricoli, ha cancellato i segni e le forme originarie del territorio rendendo difficoltosa l'interpretazione dei fenomeni che hanno portato all'aspetto attuale il territorio.

Le forme morfologiche riconosciute all'interno del territorio comunale di Piario sono di seguito descritte:

5.2 FORME E DEPOSITI CONNESSI ALLA GRAVITÀ

5.2.1 Nicchia di frana per crollo

Sul versante occidentale del Monte Nè è presente una frana di crollo di discrete dimensioni. Questo tipo di forme sono sempre associate ad aree caratterizzate da attività residuale di distacco massi, che assume i connotati di attività conclusiva del fenomeno gravitativo precedente.

5.2.2 Nicchia di frana per colamento

Si tratta di aree in cui si sono generati fenomeni di colamento o flussi e/o di coalescenza di piccole e diffuse frane di depositi di copertura, sono delimitate a monte da un orlo, la cui posizione arretra lentamente nel tempo con l'evoluzione dei predetti fenomeni.

5.2.3 Contropendenza

Si tratta di un gradino dovuto alla azione combinata di fenomeni strutturali e gravitativi.

Sul territorio comunale di Piario è presente a Sud Ovest della Pizzeria Cantoniera.

5.2.4 Orlo di scarpate di degradazione

Evidenziano un cambiamento di pendenza prodotto prevalentemente dall'azione della gravità. L'azione della gravità ha prodotto la degradazione dei versanti sia mediante una lenta evoluzione che mediante collassi avvenuti in lassi temporali brevi. Questi ultimi presentano generalmente forme con concavità rivolta verso valle, definendo, quindi in questo caso, delle nicchie di frana.

5.2.5 Canalone di detrito

Forma di erosione meteorico – gravitativa che comporta la formazione di un incavo vallivo dove si possono accumulare in condizioni di pendenza critica materiali detritici generalmente grossolani provenienti da crolli e distacchi.

Sono presenti sul versante occidentale del Monte Nè.

5.2.6 Accumulo di frana per crollo

Si tratta di una morfologia convessa, connessa all'accumulo caotico dei detriti movimentati in seguito al rilascio di una frana.

Un consistente accumulo di frana si individua a monte del cimitero comunale e gli è stato attribuito un grado di attività quiescente perché l'area dell'accumulo può essere potenzialmente soggetta a fenomeni di caduta massi proventi dal coronamento. Non si sono riscontrati fenomeni di attività relativamente all'accumulo stesso.

5.2.7 Accumulo di frana per scorrimento

Si tratta di un accumulo di blocchi multipli, o di un blocco singolo, o di una porzione di versante, il cui movimento è avvenuto per scivolamento traslazionale.

Questa tipologia di accumulo è rappresentato dal dosso presente nel settore Nord orientale del Comune di Piario.

5.2.8 Aree soggette a distacco e/o caduta massi

Con questo simbolo sono stati indicati i punti dove sono stati effettivamente osservati o sono possibili distacchi di blocchi isolati da pareti rocciose o versanti molto ripidi. Questi fenomeni sono favoriti dall'accentuata fessurazione delle masse rocciose, dall'azione meccanica delle piante e dalla elevata inclinazione del pendio.

Si possono osservare principalmente lungo la parte sommitale dei versanti di Monte Nè.

Associati a questi fenomeni, si possono osservare nelle medesime aree anche piccole e non cartografabili, aree di frana di crollo.

5.2.9 Cresta di degradazione

Con questo simbolo sono indicate le zone di crinale più evidenti e con forma acuta: esse coincidono in pratica con gli spartiacque superficiali. È stata cartografata la cresta che unisce il Monte Cucco al Monte di Né.

5.3 FORME E DEPOSITI CONNESSI ALLE ACQUE SUPERFICIALI

5.3.1 Dosso fluviale

Si tratta di un accumulo di ghiaie grossolane, talvolta alternate a limi d'esondazione, con forma generalmente arcuate o allungate lungo la direzione di scorrimento delle acque. Rappresentano variazioni dell'andamento dell'idrografia nel tempo sulla superficie topografica.

È presente sul primo terrazzo del fiume Serio, nella porzione meridionale del territorio di Piario.

5.3.2 Vallecola ad U

Le valli a fondo concavo sono caratterizzate da una situazione di equilibrio fra apporti di detrito dai versanti laterali ed erosione o comunque di stabilità dell'asta fluviale. Sono state cartografate in modo di rivolgere la concavità, dei simboli considerati, verso valle.

Sono presenti lungo il versante occidentale del Monte di Né.

5.3.3 Orlo di terrazzo con altezza inferiore a 5 metri

L'erosione fluviale può manifestarsi sia come erosione in profondità all'interno del letto sia come erosione laterale. Questa ultima provoca lo scalzamento delle sponde, soprattutto durante eventi di piena di una certa importanza, ed elabora le scarpate fluviali facendole progressivamente arretrare. Si sono distinti in attivi ed inattivi ed in base all'altezza del terrazzo.

I principali orli di scarpata di erosione torrentizia attivi si possono osservare lungo il corso del Fiume Serio.

5.3.4 Orlo di terrazzo con altezza superiore a 5 metri

L'erosione fluviale può manifestarsi sia come erosione in profondità all'interno del letto sia come erosione laterale. Questa ultima provoca lo scalzamento delle sponde, soprat-

tutto durante eventi di piena di una certa importanza, ed elabora le scarpate fluviali facendole progressivamente arretrare.

I principali orli di scarpata di erosione fluviale, comunque inattivi, si possono osservare lungo il corso del Fiume Serio.

5.3.5 Superficie soggetta a dilavamento concentrato

Si tratta di aree soggette a decorticamento ed erosione concentrata da parte delle acque durante eventi meteorici di particolare intensità al di fuori del reticolo idrografico.

Si può osservare principalmente nella porzione settentrionale del territorio di Piario.

5.4 FORME E DEPOSITI GLACIALI E CRIONIVALI

5.4.1 Cordone morenico

Si tratta di accumuli di ghiaie grossolane, blocchi con abbondante matrice, con forme generalmente arcuate o allungate, che rappresentano gli accumuli frontali e laterali degli antichi ghiacciai.

Sono molto diffusi nel settore Sud orientale del territorio di Piario.

5.4.2 Principali massi erratici

In carta sono indicati i blocchi di dimensioni, anche notevole, e solitamente di forma tondeggiante che sono stati trasportati dalle lingue glaciali durante le glaciazioni e che, dopo lo scioglimento delle masse glaciali, sono riamasti in equilibrio sui versanti meno inclinati o sul fondo della valle.

Sono molto diffusi su tutto il settore centrale del territorio di Piario.

5.5 FORME STRUTTURALI E TETTONICHE

5.5.1 Picco roccioso

È una forma di erosione a torre o a guglia che caratterizza rocce soggette ad intensa clastesi e a conseguente elevata erodibilità o a forte dissoluzione carsica e che possono essere interessate da crolli o stacco di blocchi.

Queste forme caratterizzano la cima del Monte di Né.

5.5.2 Sella

Valico tra due colli originato da zone di debolezza lungo una faglia o un sistema di faglie, spesso accentuato dall'azione erosiva degli agenti atmosferici.

Forme di questo tipo sono presenti lungo la cresta Monte Cucco – Monte di Né.

5.6 ELEMENTI ANTROPICI

5.6.1 Orlo di terrazzo

L'azione di modellamento della superficie topografica da parte dell'uomo si manifesta anche attraverso l'apertura di scavi, l'arretramento di preesistenti orli di terrazzo o la parziale peneplanazione della superficie topografica.

Queste azioni portano alla formazione di orli di scarpata di origine an-tropica che presentano un'altezza molto variabile da pochi decimetri ad alcune decine di metri.

5.6.2 Tratto di argine in muratura

Con questa simbologia sono segnalate le opere di difesa dei corsi d'acqua aderenti alle sponde. Sono presenti lungo il fiume Serio.

5.6.3 Opera di derivazione

Si tratta di manufatti in calcestruzzo presenti nell'alveo del Fiume Serio atti alla derivazione di acque.

5.6.4 Canale artificiale

In carta è rappresentato l'intero andamento del canale artificiale presente sul territorio di Piario.

5.6.5 Antico canale di irrigazione

Si tratta di forme relitte, concave, connesse all'irrigazione agricola. Sono presenti sulla piana alluvionale di Groppino Basso.

5.7 FORME RELITTE

5.7.1 Superficie relitta o di origine complessa

Si tratta di aree che costituiscono antiche superfici di deposito o peneplanazione, cui non è più possibile stabilire l'agente morfogenetico principale che le ha formate.

Nel territorio di Piario tale area è ubicata in corrispondenza della Chiesa di San Rocco.

5.7.2 Orlo di superficie relitta o di origine complessa

Questi orli hanno origine complessa, o legati alla coalescenza con prevalenza dei fenomeni fluviali e connessi alla gravità.

I cambiamenti di pendenza sono diffusi soprattutto nel settore nord occidentale del ter-

ritorio di Piario, e delimitano la superficie semispia-nata dove sono state edificate la chiesa di San Rocco e la cappella degli alpini.

5.8 SISTEMA DI TERRAZZI – UNITÀ DI PAESAGGIO

L'unità di paesaggio s'identifica come una superficie caratterizzata da un'omogeneità delle forme del paesaggio. Essa risponde perciò a criteri propriamente geomorfologici ed è caratterizzata dalle seguenti proprietà:

- un'unità di paesaggio è una superficie riconosciuta sulla base di discontinuità che la distinguono dalle adiacenti;
- i limiti delle unità di paesaggio sono costituiti da superfici sia d'erosione che di aggradazione. I corpi sedimentari delimitati da queste superfici possono presentare caratteristiche litologiche, tessiturali, fisiche, chimiche, paleontologiche proprie sia verticalmente sia orizzontalmente;
- le unità di paesaggio sono definite da un'area tipo;
- l'interpretazione genetica non è un criterio che può essere utilizzato per definire l'unità stessa, ma può facilitare all'individuazione dei limiti.

I criteri adottati per la distinzione delle diverse unità di paesaggio del territorio comunale di Piario, sono:

- geomorfologico: come sottolineato precedentemente, l'assetto ge-omorfologico dell'area è legato alla presenza di importanti corsi d'acqua che hanno determinato e determinano l'evoluzione, nelle zone pianeggianti, delle forme ereditate al termine del periodo glaciale.
- del grado di alterazione dei depositi e del grado di sviluppo del processo pedogenetico;
- i rapporti stratigrafici: spesso risultano di scarso aiuto in quanto i depositi delle diverse unità di paesaggio non sono stratigrafica mente sovrapposti ma in contatto laterale.

Le unità di paesaggio riconosciute nel territorio di Piario sono le seguenti:

5.8.1 Area di pertinenza dell'alveo attuale del fiume Serio

Ha una dinamica fluviale attiva e gli interventi antropici hanno modificato parzialmente le sue caratteristiche mediante opere quali briglie e argini artificiali.

Questa unità è osservabile da fotografia aerea e si sviluppa nel greto del fiume Serio.

5.8.2 Primo ordine di terrazzi del fiume Serio

Ha una dinamica fluviale potenzialmente attiva e gli interventi antropici (prevalentemente agricoli) hanno modificato parzialmente le sue caratteristiche.

Questo terrazzo è osservabile da fotografia aerea e si sviluppa immediatamente sulla sinistra idrografica del fiume Serio.

5.8.3 Secondo ordine di terrazzi del fiume Serio

Ha una dinamica fluviale inattiva e gli interventi antropici hanno modificato pesantemente le sue caratteristiche.

Questo terrazzo è osservabile da fotografia aerea e si sviluppa nell'area prossima al depuratore di Piario.

5.8.4 Terrazzo fluvioglaciale

Ha una dinamica fluvioglaciale inattiva e gli interventi antropici hanno modificato in gran parte le sue caratteristiche.

Questo terrazzo è osservabile da fotografia aerea e si sviluppa in corrispondenza di tutto l'abitato di Piario.

5.9 ELEMENTI DI DISSESTO CONTENUTI NEL CENSIMENTO REGIONALE

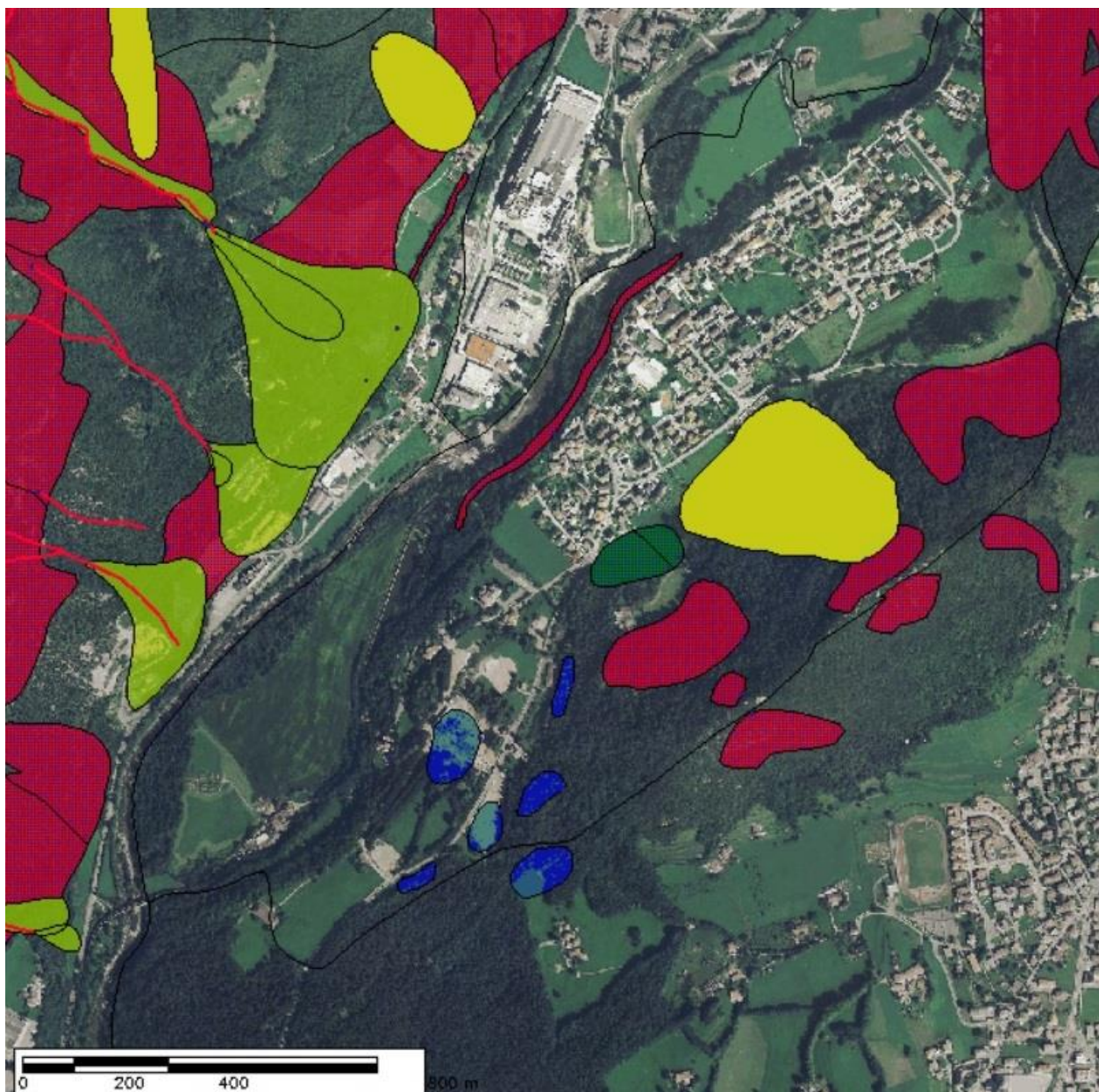


Figura 1: Estratto dalla cartografia GeoIFFI della Regione Lombardia in scala grafica.



Figura 2: Legenda dell'Inventario Frane e dei Dissesti Idrogeologici GeoIFFI.

La Regione Lombardia ha predisposto un inventario delle frane e dei dissesti idrogeologici. Questo inventario è stato realizzato tra il 1999 e il 2000, principalmente attraverso l'interpretazione di foto aeree; tale attività è stata poi integrata da materiale storico – documentale ed alcuni sopralluoghi di verifica sul terreno.

La cartografia dell'Inventario Frane e dei Dissesti Idrogeologici della Regione Lombardia, riguardante l'area di Piario, riporta la presenza di pareti di roccia che possono originare crolli.

Nell'ambito del Progetto IFFI – Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia, volto ad ottenere un quadro quanto più completo ed omogeneo dello stato dei dissesti sul territorio nazionale, il Servizio Geologico Nazionale (ora confluito nell'APAT) ha proposto una codifica dei dati sui dissesti, costituita da un database alfanumerico in tre livelli di approfondimento e da un database grafico per i corrispettivi dati geometrici.

La Regione Lombardia ha implementato in tale progetto le risultanze dell'Inventario Frane e dei Dissesti Idrogeologici (si veda Figura 1 con legenda riportata in Figura 2), con riclassificazione dei dissesti secondo gli standard previsti dal progetto IFFI. Tale riclassificazione non ha portato significative modifiche alla tipologia e grado di attività dei dissesti riportato nel censimento dissesti regionale.

In base alla consultazione del censimento dei dissesti effettuato dalla Regione Lombardia, si sono rintracciati i seguenti dissesti:

- | | |
|----|--|
| 01 | <p>Ciglio del terrazzo fluvioglaciale sul quale sorge il centro di Piario; i banconi di conglomerato, fessurati e alterati in superficie, affetti da scavarnamenti per erosione dei livelli meno cementati, formano pareti aggettanti e sono sottoposti al carico delle strutture edilizie sovrastanti, alle vibrazioni del traffico e alle infiltrazioni concentrate d'acque di sgrondo. Si rilevano cedimenti e fessurazioni diffusi, che possono portare anche a crolli improvvisi.</p> |
|----|--|

Studio geologico tecnico per la ristrutturazione di un edificio in via Bruco - GeoTer, 1997; Censimento dei dissesti della C.M.V.S.S. 1998 (GeoTer)

02	Crollo di una cavità carsica sotterranea nei banconi di conglomerato del terrazzo del Serio, con formazione di una voragine in superficie del diametro di una quindicina di metri e di una "clesidra" che ha inghiottito molti metri cubi di terra e di cemento fatti gettare come pronto intervento dai Vigili del Fuoco. Sul fondo della cavità si vede scorrere acqua Scavo di svaso della dolina; drenaggio completo delle acque sotterranee (provenienti dalla sorgente della "Madonnina"), con la realizzazione di un condotto sotterraneo ispezionabile; ripristino della superficie. Il fenomeno era accaduto anche intorno agli anni '60 quando si stava ristrutturando la palazzina. Nella zona le doline simili sono frequenti e molte sono state livellate con riporti e costituiscono un grave pericolo nell'utilizzo dell'area (vedasi studi geologico – tecnici riguardanti la costruzione del nuovo ospedale (1994, Georobica). <i>Indagine sul dissesto idrogeologico nei pressi di Villa Sorgenti, Ospedale di Groppino, Piario (BG) - Daniele Ravagnani Geologo, 15 luglio 1992;</i>
----	--

Tutte le aree in cui sono avvenuti i dissesti sopra descritti, sono state inserite in areali di idonea attenzione.

6. LINEAMENTI CLIVOMETRICI

La disponibilità di una base topografica in formato digitale georeferenziata e quotata ha permesso di caratterizzare in dettaglio il territorio comunale sotto l'aspetto dell'acclività dei versanti. La metodologia impiegata, utilizzando i dati di origine impiegati per la ricostruzione cartografica del territorio comunale, è totalmente digitale.

Questo studio ha quindi impiegato il sistema ILWIS che ha elaborato i punti ed, in alcuni casi, le isoipse entrambi gli elementi ricavati dalla Carta Tecnica Comunale in scala nominale 1:2.000, ottenuta dal volo del 19 dicembre 2000.

Il gruppo di informazioni di base è di tipo vettoriale, cioè ogni unità (punto od isoipsa) è definita da una griglia irregolare da due coordinate (X, Y) e, nel caso delle isoipse, da una direzione di movimento. Il sistema ILWIS è in grado di operare elaborazioni prevalentemente con database di tipo raster, nel quale ogni elemento è rappresentato da un'unità minima chiamata pixel le cui dimensioni vengono scelte dall'operatore in funzione della scala a cui si sta lavorando; ogni pixel è inoltre definito in una griglia regolare da due numeri (riga, colonna). L'utilizzo di dati raster comporta una serie di vantaggi tra cui, ad esempio, la rapidità di manipolazione e la possibilità di sovrapposizione di molte immagini aventi le medesime coordinate.

Il database vettoriale è stato quindi trasformato in un database raster. Successivamente, la carta è stata interpolata mediante un procedimento lineare che permette di calcolare un valore per ogni pixel intermedio a due isoipse o punti. La carta interpolata, la cui risoluzione nel caso di Piario è pari a 2,35 metri, risulta essere la base per una serie di elaborazioni successive, attraverso l'applicazione di filtri software. Questi ultimi non sono altro che dei procedimenti matematico – statistici, quali derivate prime e seconde rispetto ad X ed ad Y, l'equazione di Laplace, ecc., applicati pixel per pixel ed utilizzati per migliorare la risoluzione delle immagini o per evidenziare certe strutture particolarmente interessanti e non immediatamente percepibili dalle carte topografiche o dalle foto aeree o di satellite (es.: allineamenti strutturali). Applicando una coppia di filtri (derivate in X ed in Y) alla carta interpolata, si ottiene una carta di gradiente che, una volta classificata secondo la tabella di classi di pendenza opportunamente scelte, ha permesso di ottenere la carta dell'acclività dell'area in esame.

Per una migliore rappresentazione delle aree a pendenza omogenea, si è proceduto ad

effettuare una media mobile su pixel per pixel e per cinque pixel per volta, attribuendo alla fine al pixel il valore di inclinazione medio. Questo procedimento permette di rendere più leggibile le informazioni ottenute poiché, di fatto, accorpa pixel, ottenendo una maggiore leggibilità dell'elaborato finale vista la scala finale di restituzione.



Figura 3: *Rappresentazione tridimensionale del territorio comunale di Piario. Sulla rappresentazione sono evidenziati i principali elementi antropici che caratterizzano il territorio comunale.*

Ulteriori informazioni di tipo morfonumerico e strutturale possono essere ricavate dal modello delle elevazioni sul livello del mare e dal modello digitale “pseudo – tridimensionale”, rappresentato nella figura precedente. Il primo modello è stato ricavato classificando la carta interpolata secondo l'altezza rispetto al livello del mare, mentre il secondo è stato ottenuto applicando ancora una volta un filtro alla carta interpolata, il quale, simulando una fonte luminosa fissa da NO, produce un'ombreggiatura che genera l'effetto di apparente tridimensionalità dell'immagine. Il block – diagramma deriva dalla carta

interpolata, che funge da carta base delle altezze, riorientata secondo l'angolo di visuale prescelto ed integrata dal modello digitale.

6.1 FINALITÀ ALL'UTENZA URBANISTICA

La bibliografia esistente si è assestata su 4 classi ritenute significative. Tali classi, efficacemente introdotte e giustificate in Amadesi et al. (1976) sono le seguenti:

- acclività inferiori a 6°
- acclività comprese tra i 6° e gli 11°
- acclività comprese tra gli 11° e i 20°
- acclività superiori ai 20°.

Questo tipo di suddivisione è particolarmente descrittivo laddove alla blanda morfologia, corrisponde ad un generale sviluppo dell'acclività inferiore ai 20°, che si riscontrano nella maggioranza del territorio collinare e basso montano con caratteristiche litologiche di materiali sciolti.

Ciò corrisponde ad un'efficace descrizione della distribuzione areale della clivometria, non solo per quanto attiene ai rispettivi riflessi sulla stabilità dei versanti o sulla meccanizzazione del lavoro agricolo, ma anche per la pianificazione di nuovi insediamenti urbani e/o delle relative infrastrutture.

Sostanzialmente differente invece è la risultante zonazione nell'ambiente montano laddove la gran parte del territorio ricade invece in una classe di acclività superiore ai 20° per la presenza di litotipi rocciosi nel substrato o per la presenza di forme morfologiche relativamente giovani composte da materiali sciolti.

Verificata quindi la necessità di introdurre ulteriori soglie superiori ai 20°, Amadesi et al. (1976) hanno precisato quali possano essere e quali siano le necessità pianificatorie cui le medesime debbano rispondere.

In termini operativi si è quindi definito dapprima quali fossero le necessità dell'urbanistica cui dare espressione in termini numerici, e quali fossero le soglie di demarcazione di areali a diversa acclività. Tali soglie si sono concretizzate in corrispondenza dei valori clivometrici di 35° e di 52°, integrano le classi precedenti con l'aggiunta delle seguenti voci:

- acclività comprese tra i 20° e i 33°
- acclività comprese tra i 33° e i 52°

- acclività superiori ai 52°

La soglia dei 33°

Alla definizione di questo primo parametro clivometrico hanno concorso due diversi gruppi funzionali. Al primo di questi confluiscono considerazioni di ordine pratico, economico ed in generale legati ad una efficiente gestione del bene suolo.

In areali ad acclività superiore a questo valore, infatti, la realizzazione delle infrastrutture di servizio agli insediamenti (viabilità, reti tecnologiche quali acquedotti, fognature, distribuzione del gas e dell'energia) richiedono oneri economici molto elevati rendendo, di fatto, non conveniente, per motivi economici oltre che gestionali, l'urbanizzazione degli areali corrispondenti.

Ulteriore praticità nella differenziazione di questa soglia clivometrica deriva dall'approccio che consente all'analisi dei fenomeni valanghivi.

È noto infatti che, pur essendo il fenomeno valanga legato essenzialmente al momento meteorico, tutti gli Autori sono concordi nel considerare attivi i pendii di acclività superiore ai 32° - 33°.

Pertanto la differenziazione dal contesto di areali così caratterizzabili ed assumenti un ruolo di aree sorgenti di valanghe consente di effettuare utilissime considerazioni di carattere pianificatorio destinando o meno all'uno od all'altro tipo di uso urbanistico areali interessati dal potenziale pericolo di valangosità così individuato.

Inoltre, per le caratteristiche geotecniche dei materiali presenti nell'ambito del territorio comunale, la soglia dei 33° indica generalmente il limite in cui i materiali sciolti sono stabili. Oltre questa soglia quindi, fatto salvo particolari dimensioni granulometriche o di giacitura dei corpi, accumuli di materiali sciolti sono potenzialmente instabili.

La soglia dei 52°

La soglia è prevalentemente legata al problema dei distacchi lapidei che accompagnano sempre areali molto acclivi cui sempre, o quasi sempre, corrispondono affioramenti del substrato. La demarcazione dei 52° fra aree generatrici e non di tale pericolo, è stata fissata sulla base di realtà note in bibliografia ed ingloba talvolta anche pendii parzialmente erbosi e/o arbustati, consentendo una efficace perimetrazione degli areali problematici.

Note quindi le superfici sorgenti dei distacchi lapidei, possono essere dedotti i vettori di percorso dei frammenti litici sulla base dei quali effettuare considerazioni analitiche di previsione, sia in termini di destinazione urbanistica di aree che di definizione di tracciati

stradali o di quant'altro possa essere significativo a questo proposito.

La presenza di materiali sciolti di consistente spessore e con acclività superficiali oltre i 52°, sicuramente sono da considerarsi aree con potenziali instabilità, causabili anche con minime modifiche dell'assetto superficiale o dell'apporto superficiale di acqua.

6.2 MODALITÀ DI APPLICAZIONE

Come è noto la carta clivometrica è un elaborato di analisi cui geologicamente non viene riferita utilità pratica se non in funzione della definizione di stabilità dei versanti. Ciò premesso si ritiene invece che tale carta analitica possa rivestire notevole praticità d'uso, particolarmente per finalità di tipo urbanistico, allorquando la legenda sia ben strutturata e rispondere a precise necessità.

Si vuole sottolineare l'utilità di prendere in considerazione sempre con la carta clivometrica, la carta litologica e dei caratteri geotecnici. Infatti pur essendo sempre possibile definire delle classi di fattibilità in base ai valori di acclività dei pendii è pur vero che deve sempre, ed in ogni modo, essere presa in considerazione la litologia e le particolari condizioni di quest'ultima (possibili distacchi rocciosi, volume unitario, quantità di materiale sciolto rimobilizzabile, ecc.).

7. LINEAMENTI GEOLOGICI E LITOLOGICI

7.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Nella carta geologica le rocce ed i terreni sono distinti in base alla loro natura litologica, all'ubicazione stratigrafica (epoca di formazione) o, nel caso dei terreni, in base al processo prevalente che li ha formati. Questi elementi sono la base anche per la comprensione dei caratteri geomorfologici ed idrogeologici dell'area e permettono di formulare valutazioni sulle attitudini urbanistiche del territorio comunale.

Le rocce affioranti appartengono a formazioni prevalentemente di origine sedimentaria: calcari, calcari marnosi, calcari dolomitici, dolomie e brecce depositatesi tra il Carnico superiore e Norico medio – inferiore.

Da un punto di vista strutturale invece, esse appartengono ad un insieme noto come Alpi Meridionali - dal tipico stile tettonico a pieghe, pieghe-faglie e scaglie embriciate.

L'analisi foto - interpretativa ha mostrato evidenze morfologiche – strutturali di particolare interesse, mettendo in risalto anche la notevole influenza che possono avere l'erodibilità dei litotipi, l'azione dei ghiacci e delle acque sul paesaggio.

La ricerca si è svolta in due fasi:

- durante la prima fase, tramite stereoscopio, ci si è soffermati in particolar modo sulla geomorfologia della zona, riportando in carta oltre che agli incrementi e le diminuzioni di pendenza (confermati poi con l'analisi al calcolatore), anche i depositi superficiali;
- la seconda fase si è basata sulla verifica e sulla rifinitura del lavoro di campagna in cui sono state evidenziate le unità della legenda, soffermandosi soprattutto all'individuazione di particolari discontinuità strutturali non rilevabili sul terreno.

7.2 LE UNITÀ DEL SUBSTRATO

Nell'ambito del territorio sono state riconosciute, dalla più antica alla più recente, le seguenti formazioni:

7.2.1 Formazione di Gorno (Carnico inferiore).

La Formazione di Gorno è costituita da una potente successione carbonatica – terrigena con caratteristiche di sedimentazione ciclica, arricchita in terrigeni soprattutto nella porzione inferiore ed in quella superiore delle successioni delle aree meridionali, ove si interdigita con l'Arenaria di Val Sabbia e con la base della Formazione di San Giovanni Bianco (Val Brembana e Val Camonica).

Le litofacies prevalenti sono costituite da calcari micritici, marnosi e marnoso – arenacei, grigio scuri, sovente ricchi in lamellibranchi in strati decimetrici piano – paralleli, talora nodulari, alternati con strati pelitici e marnosi. Intercalazioni di litareniti feldspatiche ed areniti ibride sono segnalate localmente soprattutto nella parte inferiore dell'unità (S. Giovanni Bianco, Dossena, Val Vedra, (Gnaccolini 1986)). Frequenti sono le laminazioni parallele ed oblique (ripples di corrente e d'onda), e localmente la bioturbazione.

L'unità poggia in genere, nel settore centro – settentrionale, sul Calcare Metallifero Bergamasco o, localmente, sul Calcare di Esino (Cima Blum). Il limite inferiore è netto, segnato dalla comparsa sopra i calcari grigi ben stratificati di calcari marnosi grigio scuri con intercalazioni di marne nerastre. Nei settori meridionali (media Val Brembana) la Formazione di Gorno è sovrastante l'Arenaria di Val Sabbia. Superiormente l'unità passa gradualmente alle arenarie e peliti verdastre della Formazione di San Giovanni Bianco. Nel settore nord – orientale (Cima Blum, Monte Lantana, Valle del Dezzo, Pendici del monte Paré) l'unità è invece limitata a tetto dai calcari chiari stratificati della Formazione di Breno, alla quale risulta anche eteropica nelle Prealpi Lombarde a Nord Ovest. La Formazione di Gorno presenta inoltre, nei settori meridionali prealpini rapporti di eteropia con per l'interdigitazione con l'Arenaria di Val Sabbia.

Lo spessore della Formazione di Gorno è estremamente variabile, anche a causa delle eteropie presenti; varia da 70 a 140 tra San Giovanni Bianco e Lenna, raggiunge valori medi di 140 – 180 metri nel settore Dossena – Oltre il Colle e supera i 250 metri in Val del Riso e nella parte inferiore della Valle del Dezzo.

La Formazione di Gorno affiora nella bergamasca entro una fascia a decorso Est Ovest che dalla Media Val Brembana si estende attraverso la Val Parina e la Val del Riso sino alla media Val Seriana; è presente inoltre in Val Camonica tra Lovere e il Monte Pora sino al Col Vareno, e in limitati affioramenti in Valle del Dezzo e sul versante settentrionale del massiccio della Presolana.

Nel territorio di Piario questa litologia affiora nel settore Nord orientale.

La Formazione di Gorno è nota nella letteratura geologica sin dal secolo scorso per l'abbondante contenuto faunistico. Nei livelli calcareo – marnoso sono infatti frequenti le associazioni oligotipiche a Lamellibranchi. Sulla base di tali faune l'unità è concordemente attribuita al Carnico, e in particolare al Cordevolico e allo Julico (Allasinaz, 1968).

7.2.2 Dolomia principale (Carnico superiore – Norico medio)

Questa unità, che ha mantenuto l'antico nome introdotto in Lombardia nel 1876 da Lepsius, affiora estesamente nell'area bergamasca dove costituisce l'unità di maggiore estensione areale.

Nelle Prealpi Bergamasche occidentali la Dolomia Principale è presente dalla Corna Grande alla Val Stabina sino a Cassiglio; si estende poi da qui lungo il versante destro della Val Brembana, ove forma la dorsale M. Venturosa – M. Cancervo – M. Sornadello – M. Zucco di S. Pellegrino. Costituisce poi la dorsale che separa la Val Brembana dalla Val Serina, ed il massiccio dell'Alben, sino alla media Val Seriana (Cima di Cavlera). Verso sud l'unità è presente inoltre in Valle Imagna e lungo l'allineamento Corna Bianca – M. Puritto. Ad oriente del Serio la Dolomia Principale affiora in maniera pressochè continua entro una vasta area delimitata a nord dalla dorsale Cima Blum – M. Castello – M. Cornetto, ad est dall'allineamento M. Varro – M. Valtero sino al M. Clemo, a sud dall'allineamento Pizzo Formico – M. Grione – M. Clemo.

Il limite inferiore non è quasi mai osservabile. L'unità poggia con contatto tettonico direttamente sui litotipi plastici della Formazione di San Giovanni Bianco. Solo nel settore più orientale la base dell'unità è conservata, lungo il versante destro della Val Supine. Il limite inferiore è qui con la Formazione di Castro ed è di tipo transizionale, caratterizzato dall'intercalazione di dolomie scure stratificate entro i banchi metrici di breccie calcaree poligeniche dell'unità sottostante. Il limite superiore è con l'Argillite di Riva di Solto in Valle Imagna e al Monte Cavlera; mentre lo è con il Calcare di Zorzino in alta Valle Asinina (V. Piario) e in Val Cavallina; nel resto del territorio, invece, a tetto della Dolomia Principale affiorano le Dolomie Zonate. L'unità è eteropica nella sua parte medio – superiore con il Gruppo dell'Aralalta.

Lo spessore, difficilmente valutabile a causa delle elisioni tettoniche, può variare da un minimo di 900 m ad un massimo di 1500 m. Gli spessori più cospicui, di oltre 2000 m, vengono raggiunti sul versante orientale del Lago d'Iseo.

La Dolomia Principale presenta alla sua base un membro costituito da dolomie ben stratificate scure costituite da dolareniti fini, grainstones oolitici e dolosiltiti sottilmente laminate, ricche in clasti pelitici flottati e con sottili intercalazioni marnoso – dolomitiche. Localmente sono presenti laminazioni stromatolitiche planari e a duomo di origine batterica, brecciole litoclastiche e piccoli slumpings. Lo spessore di questo membro varia da

100 a 200 m.

La successione soprastante consta di dolomie chiare in grossi banchi metrici (Dolomia Principale medio – inferiore), organizzata in cicli di tipo shallowing upward di spessore fino a decametrico. La sommità dei cicli è sovente caratterizzata da livelli con grossi pisoidi – oncoidi e brecciole loferitiche con cavità e filoncelli sedimentari riempiti da sedimenti interni. Negli intervalli subtidali sono frequenti gli accumuli di Alghe Dasycladacee, Porostromata, oncoidi, Problematica, Lamellibranchi e Gasteropodi. Lo spessore di questa porzione di unità raggiunge i 500 – 900 m.

La Dolomia Principale superiore è solo localmente presente nelle aree marginali della piattaforma dove si realizza l'eteropia con la successione del Gruppo dell'Aralalta. In questi settori le facies della Dolomia Principale diventano più massive e presentano colorazioni da grigio chiare a scure. Esse sono caratterizzate da brecce dolomitiche poligeniche, packstones – rudstones bio – litoclastici e patch reefs costituiti da boundstones costituiti prevalentemente Serpulidi, Alghe blu – verdi e Problematica. Associate ai patch reefs si hanno tasche bioclastiche ricche di Lamellibranchi, Gasteropodi e Dasycladacee. Al tetto di questa successione (Zogno, Pizzo Formico) si osservano localmente dolomie laminitiche scure, filoncelli sedimentari, tasche con pisoliti e brecce loferitiche connesse ad esposizioni subaeree. In corrispondenza del limite netto e discordante con l'Argillite di Riva di Solto a S. Pellegrino è presente una crosta di spessore decimetrico di fosfato di calcio che documenta una possibile lacuna stratigrafica.

Lo spessore massimo della Dolomia Principale superiore è di circa 300 – 350 m; in molti settori delle Prealpi Bergamasche le facies di piattaforma marginale con biocostruzioni sono mancanti o limitate a poche decine di metri a tetto dell'unità (Piani d'Artavaggio – M. Venturosa – M. Albenza, M. Flop in Val Seriana). La Dolomia Principale superiore presenta inoltre frequentemente intercalazioni da metriche a decametriche di litofacies del Gruppo dell'Aralalta.

L'ambiente deposizionale della Dolomia Principale è costituito da una vasta ed articolata piattaforma carbonatica dolomitizzata precocemente, con prevalenti facies lagunari e di piana tidale nella porzione medio – inferiore. La parte superiore presenta una maggiore differenziazione degli ambienti in connessione all'individuazione di solchi intra – piattaforma controllati dalla tettonica sinsedimentaria e di particolari margini biocostruiti ubicati sui bordi di queste depressioni. L'età della Dolomia Principale, in base alla posizione

stratigrafica e alle faune a Lamellibranchi e Dasycladacee, equivale al Norico inferiore e medio. La porzione basale dell'unità potrebbe essere di età Carnico superiore sulla base della presenza di Dasycladacee (*Clypeina besici*).

7.3 DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI E NEOGENICI.

Nell'ambito del territorio sono state riconosciuti, dalla più recente alla più antica, i seguenti depositi:

7.3.1 Depositi antropici (Olocene)

Materiali senza precisa collocazione stratigrafica e distribuiti soprattutto nelle porzioni più urbanizzate. Sono rappresentati da materiali eterogenetici e con granulometria molto variabile, la cui origine è connessa ad attività umane sia di modifica della superficie topografica, sia di demolizione di manufatti. Si tratta di diamicton a supporto di matrice o clastico, molto eterogenei, correlati all'azione antropica.

Nel territorio comunale di Piario questi riporti sono particolarmente evidenti lungo la strada che da Piario porta a Villa d'Ogna.

7.3.2 Alluvioni attuali (Pleistocene superiore – olocene)

Questi depositi alluvionali sono localizzati lungo le aste dei corsi d'acqua, a carattere sia effimero che perenne e sono costituiti da ghiaie a ciottoli e blocchi con matrice sabbiosa, sabbie anche con ciottoli, ghiaie ben selezionate. Le ghiaie sono in prevalenza a supporto clastico e ciottoli ben arrotondati; ovviamente nei corsi d'acqua minori e nelle aree di alimentazione la maturità tessiturale del sedimento è minore. In questi depositi, organizzati in corpi sia lenticolari che stratoidi, si osservano strutture sedimentarie dovute all'azione di corrente, quali ciottoli embricati, laminazioni oblique a basso angolo e laminazioni incrociate. I clasti rispecchiano i litotipi affioranti nel bacino a monte. Suoli da assenti a molto poco evoluti ad alterazione assente.

Questi depositi sono osservabili lungo tutto l'asta del fiume Serio e sulla piana alluvionale ad essa attigua.

7.3.3 Alluvioni recenti (Pleistocene superiore – olocene)

Sono localizzati lungo le aste dei corsi d'acqua, a carattere sia effimero che perenne e sono costituiti da ghiaie a ciottoli e blocchi con matrice sabbiosa, sabbie anche con ciottoli, ghiaie ben selezionate. Presenti sottili livelli d'argille e limi. Le ghiaie sono in preva-

lenza a supporto clastico e sono ben arrotondate. In questi depositi si osservano strutture sedimentarie interne poco evidenti. Questi depositi hanno modeste coperture di suolo.

I clasti sono litologicamente riferibili ai litotipi dei bacini d'alimentazione locali o ripresi da depositi superficiali più antichi.

Nel Comune di Piario questi depositi si osservano prevalentemente nella porzione Nord orientale del territorio.

7.3.4 Depositi grossolani di degradazione dei versanti (Olocene)

Si tratta di diamicton massivi a supporto clastico con rara matrice. Cementazione ed alterazione sono assenti. La litologia prevalente dei clasti è analoga a quella dei versanti da cui sono originati. I suoli sono da assenti a molto poco evoluti.

Sul territorio di Piario questi depositi sono presenti sul versante occidentale del Monte di Né e lungo la scarpata che delimita, verso valle, il terrazzo su cui è edificato il centro abitato.

7.3.5 Depositi medio - fini di degradazione dei versanti (Olocene)

Si tratta di diamicton massivi a supporto clastico con abbondante matrice sabbioso - limosa. Cementazione ed alterazione sono assenti. La litologia prevalente dei clasti è analoga a quella dei versanti da cui sono originati. I suoli sono da assenti a molto poco evoluti.

Sul territorio di Piario questi depositi sono presenti lungo la scarpata che delimita la porzione settentrionale, verso valle, il terrazzo su cui è edificato il centro abitato.

7.3.6 Depositi alluvionali antichi (Pleistocene superiore – Olocene)

Depositi fluviali prevalenti, alternati a subordinati depositi di degradazione dei versanti, costituiti da sabbie, ghiaie e ciottoli. Clasti da spigolosi ad arrotondati a litologia molto esagerata, con presenza sia di litologie locali (carbonatiche), sia di litologie di provenienza alloctona (metamorfica, effusiva, intrusiva e silicoclastica). I suoli sono poco evoluti e di modestissimo spessore associati a limi di esondazione.

Sul territorio di Piario questi depositi sono presenti lungo la scarpata che delimita, verso valle, il terrazzo su cui è edificato il centro abitato, in corrispondenza dell'Ospedale di Groppino.

7.3.7 Bacino dell'Oglio

7.3.7.1 Complesso del Monte di Lovere

Nel complesso di Monte di Lovere vengono riunite diverse unità costituite da depositi glaciali e da depositi ad esse legati, in genere non coevi, la cui correlazione risulta pressoché impossibile; esse sono accomunate dalla posizione altimetrica, sempre a quote molto elevate, dalla petrografia dei clasti che comprende elementi di provenienza camuna, e dal grado di alterazione, sempre molto spinto. Esso comprende quindi i depositi glaciali sicuramente anteriori al Complesso di Bratto presenti sui versanti settentrionale e meridionale del Bacino di Clusone, distinti nelle Unità di Costa, Brugai, Falecchio; le placche di tilliti alterate presenti in posizione di cresta fra Monte Torrione e il Corno Ceresa, riunite nell'Unità del Corno Ceresa; i depositi molto alterati presenti sul versante che sale da Tossico verso il Monte Colombina, distinti nelle Unità di Monte Fossana e Cascina del Prato; e le placche di depositi molto alterati entro le Valli di Vigolo e Parzanica, sulla sponda occidentale del Lago d'Iseo, riunite nell'Unità di Parzanica.

7.3.7.1.1 Unità di Costa

L'Unità di Costa è costituita esclusivamente da till pedogenizzati, che si presentano come coperture piuttosto discontinue e di spessore variabile, argilloso – limose arrossate con abbondanti clasti da subarrotondati ad arrotondati di dimensioni da centimetriche sino a metriche. Clasti carbonatici o dolomitici sono totalmente assenti; prevalgono silicoclasti residuali riferibili alla successione permiana e al basamento cristallino, mentre sporadiche sono le marne ocracee; da sottolineare la presenza di clasti di porfidi violacei caratteristici della successione camuna. I depositi si presentano completamente decarbonati, con arenarie verdine e marne ocracee completamente sfatte, conglomerati permiani, gneiss e micascisti superficialmente friabili, porfidi poco o per nulla alterati.

L'Unità di Costa non presenta alcuna forma conservata.

L'Unità di Costa poggia in discordanza sui conglomerati dell'Unità del Campeggio di Clusone (Complesso di Clusone), sui depositi glaciali dell'Unità di Fornace (Complesso di San Lorenzo) e sul substrato roccioso. Il limite superiore è costituito da una superficie erosionale coincidente con la superficie topografica. Essa risulta troncata da una superficie erosionale, entro la quale si sono poi depositi i materiali che costituiscono la piana di Clusone.

L'Unità di Costa è legata ad un episodio climatico freddo molto antico, anteriore alla deposizione dell'Unità di Prati Mini (Complesso di Ponte della Selva), di provenienza seriana, e dell'Unità di Sternida (Complesso di Fiorine), di provenienza camuna, e compresa nel Complesso del Monte di Lovere sulla base della presenza entro i suoi depositi di porfidi caratteristici della successione affiorante in Val Camonica.

L'Unità di Costa si rinviene lungo i versanti settentrionali del gruppo del Formico, ad Est della Valle Inferno. Essa riveste le superfici a minore inclinazione a monte di località Fornace e in località Vac, i crinali che separano le vallecole a decorso SE – NW tra località Bosgarina e la Val Flex, e il dosso allungato in località Costa.

All'estremità occidentale dell'area, a monte di Fornace, i depositi sono presenti a partire da quota 580 m circa. Verso Est tale limite si innalza, giungendo attorno a quota 610 m in località Costa; in tutta l'area essi risultano più alti ed immediatamente esterni rispetto ai depositi glaciali dell'Unità di Sternida (Complesso di Fiorine) e dell'Unità di Prati Mini (Complesso di Ponte Selva).

La quota massima a cui si ritrovano è attorno a 690 m in località Tarangolo; tale valore varia però irregolarmente da luogo a luogo, ed è legato esclusivamente a fenomeni di scivolamento gravitativo che hanno mobilizzato i materiali deposti sui versanti, nonché alla estesa copertura che localmente impedisce di individuare spessori esigui di materiali. I depositi glaciali riuniti nel Complesso di Monte di Lovere costituiscono placche discontinue poste a quote non concordanti lungo i versanti o in posizione di cresta, e molto probabilmente sono riferibili a più glaciazioni non distinguibili fra loro. Essi presentano caratteristiche di alterazione simili, non essendo però mai conservati profili d'alterazione completi tale osservazione non è significativa. Le unità descritte entro il bacino di Clusone (Unità di Costa, di Brugai, di Falecchio) tappezzano superfici troncate non solo dall'idrografia attuale, ma anche dalla profonda incisione entro cui si sono deposti i materiali che costituiscono i terrazzi e la piana su cui sorgono i maggiori centri abitati della valle.

L'Unità di Brugai e l'Unità di Falecchio possono anche essere espressione della medesima avanzata glaciale; nulla si può invece dire dell'Unità di Costa, presente all'estremo occidentale dell'area. Anche le Unità del Corno Ceresa e di Stalle d'Onito risultano troncate dai versanti della Val Borlezza e potrebbero quindi riferirsi ad un assetto fisiografico dell'area sensibilmente diverso dall'attuale. L'Unità di Prati di Sta invece è nettamente

posteriore all'Unità di Stalle d'Onito. Non si ha alcun elemento infine per correlare le unità affioranti in Val Cavallina e sulla sponda dell'Iseo. La presenza di litotipi camuni sino quasi allo sbocco del bacino di Clusone in Val Seriana implica che durante queste fasi una influenza del ghiacciaio camuno entrasse nel bacino stesso; ciò può essere avvenuto sia attraverso il Passo della Presolana – Colle di Varenò sia a livello dell'area che va dall'attuale Val Borlezza alla Valle del Righenzolo; le selle presenti in questo tratto sembrano attualmente troppo alte per permettere al ghiacciaio camuno di oltrepassare ed invadere per così gran tratto il bacino di Clusone; non deve però essere trascurata la possibilità di sollevamenti differenziali del territorio anche in epoca recente, che abbiano portato a modificarne l'assetto fisiografico originale. Data la complessità dei problemi suesposti, si è preferito quindi riunire tutte le unità costituite da depositi glaciali molto alterati di provenienza camuna affioranti lungo i versanti dell'area che dal bacino di Clusone si estende sino all'Iseo in un unico complesso, la cui età si colloca in un intervallo di tempo che si estende dal Pleistocene inferiore sino a tutto il Pleistocene medio.

7.3.8 Bacino del Serio

7.3.8.1 Complesso del Serio

Nel suo corso medio – alto, a Nord della forra di Ponte del Costone, confluiscono nella valle principale valli laterali che sono state occupate da ghiacciai indipendenti, le cui relazioni con il ghiaccio principale non sono ben chiare, a causa dell'erosione che ha parzialmente asportato i depositi e smantellato le morfologie. Analogamente non possono essere dimostrate le possibili correlazioni fra depositi glaciali seriani e depositi alluvionali presenti a Sud di Ponte del Costone sino allo sbocco in pianura, poiché entro la forra sono prevalsi fenomeni erosivi.

Il Complesso del Serio comprende: Unità di Selva di Clusone, Unità di Spiazzi, Unità di Valzurio, Unità di Valcanale, Unità di Gazzaniga e Unità di Cologno.

7.3.8.1.1 Unità di Selva di Clusone

Si tratta di diamicton massivi, a supporto di matrice sabbiosa, clasti provenienti dai litotipi silicoclastici e metamorfici affioranti nell'alta valle, a Sud di Gromo presenti anche subordinati clasti carbonatici: till di ablazione. Diamicton massivi a supporto di matrice sabbiosa, clasti sagomati e striati: till di alloggiamento. Ghiaie a supporto di matrice sabbiosa fine con ciottoli arrotondati, ghiaie a supporto clastico, matrice assente: depositi di

contatto glaciale. Diamicton a ciottoli e blocchi spigolosi, matrice scarsa, supporto clastico, organizzati in corpi stratoidi clinostratificati, clasti di provenienza locale: depositi di versante. Alterazione scarsa.

L'Unità della Selva di Clusone comprende:

- Till di ablazione: diamicton massivi, a supporto di matrice sabbiosa, con ciottoli e blocchi di dimensioni sino a metriche, con spigoli subarrotondati o arrotondati, e abbondanti massi erratici superficiali di dimensioni plurimetriche. Ciottoli e blocchi sono in prevalenza riferibili ai litotipi silicoclastici e metamorfici affioranti nell'alta valle; a Sud di Gromo iniziano a comparire clasti carbonatici provenienti dalle unità anisico – carniche affioranti nell'area, ma essi si mantengono sempre subordinati, non superando il 30%. L'alterazione dei materiali sembra essere ridotta, con presenza di carbonati sino in prossimità della superficie; non è stato possibile tuttavia osservare mai profili d'alterazione completi.
- Till di alloggiamento: diamicton massivi a supporto di matrice con clasti di dimensioni da centimetriche fino a 30 cm, a spigoli arrotondati, immersi in abbondante matrice limosa di colore grigio – ocraceo. I clasti, la cui petrografia rispecchia quanto detto sopra, hanno spesso facce piane e forma allungata, a ferro da stiro, e talvolta si presentano striati.
- Depositi di contatto glaciale: ghiaie a supporto di matrice sabbiosa fine con ciottoli arrotondati di dimensioni da centimetriche a decimetriche, in corpi stratoidi; ghiaie a supporto clastico, matrice assente, ciottoli da centimetrici a decimetrici ben selezionati, localmente parzialmente cementate con pellicole di cemento calcitico che rivestono i clasti, organizzate in corpi stratoidi o lenticolari; intercalati livelli sabbiosi privi di strutture. Ciottoli prevalentemente carbonatici, subordinati silicoclasti dell'alta valle; frequenti i ciottoli a proiettile. Depositi grossolanamente stratificati, giacitura originaria non conservata: si presentano basculanti, con immersione verso l'asse vallivo ed inclinazione che può raggiungere 70° -75°. Alterazione nulla.
- Depositi di versante: diamicton a ciottoli e blocchi spigolosi, matrice scarsa, supporto clastico, organizzati in corpi stratoidi clinostratificati. Clasti di provenienza locale.

L'Unità affiora lungo i versanti della Val Seriana a Nord della forra di Ponte del Costone.

Nella parte alta della valle le forme non sono conservate a causa dell'acclività dei versanti, che si presentano ammantati da placche discontinue di depositi, talvolta parzialmente

rimaneggiati da fenomeni gravitativi posteriori. A Sud di Gromo, nei tratti a minore acclività, si riconoscono piccoli cordoni morenici laterali ben conservati (Ardesio, Piario). Nella pineta di Clusone sono ben conservate le morene frontali del ghiacciaio seriano, che si presentano qui come cordoni molto netti e continui, di elevazione non superiore ai 10 metri; fra tali cordoni si osservano sia forme blandamente ondulate ed irregolari, legate a depositi di fondo, sia piccole piane, costituite da spessori esigui di depositi fluvio-glaciali. Localmente inoltre sono conservati piccoli terrazzi di kame, legati a fasi successive a quella di massimo (Piario).

Le morene laterali e frontali presenti sul versante sinistro da Ardesio alla Selva di Clusone evidenziano l'andamento della lingua glaciale seriana. Nella Selva di Clusone sono presenti più cordoni morenici frontali, la cui geometria risente della presenza dei dossi di Villa Emilia e Villa Perelli, e del M. Né, che impedivano alla fronte del ghiacciaio di espandersi verso Est. La sella di Madonna della Senda, posta circa 50 metri sopra la morena laterale della Senda non è mai stata superata dal ghiacciaio in queste fasi. La superficie del ghiacciaio presentava nel suo tratto terminale una pendenza ridotta, valutabile attorno al 4,5% da Ardesio a Villa d'Ogna e al 3,6% da qui alla fronte. Esso si arrestava ad Ardesio contro il dosso di Piazzolo senza oltrepassarlo, mentre entrava per breve tratto nella valle dell'Ogna, arrestandosi in corrispondenza della forra ad est di Nasolino. Sul versante destro il ghiacciaio all'altezza di Bani si appoggia alla cresta sopra Marinoni, ove è presente un allineamento di erratici, quindi entrava in Val Canale per un tratto non determinabile a causa dell'intensa erosione e della scarsità di affioramenti.

A monte di Ponte delle Seghe la ricostruzione della geometria del ghiacciaio risulta difficoltosa: l'alimentazione dei depositi infatti diviene quasi esclusivamente silicoclastica, e ciò influenza il grado di alterazione degli stessi, rendendone spesso difficile l'attribuzione; l'acclività dei versanti inoltre rende difficoltosa la conservazione delle forme, favorendo lo scivolamento gravitativo dei materiali. L'assenza di depositi fluvio-glaciali che si raccordano alle morene frontali è legata probabilmente alla ridotta capacità erosiva del ghiacciaio; nel tratto a Sud di Ponte delle Seghe infatti i grandi terrazzi e le conoidi cementate dell'Unità di Groppino (Complesso di Piario) hanno conservato le proprie morfologie senza venire rimodellati dal ghiacciaio, la cui massa principale si incanalava nella valle sottostante. Sul terrazzo sono state quindi deposte le morene frontali, e piccoli terrazzi di kame come quelli di Piario, formato fra il ghiacciaio e il versante e

successivamente collassato venendo a mancare durante le fasi di ritiro il sostegno laterale; le acque dello scaricatore glaciale invece dovevano incanalarsi nel fondovalle, e quindi depositare i sedimenti fluvioglaciali; questi ultimi sarebbero quindi presumibilmente rintracciabili nell'Unità di Spiazzi, più bassa altimetricamente. Spostandosi verso Sud infine, nella forra di Ponte del Costone l'erosione ha asportato ogni testimonianza.

L'Unità della Selva di Clusone poggia direttamente sul substrato roccioso in tutta l'alta valle fino ad Ardesio; sui conglomerati delle Unità di Nasolino (Complesso di Oltresenda) e del Complesso di Piario nel tratto sino a Ponte della Selva.

Il limite superiore coincide in genere con la superficie topografica; nell'alta valle esso è sepolto da depositi di versante olocenici.

Le unità descritte sono riunite in un unico complesso sulla base dei loro rapporti geometrici con le rimanenti unità del bacino seriano. L'Unità della Selva di Clusone, infatti, rappresenta un importante episodio di avanzata glaciale, posteriore a quella testimoniata dall'Unità di Prati Mini (Complesso di Ponte Selva); essa è inoltre la più recente di cui si abbiano testimonianze certe entro l'asse vallivo principale. L'Unità di Spiazzi è anch'essa posteriore all'Unità di Prati Mini ed anteriore all'Unità Postglaciale. L'Unità di Gazzaniga costituisce il terrazzo più basso e meno alterato al di sopra dei terrazzi alluvionali olocenici, ed è incassata entro i depositi del Complesso di Ponte della Selva. L'Unità di Valcanale riunisce i depositi glaciali più recenti anteriori all'Olocene, conservati entro la Valle dell'Acqualina.

Solo l'Unità di Valzurio non presenta alcuna relazione diretta con altre unità del bacino seriano; data la freschezza delle forme e l'alterazione pressoché nulla, è da ritenersi legata all'ultima glaciazione. Per quanto detto il Complesso del Serio riunisce corpi sedimentari formati in un intervallo di tempo compreso tra la deposizione del Complesso di Ponte della Selva e l'Olocene, quindi entro il Pleistocene superiore e più probabilmente nella sua parte terminale. Esso comprende l'ultima grande avanzata glaciale, non essendo però possibile dimostrare l'isocronia delle unità descritte non si può escludere che almeno una parte dei depositi considerati siano da riferirsi a fasi precedenti. Tale discorso vale soprattutto laddove non è stato possibile osservare forme ben conservate o profili di alterazione completi.

7.3.8.2 Complesso di Ponte Selva

Il Complesso di Ponte Selva riunisce i depositi glacigenici presenti immediatamente

all'esterno del Complesso del Serio, siti nella valle del Serio fra Ardesio e Ponte Nossia, e i depositi alluvionali terrazzati e con profili di alterazione spessi pochi metri, presenti a Sud della forra di Ponte Costone sino alla Pianura.

Il Complesso di Ponte Selva comprende: Unità di Prati Mini, Unità di Albino e Unità di Torre Boldone.

7.3.8.2.1 Unità di Prati Mini

Si tratta di diamicton massivi a ciottoli e blocchi in abbondante matrice sabbiosa, spesso in sottili e discontinue placche evidenziate da erratici sparsi: till di ablazione. Ghiaie a supporto clastico o di matrice sabbiosa in corpi stratoidi, con ciottoli subarrotondati da centimetrici a decimetrici; localmente parzialmente cementate: depositi fluvioglaciali.

L'Unità di Prati Mini comprende:

- Till di ablazione: diamicton massivi a ciottoli e blocchi subarrotondati in abbondante matrice sabbiosa. Clasti che rispecchiano le litologie affioranti nell'alta valle, con subordinati elementi carbonatici della successione triassica. I profili di alterazione osservati risultano troncati; non è quindi possibile valutare correttamente il grado di alterazione dei depositi. Essi si presentano comunque sempre decarbonatati per almeno un metro dalla superficie. Spesso sono costituiti solo da coperture discontinue di spessore inferiore al metro e da frequenti massi erratici sparsi, di dimensioni da decimetriche a plurimetriche. Sono presenti blocchi riferibili alla Formazione di Collio, al Verrucano, rocce del basamento cristallino seriano; subordinati (Prati Mini) blocchi carbonatico – terrigeni riferibili a facies di emersione del Ladinico (Calcare di Esino – Calcare Rosso) affioranti nella media Valle Seriana. La superficie degli erratici non carbonatici si presenta scabrosa, con elementi quarzosi in rilievo; gli erratici carbonatico – terrigeni presentano clasti calcarei disciolti in superficie, incavati.
- Depositati fluvioglaciali: ghiaie a supporto clastico o di matrice sabbiosa in corpi stratoidi, con ciottoli subarrotondati da centimetrici a decimetrici; localmente parzialmente cementate.

L'Unità di Prati Mini affiora discontinuamente fra Piario e Ponte della Selva, costituendo i dossi di Prati Mini e ammantando in parte i dossi di Villa Emilia, Villa Perelli, e, ad Est della ferrovia, di Ponte Selva; affiora inoltre sulla destra idrografica a Nord di Parre. Depositati riferibili a tale unità sono inoltre riconoscibili ad Ardesio.

L'Unità di Prati Mini presenta morfologie parzialmente conservate. Cordoni morenici a profilo arrotondato, alti non più di una decina di metri e larghi sino a 50 metri, sono presenti solo a Prati Mini. In generale l'unità ammantava i versanti con spessori esigui di till, o con una copertura pressoché continua di erratici di varie dimensioni. A Sud di Ponte della Selva sono presenti inoltre lembi di terrazzi. I depositi glaciali dell'Unità di Prati Mini sono localizzati sempre in posizione immediatamente esterna ai depositi dell'Unità della Selva di Clusone, delineando la massima espansione raggiunta dal ghiacciaio seriano in un'avanzata precedente e di poco più ampia.

Anche in questa fase la fronte del ghiacciaio è influenzata dalla topografia; sulla sinistra idrografica un lobo si espande tra Monte Cucco e il dosso di Villa Emilia, arrestandosi contro il dosso di Villa Emilia, arrestandosi contro il dosso di Fiorine, e deposita gli archi morenici di Prati Mini e, in posizione più esterna, il cordone a Nord di Prati Nuovi che si raccorda con le coperture glaciali prive di morfologia propria e gli allineamenti di erratici del dosso di Villa Emilia. Il ghiacciaio doveva poi coprire con esiguo spessore i dossi ad Ovest di Villa Perelli ed appoggiarsi al versante ad essi prospiciente, ove si rinvenivano esigui lembi di till d'ablazione con caratteristiche similari.

Il dosso ad arco allungato a Sud della stazione ferroviaria di Ponte Nossola può rappresentare la massima espansione verso Sud in questa fase; la sua forma che può ricordare quella di una morena, è però modellata su depositi conglomeratici riferiti all'Unità di Groppino del Complesso di Piario; il ghiacciaio, che non arriva a superarlo, ha deposto solo un'esigua copertura di till d'ablazione oggi in gran parte rimaneggiata dall'azione antropica. Sul versante destro della valle depositi corrispondenti alle morene di **Prati Mini** e **Morti Nuovi** sono da ricercarsi probabilmente a Nord di Parre, sul ripiano di quota 575.4 m e nell'allineamento degli erratici a Nord della casa di quota 555.6 m. Risalendo nella valle, coperture di till ed erratici sparsi riferibili a questa unità si trovano lungo il versante occidentale di Monte Né sopra San Rocco, sul dosso sopra Piazzolo di Ardesio, da cui il ghiacciaio si affacciava nella valle del Torrente Rino, e sopra Botto Alto sino a quota 950 m.

L'Unità di Prati Mini appoggia in discordanza sull'Unità di Groppino del Complesso di Piario, e sulle Unità di Villa Pirelli e di Villa Emilia (Complesso di Clusone). Il limite superiore, erosionale, è dato sempre dalla superficie topografica.

L'Unità di Prati Mini è immediatamente esterna rispetto ai depositi glaciali dell'Unità del-

la Selva di Clusone ed è quindi anteriore a questa. Essa affiora all'interno e a quote minori rispetto ai depositi glaciali più alterati riuniti nel Complesso di Monte Trevasco ed è quindi posteriore a questi. Le sue geometrie sono inoltre influenzate da una fisiografia della valle confrontabile con quella attuale. L'Unità di Albino è anteriore a ai depositi del Complesso del Serio, che costituiscono terrazzi altimetricamente più bassi e incassati in essa; risulta altresì successiva alle Unità del Complesso di Piario e di Casnigo, in quanto riempie gli alvei incisi dal Serio e dai suoi affluenti entro i depositi riferibili a queste. L'Unità di Torre Boldone affiora in pianura; la presenza di una coltre continua di loess, le caratteristiche pedologiche (una decarbonatazione superiore ai 3,5 metri, argillificazione e locale sviluppo di frangipan) sono indicative della antichità dei profili. Per quanto detto, il Complesso di Ponte della Selva testimonia una fase di avanzata glaciale anteriore a quella rappresentata dal Complesso del Serio, ma successiva alla deposizione delle unità riunite nel Complesso di Piario. Il Complesso di Ponte della Selva è perciò attribuibile al Pleistocene medio.

7.3.8.3 Complesso di Piario

Il Complesso di Piario comprende l'Unità di Groppino e l'Unità di Vertova.

7.3.8.3.1 Unità di Groppino

Si tratta di conglomerati e ghiaie ben stratificate a supporto clastico, matrice sabbiosa grossolana, abbondanti silicoclasti proveniente dall'alta valle: depositi alluvionali e di conoide alluvionale. Conglomerati a supporto clastico e matrice arenaceo – siltosa clino-stratificati; diamictiti a supporto clastico ed abbondante matrice fine carbonatica; clasti spigolosi eterometrici, di dimensioni variabili da centimetriche sino a blocchi plurimetrici: depositi di versante e di frana.

L'Unità di Groppino comprende:

- Depositi alluvionali: conglomerati e ghiaie ben stratificati in banchi metrici, supporto clastico, matrice sabbiosa grossolana scarsa; ciottoli ben selezionati, di dimensioni da 10 a 30 cm, ben arrotondati ed appiattiti, spesso a disco; frequente embricazione. Conglomerati e ghiaie grossolanamente stratificati, a prevalente supporto clastico, con abbondante matrice sabbioso – ghiaiosa fine; ciottoli scarsamente selezionati, con dimensioni da 7 a 20 cm e subordinati blocchi da 30 sino a 60 cm; embricazione frequente. Sabbie grossolane in corpi lenticolari con laminazioni oblique a basso an-

golo. Abbondanti silicoclasti provenienti dall'alta valle: gneiss e micascisti del basamento in proporzione oscillanti attorno al 10 – 15% siltiti, arenarie e conglomerati provenienti dalla successione permiana, 35-40% calcari e dolomie chiare, calcari marnosi scuri e marne della successione triassica, sporadici ciottoli e blocchi provenienti da unità conglomeratiche del Pliocene – Pleistocene inferiore. Nelle valli laterali la petrografia dei depositi rispecchia la successione affiorante localmente. Nella parte alta della successione, in corrispondenza della Pineta di Clusone, è presente un orizzonte plurimetrico discontinuo costituito da ciottoli e blocchi da decimetrici sino a plurimetrici, con matrice costituita da sabbie e ghiaie di dimensioni sino a 4 – 6 cm ben arrotondate, a sfericità da scarsa sino a buona; i blocchi sono invece subarrotondati, di forma irregolare, costituiti da conglomerati, siltiti e arenarie permiane e gneiss del basamento cristallino seriano. Cementazione buona in corrispondenza delle scarpate erosionali, scarsa in seno all'ammasso, con croste discontinue di cemento calcitico di spessore millimetrico che rivestono i clasti. A Nord di Ponte della Selva non si osservano profili d'alterazione conservati; negli scavi edilizi in comune i Ponte Nossa i depositi si presentano molto alterati, con completa assenza di carbonati entro i primi 3 – 5 m dalla superficie, matrice sabbiosa pressoché completamente argillificata, con silicoclasti residuali; i blocchi arenacei e conglomeratici provenienti dal Verrucano e dal Conglomerato Basale presentano cortex di spessore sino a 2 – 3 cm friabile e clasti quarzosi in rilievo, gli gneiss hanno cortex centimetrico molto friabile. Fronte di decarbonatazione che si spinge sino a 7 – 8 m dalla superficie, con i ciottoli calcarei anche decimetrici completamente argillificati.

- Depositi di conoide alluvionale: conglomerati stratificati in banchi metrici, talora con chiusura laterale a lente, a supporto clastico con abbondante matrice sabbioso – ghiaiosa fine ben arrotondata subsferica; ciottoli ben selezionati, dimensioni variabili da 10 a 30 cm, con sporadici elementi maggiori, sino a 50 cm; ben arrotondati, di forma irregolare, talora appiattiti; embricazione frequente. Intercalati livelli lenticolari di spessore inferiore al metro di sabbie carbonatiche grossolane, non cementate e prive di strutture. La petrografia dei depositi riflette la successione medio – triassica affiorante nella valle di alimentazione, con ciottoli costituiti da calcari e dolomie chiare, calcari marnosi scuri, marne e siltiti in proporzioni variabili. Cementazione buona.
- Depositi di versante, talora rielaborati da acque correnti e di frana: conglomerati a

supporto clastico e matrice arenaceo – siltosa in corpi stratoidi clinostratificati, con clasti spigolosi eterometrici di dimensioni da centimetriche fino a decimetriche. Conglomerati a supporto clastico, matrice scarsa o assente, grossolanamente stratificati in corpi lenticolari, a clasti scarsamente selezionati di dimensioni centimetrico – decimetriche, da subangolosi a subarrotondati, parzialmente cementati, con croste discontinue di cemento calcitico che non riveste i clasti; interpretabili come prodotto della rielaborazione dei materiali di cono detritici ad opera di acque correnti. Diamictiti a supporto clastico ed abbondante matrice fine carbonatica, clasti spigolosi eterometrici, di dimensioni variabili da centimetriche sino a blocchi plurimetrici; in genere bene cementate entro l'ammasso, superficialmente l'alterazione ha asportato cemento e matrice, e si osserva un ammasso caotico di blocchi. Clasti di provenienza strettamente locale, dai versanti soprastanti, in genere caratterizzati da pareti in calcari dolomitici e dolomie ladinico – carniche.

L'Unità di Groppino affiora sulla sinistra idrografica del Serio e costituisce i terrazzi su cui sorgono i centri abitati di Ardesio, Piario, Villa d'Ogna, e la Pinera di Clusone; sulla destra idrografica i terrazzi su cui sorgono Ludrigno, Martorasco, Parre bassa e Ponte Nossana. Depositi alluvionali ad essa correlabili si trovano anche nelle valli laterali tributarie di questo tratto del Serio, in particolare allo sbocco della valle dell'Ogna, in Val Fontagnone, nella valle Nossana e in Valcanale.

I depositi dell'Unità di Groppino costituiscono uno dei lineamenti morfologici più significativi della media Val Seriana. Sono terrazzati sia sul versante sinistro che su quello destro del Fiume Serio; ad essi si raccordano i depositi terrazzati delle valli laterali. Il terrazzo seriano presenta scarpata unica; solo a Nord dello sbocco della valle del Torrente Rino essa è suddivisa in una scarpata principale alta sino a 17 m e una sottostante di pochi metri. L'altezza massima raggiunge i 35 m e si ha in corrispondenza dell'orfanotrofio di Clusone, dove coincide con la attuale scarpata sinistra del fiume Serio; in media essa oscilla invece entro valori compresi tra 15 e 25 m.

Al terrazzo seriano si raccordano, in corrispondenza delle valli tributarie, ampie conoidi alluvionali re-incise dai corsi d'acqua attuali, la cui porzione distale è troncata dalla scarpata seriana. Alla superficie terrazzata si raccordano altresì falde discontinue di detrito di versante cementato e cono detritico – alluvionali in corrispondenza dei canali maggiori. In località Valzella dalla superficie del terrazzo si eleva un dosso allungato alto sino a 30

m, con superficie cosparsa di blocchi di Esino con aspetto caotico, interpretabile come parte del corpo di una paleofrana. L'orlo dei terrazzi è tuttora in erosione, con fenomeni di scalzamento al piede dove la base della scarpata coincide con l'alveo attuale del Serio. Nel corso dell'Olocene tali fenomeni sono stati particolarmente attivi, erodendo preferenzialmente i livelli meno cementati posti alla base della successione, e provocando il crollo di blocchi plurimetrici di conglomerato; accumuli di frana per crollo sono quindi visibili in prossimità dell'alveo attuale lungo tutto il tratto da Villa d'Ogna a Piario. Nella Pineta di Clusone infine, in località la Selva, la superficie del terrazzo presenta ampie doline di crollo, formatesi entro il conglomerato presumibilmente per locale dissoluzione della frazione carbonatica (clasti, matrice, cemento); il diametro di tali forme può variare da 20 a 40 m, con profondità massime sino a 16 – 18 m.

La più alta superficie deposizionale dell'Unità di Groppino coincide in gran parte con la superficie del sistema di terrazzi che decorrono sia sulla sinistra che sulla destra idrografica del fiume Serio dal Ponte delle Seghe sino allo sbocco della Valle del Riso. Come già accennato, infatti, sono ancora in gran parte conservate le originarie morfologie deposizionali dei corpi sedimentari provenienti da valli e canali laterali ed eteropici alle alluvioni dell'asse vallivo principale; ben riconoscibili sono, sulla sinistra idrografica, le conoidi cementate dei torrenti Rino ed Ogna, solo in parte spianate, e, sulla destra idrografica quelle di Ludrigno, S. Alberto e Festi Rasini. Ciò significa che, durante le avanzate rappresentate dai depositi dell'Unità della Selva (Complesso del Serio) e dell'Unità di Prati Mini (Complesso di Ponte della Selva), sicuramente posteriori alla deposizione dell'Unità di Groppino, il ghiacciaio seriano aveva scarsa capacità erosiva rispetto ai depositi di questa ultima, insufficiente a rimodellare completamente le preesistenti morfologie; esso era comunque in grado di asportare la parte più superficiale, pedogenizzata, dell'unità stessa: il profilo di alterazione di questa ultima infatti non è mai conservato a monte delle massime avanzate sopradette.

A valle di Ponte Selva invece, cioè all'esterno dei depositi glaciali dell'Unità di Prati Mini (Complesso di Ponte Selva), sul terrazzo di Ponte Nossa il profilo d'alterazione risulta conservato, anche se spesso troncato dall'erosione e dall'azione antropica. I terrazzi dell'Unità di Groppino presentano una buona continuità laterale e quote ben correlabili. A tal proposito si è calcolata una pendenza media dell'1.13 % calcolata da Ardesio a Ponte Nossa; nel tratto da Ardesio a Parre bassa, cioè all'interno della massima avanzata gla-

ciale successiva alla deposizione dell'Unità, si ha un gradiente di quota pari all'1.16%; esso si riduce nel tratto da Parre bassa a Ponte Nossa, cioè passando all'esterno di tale limite, ad un valore pari allo 0.22%: tale differenza di gradiente può essere spiegata considerando che nel secondo tratto si è conservata anche la parte superiore pedogenizzata dell'unità, erosa invece a monte.

Ai terrazzi di Parre bassa e Ponte della Selva si raccordano piccoli terrazzi continui presenti entro la Valle Nossana sino oltre Cossaglio, e costituiti da facies conglomeratiche alluvionali a clasti esclusivamente carbonatici. La massima quota di questi depositi raggiunge i 550 m a monte, mentre verso valle risultano eteropici ai depositi seriani. Il limite inferiore dell'Unità di Groppino è sempre erosionale; essa può poggiare direttamente sul substrato, o sui depositi del Complesso di Oltresenda o del Complesso di Parre. Il limite superiore, anch'esso in genere erosionale, può coincidere con la superficie topografica, oppure l'unità può essere ricoperta dai depositi glaciali del Complesso di Ponte Selva o del Complesso del Serio.

Allo stato attuale delle conoscenze non esistono elementi che permettano una datazione certa delle unità riunite nel Complesso di Piario. Sia l'Unità di Groppino che l'Unità di Vertova suturano una superficie erosionale che tronca i depositi del Complesso di Casnigo, approfondendosi fino al substrato, e sono a loro volta reincise e terrazzate da depositi attribuiti al Complesso di Ponte Selva. Anche se non è possibile allo stato attuale delle conoscenze dimostrarne un'eventuale isocronia, esse costituiscono la testimonianza di fasi di aggradazione successive ad una generalizzata fase erosionale che tronca i depositi del Complesso di Casnigo, ed anteriori alla messa in posto dei depositi più bassi e meno alterati del Complesso di Ponte Selva. Sulla base di tali considerazioni il Complesso di Piario viene attribuito al Pleistocene medio.

7.3.8.4 Alloformazione di Ponte Nossa

Si tratta di conglomerati in strati suborizzontali a supporto clastico con matrice arenacea scarsa costituiti da depositi alluvionali. Selezione da scarsa a discreta, clasti arrotondati. La superficie limite superiore è caratterizzata da un profilo di alterazione di spessore fino a 3 m con clasti silicei arenitizzati.

In Comune di Piario Affiora sulle pendici del monte Cucco. Questa Unità viene attribuita al Pleistocene Medio.

8. CARATTERIZZAZIONE METEOCLIMATICA

8.1 PRECIPITAZIONI DI BREVE DURATA E DI FORTE INTENSITÀ

La previsione quantitativa delle piogge intense in un determinato punto è effettuata attraverso la determinazione della curva di probabilità pluviometrica, ovvero la relazione che lega l'altezza di precipitazione alla sua durata, per un assegnato tempo di ritorno.

L'altezza di precipitazione in un punto, comunemente misurata in mm, è l'altezza d'acqua che si formerebbe al suolo su una superficie orizzontale ed impermeabile, in un certo intervallo di tempo (durata della precipitazione) ed in assenza di perdite.

Per la caratterizzazione del territorio comunale per gli eventi di breve durata e di forte intensità, utilizzabile per le verifiche di compatibilità delle opere idrauliche lungo i corsi d'acqua privi di sezioni strumentate e per il dimensionamento delle opere civili (pozzi disperdenti, reti fognarie, ecc.) sono di seguito riportati i dati registrati nella stazione pluviometrica di riferimento di Clusone, che dispone di serie storiche dei massimi annuali per piogge della durata di 1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore, 24 ore.

STAZIONE DI CLUSONE					
Serie storica dei massimi annuali delle piogge (mm) per la durata di:					
Anno	1 ora	2 ore	6 ore	12 ore	24 ore
1949	35.0	40.4	52.6	57.0	70.6
1950	48.6	55.6	74.0	83.0	94.4
1951	19.0	34.4	44.6	60.6	106.4
1952	16.6	27.2	56.0	74.8	100.6
1953	45.0	71.4	87.8	107.2	130.2
1954	21.0	30.0	42.4	68.4	93.2
1955	41.0	58.8	58.8	59.4	67.2
1956	23.6	28.0	34.2	46.2	74.0
1957	19.4	28.6	45.0	54.6	82.6
1958	30.6	40.8	46.0	63.4	83.6
1959	30.6	34.6	35.0	51.6	89.6
1960	19.0	37.2	40.2	74.2	106.0
1961	33.2	37.8	57.2	62.6	71.2
1962	23.4	24.6	30.2	42.8	61.4

1963	31.0	39.8	54.0	68.8	76.4
1964	26.8	30.2	55.4	82.4	109.0
1965	23.8	43.8	46.6	48.6	63.8
1966	30.8	41.6	52.6	63.4	80.6
1967	18.0	30.2	35.4	59.4	105.8
1968	15.0	22.4	33.2	38.0	57.8
1969					
1970	33.2	33.2	44.6	77.6	109.4
1971	24.0	35.0	50.6	65.8	78.4
1972	27.6	29.8	41.0	52.2	74.8
1973	33.2	43.8	56.6	60.6	96.0
1974	17.2	30.8	36.6	43.8	59.2
1975	24.6	44.0	40.8	41.8	58.0
1976	21.0	30.4	53.0	80.0	114.4
1977	20.2	30.4	43.4	81.2	110.6
1978	22.0	40.0	51.8	93.6	97.4
1979	22.0	50.0	90.0	127.4	170.0
1980	17.4	33.8	53.0	65.4	117.0
1981	32.0	66.4	73.0	81.8	108.4
1982	29.4	37.2	40.6	56.4	83.0
1983					
1984	22.0	26.0	28.8	42.0	67.4
1985	28.9	48.7	52.6	59.5	70.3
1986	26.4	280.8	32.4	40.2	40.8

D'altra parte, l'utilizzo dei dati di possibilità pluviometrica ricavabili dalla stazione di Clusone, non hanno la validazione da parte delle autorità preposte per l'emanazione di direttive tecniche e normative sulle progettazioni e verifiche di compatibilità idraulica (Autorità di bacino del fiume Po).

Infatti, nel Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), in allegato alle norme tecniche di attuazione della sezione *"Interventi sulla rete idrografica e sui versanti"*, è presente la *"Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica"* che riporta sia i valori di probabilità pluviometrica puntuali sia la *"Distribuzione spaziale delle precipitazioni intense - Parametri delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni"*.

Nell'elenco delle stazioni di riferimento non è riportata la stazione di Clusone e, conseguentemente, l'andamento delle curve che rappresentano i parametri delle linee segnatrici di probabilità pluviometrica ottenute dall'elaborazione della distribuzione spaziale delle precipitazioni intense, non tiene conto dei valori di questa stazione.

Mancando la validazione dei dati della stazione di Clusone da parte dell'autorità di Bacino del fiume Po, si sono definite le caratteristiche del territorio comunale attraverso l'analisi spaziale effettuata dall'autorità di bacino, utilizzando i parametri **a** ed **n** determinati interpolando le serie storiche più rappresentative del bacino padano, ricavati dagli eventi estremi annuali con durata di 1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore, 24 ore.

Si ricorda che la relazione statistica che lega l'altezza delle precipitazioni **h** (in mm) alla durata **d** (in ore) ed al tempo di ritorno **T** (in anni), nota come curva di possibilità pluviometrica, è data dalla seguente espressione:

$$h_T = a_T d^{n_T}$$

nella quale i parametri **a** ed **n**, funzione di **T**, sono stimati sulla base delle serie storiche di dati disponibili.

A tal fine, nella *“Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica”*, si è ipotizzato che per qualunque durata **d** i valori di **h** seguano la distribuzione di probabilità asintotica di Gumbel, 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**, di assegnata durata **d**, è esprimibile con la seguente espressione:

$$P_{(h)} = e^{-e^{-\alpha*(h-u)}}$$

Poiché l'elaborazione statistica è 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** è superato una sola volta.

Si dimostra che:

$$T = \frac{1}{1 - P}$$

e quindi si ha:

$$h_{(T)} = u - \frac{1}{\alpha} * \ln \left(- \ln \left[\frac{T}{T-1} \right] \right)$$

dove **u** ed **α** sono i parametri della distribuzione, legati al momento del I e II ordine del campione dalle relazioni:

$$\alpha = \frac{1.283}{\sigma_{(h)}}$$

$$u = \mu_{(h)} - 0.45\sigma_{(h)}$$

con $\mu_{(h)}$ media e $\sigma_{(h)}$ varianza del campione stesso.

Prefissato quindi un tempo di ritorno **T**, nella *“Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica”* 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 rappresentativi disponibili per le durate stesse (ricavati dagli Annali Idrologici del Servizio Idrografico e Mareografico Italiano – Parte I, tabella III).

I 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 nella *“Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica”*, si sono ottenuti, per tempi di ritorno caratteristici, i valori dei parametri **a** e **n** delle curve di possibilità pluviometrica.

Successivamente, sempre nella *“Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica”*, è stata effettuata una analisi spaziale delle precipitazioni di breve durata e forte intensità tramite l’individuazione delle linee **iso-n** e **iso-a**, dove **a** ed **n** sono i parametri delle curve di possibilità pluviometrica relative a tempi di ritorno di 20, 100, 200, 500 anni.

Dall’analisi spaziale si possono quindi ricavare quindi i valori dei parametri **a** ed **n**, utilizzabili per la caratterizzazione del territorio comunale per tempi di ritorno di 20, 100, 200, 500 anni.

La sintesi dei valori di **a** ed **n** è riportata nella tabella seguente e si riferiscono alla porzione mediana dell’area comunale.

n ₂₀ =0,368	n ₁₀₀ =0,370	n ₂₀₀ =0,372	n ₅₀₀ =0,373
------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------

$a_{20}=54,0$	$a_{100}=69,0$	$a_{200}=75,0$	$A_{500}=83,0$
---------------	----------------	----------------	----------------

Se invece si considerano i dati riportati all'inizio di questa sezione e relativi alla stazione di Clusone, si ha:

$n_{20}=0,374$	$n_{100}=0,375$	$n_{200}=0,376$	$n_{500}=0,376$
$a_{20}=40,61$	$a_{100}=50,52$	$a_{200}=54,75$	$A_{500}=60,33$

I dati ricavati dall'interpolazione dei valori ottenuti dalle stazioni di riferimento e validati dall'autorità di Bacino del fiume Po, forniscono una situazione più cautelativa rispetto a quanto emerge dall'analisi della serie storica disponibile per la stazione di Clusone. Conseguentemente, mancando la validazione da parte dell'autorità di bacino dei valori ricavabili dalla stazione di Clusone ed essendo questi anormalmente bassi rispetto a quanto ottenibile dall'analisi spaziale, si adotta per la caratterizzazione pluviometrica del territorio comunale quanto pubblicato dall'Autorità di Bacino del fiume Po.

Per l'impiego dei parametri **a** ed **n** sopra riportati, si evidenziano alcuni aspetti:

- in generale, per aree ad alto valore urbanistico come quelle presenti nel territorio comunale, si utilizzano per il dimensionamento e/o la verifica delle opere civili, tempi di ritorno di 20 anni (reti fognarie, pozzi disperdenti, ecc..);
- per quanto riguarda la progettazione di opere e le verifiche di compatibilità idraulica lungo i corsi d'acqua minori, si fa riferimento all'allegato 3 della D.G.R. 29 ottobre 2001, n. VII/6645, che prevede, salvo casi eccezionali e sotto la diretta responsabilità del tecnico incaricato, tempi di ritorno della piena di riferimento pari a 100 anni. In considerazione che nel territorio comunale non vi sono corsi d'acqua minori strumentati, e quindi non è possibile effettuare analisi idrologiche puntuali, si assume che la portata della piena di riferimento abbia lo stesso tempo di ritorno T di quello dell'intensità di pioggia corrispondente;
- per quanto riguarda la progettazione di opere e le verifiche di compatibilità idraulica lungo i corsi d'acqua principali, si dovrà fare riferimento alla "*Direttiva contenente i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce "A" e "B"*". In tale direttiva si prevedono tempi di ritorno pari a 100 anni per il dimensionamento delle opere e di 200 anni per la verifica che le opere in progetto non comportino un aggravamento delle condizioni

di rischio idraulico sul territorio circostante e per la verifica delle opere esistenti.

Nel caso di verifiche e dimensionamenti relativi al reticolo minore, in considerazione della limitata estensione dei bacini idrografici presenti nel territorio comunale, anche in considerazione della limitata estensione dei bacini idrografici, si dovrà escludere l'utilizzo di procedure empirico – fenomenologiche che permettono di introdurre dei fattori correttivi relativamente alla sovrastima dell'altezza di pioggia in relazione alla dimensione dell'area del bacino e del tempo di corrivazione (tipo Wallingford et Alii, ecc.).

Infine si evidenzia che l'impiego dei parametri **a** ed **n** sopra riportati, determinati in base a piogge di durata superiore o pari all'ora, forniscono una modestissima sovrastima dell'altezza di pioggia di riferimento per le verifiche con piogge di durata inferiore all'ora. Si ritiene comunque che questa sovrastima possa essere considerata il minimo fattore di sicurezza da adottare, stante l'incertezza del trasferimento alla situazione reale dei modelli matematici adottati.

Da tutto quanto sopra riportato si ricava che per il territorio comunale si possono statisticamente stimare le precipitazioni massime attese, calcolate per diverse durate e per diversi tempi di ritorno.

I risultati del calcolo sono riportati nella tabella seguente.

		Precipitazioni massime					
		d ₁₅ minuti	d ₁ ora	d ₃ ore	d ₆ ore	d ₁₂ ore	d ₂₄ ore
T ₂₀ anni	h (mm)	32,42	54,00	80,90	104,41	134,75	173,90
T ₁₀₀ anni	h (mm)	41,31	69,00	103,61	133,90	173,04	223,63
T ₂₀₀ anni	h (mm)	44,78	75,00	112,86	146,06	189,02	244,62
T ₅₀₀ anni	h (mm)	49,49	83,00	125,04	161,93	209,71	271,58

I valori sopra riportati sono abbastanza realistici per il territorio comunale, anche paragonandoli ai valori misurati nella stazione pluviografica di riferimento.

9. LINEAMENTI IDROGRAFICI ED IDROGEOLOGICI

9.1 IDROGRAFIA

Dal punto di vista idrografico il territorio di Piario appartiene al bacino del Fiume Serio.

Il fiume Serio è un esempio di corso d'acqua che presenta una successione delle tipiche morfologie fluviali, da torrente montano a fiume di pianura. Il tratto in prossimità del territorio comunale, si sviluppa in ambiente prevalentemente montano, con caratteri morfologici ed idraulici di tipo torrentizio legati alla geologia e litologia della regione.

Dal punto di vista antropico, il tratto tra gli abitati di Piario e di Casni-go, la presenza di abitati prospicienti l'alveo è localizzata in aree ben definite, nella parte più meridionale del corso, a valle degli abitati di Colzate e Casnigo, dove la valle Seriana appare più aperta, si osserva una forte antropizzazione del fondo valle, con una presenza sostanzialmente continua di costruzioni civili e industriali ubicate a ridosso dell'alveo che, di fatto, limitano l'area a disposizione del corso d'acqua ad una fascia di larghezza variabile tra i 50 e i 150 metri circa.

I suoli costituenti la superficie del bacino sono di natura prevalente-mente impermeabile con una elevata potenzialità di deflusso superficiale. Le zone ad alta permeabilità riguardano una porzione limitata di territorio.

L'intero bacino montano del fiume Serio, con sezione di chiusura ad Alzano Lombardo, sottende un'area di 551 km².

La quota massima, situata in corrispondenza del Pizzo di Coca in Val-bondione, è pari a 3052 m s.l.m., l'altitudine media è pari a 983 m s.l.m. mentre la sezione di chiusura di Alzano Lombardo risulta essere alla quota di 288 m s.l.m.

A livello locale, il territorio comunale di Piario è caratterizzato dalla presenza di un'idrografia secondaria priva di acqua per la maggior parte dell'anno, preminentemente collocata sulle pendici del Monte Né – Monte Cucco. Si tratta in tutti i casi di piccoli impluvi che raccolgono le acque superficiali durante gli episodi meteorologici straordinari.

Sulla piana di Groppino Basso è presente un laghetto di pesca sportiva, che è alimentato dalle numerose sorgenti libere, presenti sul tratto di versante a monte di questo. Dal laghetto diparte un piccolo corso d'acqua, con caratteristiche di reticolo minore, che percorre il primo terrazzo del fiume Serio passando in fianco alla Cascina Groppino Basso per poi immettersi direttamente nel fiume Serio.

Altro elemento correlato all'idrografia che caratterizza il territorio comunale, è rappresentato dal canale artificiale S.E.R..

9.1.1 Pericolosità idraulica

Il fiume Serio, corso d'acqua principale che caratterizza il territorio comunale, è stato oggetto di un approfondito studio commissionato nel 1999 dalla Regione Lombardia ai sensi della Legge 267/98 allo Studio Dizeta Ingegneria di Milano, inerente la perimetrazione delle aree a rischio idraulico lungo il fiume Serio in vari comuni a monte di Nembro. Lo scopo dello studio effettuato, è stato quello di individuare, lungo il corso del fiume Serio, le aree soggette ad esondazione in occasione di particolari eventi alluvionali. Le attività svolte nello studio, che vanno dalla raccolta delle informazioni idrologiche disponibili, alla caratterizzazione pluviometrica del bacino, fino alla modellizzazione afflussi – deflussi con opportuna taratura dei modelli utilizzati, hanno portato alla caratterizzazione delle aree del territorio comunale in prossimità del fiume Serio relativamente alla pericolosità idraulica.

Per la zonazione della pericolosità idraulica, sono stati utilizzati come riferimento degli eventi di piena teorici con tempo di ritorno di 50, 200 anni e 500 anni. Secondo lo studio, le tre portate sono state utilizzate per delimitare, con il medesimo criterio adottato dall'Autorità di Bacino, le fasce fluviali "A", "B" e "C"⁽¹⁾.

Per quanto riguarda la delimitazione della fascia "A", l'Autorità di Bacino ha stabilito che essa individua la porzione di alveo interessata dal flusso principale della piena in cui stima che venga convogliato l'80% della portata duecentenaria; considerato che, nel caso in esame, la portata con $T_r = 50$ anni risulta molto vicina al valore pari all'80% della portata con $T_r = 200$ anni, si è ritenuto che fosse corretto far coincidere, come detto poco sopra, il limite tra la fascia A e la fascia B con la linea di esondazione relativa a portate con tempo di ritorno cinquantennale.

I risultati dello studio, relativamente alle aree del territorio comunale di Piario, sono stati riprodotti nell'allegata tavola 03 e, successivamente, implementati nella cartografia di sintesi e di fattibilità.

¹ Allegato 3 alle N.d.A. del P.A.I. "Metodo di delimitazione delle fasce fluviali".

Riguardo invece i corsi d'acqua minori individuati nell'allegata tavola 03, che sono privi di acqua nella maggior parte dell'anno, non sono segnalate problematiche riguardo ad eventi di esondazione ed alluvione in quanto, anche in caso di eventi meteorici eccezionali, si tratta di portate irrisorie e le acque si disperdono nel suolo nelle porzioni inferiori del bacino.

9.2 IDROGEOLOGIA

L'idrogeologia è la parte della geologia applicata che si occupa della ricerca, della captazione, dell'utilizzazione razionale oltre che della tutela della risorsa idrica sotterranea.

Sulla base del rilevamento geologico di dettaglio dell'area, si è proceduto all'esame degli aspetti idrogeologici e strutturali.

L'indagine idrogeologica è stata articolata nelle seguenti operazioni:

- censimento e caratterizzazione delle acque sotterranee e valutazione della circolazione idrica negli ammassi rocciosi mediante l'analisi strutturale in località – tipo;
- elaborazione di una carta dei lineamenti idrogeologici ed idrografici per esprimere gli aspetti salienti della caratterizzazione effettuata;

9.2.1 Struttura idrogeologica degli acquiferi in depositi alluvionali e nel substrato roccioso

La distribuzione delle unità litologiche che caratterizzano i depositi alluvionali è sempre piuttosto complessa.

I sedimenti che hanno colmato la depressione delle valli, sono caratterizzati litologicamente dall'ambiente deposizionale (lacustre, palustre e continentale), dal bacino di provenienza del materiale, dall'energia che ha determinato il trasporto e dalle modalità di sedimentazione della frazione solida.

Data l'estrema variabilità dei paleoambienti sedimentari in periodi coevi, le unità litologiche che caratterizzano il sottosuolo non possono essere delimitate applicando i criteri utilizzati nei rilievi geologici del substrato roccioso. Inoltre, i dati litologici, sono dedotti dalle stratigrafie dei pozzi spesso redatti con terminologie inappropriate.

La successione litostratigrafica nelle alluvioni è caratterizzata dalla sovrapposizione di "unità idrogeologiche" che costituiscono il raggruppamento di più unità litologiche immediatamente susseguenti in ordine deposizionale od eteropiche tra loro. Possono esse-

re litologicamente eterogenee ma, vista la scala del presente lavoro e la dimensione del territorio indagato, si considerano con comportamento idrogeologico complessivamente omogeneo per caratteristiche di permeabilità, trasmissività e modalità di circolazione.

Il substrato roccioso (includendosi in questo caso anche le formazioni litoidi dell'Unità di Piario e dell'alloformazione di Ponte Nossà) è caratterizzato da una permeabilità omogenea per le singole litozone, escluso le porzioni fratturate, dove è influenzato dalla presenza di un sistema carsico la cui evidenza superficiale nel comune di Piario sono alquanto limitate ma è sicuramente presente e contribuisce quindi ad una efficace azione di drenaggio delle acque superficiali.

Nel substrato roccioso, oltre al controllo sulla permeabilità operato dalla presenza di sistemi di fratture a livello locale, la circolazione idrica è influenzata anche dalla presenza di strutture tettoniche a grande scala (soprattutto sovrascorrimenti, pieghe, pieghe – faglia e faglie) che, mettendo anche a contatto unità litologiche con caratteristiche diverse, creano differenze di permeabilità nel substrato influenzando in questo modo la circolazione idrica.

9.2.1.1 Substrato roccioso

È costituito dalle rocce affioranti in superficie ed è stato suddiviso, nell'elaborato descrittivo della situazione idrogeologica di Piario, per classi di permeabilità in relazione alla litologia, al possibile grado di fratturazione ed alla sua giacitura locale.

9.2.1.2 Coperture sedimentarie

9.2.1.2.1 Unità a sabbie e limi (Complesso del Monte di Lovere: Unità di Costa)

L'unità è formata esclusivamente da till pedogenizzati, che si presentano come coperture piuttosto discontinue e di spessore variabile, ricche di matrice argilloso – limosa con abbondanti clasti.

Poggiano direttamente sul substrato roccioso e sono localizzati in corrispondenza delle selle presenti sulla cresta che congiunge il Monte Cucco al Monte Né.

Lo spessore è variabile con valori che non superano mai i dieci metri.

9.2.1.2.2 Unità a sabbie e ghiaie con abbondante matrice limosa (Complesso di Ponte della Selva: Unità di Prati Mini)

Si tratta di diamicton massivi a ciottoli e blocchi in abbondante matrice sabbiosa, spesso

in sottili e discontinue placche evidenziate da erratici sparsi: till di ablazione. Ghiaie a supporto clastico o di matrice sabbiosa in corpi stratoidi, con ciottoli subarrotondati da centimetrici a decimetrici; localmente parzialmente cementate: depositi fluvioglaciali. Lo spessore è irregolare con spessori massimi di circa 15 metri.

La permeabilità di questi depositi varia da media a ridotta.

9.2.1.2.3 Unità a ghiaie e sabbie (Depositati alluvionali attuali, depositi alluvionali recenti, depositi alluvionali antichi, Complesso del Serio: Unità di Selva di Clusone).

Queste unità ha un elevato interesse pratico in quanto ospita lenti ghiaiosi - sabbiose limose di sensibile estensione e lenti o porzioni da poco a molto cementate con falde libere importanti.

Le genesi e la litologia di questi depositi è molto variabile, con termini caratteristici di depositi fluvio – glaciali e fluviali. Lo spessore è irregolare con spessori massimi di circa 15 metri. Le quote piezometriche sono fortemente influenzate da variazioni stagionali ed in queste unità sono presenti gli acquiferi captati dai pozzi della zona.

9.2.1.2.4 Unità a conglomerati (Alloformazione di Ponte Nossà, Complesso di Piario: Unità di Groppino)

Si tratta di conglomerati costituiti da depositi alluvionali con uno spessore che può arrivare fino ad oltre cinquantina di metri. È al contatto tra questi depositi ed i depositi alluvionali recenti del fiume Serio che compaiono, per differenza di permeabilità o, soprattutto, per fenomeni carsici, le numerose sorgenti presenti sul territorio di Piario che peraltro alimentavano le vecchie terme di Groppino.

Sono caratterizzati da una permeabilità alta (secondaria).

9.2.1.2.5 Unità dei depositi di superficie (Depositati antropici, depositi grossolani di degradazione dei versanti, depositi medio fini di degradazione dei versanti)

Questa unità è caratterizzata da litologie e spessori molto variabili, in relazione della topografia dei luoghi e dell'origine. Sono essenzialmente riferibili a depositi di versante e di origine antropica.

Raramente sono sede di acquiferi, comunque molto limitati. A volte danno luogo a piccole emergenze legate all'andamento stagionale e spesso a carattere temporaneo. Sono caratterizzati da una permeabilità molto variabile, da ridotta a buona, in relazione alle caratteristiche granulometriche degli stessi.

9.2.2 Censimento dei dati idrogeologici

Per quanto concerne il censimento idrogeologico si è proceduto, oltre alla raccolta dei dati relativi alla climatologia ed idrologia descritti nella sezione precedente del presente documento, anche alla raccolta di dati relativi alle acque sotterranee.

La prima operazione svolta è stato il censimento delle principali sorgenti, non esistendo a questo proposito un quadro sufficientemente aggiornato della situazione al momento dell'inizio del lavoro.

L'indagine puntuale si è svolta sull'intero territorio di Piario e si sono presi in considerazione le sorgenti. Per quanto riguarda i pozzi, ne sono segnalati di dismessi.

9.2.2.1 Elenco delle sorgenti censite

Località	GROPPINO BASSA (3016163-S01)				
N° sorgente	01	N° Censimento	01	Quota piano campagna	506.6
Formazione Geologica	Complesso di Piario – Unità di Groppino			Captata	NO
Coperture	Detriti diversante		Caratteristiche		Perenne
Coordinate geografiche ubicazione					
Carta Tecnica Regionale		Longitudine	1571137.5526	Latitudine	5082036.5938

Località	MADONNINA (3016163-S02)				
N° sorgente	02	N° Censimento	02	Quota piano campagna	515.0
Formazione Geologica	Complesso di Piario – Unità di Groppino			Captata	NO
Coperture	Detriti di versante		Caratteristiche		Perenne
Coordinate geografiche ubicazione					
Carta Tecnica Regionale		Longitudine	1571190.7575	Latitudine	5082068.5693

Località	TERME DI GROPPINO (3016163-S03)					
N° sorgente	03	N° Censimento	03	Quota piano campagna		501.3
Formazione Geologica	Complesso di Piario – Unità di Groppino				Captata	NO
Coperture	Detriti di versante		Caratteristiche			Perenne
Coordinate geografiche ubicazione						
Carta Tecnica Regionale		Longitudine	1571149.0108	Latitudine	5082120.8856	

Località	FONTANINO DI SANT'ALBERTO (3016163-S04)				
N° sorgente	04	N° Censimento	15	Quota piano campagna	498. 9
Formazione Geologica	Complesso di Piario – Unità di Groppino			Captata	NO
Coperture	Detriti di versante		Caratteristiche		Perenne
Coordinate geografiche ubicazione					
Carta Tecnica Regionale		Longitudine	1571421.0073	Latitudine	5082658.5094

Località	Piscicoltura (3016163-SD1)				
N° sorgente	05	N° Censimento	15	Quota piano campagna	497,5
Formazione Geologica	Complesso di Piario – Unità di Groppino			Captata	SI
Coperture	Detriti di versante		Caratteristiche		Perenne
Coordinate geografiche ubicazione					
Carta Tecnica Regionale		Longitudine	1571421.0073	Latitudine	5082658.5094

9.2.2.2 Elenco pozzi

Località	Groppino 1 (3016163-P01)					
N° pozzo	01	N° Censimento	01	Quota piano campagna		531
Formazione Geologica	Complesso di Ponte della Selva				Captata	SI
Coperture	Depositi glaciali		Uso			Potabile
Coordinate geografiche ubicazione						
Carta Tecnica Regionale		Longitudine	1571960,45926		Latitudine	5083267,7401

Località	Piario (3016163-P02)				
N° pozzo	02	N° Censimento	01	Quota piano campagna	530.1
Formazione Geologica	Complesso di Ponte della Selva			Captata	NO/dismesso
Coperture	Depositi glaciali		Uso		Potabile
Coordinate geografiche ubicazione					
Carta Tecnica Regionale		Longitudine	1571148,3025	Latitudine	5081832,22

Località	Piario (3016163-P03)					
N° pozzo	03	N° Censimento	01	Quota piano campagna		532
Formazione Geologica	Complesso del Monte di Lovere				Captata	NO/dismesso
Coperture	Detriti diversante		Uso			Potabile
Coordinate geografiche ubicazione						
Carta Tecnica Regionale		Longitudine	1571885,4937		Latitudine	5083115,66

Località	Piario (3016163-P04)				
N° pozzo	04	N° Censimento	01	Quota piano campagna	530
Formazione Geologica	Complesso del Monte di Lovere			Captata	NO/dismesso
Coperture	Detriti di versante		Uso		Potabile
Coordinate geografiche ubicazione					

Carta Tecnica Regionale		Longitudine	1571898,3449	Latitudine	5083130,66
-------------------------	--	--------------------	--------------	-------------------	------------

Località	Piario (3016163-P05)					
N° pozzo	05	N° Censimento	01	Quota piano campagna		512.5
Formazione Geologica	Unità postglaciale				Captata	NO/dismesso
Coperture	Depositi alluvionali		Uso			Potabile
Coordinate geografiche ubicazione						
Carta Tecnica Regionale		Longitudine	1571148,3025		Latitudine	5081832,22

Località	Piario (3016163-P06)				
N° pozzo	06	N° Censimento	01	Quota piano campagna	511
Formazione Geologica	Unità postglaciale			Captata	NO/dismesso
Coperture	Depositi alluvionali		Uso		Potabile
Coordinate geografiche ubicazione					
Carta Tecnica Regionale		Longitudine	1571960,4592	Latitudine	5083267,74

9.2.2.3 Elenco derivazioni acque superficiali

Località	Sant'Alberto (3016163-SUP01)				
N° derivazione	01	N° Censimento	01	Quota piano campagna	597
Formazione Geologica	Unità postglaciale			Captata	SI
Coperture	Depositi alluvionali		Uso		Idroelettrico
Coordinate geografiche ubicazione					
Carta Tecnica Regionale		Longitudine	1571372,8513	Latitudine	5082661,24

9.2.3 Piezometria della falda e portate specifiche

Le acque sotterranee che formano gli acquiferi sono limitate superiormente dalla “superficie piezometrica”. La conoscenza del suo andamento riveste importanza per il calcolo delle riserve d'acqua e per definire i necessari accorgimenti per la tutela della risorsa.

Data la particolare conformazione litologica del territorio di Piario, non è stato possibile ricostruire l'andamento della superficie piezometrica per tutto il comune. Inoltre, per l'assenza di idonei punti di misura, non è stato possibile effettuare la caratterizzazione piezometrica delle aree alluvionali afferenti il fiume Serio.

D'altra parte, in base ad alcune considerazioni relativamente alla modalità di deposizione delle unità quaternarie presenti nel territorio comunale, e più in particolare quelle presenti nella piana formata dal Serio a Groppino bassa, oltre all'osservazione dell'allineamento di sorgenti presenti lungo la base della scarpata dell'abitato di Piario, fanno presupporre la presenza di una falda con soggiacenza massima di 4 – 5 metri nelle aree del primo e secondo terrazzo del fiume Serio.

La direzione di flusso della falda in queste aree, è analoga a quella del fiume Serio.

Nell'area è stata studiata la distribuzione delle portate specifiche utilizzando i pochi dati bibliografici disponibili che hanno permesso solo una stima generica; scarse risultano, infatti, le differenziazioni e non sempre concordanti con le maggiori strutture idrogeologiche.

Si nota come le zone a produttività più alta (litozona a ghiaie prevalenti, afferenti al primo e secondo terrazzo del fiume Serio) la produttività è molto variabile con valori intorno a 1 - 2 l/s per metro di abbassamento.

Nelle aree dove sono invece presenti i terrazzi più antichi e fluvioglaciali, è sostanzialmente assente una falda superficiale, mentre, nell'unità conglomeratica sottostante (Unità di Groppino), è presente un'elevata circolazione carsica, probabilmente connessa alla circolazione per permeabilità secondaria, presente nel substrato roccioso.

9.2.4 Permeabilità e vulnerabilità degli acquiferi

Sulla base dei dati ottenuti del rilievo geologico eseguito ed in base ad alcune considerazioni sul grado di fratturazione dell'ammasso, è stato possibile effettuare la zonazione relativamente alla permeabilità superficiale, seppure in modo qualitativo, non disponendo di valori di permeabilità determinati in situ od in laboratorio.

A questo scopo è stata presa come riferimento la legenda utilizzata dal CNR – Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche.

Per il quaternario (depositi superficiali) si sono individuate quattro classi di permeabilità corrispondenti a:

CLASSI DI PERMEABILITÀ	VALORE (m/s)
Alta	$10^{-1} \div 10^{-3}$
Media	$10^{-2} \div 10^{-4}$
Medio – ridotta	$10^{-3} \div 10^{-5}$
Ridotta	$10^{-4} \div 10^{-6}$

In questo caso si sono considerate ad alta permeabilità i depositi antropici, le alluvioni recenti ed attuali e i detriti di versante, di media permeabilità i depositi alluvionali antichi e l'Unità della Selva di Clusone, di medio – ridotta permeabilità i depositi medio fini di degradazione dei versanti e l'Unità di Prati Mini e di bassa permeabilità per la presenza di una profonda pedogenizzazione che può interessare l'intera unità, i depositi del Complesso del Monte di Lovere.

Si è poi passati al substrato roccioso in cui è stato necessario fare uno studio più approfondito ed operare una suddivisione in base alle caratteristiche proprie di ogni formazione rocciosa per la definizione della geometria dell'acquifero.

Si sono individuate in questo caso solo due classi di permeabilità, infatti non si sono riscontrate litologie con permeabilità ridotta e medio – ridotta:

CLASSI DI PERMEABILITÀ	VALORE (m/s)
Alta	$10^{-2} \div 10^{-4}$
Media	$10^{-3} \div 10^{-5}$

L'unità più trasmissiva, quindi più idonee a fornire una buona quantità di acqua, è risultata la Dolomia Principale in quanto in quest'area è molto fratturata. Nella classe di permeabilità media ricade la Formazione di Gorno. Non è stato evidenziato nessun litotipo con permeabilità ridotta.

Lo studio geologico – strutturale ed idrogeologico compiuto ha così permesso di rico-

struire le strutture idrogeologiche che danno origine alle sorgenti principali. In particolare ha permesso di comprendere, in linea generale, alcuni lineamenti fondamentali della circolazione idrica sotterranea. Essa può essere sintetizzata osservando la carta idrogeologica ove, in linea generale, si è potuto constatare come la circolazione idrica sotterranea avvenga secondo le modalità riconducibili al seguente schema:

- in una prima fase parte delle acque meteoriche e le acque derivanti dai piccoli impluvi fluviali, si infiltrano nel sottosuolo attraverso le discontinuità delle rocce e del suolo sino a raggiungere la zona satura; in questo percorso attraverso la cosiddetta “zona di aerazione” i moti sono prevalentemente verticali e gravitativi;
- successivamente le acque, raggiunta la zona satura, subiscono una serie di deviazioni dovute alla presenza di discontinuità tettoniche, carsiche e strutturali; durante questa fase dinamica con moti prevalentemente orizzontali si determina il deflusso della falda e quindi un trasferimento di quantitativi d’acqua variabili nel tempo dalle zone di alimentazione a quelle di recapito.

Sovente la combinazione delle giaciture di queste discontinuità è tale da determinare zone d’accumulo d’acqua (effetto barriera) o zone favorevoli al deflusso idrico (effetto collettore drenante); ed è proprio di preferenza nelle aree di incrocio tra le discontinuità caratterizzate da differente comportamento (barriera o dreno) con la superficie topografica che si verificano le emergenze idriche (sorgenti o emergenze idriche).

Sulla base di quanto esposto è evidente che le aree maggiormente vulnerabili per quanto concerne la circolazione idrica delle acque coincidono con quelle zone del bacino idrogeologico in cui la permeabilità è alta.

L’acquifero non è costituito da livelli a se stanti ed è potenzialmente vulnerabile anche a causa di strutture tecnologiche poste in superficie (reti fognarie, pozzi perdenti, serbatoi interrati ormai superati) e dai corsi d’acqua superficiali, naturali od artificiali, entro i quali possono avvenire scarichi non controllati.

Ne va da sé, che pure lo stoccaggio, lo spandimento, l’uso in superficie di prodotti non totalmente innocui che sono in grado di attraversare gli stati alluvionali fino ad arrivare alla falda, può alla fine, provocare la contaminazione della medesima.

Facendo riferimento alla classificazione del C.N.R., è possibile attuare una differenziazione in base alla capacità di diffusione delle sostanze inquinanti e così in prossimità della piana del Serio ci si può riferire come ad un’area a vulnerabilità intrinseca alta. Vulnera-

bilità più ridotta è caratteristica dell'acquifero presente in corrispondenza di Groppino, anche per la presenza di depositi di origine glaciale a permeabilità contenuta.

Le porzioni di substrato più vulnerabili sono invece rappresentate dalla Dolomia Principale anche se, essendo in posizione molto distante dall'attività antropica che si svolge nel fondovalle con i conseguenti rischi di inquinamento della falda sopra descritti, è particolarmente protetta.

10. ELEMENTI DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

In questo capitolo sono illustrati i risultati e le metodologie impiegate per definire le caratteristiche sismiche del territorio comunale e che dovranno essere integrate nel PGT. Le metodologie applicate, per quanto possibile, sono conformi ai contenuti della DGR IX/2616/2011; in particolare si sono applicati il I e II livello riguardanti la fase di pianificazione come definiti dalla DGR citata.

I risultati dell'analisi di I livello sono stati sintetizzati in **Tavola 04** che definisce gli scenari di Pericolosità Sismica Locale (PSL); in tale tavola sono delimitati i contesti geologico – morfologici, desunti dall'analisi geologica e geomorfologica dell'esistente studio geologico e che, in caso di sisma, possono potenzialmente sviluppare condizioni favorevoli ad un incremento del risentimento sismico.

Nel caso di Piario, la tavola inerente l'analisi di I livello presenta una situazione relativamente articolata, dominata da ambiti in cui sono presenti diversi scenari di amplificazione del moto sismico identificati dalla DGR IX/2616/2011.

In **Tavola 04** sono riportati sia areali omogenei per i quali la normativa regionale prevede approfondimenti di III livello (approfondimenti in fase di progettazione), senza ulteriori valutazioni in fase di pianificazione, sia areali per i quali sono necessari approfondimenti in fase di pianificazione (analisi di II). Per questi ultimi, l'analisi di II livello deve identificare i fattori d'amplificazione riferiti a due intervalli di periodi ($0,1 \div 0,5$ s e $0,5 \div 1,5$ s) prefissati dalla DGR IX/2616/2011; il fine delle analisi di II livello è verificare se i fattori di amplificazione specificati nelle norme nazionali sono adeguati alla specifica situazione geologica presente in ambito comunale. Nel caso di Piario, l'analisi di II livello è basata sia su indagini in sito che su dati stratigrafici puntuali, estesi arealmente sulla base delle informazioni stratigrafiche e geologiche precedentemente riportate, sia, in assenza di questi, su alcune valutazioni effettuate in analogia con altri contesti geologico – geomorfologici comparabili.

Le metodologie tecniche applicate, per quanto possibile, sono conformi ai contenuti della DGR VIII/1556/2005, come aggiornata dalla DGR IX/2616/2011. In particolare si sono applicati il primo e, considerando che il comune di Piario è classificato dal punto di vista sismico in Zona 3 (DGR X/2129/2014), ed il secondo livello di approfondimento.

Nel caso di Piario, la Carta relativa all'analisi di primo livello presenta una situazione relativamente omogenea, dominata da ambienti in cui prevalgono effetti di amplificazione

del moto sismico di natura stratigrafica (anche detti amplificazioni litologiche e geometriche, come indicato nella DGR IX/2616/2011) e di effetti di amplificazione legati alla instabilità dei pendii.

La valutazione del grado di protezione viene effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando F_a (Fattore di amplificazione) ottenuto dalle schede di valutazione con un parametro di analogo significato calcolato per ciascun comune e per diverse categorie di suolo (NTC 2008) soggette ad amplificazioni litologiche (Suoli di Categoria B, C, D, E) e per i due intervalli di periodo 0.1 - 0.5s e 0.5 – 1.5s.

Nel particolare caso di Songavazzo l'analisi di secondo livello è stata applicata nelle aree individuate nell'analisi di I° livello, effettuata su tutto il territorio comunale.

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC, 2008) e la relativa circolare (CIRCOLARE, 2009), richiedono nelle analisi dinamiche dei sistemi geotecnici (amplificazioni, frane, ecc.) l'uso di 5 accelerogrammi registrati rappresentativi della sismicità del sito in analisi, compatibili con le caratteristiche sismogenetiche della sorgente, con la coppia magnitudo-distanza dalla sorgente e con la massima accelerazione orizzontale attesa e registrate su bedrock sismico, provenienti dai database nazionali ed internazionali più accreditati.

A tal proposito il territorio regionale è stato suddiviso in fasce caratterizzate da severità sismica omogenea. In particolare sono state individuate 8 fasce nelle quali i comuni presentavano valori di accelerazione massima attesa al suolo (Gruppo di Lavoro, 2004) e valori dell'ordinata spettrale massima (NTC, 2008) compresi in un range del $\pm 10\%$ dal valore medio.

Per ogni fascia sono stati messi a disposizione 5 accelerogrammi registrati compatibili con quanto previsto dalle Norme e dalla circolare da utilizzare nelle analisi dinamiche dei sistemi geotecnici e raccolti in archivi in formato compresso (.zip) identificati dal numero della fascia corrispondente (FASCIA1 – FASCIA8).

In Comune di Piario per le analisi di III° livello andranno considerati gli accelerogrammi previsti per la Fascia 5.

10.1 INQUADRAMENTO TETTONICO

L'inquadrimento geo – tettonico è stato desunto fondamentalmente dai seguenti studi:

- Enciclopedia del petrolio e del gas naturale (ENI, Roma 1962 – 1971)
- Rapporto per la localizzazione di una centrale elettronucleare nella Regione Lombardia (ENEL, 1984)
- Piano di Emergenza Provinciale del Rischio Sismico (Provincia di Bergamo – Settore Viabilità e Protezione Civile, 2005)
- Structural Model of Italy (CNR, 1983)

10.1.1 Assetto tettonico dell'Italia Settentrionale

L'attuale assetto tettonico dell'Italia Settentrionale è determinato dai fenomeni orogenetici che hanno prodotto i suoi due principali confini strutturali: le Alpi Meridionali che la delimitano a Nord, l'Appennino Settentrionale che la delimitano a Sud (Figura 4).

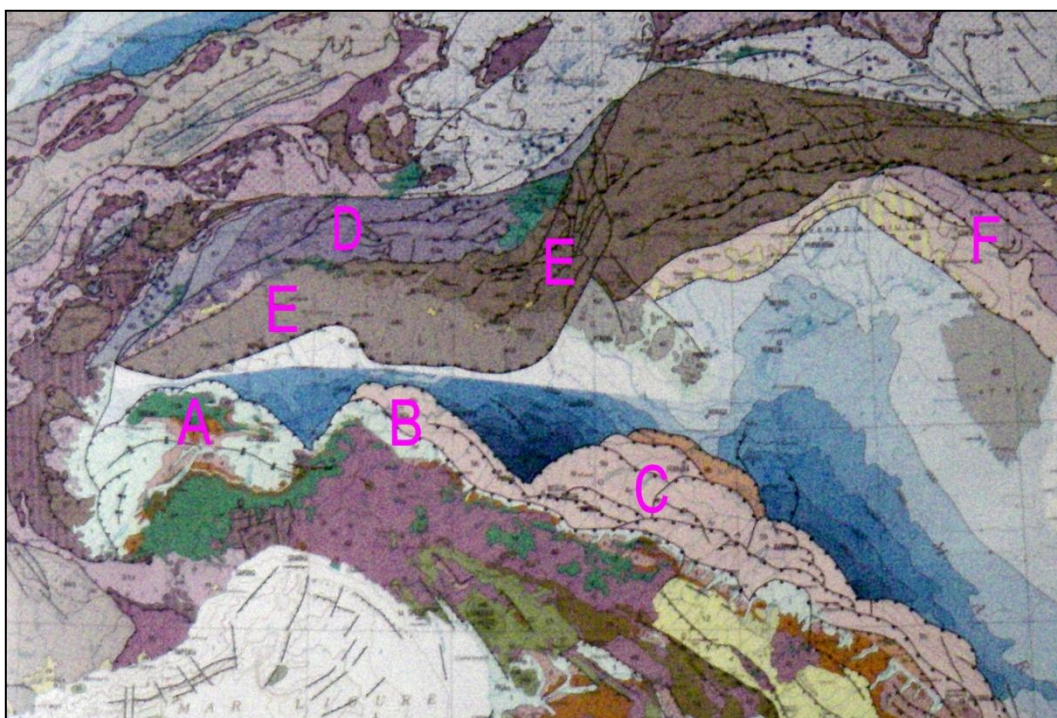


Figura 4: Estratto dal modello strutturale d'Italia (CNR, 1983) per l'ambito padano. Si possono osservare i due principali sistemi arcuati, Nordappenninico e Sudalpino, divisi dalla copertura Quaternaria indeformata. "A" Pieghe del Monferrato, "B" Pieghe Emiliane, "C" Pieghe Romagnole – Ferraresi, "D" Arco Orobico, "E" Arco delle Giudicarie – Val Trompia, "F" Arco del Friuli – Venezia – Giulia.

L'origine e la forma degli Appennini e delle Alpi Meridionali deriva dalla convergenza tra

le Placche Africana ed Europea che è in corso dal Cretaceo Superiore.

È all'interno di queste strutture tettoniche che si possono ricercare le sorgenti sismogenetiche, storicamente attive o potenziali, rilevanti per la pericolosità sismica della provincia di Bergamo.

Nel fronte strutturale Nord Appenninico, che si estende per più di 50 Km nella Pianura Padana inferiormente alla copertura Quaternaria, si identificano tre principali sistemi arcuati di sovrascorrimento, grossolanamente orientati E – W, partendo da occidente:

- A) Sistema di Pieghe Arcuate del Monferrato: è il più interno ed occidentale, esso segna l'ultima fase orogenetica tardo Pliocenica;
- B) Sistema di Pieghe Arcuate Emiliane: rappresentano il sistema centrale di sovrascorrimenti arcuati più prossimo all'Omoclinale Alpina e ampiamente collidente con il contrapposto, antico e sepolto, Fronte Sudalpino. L'ultima e più importante fase che ha interessato questo sistema arcuato si è attuata dal tardo Pliocene;
- C) Sistema di Pieghe Romagnole – Ferraresi: costituiscono il più orientale e complesso tra i sistemi di archi ed anche il più complesso tra i maggiori allineamenti della Pianura Padana. Le "Pieghe Romagnole", le strutture più interne dell'arco, sono caratterizzate da una disarmonia strutturale delle formazioni clastiche Terziarie rispetto alle formazioni carbonatiche Mesozoiche.

La struttura della Catena Alpina è divisa principalmente in due grandi domini tettonici dal Lineamento Insubrico o Periadriatico (costituito dai segmenti detti Linea della Gail – Pusteria, delle Giudicarie, del Tonale e del Canavese): a Nord del lineamento si distinguono le Alpi S.S., mentre a sud il Dominio Sudalpino o Alpi Meridionali (Figura 4). Nelle Alpi Meridionali sono distinti tre sistemi arcuati:

- D) Arco Orobico: rappresenta il sistema più interno; attivo dal Cretaceo Superiore al Paleogene, si sviluppa circa est – ovest tra la zona dei Laghi ed il Massiccio dell'Adamello in prossimità del quale subisce una netta deviazione verso SW;
- E) Arco delle Giudicarie – Val Trompia: è il sistema intermedio che risale al Miocene medio – inferiore. La direzione preferenziale NNE – SSW assunta dall'asse delle Giudicarie è fortemente curvata verso ovest in corrispondenza della Val Trompia e del bresciano (Gomito del Garda) incuneandosi al di sotto della Pianura Padana;
- F) Arco del Friuli – Venezia – Giulia: è il sistema più esterno che rappresenta la maggior parte del settore orientale delle Alpi Meridionali. L'arco presenta un comples-

so fronte esterno concavo di età Pliocenica – Quaternaria, ed è la principale zona simogenica responsabile dell'elevata sismicità dell'area carnica – friulana.

Tra le Alpi Meridionali e l'Appennino si estende il bacino padano in cui si è sviluppata la successione detritica pliocenico – quaternaria, con spessore di alcune migliaia di metri; questi sedimenti poggiano su un substrato rigido formato da rocce carbonatiche mesozoico – eoceniche, interessato da una serie di faglie ad andamento Ovest – Est.

In sintesi, l'area padana è il risultato di una compressione asimmetrica bilaterale che ha agito in più tempi nell'intervallo Miocene superiore – Pliocene, compressione applicata in modo differente nei bordi meridionali e settentrionali del sistema. Quest'ultima condizione ha provocato una progressiva riduzione dello spazio indeformato della Pianura Padana ed il suo graduale assottigliamento.

L'alto tasso di sedimentazione Plio – Pleistocenico all'interno dell'avanfossa Padana in restringimento è da mettersi in relazione con il generale arretramento ed approfondimento del depocentro Padano. La conseguente subsidenza della Pianura Padana è stata incrementata dalla compressione Neogenica, come pure dai carichi implicati dagli spostamenti tettonici dei depositi sedimentari più recenti.

10.2 INQUADRAMENTO SISMOLOGICO

Per conoscere la sismicità di un territorio sono utilizzati i dati relativi ai terremoti storici, verificatisi anche in epoche in cui non esistevano strumenti per la loro misura, e le caratteristiche sismotettoniche della regione.

Attraverso la distribuzione spaziale e temporale dei terremoti del passato è possibile, infatti, attribuire valori di Intensità e di Magnitudo ai singoli eventi sismici, e individuare le strutture sismogenetiche da cui prendono origine.

I dati sismometrici, registrati in epoca strumentale, forniscono informazioni sugli eventi sismici più complete e attendibili e consentono una valutazione più precisa della pericolosità sismica di base del territorio indagato; l'evento atteso può essere descritto sia in termini di scuotimento (P_{ga} : accelerazione di picco attesa) sia in termini di intensità macrosismica (I_{MCS}).

10.2.1 Cenni di sismicità storica e strutturale

Per la definizione delle caratteristiche sismiche generali del Comune di Piario ci si è av-

valsi di due banche dati sismologiche, la prima contenente per la maggior parte eventi sismici occorsi in epoca storica (approssimativamente accaduti negli ultimi due millenni), la seconda composta da eventi sismici registrati dalla rete sismica nazionale a partire dall'inizio degli anni 1980.

Le informazioni di sismologia storica e strumentale a disposizione, qualificano l'area di Piario come un territorio interessato da un'attività sismica di moderata entità che, pur tuttavia, non deve essere sottovalutata.

L'evento sismico più prossimo a Piario contenuto nel Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI), un catalogo di eventi sismici occorsi nel territorio italiano tra il 200 a.C. e il 2002 (Gruppo di Lavoro CPTI, 2004), è un evento di magnitudo 4,49 accaduto nel 1882 (si veda a questo proposito Figura 5). Considerando distanze epicentrali maggiori, il catalogo CPTI presenta epicentri d'interesse per la località indagata nelle seguenti direzioni: NO dal Lago d'Iseo, NE da Bergamo.

Nel complesso, la sismicità sopra descritta, e rappresentata in Figura 5, mostra eventi di energia non elevata (magnitudo M_w inferiore a 5,0):

- Rovetta: evento del 24 febbraio 1882 M_w pari a 4.91
- Bergamo: evento del 22 agosto 1606 M_w pari a 4.93

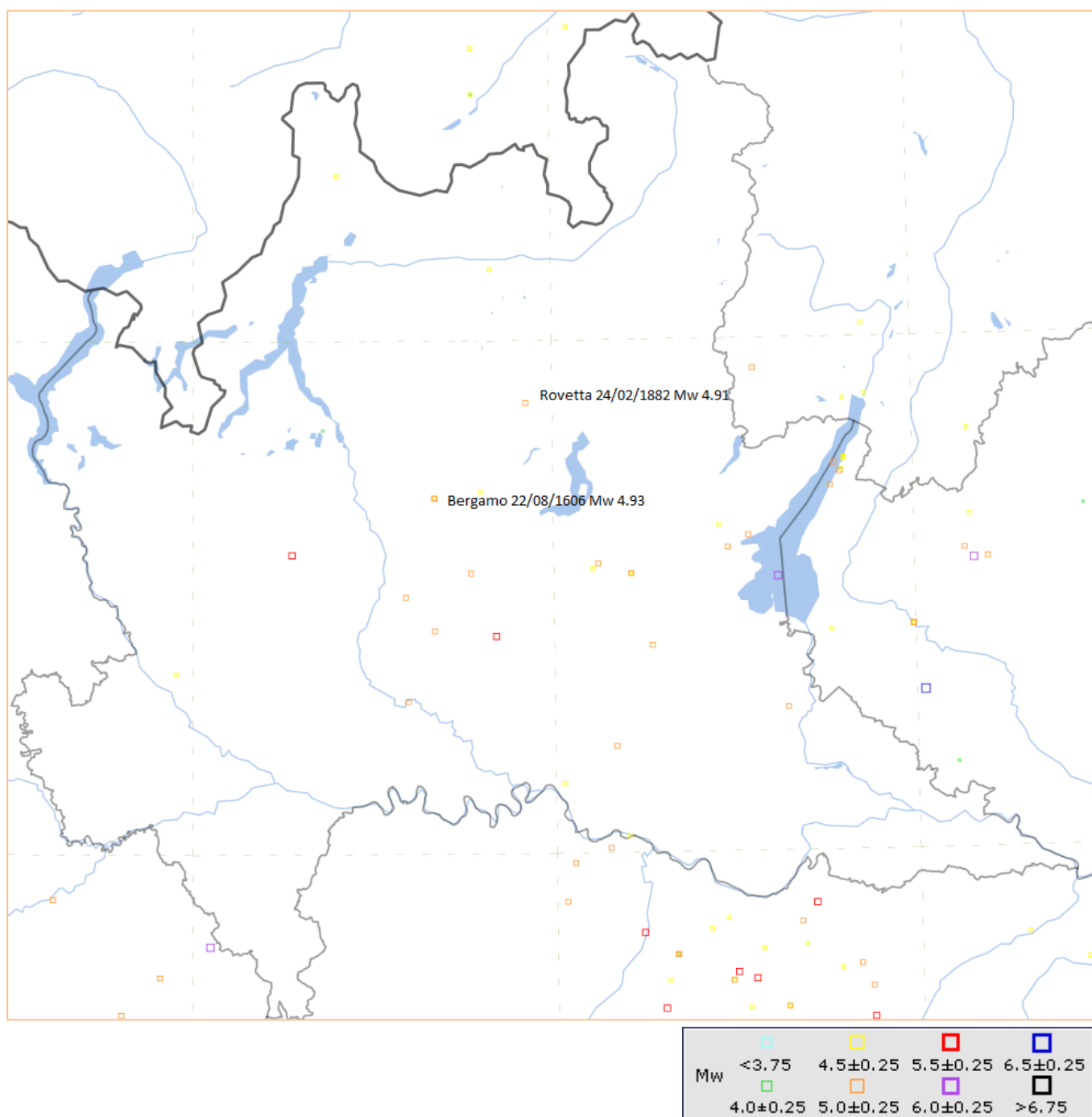


Figura 5. Sismicità storica contenuta nel Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani – CPTI

La sismicità strumentale contenuta nel catalogo CSI (Catalogo Strumentale della Sismicità Italiana; Castello et al., 2006) mostra uno schema di distribuzione della sismicità differente rispetto a quello espresso in precedenza per la sismicità storica. In vicinanza dell'area indagata, infatti, la sismicità strumentale è disposta lungo una fascia allungata in direzione NO – SE, a cavallo tra Valle Seriana (BG) e Valle Camonica (BS), ovvero lungo la Val Borlezza. La profondità ipocentrale degli eventi è in media inferiore a 15 km.

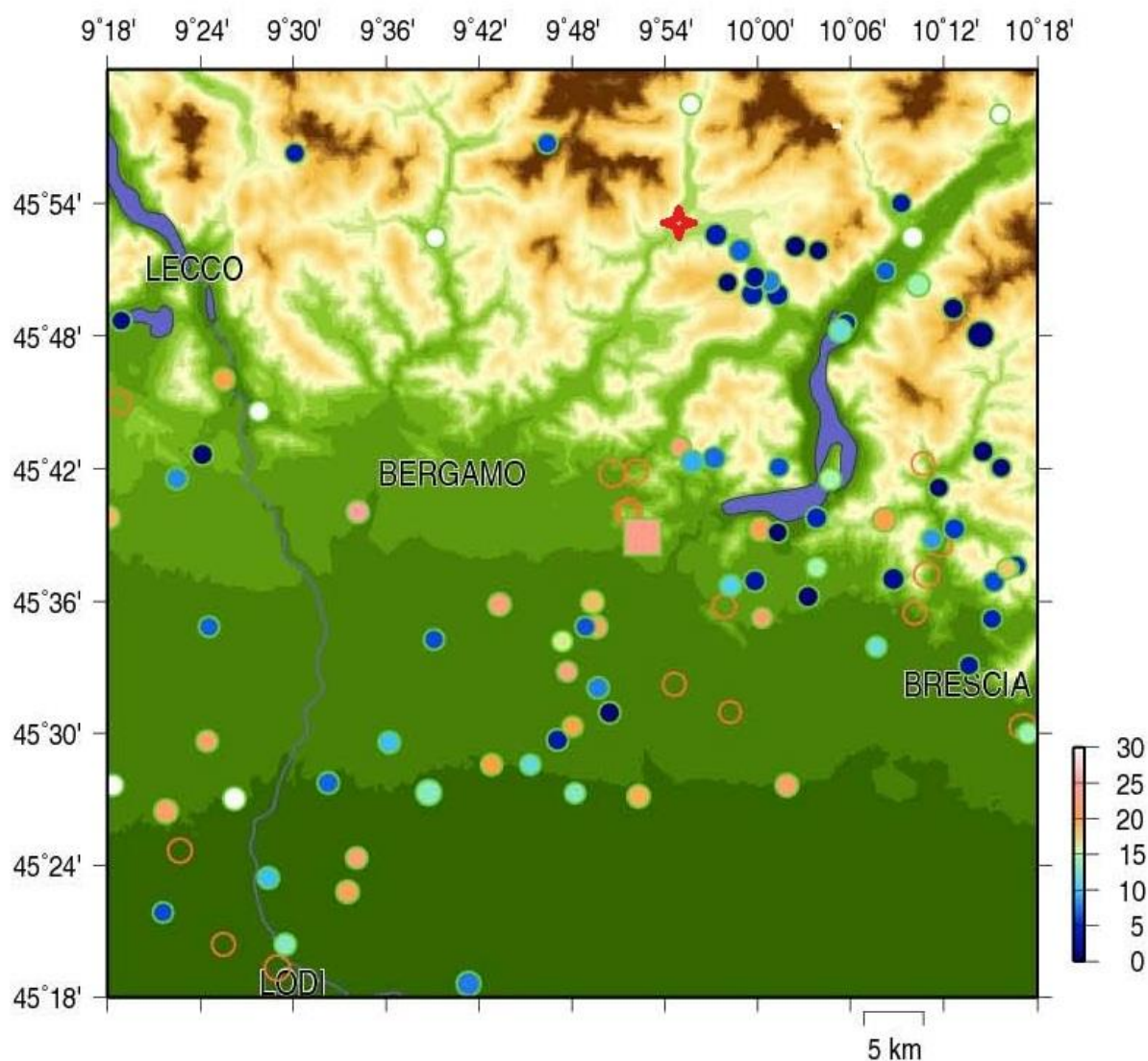


Figura 6. Sismicità strumentale contenuta nel (1) Catalogo della sismicità italiana CSI (cerchi campiti) e (2) nel Bollettino Sismico dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). Il colore della campitura indica il valore della profondità ipocentrale (in km).

10.2.2 Quadro normativo nazionale

La approvazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 14 gennaio 2008) ha modificato il classico il concetto di zonazione sismica e, conseguentemente, il criterio di calcolo delle azioni sismiche da utilizzare nella progettazione di edifici e strutture. Per definire le azioni sismiche le Norme Tecniche per le Costruzioni partono da una pericolosità sismica di base (allo stato attuale questa coincide con la pericolosità sismica calcolata dall'INGV, si veda anche Gruppo di Lavoro, 2004) calcolata su una griglia a maglia regola-

re che copre l'intero territorio italiano (si veda Figura 7).

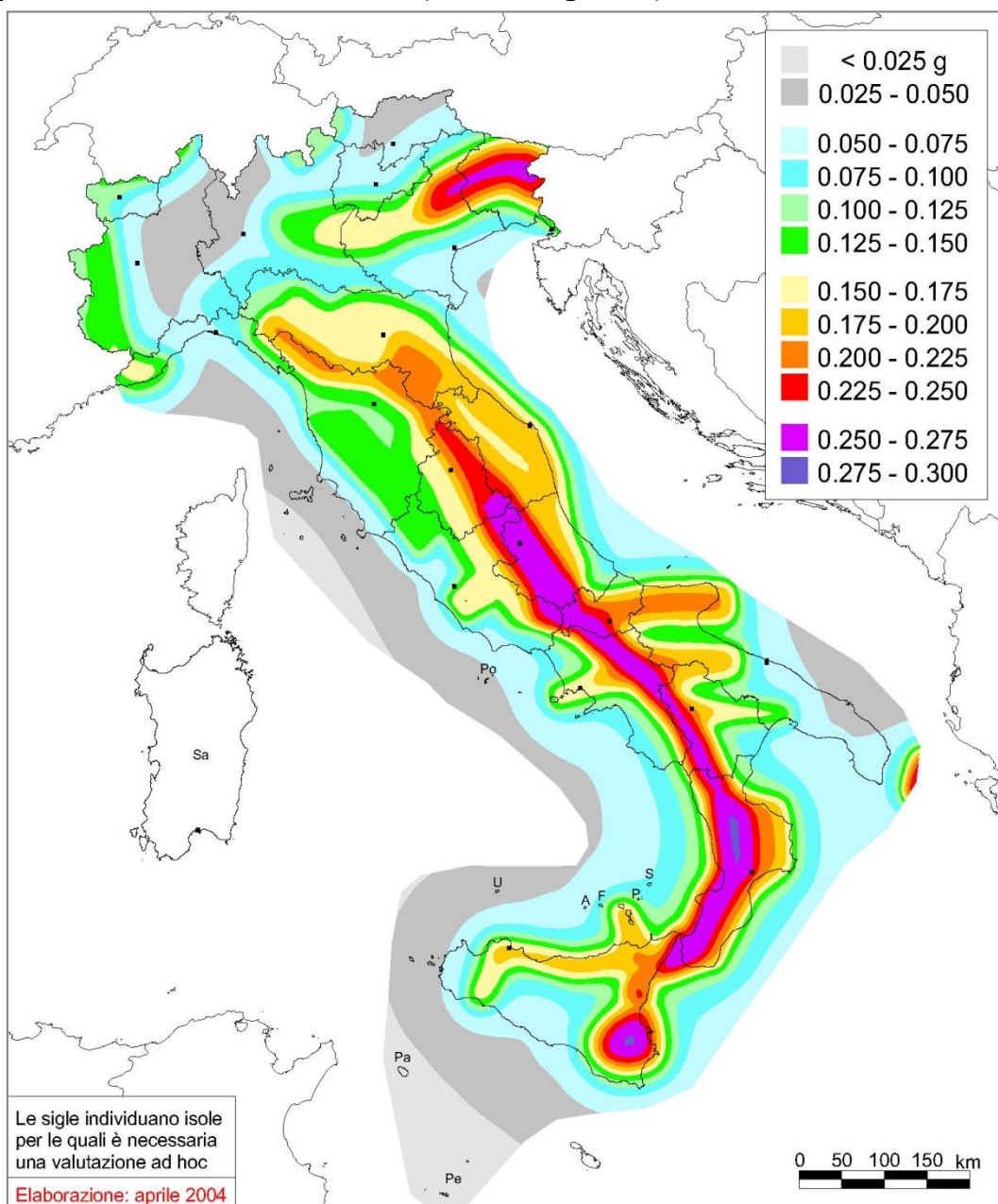


Figura 7: Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (riferimento: Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n. 3519, All. 1b) espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ($V_s > 800$ m/s; cat. A, punto 3.2.1 del 30 D.M. 14.09.2005).

La mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003 è stata approvata con Ordinanza PCM 28 aprile 2006 n. 3519. Questa iniziativa è stata rivolta a soddisfare l'esigenza di una mappa di pericolosità sismica di riferimento per l'individuazione delle zone sismiche, esigenza formulata dall'Ordinanza PCM 20 marzo

2003, n. 3274, che ne fissa i criteri e scadenze.

In particolare:

- è stata elaborata una nuova zonazione sismogenetica, denominata ZS9, a partire da un sostanziale ripensamento della precedente zonazione ZS4, alla luce delle evidenze di tettonica attiva e delle valutazioni acquisite negli ultimi anni. ZS9 è corredata, per ogni ZS, da un meccanismo focale prevalente e da un valore di profondità, determinati nella prospettiva di utilizzo con le relazioni di attenuazione. La nuova ZS9 viene riportata in Figura 8;

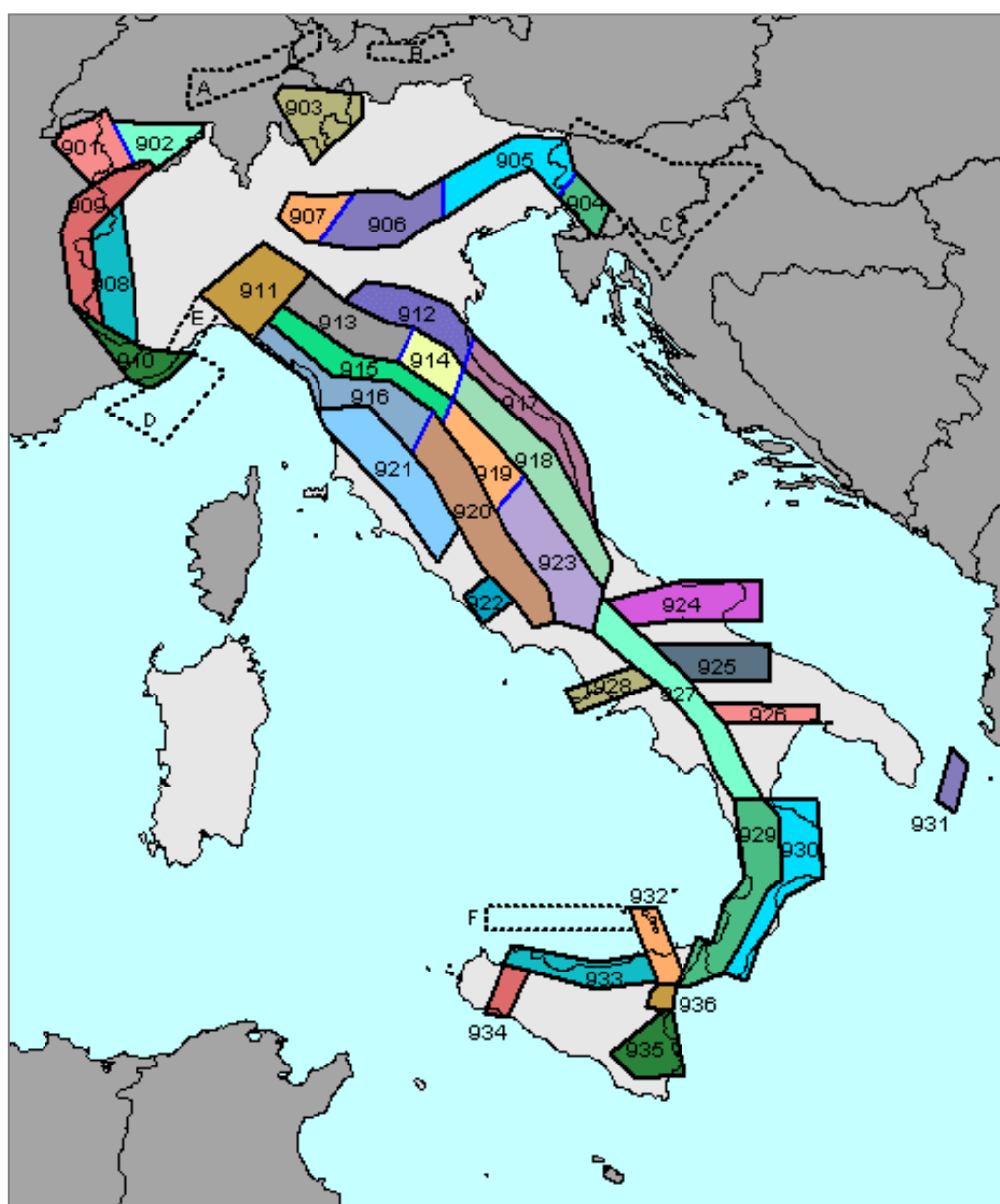


Figura 8: Zonazione Sismogenetica ZS9.

- è stata prodotta una versione aggiornata del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, detta CPTI2 (aggiornato poi a CPTI8), mediante la ricompilazione ex – novo della porzione temporale 1981 – 1992 e la sua estensione al 2008;
- sono state verificate le relazioni di attenuazione di a_{max} definite a scala nazionale ed europea;
- sono stati determinati, con approcci storici e statistici, due insiemi di completezza dei dati del Catalogo CPTI2 (aggiornato poi a CPTI8).

La suddivisione dei comuni italiani in 4 classi di pericolosità sismica, precedente all'OPCM 3274/2003. , è mantenuta ai soli fini amministrativi (es. obblighi di valutazione della documentazione presso apposite commissioni, ecc.); il comune di Songavazzo ricade in zona sismica **3** (O.P.C.M. 3519/06, D.M. INFRASTRUTTURE 14/01/2008 E DGR X/2129/2014). La suddivisione è basata sul parametro a_g corrispondente all'accelerazione di picco orizzontale del suolo, con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, espressa come frazione dell'accelerazione di gravità g , secondo la seguente tabella:

ZONA SISMICA	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni
1	$0,25 < a_g \leq 0,35g$
2	$0,15 < a_g \leq 0,25g$
3	$0,05 < a_g \leq 0,15g$
4	$a_g \leq 0,05g$

Tabella 1: Corrispondenza tra Classi ed Accelerazione ricavata dall'OPCM n. 3519/2006.

Per il comune di Piario si sono utilizzati i dati della Mappa di Pericolosità Sismica contenuta nell'allegato A alle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al DM 14 gennaio 2008 denominato "Pericolosità Sismica" relativa alla cella con ID 10495.

Nella Tabella 2 sono riportati i parametri a_g , F_0 e T_c calcolati per il Comune di Piario. In questa tabella è interessante osservare soprattutto il parametro a_g , cioè il parametro che esprime il valore dello scuotimento atteso (la sua unità di misura è l'accelerazione di gravità g) in diversi periodi di ritorno. Il valore di a_g caratterizzato da un periodo di ritorno $T_R = 475$ anni, contraddistinto da una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, corri-

sponde ad a un valore di a_{gmax} pari a **0,083876 (g)**.

T_R [anni]	a_g	F_o [-]	T_C^* [s]
30	0,288	2,48	0,2
50	0,359	2,54	0,21
72	0,413	2,56	0,22
101	0,48	2,52	0,24
140	0,545	2,53	0,25
201	0,622	2,54	0,26
475	0,852	2,53	0,28
975	1,092	2,53	0,29
2475	1,469	2,56	0,3

Tabella 2. Valori dei parametri di a_g (in m/s^2), F_o e T_C^* previsti dalle Norme Tecniche per le Costruzioni

Dai valori di scuotimento atteso riportati in Tabella 2, rispetto alla classificazione operata dalla Regione Lombardia di cui alla DGR VII/14964/2003, il comune di Piario non risulta correttamente inserito in Classe 4 di cui all'OPCM n. 3519/2006.

Tale incoerenza è stata esplicitata dalla Regione Lombardia con DGR X/2129/2014; in tale DGR (non vigente al momento della redazione del presente documento ai sensi della DGR X/2489/2014 e smi che ne hanno differito l'applicazione) viene proposta una nuova classificazione sismica del territorio regionale con classificazione del Comune in Zona 3.

Stante questi elementi, le valutazioni sulla pericolosità sismica locale che seguono sono state effettuate assumendo che il Comune di Piario sia in Zona 3 (sono effettuate le valutazioni di secondo livello e per l'intero territorio comunale) e, pertanto, all'entrata in vigore della DGR X/2129/2014 il presente studio risulta adeguato alla nuova classificazione sismica.

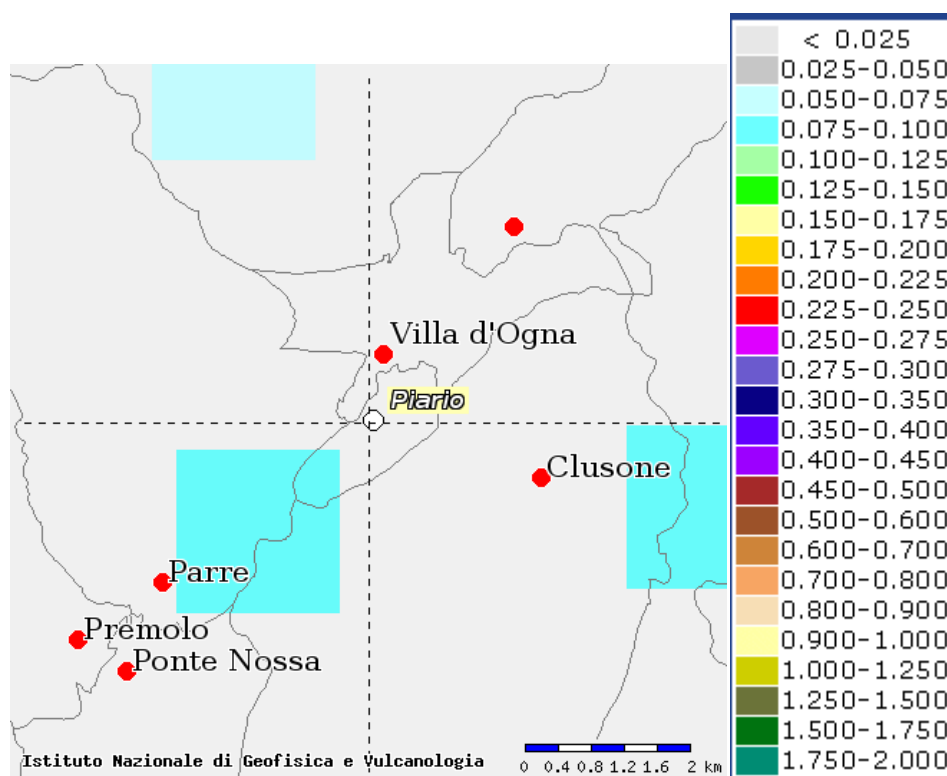


Figura 9: Estratto dalla Mappa di Pericolosità sismica dell'INGV (a = accelerazione attesa al suolo).

10.3 ANALISI E VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI SISMICI DI SITO: ASPETTI METODOLOGICI

10.3.1 Aspetti generali

Quando una struttura sismogenetica ha accumulato una quantità di energia tale da superare la tensione critica di rottura, si verifica uno spostamento di materia con liberazione di energia e la conseguente formazione e propagazione delle onde sismiche. Queste attraversano il mezzo con modalità diverse e arrivano al sito (il Comune in oggetto) con intensità decrescente, funzione della distanza dall'epicentro, valutata dalle note leggi di attenuazione.

Le onde sismiche però, attraversando gli strati superficiali eterogenei, spesso cambiano caratteristiche (velocità, ampiezza, periodo,..) e provocano effetti diversi anche tra aree molto vicine dello stesso Comune. Pertanto la conoscenza delle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei terreni e le loro proprietà fisiche e meccaniche permettono di definire le modifiche che un segnale sismico subisce rispetto a quello di riferimento. Il campo di scuotimento prodotto da un sisma può quindi subire significative variazioni a livello locale in relazione all'assetto geologico e morfologico presente (Kramer, 1996; Bard, 1999).

Le condizioni geologiche locali sono in grado sia di modificare, anche in modo considerevole, le caratteristiche del moto sismico, sia di sviluppare dei fenomeni collaterali allo scuotimento sismico (es. innesco dinamico di frane, fenomeni di liquefazione dei terreni, ecc.) caratterizzati da un elevato tasso di pericolosità. L'evento sismico è un evento complesso capace di generare diverse tipologie fenomeni, e quindi di pericolosità. I principali fenomeni connessi con l'accadimento di un terremoto sono (Kramer, 1996):

- Scuotimento: il fenomeno più comune
- Liquefazione
- Frane
- Tsunami e seiche
- Danneggiamento o collasso di edifici
- Danneggiamento o collasso di strutture di contenimento
- Danneggiamento o collasso di lifelines e infrastrutture in genere (es. metanodotti, oleodotti. linee ad alta tensione).

Studiare le condizioni geologiche locali nell'ottica sismica significa quindi costruire un quadro di conoscenze utile a prevenire gli effetti di un possibile sisma.

L'obiettivo della microzonazione sismica è quindi l'individuazione delle aree caratterizzate dallo stesso scenario sismico e la verifica della risposta sismica locale con indagini e metodologie affidabili, al fine di prevedere il comportamento dei terreni superficiali interessati dalle costruzioni attuali e future, quando sono sottoposti ad un evento sismico.

La Regione Lombardia ha approvato, con la DGR IX/2616/2011 una metodologia per la valutazione della risposta sismica locale che deve essere applicata da ciascun comune in fase di realizzazione o aggiornamento dello studio geologico nel PGT. La stessa DGR, oltre alle indicazioni per la fase pianificatoria, prevede indicazioni per la fase progettuale delle costruzioni nelle diverse zone sismiche, in sintonia con le nuove "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al DM 14 gennaio 2008 che disciplinano la progettazione e la verifica delle opere e dei sistemi geotecnici soggetti ad azioni sismiche.

Gli effetti derivanti dalle condizioni locali sono distinti in funzione del comportamento dinamico dei materiali coinvolti; pertanto gli studi finalizzati al riconoscimento delle aree potenzialmente pericolose dal punto di vista sismico sono basati, in primo luogo, sull'identificazione della categoria di terreno presente in una determinata area (Categorie di sottosuolo).

In funzione della categoria del terreno, si distinguono due grandi gruppi di effetti locali: quelli di sito o di amplificazione sismica locale e quelli di instabilità.

10.3.1.1 Effetti di amplificazione sismica locale

Interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento stabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese; tali effetti sono rappresentati dall'insieme delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico (terremoto di riferimento), relativo ad una formazione rocciosa di base (bedrock), può subire, durante l'attraversamento degli strati di terreno sovrastanti il bedrock, a causa dell'interazione delle onde sismiche con le particolari condizioni locali.

Gli effetti di amplificazione sono di due tipi, che possono essere contemporaneamente presenti nello stesso sito:

- effetti di amplificazione topografica: si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie superficiali più o meno articolate e da irregolarità topografiche in generale; tali condizioni favoriscono la focalizzazione delle onde sismiche in prossimità della cresta del rilievo a seguito di fenomeni di riflessione sulla superficie libera e di interazione fra il campo d'onda incidente e quello diffratto;

se l'irregolarità topografica è rappresentata da substrato roccioso (bedrock) si verifica un puro effetto di amplificazione topografica, mentre nel caso di rilievi costituiti da materiali non rocciosi l'effetto amplificatorio è la risultante dell'interazione (difficilmente separabile) tra l'effetto topografico e quello litologico di seguito descritto;

- effetti di amplificazione litologica: si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie sepolte (bacini sedimentari, chiusure laterali, corpi lenticolari, eteropie ed interdigitazioni, gradini di faglia etc..) e da particolari profili stratigrafici costituiti da litologie con determinate proprietà meccaniche; tali condizioni possono generare esaltazione locale delle azioni sismiche trasmesse dal terreno, fenomeni di risonanza fra onda sismica incidente e modi di vibrare del terreno e fenomeni di doppia risonanza fra periodo fondamentale del moto sismico incidente e modi di vibrare del terreno e della sovrastruttura.

10.3.1.2 Effetti di instabilità

Interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento instabile o potenzialmente instabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese e sono rappresentati in generale da fenomeni di instabilità consistenti in veri e propri collassi e talora movimenti di grandi masse di terreno incompatibili con la stabilità delle strutture; tali instabilità sono rappresentate da fenomeni diversi a seconda delle condizioni presenti nel sito.

10.3.2 Analisi e valutazione degli effetti sismici secondo la normativa regionale

Nell'allegato 5 della DGR IX/2616/2011 è riportato il "*Diagramma di flusso dei dati necessari e dei percorsi da seguire nei tre livelli di indagine*", la metodologia e lo schema operativo per la valutazione dell'amplificazione sismica locale riprodotto in Diagramma 1.

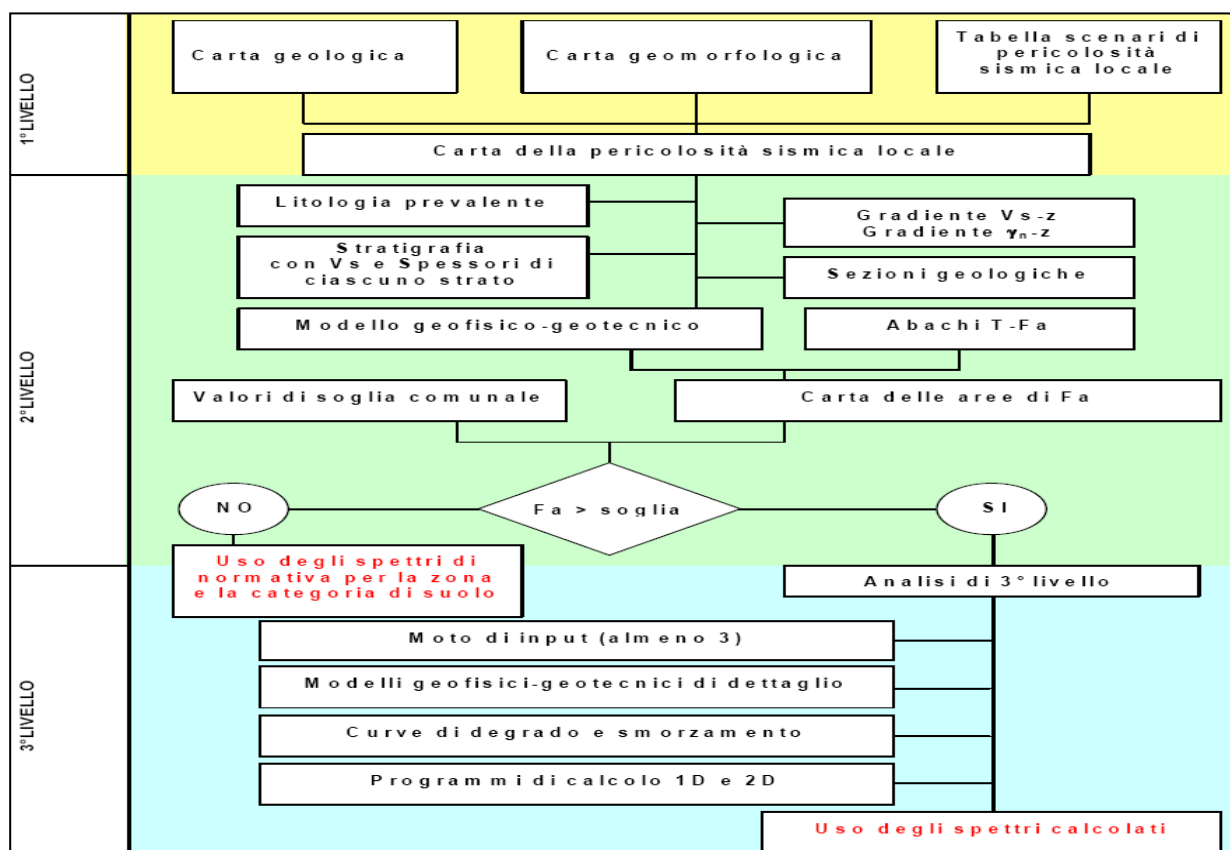


Diagramma 1: Diagramma di flusso dei dati necessari e dei percorsi da seguire nei tre livelli di indagine.

L'analisi degli effetti sismici di sito finalizzata alla definizione della componente sismica nei PGT in Regione Lombardia si articola quindi su tre distinti livelli di indagine.

Il primo e il secondo livello hanno il compito di fornire orientamenti utili alla pianificazione del territorio mentre lo scopo del terzo livello di indagine è quello supportare la progettazione di strutture ed edifici considerati strategici o rilevanti, oppure ubicati in aree particolarmente sfavorevoli in termini di pericolosità sismica.

10.3.2.1 Primo livello

Il primo livello di approfondimento è obbligatorio per tutti i Comuni, consiste in un approccio di tipo qualitativo e costituisce lo studio propedeutico ai successivi livelli di approfondimento; è un metodo empirico che trova le basi nella continua e sistematica osservazione diretta degli effetti prodotti dai terremoti.

Il metodo permette l'individuazione delle zone ove i diversi effetti prodotti dall'azione sismica sono prevedibili, con buona attendibilità, sulla base di osservazioni geologiche e sulla raccolta dei dati cartografici di base, quali la cartografia geologica e dei dissesti (a scala 1:10000 e 1:2000) ed i risultati di indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche già svolte, che saranno oggetto di un'analisi mirata alla definizione delle condizioni locali

(spessore delle coperture e condizioni stratigrafiche generali, posizione e regime della falda, proprietà indice, caratteristiche di consistenza, grado di sovraconsolidazione, plasticità e proprietà geotecniche nelle condizioni naturali, ecc.).

Dalle cartografie di base, oltre che da un'analisi morfometrica del territorio comunale, si ricava la:

- *Carta della Pericolosità Sismica Locale (PSL)*: contiene aree delimitate alla luce (1) dei criteri riportati in Tabella 3 e (2) dell'assetto geologico e geomorfologico descritto nella cartografia geologica e geomorfologica.

In particolare, la Tabella 3 contiene le cinque principali tipologie di scenario, cioè i cinque contesti nei quali è presumibile attendersi una definita tipologia di fenomeno in caso di scuotimento sismico (es. fenomeni di amplificazione del moto, oppure fenomeni di amplificazione abbinati ad effetti indotti come liquefazione o instabilità dinamica dei versanti). L'occorrenza di un fenomeno in un'area, ovviamente, non preclude il contemporaneo accadere di altri fenomeni.

Sigla zona	Scenario di pericolosità locale	Effetti attesi
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio frana	
Z2	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale) Zone con depositi granulari fini saturi	Cedimenti e/o liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio $H > 10$ m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc.)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite – arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio – glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale	

Sigla zona	Scenario di pericolosità locale	Effetti attesi
	e conoide deltizio – lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (comprese le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio – colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico – meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

Tabella 3 – Scenari di pericolosità sismica locale contenuti nel DGR IX/2616/2011, allegato 5.

10.3.2.2 Secondo livello

Il secondo livello di approfondimento è obbligatorio per i Comuni ricadenti nelle zone sismiche 2 e 3 nei quali si siano individuate, a seguito degli approfondimenti di primo livello, aree con scenari suscettibili di amplificazioni sismiche (morfologiche Z3 e litologiche Z4) interferenti con l'urbanizzato e/o interferenti con le aree di espansione urbanistica, ad esclusione di quelle considerate inedificabili per situazioni geologiche, geomorfologiche e ambientali o perché sottoposte a vincoli normativi. Per i Comuni ricadenti in zona sismica 4 deve essere applicato solo alle costruzioni strategiche e rilevanti ai sensi della DGR VII/14964/2003 e della DDUO 19904/2003, ferma restando la facoltà del Comune di estenderlo alle altre categorie di costruzioni.

Il valore di F_a si riferisce agli intervalli di periodo tra 0,1 – 0,5 s e 0,5 – 1,5 s: i due intervalli di periodo nei quali viene calcolato il valore di F_a sono stati scelti in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie presenti più frequentemente nel territorio regionale; in particolare l'intervallo tra 0,1 – 0,5 s si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, mentre l'intervallo tra 0,5 – 1,5 s si riferisce a strutture più alte e più flessibili.

La procedura di II° livello fornisce, per gli effetti litologici, valori di F_a per entrambi gli intervalli di periodo considerati, mentre per gli effetti morfologici solo per l'intervallo 0,1 – 0,5 s: questa limitazione legata all'implementazione di codici di calcolo di tipo bidimensionale ad elementi di contorno, che sono risultati più sensibili all'influenza del moto di input nell'intervallo di periodo 0,5 – 1,5 s.

10.3.2.2.1 Amplificazione litologica

La procedura semplificata richiede la conoscenza dei seguenti parametri:

- litologia dei materiali presenti nel sito (litologie ghiaiose e litologie argilloso limose);
- stratigrafia del sito;
- andamento con la profondità delle Vs fino a valori pari o superiori a 800 m/s; in mancanza del raggiungimento del bedrock ($V_s \geq 800$ m/s) con le indagini è possibile ipotizzare un opportuno gradiente di Vs con la profondità sulla base dei dati ottenuti dall'indagine, tale da raggiungere il valore di 800 m/s.
- spessore, peso di volume e velocità di ciascun strato;
- sezioni geologiche, conseguente modello geofisico – geotecnico ed identificazione dei punti rappresentativi sui quali effettuare l'analisi.

In funzione della litologia prevalente presente nel sito, del gradiente di velocità Vs e del gradiente del peso di volume naturale con la profondità si sceglie l'abaco di riferimento. In funzione dello spessore e della velocità Vs⁽²⁾ dello strato superficiale si sceglie la curva più appropriata per la valutazione del valore di Fa nell'intervallo 0,1 – 0,5 s.

Il periodo proprio del sito necessario per l'utilizzo dell'abaco di correlazione deve essere calcolato considerando tutta la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore della velocità Vs è uguale o superiore 800 m/s ed utilizzando la seguente equazione:

$$T = \frac{4 \cdot \sum_{i=1}^n h_i}{\frac{\sum_{i=1}^n V_{s_i} \cdot h_i}{\sum_{i=1}^n h_i}}$$

Dove h_i e V_{s_i} sono lo spessore e la velocità dello strato i – esimo. Il valore di Fa determinato dovrà essere approssimato alla prima cifra decimale e dovrà essere utilizzato per valutare il grado di protezione raggiunto al sito dall'applicazione della nuova normativa sismica.

La valutazione del grado di protezione è effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando il valore di Fa ottenuto con un parametro di analogo significato calcolato

² Nel caso il valore di Vs dello strato superficiale risulta pari o superiore ad 800 m/s non si applica la procedura semplificata per la valutazione del Fa in quanto l'amplificazione litologica attesa è nulla ($F_a = 1,0$).

per ciascun Comune e per le diverse categorie di suolo (Norme Tecniche per le Costruzioni) soggette ad amplificazioni litologiche (B, C, D ed E) e per i due intervalli di periodo 0,1 – 0,5 e 0,5 – 1,5 s.

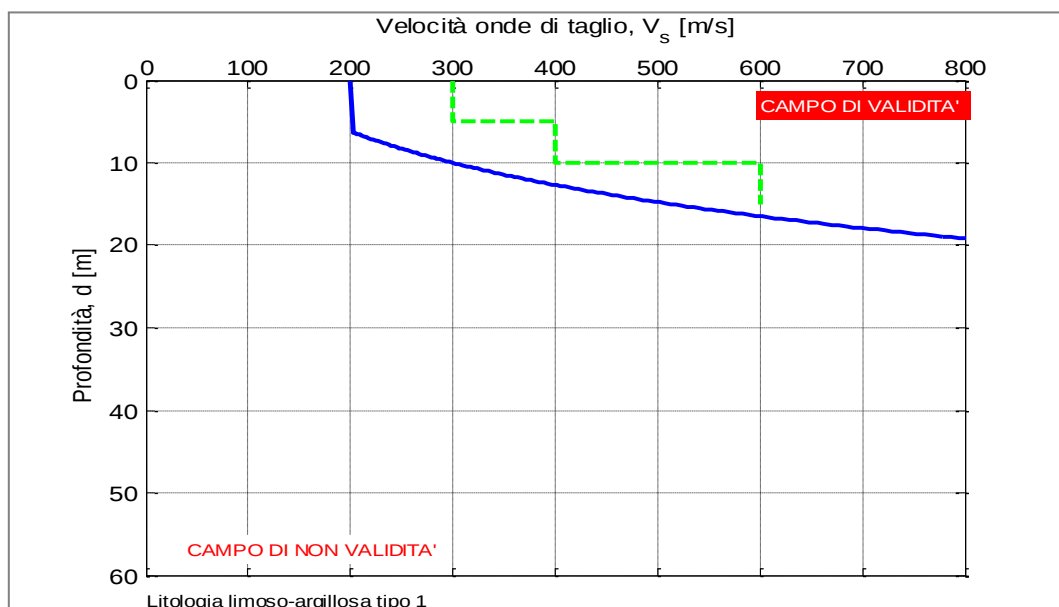


Figura 10. Esempio di scheda di valutazione. La linea blu separa il campo di validità dal campo di non validità. La linea tratteggiata verde mostra un ipotetico profilo di V_s che rientra completamente nel campo di validità. In questo esempio è possibile quindi applicare le successive fasi di valutazione al fine di stimare il fattore di amplificazione.

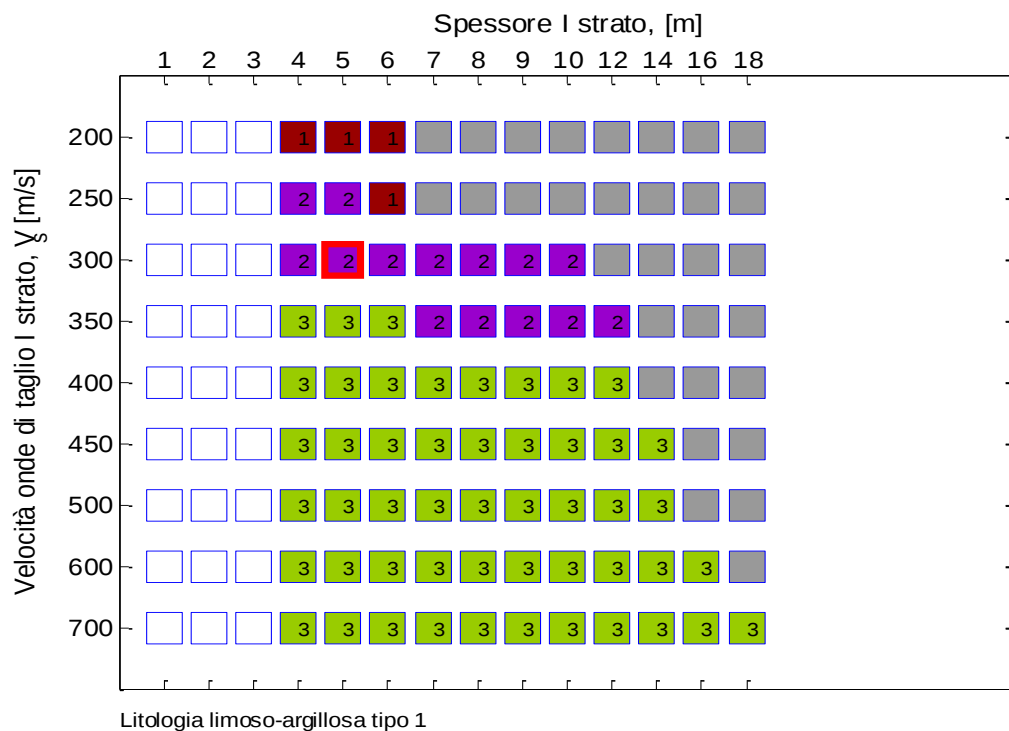


Figura 11. Esempio di scheda per la selezione della tipologia di curva da utilizzare per la determinazione di F_a (intervallo di periodi 0,1 – 0,5 s). In questo caso la cella selezionata ha indice 2, quindi la

curva che mette in relazione il periodo proprio del terreno con il Fattore di Amplificazione $Fa_{0,1-0,5}$ da impiegare è la numero 2.

Il parametro calcolato per ciascun Comune della Regione Lombardia 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.

La procedura prevede pertanto di valutare il valore di Fa e di confrontarlo con il corrispondente valore di soglia, considerando una variabilità di $+0,1$ che tiene conto della variabilità del valore di Fa ottenuto.

L'applicazione di questa metodologia richiede quindi l'esecuzione delle seguenti fasi:

1. Scelta della litologia prevalente lungo la verticale indagata, tra le classi litologiche messe a disposizione dalla Regione Lombardia (nella DGR IX/2616/2011) e quindi verifica della congruità del profilo di propagazione delle onde di taglio con il campo di validità messo a disposizione nelle norme. Se il profilo rientra nel campo di validità si passa al punto 2. Da evidenziare che la Regione Lombardia non indica come operare qualora il profilo non rientra nel campo di validità prestabilito.
2. Selezione della curva da utilizzare per il calcolo del Fa nell'intervallo $0,1 - 0,5$ s, sulla base di:
 - a) velocità di propagazione delle onde di taglio (V_s) del primo strato (la cui identificazione è incerta, in quanto non è specificato se il primo strato deve essere individuato sulla base della stratigrafia oppure sulla base degli intervalli di velocità V_s individuati)
 - b) profondità del bedrock sismico.
3. Calcolo del Fa (nei periodi $0,1 - 0,5$ s e $0,5 - 1,5$ s) in relazione al periodo fondamentale del terreno (si veda la Figura 12).
4. Selezione della curva da utilizzare per il calcolo del Fa nell'intervallo $0,1 - 0,5$ s, sulla base di:
 - c) velocità di propagazione delle onde di taglio (V_s) del primo strato (la cui identificazione è incerta, in quanto non è specificato se il primo strato deve essere individuato sulla base della stratigrafia oppure sulla base degli intervalli di velocità V_s

individuati)

d) profondità del bedrock sismico.

5. Calcolo del F_a (nei periodi 0,1 – 0,5 s e 0,5 – 1,5 s) in relazione al periodo fondamentale del terreno (si veda la Figura 12).

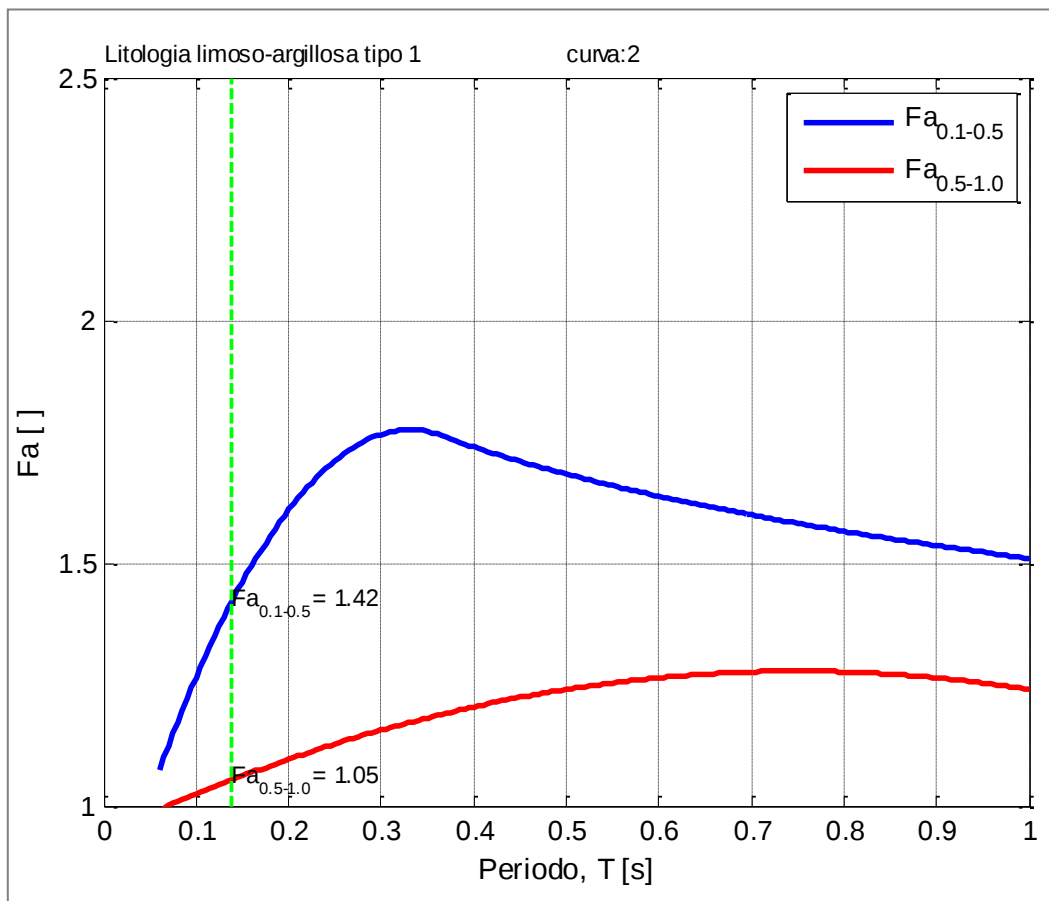


Figura 12. Esempio di un grafico per il calcolo del valore di F_a (negli intervalli di periodi 0,1 – 0,5 s – curva blu – e 0,5 – 1,5s – curva rossa –).

ID	Comune	Intervallo di periodi	B	C	D	E
163	PIARIO	0,1 – 0,5	1,4	1,9	2,2	2,0
163	PIARIO	0,5 – 1,5	1,7	2,4	4,3	3,1

Tabella 4. Valori di soglia di F_a (periodi 0,1 – 0,5 e 0,5 – 1,5) per il comune di Piario secondo quanto indicato nel file *analisi.xls* (disponibile presso il portale della Regione Lombardia – [link](#)).

Una volta calcolati i F_a , l'ultimo passo da compiere prevede il loro confronto con dei valori predeterminati dalla Regione Lombardia (in Tabella 4 si riportano i valori forniti dalla Regione per il Comune di Piario).

Si possono presentare quindi due situazioni:

1. il valore di F_a è inferiore o uguale al valore di soglia corrispondente: la nuova normativa è da considerarsi sufficiente per tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa;
2. il valore di F_a è superiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi è necessario, in fase di progettazione edilizia, o effettuare analisi più approfondite (III° Livello) o, in alternativa, utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore, con il seguente schema (punto 1.4.3 della DGR IX/2616/2011):
 - anziché lo spettro della categoria B di suolo 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 C di suolo si utilizzerà quello della categoria di suolo D;
 - anziché lo spettro della categoria E di suolo si utilizzerà quello della categoria di suolo D.

Nel caso di presenza contemporanea di effetti litologici (Z4) e morfologici (Z3) si analizzeranno entrambi i casi e si sceglierà quello più sfavorevole.

La scelta dei dati stratigrafici, geotecnici e geofisici, in termini di valori di V_s utilizzati nella procedura di II° livello deve essere opportunamente motivata e a ciascun parametro utilizzato deve essere assegnato un grado di attendibilità, secondo la Tabella 5:

Dati	Attendibilità	Tipologia
Litologici	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Alta	Da prove di laboratorio su campioni e da prove in sito
Stratigrafici (spessori)	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette (penetrometriche e/o geofisiche)
	Alta	Da indagini dirette (sondaggi a carotaggio continuo)

Geofisici (Vs)	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette e relazioni empiriche
	Alta	Da prove dirette (sismica in foro o sismica superficiale)

Tabella 5: Livelli di attendibilità da assegnare ai risultati ottenuti dall'analisi.

10.3.2.2.2 Amplificazione topografica

Zona di scarpata (Scenario Z3a)

Il materiale costituente il rilievo topografico deve avere una V_s maggiore o uguale ad 800 m/s. Le analisi di II° Livello in corrispondenza dello scenario di pericolosità sismica Z3a si ritengono inoltre valide, come indicato dalle indicazioni della Regione Lombardia, per condizioni di far – field, ipotizzando le onde sismiche incidenti verticalmente al sito.

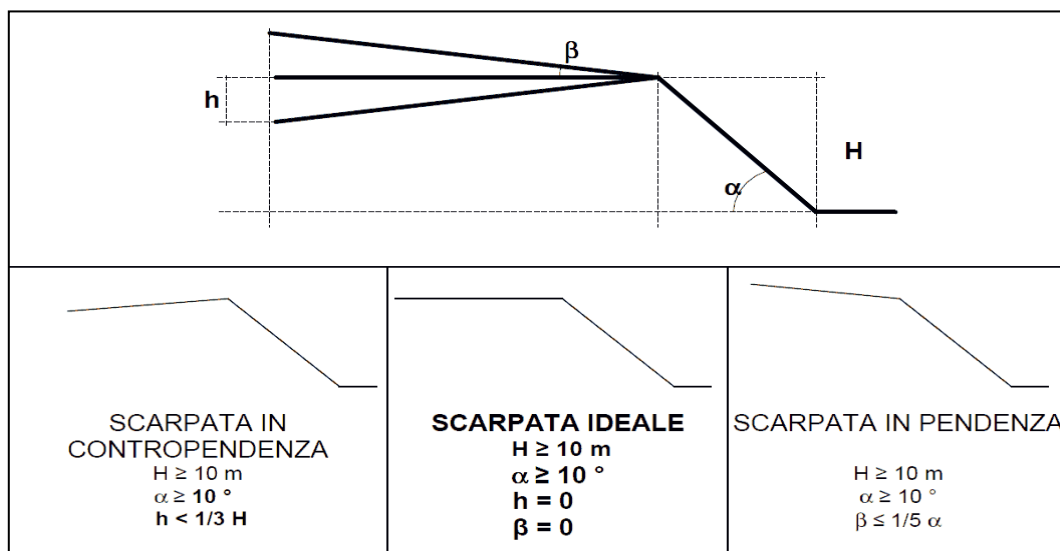


Figura 13: Schemi delle scarpate relative allo scenario Z3a.

Lo scenario di zona di scarpata rocciosa (Z3a) è caratterizzato da irregolarità con fronti di altezza (H) uguale o superiore a 10 m ed inclinazione (α) del fronte principale uguale o superiore ai 10°.

In funzione della tipologia del fronte superiore (Figura 13) si distinguono:

- scarpate ideali con fronte superiore orizzontale;
- scarpate in pendenza con fronte superiore inclinato nello stesso senso del fronte principale;
- scarpate in contropendenza con fronte superiore inclinato nel senso opposto a quello del fronte principale.

La misura dell'altezza H è da intendersi come distanza verticale dal piede al ciglio del fronte principale, mentre il fronte superiore è da definire come distanza tra il ciglio del fronte principale e la prima evidente irregolarità morfologica.

Sono da considerare scarpate solo quelle situazioni che presentano:

- un fronte superiore di estensione paragonabile al dislivello altimetrico massimo (H) o comunque non inferiore ai 15 – 20 m;
- l'inclinazione (β) del fronte superiore inferiore o uguale ad un quinto dell'inclinazione (α) del fronte principale, nel caso delle scarpate in pendenza (per $\beta > 1/5 \cdot \alpha$ la situazione è da considerarsi pendio);
- il dislivello altimetrico minimo (h) minore ad un terzo del dislivello altimetrico massimo (H), nel caso di scarpate in contropendenza (per $h \geq 1/3 \cdot H$ la situazione è da considerarsi una cresta appuntita).

All'interno della Tabella 6 si sceglie, in funzione dell'inclinazione α , il valore di F_a nell'intervallo 0,1 – 0,5 s.

Classe altimetrica	Classe di inclinazione	Valore di $F_{a,0,1-0,5}$	Area di influenza
$10 \text{ m} \leq H \leq 20 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	1,1	$A_i = H$
$20 \text{ m} < H \leq 40 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	1,2	$A_i = 3/4 \cdot H$
$H > 40 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$	1,1	$A_i = 2/3 \cdot H$
	$20^\circ < \alpha \leq 40^\circ$	1,2	
	$40^\circ < \alpha \leq 60^\circ$	1,3	
	$60^\circ < \alpha \leq 70^\circ$	1,2	
	$\alpha > 70^\circ$	1,1	

Tabella 6: Determinazione di F_a e dell'area di influenza in caso di scarpate.

Il valore di F_a determinato dovrà essere approssimato alla prima cifra decimale ed assegnato al ciglio del fronte principale, mentre all'interno della relativa area di influenza (fronte superiore) il valore è scalato in modo lineare fino al raggiungimento del valore unitario; lungo il fronte principale tale valore è scalato in modo lineare fino al valore unitario alla base del fronte stesso.

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

Zona di cresta rocciosa e/o cucuzzolo (Scenario Z3b)

La procedura semplificata è valida per lo scenario di zona di cresta rocciosa e/o cocuzzo-

lo (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).

Il materiale costituente il rilievo topografico deve avere una V_s maggiore o uguale ad 800 m/s.

Nell'ambito delle creste si distinguono due situazioni:

- rilievo caratterizzato da una larghezza in cresta (l) molto inferiore alla larghezza alla base (L) (cresta appuntita);
- rilievo caratterizzato da una larghezza in cresta paragonabile alla larghezza alla base, ovvero pari ad almeno 1/3 della larghezza alla base; la zona di cresta è pianeggiante o subpianeggiante con inclinazioni inferiori a 10° (cresta arrotondata).

Per l'utilizzo della scheda di valutazione si richiede la conoscenza dei seguenti parametri:

- larghezza alla base del rilievo L;
- larghezza in cresta del rilievo l;
- dislivello altimetrico massimo H e dislivello altimetrico minimo h dei versanti;
- coefficiente di forma H/L.

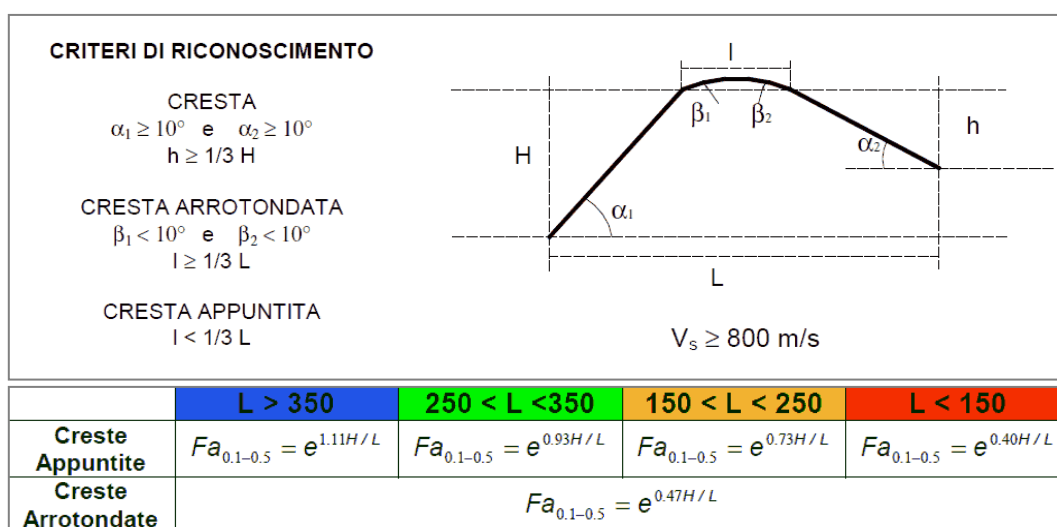


Figura 14: Schemi delle creste relative allo scenario Z3b e modalità di determinazione di Fa .

In Figura 14, in funzione della tipologia di cresta (appuntita o arrotondata) e della larghezza alla base del rilievo, solo per le creste appuntite, la curva più appropriata per la valutazione del valore di F_a nell'intervallo 0,1 – 0,5 s, in base al valore del coefficiente di forma H/L .

Il valore di F_a determinato 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.

La valutazione del grado di protezione, per ambedue gli scenari (zona di scarpata e zona di cresta rocciosa e/o cucuzzolo), viene effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando i valori di F_a ottenuti con il valore di St delle Norme Tecniche per le Costruzioni. Tale valore St 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.

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 F_a è inferiore 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;
- il valore di F_a 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 (III° livello) in fase di progettazione edilizia.

Nel caso di rilievi morfologici asimmetrici che possono essere rappresentati sia dallo scenario Z3a sia dallo scenario Z3b, a seconda dell'orientazione della sezione, si analizzeranno entrambi i casi e si sceglierà quello più sfavorevole.

Nel caso si prevedano costruzioni con strutture flessibili e sviluppo verticale indicativamente compreso tra i 5 e i 15 piani, in presenza di scenari Z3a e Z3b, è necessario effet-

tuare analisi più approfondite III° livello) in fase di progettazione edilizia.

10.3.2.3 Terzo livello

Il III° livello si applica in fase progettuale agli scenari qualitativi suscettibili di instabilità (Z1b e Z1c), cedimenti e/o liquefazioni (Z2), per le aree suscettibili di amplificazioni sismiche (morfologiche Z3 e litologiche Z4) che sono caratterizzate da un valore di F_a superiore al valore di soglia corrispondente così come ricavato dall'applicazione del II° livello e per le zone di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico – meccaniche molto diverse (Z5).

Il terzo livello si applica secondo la casistica riportata in Tabella 1.

Zona sismica	1° livello (fase pianificatoria)	2° livello (fase pianificatoria)	3° livello (fase progettuale)
2 – 3	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con l'urbanizzato e urbanizzabile, ad esclusione delle aree già inedificabili	Nelle aree indagate con il II° Livello quando F_a calcolato > valore soglia comunale. Nelle Zone PSL Z1 e Z2
4	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti di nuova previsione (elenco tipologico di cui al DDUO 19904/2003 e dal Decreto del Dipartimento della Protezione Civile 3685/2003	Nelle aree indagate con il II° Livello quando F_a calcolato > valore soglia comunale. Nelle Zone PSL Z1 e Z2 per edifici strategici e rilevanti

Tabella 7: Livelli di approfondimento e fasi di applicazione.

I risultati delle analisi di III° livello sono poi utilizzati in fase di progettazione al fine di ottimizzare l'opera e gli eventuali interventi di mitigazione della pericolosità.

10.3.2.3.1 Effetti di instabilità

L'analisi prevede, a seguito della caratterizzazione ed identificazione dei movimenti franosi, la quantificazione della loro instabilità intesa come la valutazione degli indici di stabilità in condizioni statiche, pseudostatiche e dinamiche e prevede un approccio di tipo puntuale, finalizzato cioè alla quantificazione della instabilità di singoli movimenti franosi.

Le fasi, i dati e le metodologie necessarie per l'effettuazione di queste analisi e valutazioni sono distinte per tipologia di movimenti franosi, in particolare per i movimenti franosi tipo scivolamenti (rotazionali e traslazionali) possono essere così schematizzate:

- individuazione delle sezioni geologiche e geomorfologiche che caratterizzano il corpo franoso, le sue geometrie, gli andamenti delle superfici di scivolamento, dei livelli di falda, finalizzati alla ricostruzione di un modello geologico interpretativo del movimento franoso;
- individuazione dei parametri geotecnici necessari all'analisi: il peso di volume (γ), l'angolo di attrito (Φ) nei suoi valori di picco e residuo e la coesione (c) nei suoi valori di picco e residuo (nel caso si adotti il criterio di rottura di Mohr – Coulomb);
- individuazione degli accelerogrammi di input nel caso di analisi dinamiche;
- analisi numeriche: diversi sono i modelli numerici che possono essere utilizzati per il calcolo della stabilità; tali codici, più o meno semplificati (es. metodo dei conci, metodo ad elementi finiti, ecc.), forniscono la risposta in termini di valori del fattore di sicurezza (F_s) in condizioni statiche, in termini di valori del coefficiente di accelerazione orizzontale critica (K_c) in condizioni pseudostatiche ed in termini di spostamento atteso in condizioni dinamiche. L'applicazione dei diversi modelli dipenderà chiaramente dalle condizioni geologiche del sito in analisi e dal tipo di analisi che si intende effettuare.

I risultati, ottenuti per ogni movimento franoso o per ogni area potenzialmente franosa, forniranno i livelli di pericolosità a cui è sottoposta l'area in esame: in particolare i valori del fattore di sicurezza forniscono indicazioni sulla stabilità dell'area considerando un ben preciso stato del sito di analisi non tenendo in conto la contemporanea variazione di alcuni parametri quali contenuto d'acqua e carichi agenti (pioggia, terremoto, azioni antropiche, ecc); il coefficiente di accelerazione orizzontale critica fornisce invece la soglia di accelerazione al suolo superata la quale l'area stabile diviene instabile in occasione di un terremoto; infine lo spostamento atteso fornisce indicazioni e sull'area di influenza

del movimento franoso e una misura di quanto l'accadimento di un evento sismico può modificare la situazione esistente.

Per quanto riguarda i movimenti tipo crolli e ribaltamenti le analisi che possono essere effettuate sono di tipo statico e pseudostatico. Le fasi, i dati e le metodologie necessarie per l'effettuazione di queste analisi e valutazioni possono essere così schematizzate:

- inquadramento geologico di un intorno significativo in scala 1:10.000 e esecuzione di sezioni geologiche e topografiche in scala 1:10.000;
- individuazione dei parametri dell'input sismico (quali valore del picco di accelerazione, valore del picco di velocità);
- rilievi geomeccanici per la classificazione degli ammassi rocciosi sorgenti dei distacchi (determinazione delle principali famiglie di discontinuità, prove in sito sugli affioramenti quali martello di Smidth tipo L, pettine di Barton, spessimetro per apertura giunti ecc., prelievo di campioni per esecuzione di Point Load Test e di prove di scivolamento Tilt Test);
- identificazione dei principali cinematismi di rottura degli ammassi rocciosi su sezioni tipo e, per situazioni particolarmente significative, analisi di stabilità in condizioni statiche e pseudostatiche di singoli blocchi;
- descrizione e rilievo della pista di discesa e della zona di arrivo, rilievo geologico e, ove possibile, statistica dei massi al piede (dimensioni e distribuzione);
- costruzione del modello numerico della/e pista/e di discesa e verifiche di caduta massi con vari metodi e statistiche arrivi.

I risultati, ottenuti per ogni movimento franoso o per ogni area potenzialmente franosa, forniranno livelli di pericolosità a cui è sottoposta l'area in esame, in particolare, vengono individuate le possibili piste di discesa, le relative aree di influenza e la statistica degli arrivi.

10.3.2.3.2 Effetti di cedimenti e/o liquefazioni

L'analisi prevede la valutazione quantitativa delle aree soggette a fenomeni di cedimenti e liquefazioni.

Con il termine liquefazione si indica la situazione nella quale in un terreno saturo non coesivo si possono avere deformazioni permanenti significative o l'annullamento degli sforzi efficaci a causa dell'aumento della pressione interstiziale.

Per il calcolo del potenziale di liquefazione si fa riferimento ai risultati di prove in situ,

utilizzando procedure note in letteratura⁽³⁾.

Anche per il calcolo di possibili cedimenti che possono verificarsi sia in presenza di sabbie sature sia in presenza di sabbie asciutte, si fa riferimento ai risultati di prove in situ, utilizzando procedure note in letteratura.

10.3.2.3.3 *Effetti di amplificazione morfologica e litologica*

L'analisi prevede un approccio di tipo quantitativo e costituisce lo studio di maggior dettaglio, in cui la valutazione della pericolosità sismica locale è effettuata ricorrendo a metodologie che possono essere classificate come strumentali o numeriche.

La metodologia strumentale richiede l'acquisizione di dati strumentali attraverso campagne di registrazione eseguite in sito con l'utilizzo di strumentazioni specifiche, variabili a seconda del parametro di acquisizione scelto (velocimetri ed accelerometri). Le caratteristiche strumentali, il tipo di acquisizione e la disposizione logistica variano in funzione della complessità geologica dell'area di studio, del metodo di elaborazione scelto e del tipo di risultato a cui si vuole pervenire. Le registrazioni eseguite in un'area di studio possono riguardare rumore di fondo (microtremore di origine naturale o artificiale) o eventi sismici di magnitudo variabile; i dati acquisiti devono essere opportunamente selezionati (ripuliti da tutti i disturbi presenti) e qualificati tramite informazioni sismologiche dell'area in esame e permettono di definire la direzionalità del segnale sismico e la geometria della zona sismogenetica – sorgente. Le tracce dei segnali di registrazione devono essere in seguito processate tenendo conto delle diverse condizioni di installazione degli strumenti e delle diverse condizioni di acquisizione dei dati. Inoltre, nel caso siano utilizzate stazioni equipaggiate con strumentazioni con frequenza propria diversa (caso più frequente) occorre rendere omogenei tra loro i vari segnali attraverso una deconvoluzione per le rispettive risposte spettrali. L'analisi sperimentale può presentare diversi gradi di approfondimento ed affidabilità, in funzione del tipo di strumentazione impiegata, del tipo di elaborazione del dato di registrazione e, soprattutto, in funzione dell'intervallo di tempo dedicato alle misurazioni in sito. I metodi di analisi strumentale più diffusi ed utilizzati sono il metodo di Nakamura (1989) e il metodo dei rapporti spettrali (Kanai e Tanaka, 1981).

La metodologia numerica consiste nella modellazione di situazioni reali mediante

³ Crespellani T., 1991. La liquefazione del terreno in condizioni sismiche. Zanichelli, Bologna, pp 185 ed altre più recenti

un'appropriata e dettagliata caratterizzazione geometrica e meccanica del sito e nella valutazione della risposta sismica locale tramite codici di calcolo matematico più o meno sofisticati (modelli monodimensionali 1D, bidimensionali 2D e tridimensionali 3D), basati su opportune semplificazioni e riduzioni del problema, necessarie ma comunque di influenza abbastanza trascurabile sul risultato finale. I concetti fondamentali su cui si basano i codici di calcolo numerico riguardano la teoria della propagazione delle onde sismiche nel sottosuolo e la teoria del comportamento non lineare e dissipativo dei terreni in condizioni dinamiche. La valutazione della risposta sismica deve tener conto non solo delle variazioni di ampiezza massima del moto sismico di riferimento, ma anche dell'effetto di filtraggio esercitato su di esso dal terreno, cioè delle modifiche nel contenuto in frequenza.

L'applicazione della metodologia numerica richiede una caratterizzazione geometrica di dettaglio del sottosuolo, tramite rilievi specifici, una caratterizzazione geofisica e una caratterizzazione meccanica, tramite accurate indagini geologiche e geotecniche, in grado di determinare i parametri geotecnici statici e dinamici specifici su campioni indisturbati o comunque di alta qualità e in condizioni tali per cui vengano simulate il meglio possibile le condizioni di sito del terreno durante i terremoti attesi. Perciò viene richiesto un programma di indagini geotecniche specifico, i cui risultati saranno da aggiungere a quelli esistenti (I° e II° livello). È inoltre necessaria l'individuazione di uno o più input sismici sotto forma di spettri di risposta e/o di accelerogrammi.

Le analisi strumentali e numeriche rappresentano due approcci diversi per la valutazione quantitativa dell'amplificazione locale; essi sono tra loro coerenti ma presentano le seguenti differenze:

- l'analisi numerica ha il vantaggio di essere facilmente applicabile con tempi veloci ma ha lo svantaggio di richiedere alti costi di realizzazione, di considerare modelli semplificati della situazione reale (soprattutto per i codici di calcolo 1D e 2D) e di trascurare l'effetto delle onde superficiali, sottostimando gli effetti ad alti periodi;
- l'analisi strumentale ha il vantaggio di considerare l'effetto della sollecitazione sismica nelle tre dimensioni spaziali ma ha lo svantaggio di considerare eventi di bassa magnitudo, valutando il comportamento dei materiali solo per basse deformazioni in campo elastico, di richiedere, oltre alle analisi sismologiche di registrazione strumentale, analisi geotecniche dinamiche integrative atte a rilevare il

comportamento del bedrock sotto sollecitazione, di effettuare le registrazioni per periodi di tempo che dipendono dalla sismicità dell'area e che possono variare da un minimo di 1 mese ad un massimo di 2 anni.

Per compensare i limiti di un metodo con i vantaggi dell'altro è da valutare la possibilità di integrazione delle due metodologie: in questo modo è possibile effettuare un'analisi quantitativa completa che considera sia l'effetto della tridimensionalità del sito sia il comportamento non lineare dei materiali soggetti a sollecitazioni sismiche.

10.4 ANALISI E VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI SISMICI DI SITO

10.4.1 Primo livello

Il primo livello di indagine ha l'obiettivo di effettuare una zonizzazione di pericolosità sismica locale sulla base delle caratteristiche geologiche e geomorfologiche del territorio indagato. Andiamo ora discutere ogni singolo contesto individuato all'interno del territorio comunale indagato:

Zone caratterizzate da fenomeni di instabilità dei versanti o potenzialmente instabili (Z1).

La caratterizzazione geologica e geomorfologica del territorio comunale (Tavole **01a** e **02**) ha individuato la presenza di aree interessate da fenomeni di instabilità o potenzialmente sede di fenomenologie di questo tipo.

Zone caratterizzate dalla presenza di terreni di fondazione particolarmente scadenti (Z2).

Nell'ambito del territorio comunale non si sono individuati depositi con spessori significativi tali da essere classificati come Z2.

Zone esposte a fenomeni di amplificazione topografica (Z3).

Nell'ambito del territorio comunale sono stati identificati zone di orlo di terrazzo con altezza superiore a 10 m, la cui litologia presenta una $V_s < 800$ m/s; per tale ragione tali scenari non sono stati rappresentati nella **Tavola 04**.

Come previsto al punto 2.2.2. dell'allegato 5 della DGR IX/2616/2011 "nel caso di presenza contemporanea di effetti litologici (Z4) e morfologici (Z3) si sono analizzati entrambi i casi e si è scelto quello più svaborevole.

Zone interessate da fenomeni di amplificazione litologiche o geometriche del moto sismico (Z4).

L'area di fondovalle del Comune di Piario è occupata da litotipi di origine fluviale e fluvioglaciale con caratteristiche meccaniche non particolarmente elevate. Questa condizione geologica, potrebbe predisporre tali aree ad amplificazioni litologiche del moto sismico.

Zone di contatto tra litotipi con caratteristiche meccaniche marcatamente dissimili (Z5).

Nell'ambito del territorio comunale non si sono individuate zone di contatto stratigrafico e/o tettonico significative per lo scenario di pericolosità sismica locale.

10.4.1.1 Cartografia della Pericolosità Sismica Locale

La **Tavola 04** mostra la Carta della Pericolosità sismica Locale ottenuta per il Comune di

Piario; la carta evidenzia due settori ben distinti. Il primo, scarsamente abitato, occupa la parte Sud – orientale del territorio comunale e mostra in affioramento litotipi appartenenti al substrato roccioso.

Il secondo meno esteso comprende tutta l'area di fondovalle più densamente popolata.

10.4.2 Secondo livello

L'indagine di secondo livello, è stata pianificata a partire dalle indicazioni emerse dall'indagine di primo livello e dalle informazioni contenute nel Piano di Governo del Territorio del comune.

Dall'analisi di primo livello è emerso che gli effetti di sito di maggiore importanza per l'area indagata sono quelli dati dall'instabilità dei versanti (Z1) e subordinatamente fenomeni legati ad amplificazione litologiche e geometriche (Z4).

Approfondimenti nelle zone Z1

Secondo la DGR IX/2616/2011 per questi scenari di pericolosità sismica locale non sono previsti approfondimenti di II livello. Tali aree vengono riportate direttamente sulla Carta di Fattibilità delle Azioni di Piano e in tali areali risulta obbligatorio effettuare un approfondimento di III livello in fase di progettazione delle opere.

Approfondimenti nelle zone Z4

Per ampliare il campo di conoscenze sulle caratteristiche meccaniche dei terreni presenti nell'ambito del fondovalle di Piario è stata effettuata una indagine geofisica a mezzo di MASW.

In seguito sono stati calcolati i valori di F_a , in base alla scheda allegata dalla DGR IX/2616/2011 scelta sulla base del relativo profilo litologico. La litologia che caratterizza in larga parte i depositi del fondovalle di Piario è di tipo ghiaiosa.

10.4.2.1 Calcolo dei valori di F_a dati da fenomeni di amplificazione litologica

10.4.2.1.1 Prova Masw

Attendibilità dei dati geofisici	ALTA (MASW)
Attendibilità dei dati stratigrafici	MEDIA (dati da zone limitrofe)
Attendibilità dei dati litologici	BASSA (dati da zone limitrofe)
$V_{s,30}$ (da risultati prova geofisica)	660 m/s

Tabella 8: Livello di attendibilità dei dati ottenuti

Il 19 febbraio 2011 è stata eseguita una prospezione geofisica MASW nel Comune di Piario (BG) in corrispondenza del campo sportivo.

La tecnica d'indagine utilizzata, denominata MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves), ha fornito le funzioni di velocità delle onde "S o Trasversali" permettendo il calcolo del parametro "Vs30" per primi 30 m di terreno a partire da piano campagna. Il parametro Vs30, ha consentito di classificare i terreni di fondazione, dal punto di vista sismico, secondo la normativa vigente (DM 14-01-2008) che, in buona misura, fa risalire alla stima dell'effetto di sito partendo dalle caratteristiche del profilo di velocità delle onde di taglio (VS).

L'indagine MASW è stata eseguita nell'area del campo sportivo, sito nella zona centrale del Comune di Piario. La zona ove è stata eseguita l'indagine Masw è ben rappresentativa dei "terreni" (superfici terrazzate) sui quali è sviluppato l'abitato di Piario. La distanza intergeofonica scelta è risultata di 1.5 m. Il numero di stazioni geofoniche era di 24 per ogni registrazione. Per le analisi dei dati acquisiti si è adottato il software winMASW 4.3 Std.

In fase preliminare e di scelta dei migliori parametri d'acquisizione, sono stati acquisiti numerosi sismogrammi prodotti da energizzazioni eseguite nella parte terminale della linea d'indagine.

I dati acquisiti sono stati elaborati (determinazione spettro di velocità, identificazione curve di dispersione, inversione/modellazione di queste ultime) al fine di ricostruire il profilo verticale della velocità delle onde di taglio (Vs).

Alla fase di Picking dello spettro di dispersione è seguita quella di modellazione, sviluppata in base ad ipotesi geologiche valutate in sito. Si è così ipotizzato un Modello geologico di partenza (fase d'estrema importanza) basato su tre strati e sul quale si è impostato il Processing d'inversione e di modellazione diretta.

L'inversione matematica dei dati ha permesso di costruire un profilo verticale delle velocità delle onde di taglio e conseguentemente calcolare i parametri elasto-dinamici.

In sostanza si evidenziano 3 sismostrati, da piano-campagna sino a 30 m di profondità. (Si rammenta che la suddivisione del terreno in sismostrati è fatta sulla base delle velocità delle onde sismiche "S", che sono notoriamente influenzate dallo stato di fratturazione e/o compattazione dei litotipi/sedimenti presenti). E' quindi da ritenersi accettabile una relativa differenza con i dati forniti dall'analisi geologica eseguita direttamente in sito o tramite sondaggi meccanici.

L'interpretazione geosismica dell'indagine MASW ha indicato un modello stratigrafico così

strutturato:

- un primo Sismostrato superficiale (da p.c. sino -3.7m) costituito da terreno di riporto sovrastante sedimenti incoerenti di tipo alluvionale (probabilmente fluvioterrazzati);
- un secondo Sismostrato di 18.7 m di spessore (sino a profondità di -22.4 m) probabilmente costituito da materiale eterogeneo ed incoerente di probabile origine fluvio-glaciale
- un terzo Sismostrato (da -22.4 m sino a -30 m da p.c.), che evidenzia velocità delle onde "S" sensibilmente più elevate rispetto a quelle dello strato sovrastante. E' probabile che la differenza di questo parametro indichi una maggiore grossolanità dei sedimenti di fondovalle non escludendo una discreta cementazione degli stessi.

Il profilo verticale delle velocità "S", ha inoltre permesso, di calcolare il valore del parametro "Vs30", che è risultato di 660 m/s. In base alla normativa vigente (DM 14/01/2008), i primi 30 metri di "terreno" sono classificabili nella **categoria "B"**.

Spessore (m)	Vs (m/s)	Mod. Young (E) MPa	Mod. Taglio (G) MPa	mod. Bulk (K) MPa	Vs30 (m/s)
3.7 (-3.6)	221	251	92	316	660
18.7 (-22.4)	859	4362	1619	4769	
7.6 (-30.0)	1134	7535	2881	6534	

* Valori stimati in ambito dinamico

Tabella 9. MASW -Modello medio elaborato – Parametri elasto-dinamici Tipo di analisi: onde di Rayleigh

10.4.2.1.2 Analisi degli Scenari PSL Z4

Scenario PSL Z4a: è stato individuato nell'ambito della piana alluvionale del fiume Serio. Ai fini della caratterizzazione di questo scenario, sulla base dei dati stratigrafici dei pozzi consultabili sul sito del Siter della Provincia di Bergamo, è stata redatta una stratigrafia tipo:

- Ghiaie sciolte, spessore 4 m, $V_s = 390$ m/s
- Argille mediamente consolidate, spessore 4 m, $V_s = 350$ m/s
- Ghiaie mediamente consolidate, spessore 24 m, $V_s = 400$ m/s

- Argille consolidate, spessore 58 m, $V_s = 420$ m/s
- Substrato roccioso (calcare), $V_s = 1500$ m/s

In base ai valori di V_s sopra riportati è stato possibile determinare il valore di F_a (fattore di amplificazione) seguendo lo schema operativo dell'Allegato 5 della DGR IX/2616/2011. In primo luogo si è proceduto alla determinazione del *periodo proprio del sito T* , tale valore risulta pari a: **0,838s**.

Utilizzando la Scheda per la litologia ghiaiosa si sono determinati i valori di F_a per i periodi di riferimento 0,1 – 0,5 s e 0,5 -1,5 s: rispettivamente **1,21** e **1,23**. Entrambi i valori risultano sotto i valori soglia stabiliti dalla Regione Lombardia per suoli di categoria B, rispettivamente 1,4 e 1,7.

Conseguentemente non sono state riportate sulla Carta di Fattibilità delle Azioni di Piano.

Scenario PSL Z4b: è stato individuato nelle zone pedemontane di falde di detrito. Considerando il modesto spessore dei depositi non ci si trova davanti a una situazione di possibile amplificazione sismica locale. Conseguentemente non sono state riportate sulla Carta di Fattibilità delle Azioni di Piano.

Scenario PSL Z4c: è stato individuato sul terrazzo fluvioglaciale su cui è posto il nucleo abitato di Piario. In questo ambito è stata realizzata la prova MASW, descritta nel precedente paragrafo.

In base ai valori di V_s ottenuti è stato possibile determinare il valore di F_a (fattore di amplificazione) seguendo lo schema operativo dell'Allegato 5 della DGR IX/2616/2011.

In primo luogo si è proceduto alla determinazione del *periodo proprio del sito T* , tale valore risulta pari a: **0,128 s**.

Utilizzando la Scheda per la litologia ghiaiosa si sono determinati i valori di F_a per i periodi di riferimento 0,1 – 0,5 s e 0,5 -1,5 s: rispettivamente **1,23** e **1,04**. Entrambi i valori risultano sotto i valori soglia stabiliti dalla Regione Lombardia per suoli di categoria B, rispettivamente 1,4 e 1,7.

Conseguentemente non sono state riportate sulla Carta di Fattibilità delle Azioni di Piano.

10.4.2.1.3 Sintesi degli aspetti di amplificazione sismica locale

I valori del fattore di amplificazione F_a calcolati per il territorio del Comune di Piario,

quando significativi per la pianificazione, sono riportati sulla cartografia di fattibilità.

Secondo le indicazioni contenute nella DGR IX/2616/2011, nelle aree in cui i fattori di amplificazione calcolati sono inferiori ai valori di soglia, le norme sismiche nazionali forniscono valori di scuotimento “sufficienti a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito ...”. Al contrario, nelle aree in cui i valori di F_a calcolati sono superiori ai valori di soglia regionali, le possibilità sono di svolgere in fase di progettazione edilizia analisi di III livello oppure di utilizzare uno spettro di normativa con azioni sismiche maggiori.

Considerando quanto riportato precedentemente riguardo all'incongruenza tra classificazione sismica del territorio comunale (zona sismica 4) / accelerazione ricavata dall'OPCM 3274/2003 per le varie zone e l'accelerazione di base contenuta nelle NT08, superiore a quella predefinita per i comuni in zona 4, a prescindere dalla zonizzazione sismica effettuata, **è necessario l'assoggettamento di tutti gli interventi ad una progettazione che consideri gli stati limiti e l'effetto sismico** (come previsto dalle NTC08 per i comuni in zona sismica 3).

11. SINTESI DEGLI ELEMENTI TECNICI

La carta di sintesi è stata redatta su tutto il territorio comunale in scala 1 : 5000 (TAVOLA 05).

La carta di sintesi degli elementi tecnici rappresenta aree omogenee dal punto di vista della pericolosità/vulnerabilità riferita allo specifico fenomeno che la genera. La carta è costituita da una serie di poligoni che definiscono porzioni di territorio caratterizzate da pericolosità geologico-geotecnica e vulnerabilità idraulica e idrogeologica omogenee.

Vengono di seguito evidenziati gli ambiti di pericolosità e di vulnerabilità che costituiscono la legenda della carta di sintesi. La sovrapposizione di più ambiti ha determinato dei poligoni misti per pericolosità determinata da più fattori limitanti.

La delimitazione dei poligoni è stata fatta con valutazioni sulla pericolosità e sulle aree di influenza dei fenomeni desunte dalla fase di analisi precedente.

Di seguito vengono riportate, evidenziandole in arancione, gli ambiti di pericolosità geologico-geotecnica e vulnerabilità idraulica e idrogeologica omogenee riscontrate in Comune di Piario.

A	Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti(4)
AA	Aree soggette a crolli di massi (distacco e accumulo). Da definire in base all'estensione della falda di detrito e alla distanza raggiunta dai massi secondo dati storici (vengono delimitate le effettive aree sorgenti e le aree di accumulo dei crolli)
AB	Aree interessate da distacco e rotolamento di blocchi provenienti da depositi superficiali (vengono delimitate le effettive aree sorgenti e le aree di accumulo dei crolli)
AC	Aree di frana attiva (scivolamenti, colate ed espansioni laterali)
AD	Aree di frana quiescente (scivolamenti, colate ed espansioni laterali)
AE	Aree a franosità superficiale attiva diffusa (scivolamenti, soliflusso)

⁴ Le voci comprendono sia aree interessate da fenomeni di instabilità dei versanti già avvenuti, delimitabili in base a evidenze di terreno e/o in base a dati storici, sia aree che potenzialmente potrebbero essere interessate dai fenomeni.

A	Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti(4)
AF	Aree a pericolosità potenziale per grandi frane complesse (comprehensive di aree di distacco e di accumulo)
AG	Aree in erosione accelerata (calanchi, ruscellamento in depositi superficiali o rocce deboli)
AH	Aree interessate da trasporto in massa e flussi di detrito su conoide
AI	Aree a pericolosità potenziale per crolli a causa della presenza di pareti in roccia fratturata e stimata o calcolata area di influenza
AL	Aree a pericolosità potenziale legata a orientazione sfavorevole della stratificazione in roccia debole e stimata o calcolata area di influenza
AM	Aree a pericolosità potenziale legata a possibilità di innesco di colate in detrito e terreno valutate o calcolate in base alla pendenza e alle caratteristiche geotecniche dei terreni e relativo percorso granulometria fine (limi e argille) su pendii inclinati, comprehensive delle aree di possibile accumulo
AN	Aree di percorsi potenziali di colate in detrito e terreno
AO	Aree a pericolosità potenziale legata alla presenza di terreni a granulometria fine (limi e argille) su pendii inclinati, comprehensive delle aree di possibile accumulo (aree di influenza)
AP	Aree interessate da valanghe già avvenute
AQ	Aree a probabile localizzazione di valanghe potenziali
AR	Aree protette da interventi di difesa efficaci ed efficienti
AS	Aree estrattive attive o dismesse non ancora recuperate, comprendendo una fascia di rispetto da valutare in base alle condizioni di stabilità dell'area

B	Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico
BA	Aree ad elevata vulnerabilità degli acquiferi definite nell'ambito dello studio o nei piani di tutela di cui al d.lgs. 258/2000 (l'acquifero da indagare è quello sfruttato ad uso idropotabile e quello superficiale nel caso di potenziale connessione o necessità di tutela)

B	Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico
BB	Aree con emergenze idriche (fontanili, sorgenti, aree precedentemente scavate, aree con emergenze della falda)
BC	Aree a bassa soggiacenza della falda o con presenza di falde sospese
BD	Aree interessate da carsismo profondo con presenza di inghiottitoi e doline

C	Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico
CA	Aree ripetutamente allagate in occasione di precedenti eventi alluvionali o frequentemente inondabili (indicativamente con tempi di ritorno inferiori a 20 – 50 anni), con significativi valori di velocità e/o altezze d’acqua o con consistenti fenomeni di trasporto solido
CB	Aree allagate in occasione di eventi meteorici eccezionali o allagabili con minore frequenza (indicativamente con tempi di ritorno superiori a 100 anni) e/o con modesti valori di velocità ed altezze d’acqua tali da non pregiudicare l’incolumità delle persone, la funzionalità di edifici e infrastrutture e lo svolgimento di attività economiche
CC	Aree potenzialmente inondabili individuate con criteri geomorfologici tenendo conto delle criticità derivanti da punti di debolezza delle strutture di contenimento quali tratti di sponde in erosione, punti di possibile tracimazione, sovralluvionamenti, sezioni di deflusso insufficienti anche a causa della presenza di depositi di materiale vario in alveo o in sua prossimità ecc.
CD	Aree già allagate in occasione di precedenti eventi alluvionali desunte dalla ricerca storica – bibliografica
CE	Aree soggette ad esondazioni lacuali
CF	Aree protette da interventi di difesa dalle esondazioni, efficienti ed efficaci, per le quali sia stato verificato il corretto dimensionamento secondo l’allegato 4 della DGR IX/2616/2011
CG	Aree interessabili da fenomeni di erosione fluviale e non idoneamente protette da interventi di difesa
CH	Aree adiacenti a corsi d’acqua da mantenere a disposizione per consentire

	l'accessibilità per interventi di manutenzione e per la realizzazione di interventi di difesa (in assenza di definizione del regolamento di polizia idraulica di cui alla DGR VII/7868/2001)
CI	Aree potenzialmente interessate da flussi di detrito in corrispondenza dei conoidi pedemontani di raccordo collina – pianura

D	Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche
DA	Aree di possibile ristagno, torbose e paludose
DB	aree prevalentemente limo – argillose con limitata capacità portante
DC	aree con consistenti disomogeneità tessiturali verticali e laterali
DD	aree con riporti di materiale, aree colmate

13. SINTESI DEI VINCOLI NORMATIVI A CARATTERE GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

La carta dei vincoli è stata redatta per tutto il territorio comunale ed in scala 1:5.000:

TAVOLA 5a.

Sono riportate tutte le limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative e piani sovraordinati in vigore di contenuto prettamente geologico che, quando presenti, fanno riferimento a:

1) Vincoli derivanti dalla pianificazione di bacino ai sensi della L 183/1989 (cfr. Parte 2 – Raccordo con gli strumenti di pianificazione sovraordinata) ed in particolare:

- Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, approvato con DPCM 24 maggio 2001 (Elaborato n. 8 – Tavole di delimitazione delle Fasce Fluviali);
- Piano Stralcio delle Fasce Fluviali approvato con DPCM 24 luglio 1998 (in particolare per quanto riguarda la perimetrazione delle fasce fluviali del fiume Po);
- Quadro del dissesto (come presente nel SIT regionale) derivante:
 - dall'aggiornamento effettuato ai sensi dell'art. 18 delle NdA del PAI per i comuni che hanno concluso positivamente la verifica di compatibilità;
 - dall'Elaborato 2 del PAI «Atlante dei rischi idraulici ed idrogeologici» (quadro del dissesto originario) per i comuni che non hanno proposto aggiornamenti e non li propongono con lo studio di cui alla presente direttiva;
 - dalle proposte di aggiornamento trasmesse all'Autorità di Bacino, per i comuni compresi nell'Allegato A alla VII/7365/2001 tramite carta del dissesto elaborata d'ufficio dalla Regione Lombardia sulla base dei contenuti degli studi geologici ritenuti già compatibili con le condizioni di dissesto presente o potenziale, ai sensi dell'art. 18, comma 1, delle NdA del PAI;
- Quadro del dissesto proposto in aggiornamento al vigente con lo studio di cui alla presente direttiva, come specificato al paragrafo «Carta del dissesto con legenda unificata a quella del PAI».

Il quadro del dissesto deve essere comprensivo anche delle aree perimetrate negli Allegati 4.1 e 4.2 all'Elaborato 2 del PAI («aree rosse» e «aree verdi»), nonché delle aree a rischio idrogeologico molto elevato introdotte con i successivi aggiornamenti al PS 267.

2) Vincoli di polizia idraulica: ai sensi della DGR VII/7868/2002 e successive modificazioni. Sono riportate le fasce di rispetto individuate nello studio finalizzato all'individuazione

del reticolo idrico minore.

3) Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile: sono riportate le aree di tutela assoluta e di rispetto (comprese le porzioni di aree di salvaguardia relative a pozzi e sorgenti dei comuni limitrofi, qualora ricadano all'interno del territorio del comune in esame), ai sensi del d.lgs 258/2000, articolo 5, comma 4.

Le aree di rispetto individuate con il criterio idrogeologico e temporale ai sensi della DGR VI/15137/1996 diventano efficaci solo a seguito del rilascio del relativo atto autorizzativo da parte dell'Autorità competente; in assenza di tale atto, i relativi vincoli devono essere applicati sull'ambito individuato con criterio geometrico. (sul territorio comunale non sono individuate aree di rispetto con criterio idrogeologico).

4) Geositi: devono essere individuati i beni geologici già soggetti a forme di tutela (Allegato 14 della DGR IX/2616/2011): sul territorio comunale non ve sono segnalati.

14. FATTIBILITA' DELLE AZIONI DI PIANO

La cartografia di sintesi degli elementi di tecnici caratteristici del territorio comunale è stata redatta per tutto il territorio comunale, ad una scala utile per poter rappresentare gli specifici contenuti che la caratterizzano (scala 1:5.000).

La carta di sintesi viene rappresenta aree omogenee dal punto di vista della pericolosità / vulnerabilità riferita allo specifico fenomeno che la genera mediante individuazione di poligoni che definiscono porzioni di territorio caratterizzate da pericolosità geologico – geotecnica e vulnerabilità idraulica e idrogeologica omogenee.

La sovrapposizione di più ambiti determina dei poligoni misti per pericolosità determinata da più fattori limitanti. La delimitazione dei poligoni viene fatta con valutazioni sulla pericolosità e sulle aree di influenza dei fenomeni ricavate da osservazioni ed analisi qualitative o, nei casi previsti dal punto 1.3.1 della DGR IX/2616/2011, mediante le procedure per la valutazione e la zonazione della pericolosità (Allegati 2, 3 e 4 della medesima DGR).

La sintesi degli elementi di pregiudizio riguardo l'attuazione degli interventi edilizi / trasformazione d'uso del suolo considerati nella sintesi sono:

1. Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti
2. Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico
3. Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico
4. Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche
5. Interventi in aree di dissesto o di prevenzione in aree di dissesto potenziale

Nel dettaglio, gli elementi di pregiudizio per degli interventi edilizi / trasformazione d'uso dei suoli precedentemente riportati, riguardano:

A	Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti(5)
AA	Aree soggette a crolli di massi (distacco e accumulo). Da definire in base all'estensione della falda di detrito e alla distanza raggiunta dai massi secondo dati storici (vengono delimitate le effettive aree sorgenti e le aree di accumulo dei crolli)
AB	Aree interessate da distacco e rotolamento di blocchi provenienti da depositi superficiali (vengono delimitate le effettive aree sorgenti e le aree di accumulo dei crolli)
AC	Aree di frana attiva (scivolamenti, colate ed espansioni laterali)
AD	Aree di frana quiescente (scivolamenti, colate ed espansioni laterali)
AE	Aree a franosità superficiale attiva diffusa (scivolamenti, soliflusso)
AF	Aree a pericolosità potenziale per grandi frane complesse (comprehensive di aree di distacco e di accumulo)
AG	Aree in erosione accelerata (calanchi, ruscellamento in depositi superficiali o rocce deboli)
AH	Aree interessate da trasporto in massa e flussi di detrito su conoide
AI	Aree a pericolosità potenziale per crolli a causa della presenza di pareti in roccia fratturata e stimata o calcolata area di influenza
AL	Aree a pericolosità potenziale legata a orientazione sfavorevole della stratificazione in roccia debole e stimata o calcolata area di influenza
AM	Aree a pericolosità potenziale legata a possibilità di innesco di colate in detrito e terreno valutate o calcolate in base alla pendenza e alle caratteristiche geotecniche dei terreni e relativo percorso granulometria fine (limi e argille) su pendii inclinati, comprehensive delle aree di possibile accumulo
AN	Aree di percorsi potenziali di colate in detrito e terreno
AO	Aree a pericolosità potenziale legata alla presenza di terreni a granulometria fine

⁵ Le voci comprendono sia aree interessate da fenomeni di instabilità dei versanti già avvenuti, delimitabili in base a evidenze di terreno e/o in base a dati storici, sia aree che potenzialmente potrebbero essere interessate dai fenomeni.

A	Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti(5)
	(limi e argille) su pendii inclinati, comprensive delle aree di possibile accumulo (aree di influenza)
AP	Aree interessate da valanghe già avvenute
AQ	Aree a probabile localizzazione di valanghe potenziali
AR	Aree protette da interventi di difesa efficaci ed efficienti
AS	Aree estrattive attive o dismesse non ancora recuperate, comprendendo una fascia di rispetto da valutare in base alle condizioni di stabilità dell'area

B	Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico
BA	Aree ad elevata vulnerabilità degli acquiferi definite nell'ambito dello studio o nei piani di tutela di cui al d.lgs. 258/2000 (l'acquifero da indagare è quello sfruttato ad uso idropotabile e quello superficiale nel caso di potenziale connessione o necessità di tutela)
BB	Aree con emergenze idriche (fontanili, sorgenti, aree precedentemente escavate, aree con emergenze della falda)
BC	Aree a bassa soggiacenza della falda o con presenza di falde sospese
BD	Aree interessate da carsismo profondo con presenza di inghiottitoi e doline

C	Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico
CA	Aree ripetutamente allagate in occasione di precedenti eventi alluvionali o frequentemente inondabili (indicativamente con tempi di ritorno inferiori a 20 – 50 anni), con significativi valori di velocità e/o altezze d'acqua o con consistenti fenomeni di trasporto solido
CB	Aree allagate in occasione di eventi meteorici eccezionali o allagabili con minore frequenza (indicativamente con tempi di ritorno superiori a 100 anni) e/o con modesti valori di velocità ed altezze d'acqua tali da non pregiudicare l'incolumità delle persone, la funzionalità di edifici e infrastrutture e lo svolgimento di attività economiche
CC	Aree potenzialmente inondabili individuate con criteri geomorfologici tenendo

	conto delle criticità derivanti da punti di debolezza delle strutture di contenimento quali tratti di sponde in erosione, punti di possibile tracimazione, sovralluvionamenti, sezioni di deflusso insufficienti anche a causa della presenza di depositi di materiale vario in alveo o in sua prossimità ecc.
CD	Aree già allagate in occasione di precedenti eventi alluvionali desunte dalla ricerca storica – bibliografica
CE	Aree soggette ad esondazioni lacuali
CF	Aree protette da interventi di difesa dalle esondazioni, efficienti ed efficaci, per le quali sia stato verificato il corretto dimensionamento secondo l'allegato 4 della DGR IX/2616/2011
CG	Aree interessabili da fenomeni di erosione fluviale e non idoneamente protette da interventi di difesa
CH	Aree adiacenti a corsi d'acqua da mantenere a disposizione per consentire l'accessibilità per interventi di manutenzione e per la realizzazione di interventi di difesa (in assenza di definizione del regolamento di polizia idraulica di cui alla DGR VII/7868/2001)
CI	Aree potenzialmente interessate da flussi di detrito in corrispondenza dei conoidi pedemontani di raccordo collina – pianura

D	Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche
DA	Aree di possibile ristagno, torbose e paludose
DB	aree prevalentemente limo – argillose con limitata capacità portante
DC	aree con consistenti disomogeneità tessiturali verticali e laterali
DD	aree con riporti di materiale, aree colmate

Tabella 10: Elementi che vanno rappresentati nella cartografia di sintesi. In arancione sono evidenziati i fattori riportati nella cartografia di sintesi.

15. FATTIBILITÀ DELLE AZIONI DI PIANO

La cartografia legata alla fattibilità geologica delle azioni di piano (TAVOLE 06, 07a, 07b), facente parte sia del Documento di Piano che del Piano delle Regole, riporta una zonizzazione del territorio secondo aree omogenee per pericolosità geologica, geomorfologica, geotecnica e vulnerabilità idraulica – idrogeologica, e rappresenta il quadro di riferimento per le scelte di natura urbanistica a scala comunale e sovracomunale.

Per i comuni compresi nella DGR VII/7365/2001 e nella DGR VIII/1566/2005 che non risulta abbiano concluso l'iter di cui all'articolo 18 delle NdA del PAI riportati nella Tabella 1, Allegato 13 della DGR IX/2616/2011, la fase di proposta deve comprendere anche la carta del dissesto idrogeologico con legenda uniformata a quella del PAI elaborata al fine di aggiornare l'Elaborato 2 del PAI stesso.

Piario risulta esonerato dall'iter, così come comunicato dall'Ufficio Tecnico del Comune di Piario.

La carta della fattibilità geologica delle azioni di piano è stata redatta alla stessa scala dello strumento urbanistico (1:2.000) e si riferisce all'intero territorio comunale. Come esplicitamente richiesto dall'Amministrazione Comunale, la cartografia di fattibilità è stata prodotta anche in scala 1:5.000 ed utilizzando come base cartografica la Carta Tecnica del Comune di Piario al fine di consentire l'aggiornamento del mosaico della fattibilità contenuto nel SIT (Tavola 06).

Per la realizzazione della cartografia di fattibilità sono previste modalità standardizzate di assegnazione della classe di fattibilità agli ambiti omogenei per pericolosità, al fine di garantire omogeneità e obiettività nelle valutazioni di merito tecnico. La carta di fattibilità viene desunta dalla carta di sintesi e dalla carta dei vincoli (per gli ambiti ricadenti entro le fasce fluviali e le aree in dissesto PAI quando non presente specifica cartografia "Carta del dissesto con legenda uniformata PAI") attribuendo un valore di classe di fattibilità a ciascun poligono.

Al mosaico della fattibilità devono essere sovrapposte, con apposito retino «trasparente», le aree soggette ad amplificazione sismica locale desunte dalla carta di pericolosità sismica locale costruita secondo le modalità descritte nel relativo capitolo della relazione.

La carta di fattibilità è dunque una carta di pericolosità che fornisce le indicazioni in ordine alle limitazioni e destinazioni d'uso del territorio.

Alla carta di fattibilità sono poi associate specifiche norme “Norme geologiche di piano” riportate nell’Elaborato 02 (prescrizioni per gli interventi urbanistici, studi ed indagini da effettuare per gli approfondimenti richiesti, opere di mitigazione del rischio, necessità di controllo dei fenomeni in atto o potenziali, necessità di predisposizione di sistemi di monitoraggio e piani di protezione civile).

L’attribuzione della classe di fattibilità avviene attraverso due fasi:

- prima fase: a ciascun poligono della carta di sintesi, in base al/i fattore/i di pericolosità /vulnerabilità presente/i viene attribuita una classe di fattibilità (valore di ingresso) seguendo le prescrizioni della Tabella 11;
- seconda fase: il professionista può aumentare o diminuire il valore della classe di fattibilità in base a valutazioni di merito tecnico per lo specifico ambito. La diminuzione della classe di fattibilità rispetto alla classe di ingresso deve essere compiutamente documentata e motivata da ulteriori indagini sulla pericolosità del comparto con piena ed esplicita assunzione di responsabilità da parte del professionista, utilizzando la scheda di cui all’Allegato 15 della DGR IX/2616/2011. Come specificato dal punto 5.1.2 della DGR, non possono essere variati i valori delle classi di ingresso 4 evidenziate in Tabella 11 con «asterisco».

Nel caso di declassamento di ambiti precedentemente inseriti in classe 4 di fattibilità, questo può essere effettuato solamente attraverso le procedure previste dal punto 1.3.1 della DGR IX/2616/2011. Anche gli ambiti con classi di fattibilità desunte dalla Tabella 11 e delimitate in seguito alla zonazione della pericolosità di cui al punto 1.3.1 della DGR IX/2616/2011, non possono essere variati se non attraverso analisi conseguenti ad interventi di difesa.

Nel caso in cui in un’area omogenea per pericolosità/vulnerabilità vi sia la presenza contemporanea di più fenomeni, deve essere attribuito il valore più alto di classe di fattibilità desunto dalla Tabella 11.

L’efficienza, la funzionalità e la congruità delle opere di difesa idrogeologica presenti contribuiscono alla definizione delle classi di fattibilità. La presenza di opere di difesa ritenute efficaci ed efficienti comporta, infatti, la riduzione del livello di rischio concernente un determinato fenomeno di dissesto. Al contrario, la presenza di opere palesemente non idonee o in cattivo stato di manutenzione può essere influente rispetto al livello di rischio considerato ed in taluni casi può addirittura rappresentare un’aggravante delle

condizioni di rischio stesso.

A discrezione del professionista, ogni classe di fattibilità può essere, per maggiore chiarezza, suddivisa in sottoclassi riguardanti ambiti omogenei.

Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti		Classe
AA	Aree soggette a crolli di massi (distacco e accumulo). Da definire in base all'estensione della falda di detrito e alla distanza raggiunta dai massi secondo dati storici (vengono delimitate le effettive aree sorgenti e le aree di accumulo dei crolli)	4
AB	Aree interessate da distacco e rotolamento di blocchi provenienti da depositi superficiali (vengono delimitate le effettive aree sorgenti e le aree di accumulo dei crolli)	4
AC	Aree di frana attiva (scivolamenti, colate ed espansioni laterali)	4
AD	Aree di frana quiescente (scivolamenti, colate ed espansioni laterali)	4
AE	Aree a franosità superficiale attiva diffusa (scivolamenti, soliflusso)	4
AF	Aree a pericolosità potenziale per grandi frane complesse (comprehensive di aree di distacco e di accumulo)	4
AG	Aree in erosione accelerata (calanchi, ruscellamento in depositi superficiali o rocce deboli)	4
AH	Aree interessate da trasporto in massa e flussi di detrito su conoide	4*
AI	Aree a pericolosità potenziale per crolli a causa della presenza di pareti in roccia fratturata e stimata o calcolata area di influenza	4
AL	Aree a pericolosità potenziale legata a orientazione sfavorevole della stratificazione in roccia debole e stimata o calcolata area di influenza	3
AM	Aree a pericolosità potenziale legata a possibilità di innesco di colate in detrito e terreno valutate o calcolate in base alla pendenza e alle caratteristiche geotecniche dei terreni e relativo percorso granulometria fine (limi e argille) su pendii inclinati, comprensive delle aree di possibile accumulo	3
AN	Aree di percorsi potenziali di colate in detrito e terreno	4*

Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti		Classe
AO	Aree a pericolosità potenziale legata alla presenza di terreni a granulometria fine (limi e argille) su pendii inclinati, comprensive delle aree di possibile accumulo (aree di influenza)	3
AP	Aree interessate da valanghe già avvenute	4
AQ	Aree a probabile localizzazione di valanghe potenziali	4
AR	Aree protette da interventi di difesa efficaci ed efficienti	3
AS	Aree estrattive attive o dismesse non ancora recuperate, comprendendo una fascia di rispetto da valutare in base alle condizioni di stabilità dell'area	3

Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico		Classe
BA	Aree ad elevata vulnerabilità degli acquiferi definite nell'ambito dello studio o nei piani di tutela di cui al d.lgs. 258/2000 (l'acquifero da indagare è quello sfruttato ad uso idropotabile e quello superficiale nel caso di potenziale connessione o necessità di tutela)	3
BB	Aree con emergenze idriche (fontanili, sorgenti, aree precedentemente escavate, aree con emergenze della falda)	4
BC	Aree a bassa soggiacenza della falda o con presenza di falde sospese	3
BD	Aree interessate da carsismo profondo con presenza di inghiottitoi e doline	4

Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico		Classe
CA	Aree ripetutamente allagate in occasione di precedenti eventi alluvionali o frequentemente inondabili (indicativamente con tempi di ritorno inferiori a 20 – 50 anni), con significativi valori di velocità e/o altezze d'acqua o con consistenti fenomeni di trasporto solido	4
CB	Aree allagate in occasione di eventi meteorici eccezionali o allagabili con minore frequenza (indicativamente con tempi di ritorno superiori a 100 anni) e/o con modesti valori di velocità ed altezze d'acqua tali da non pregiudicare l'incolumità delle persone, la funzionalità di edifici e infra-	3

	strutture e lo svolgimento di attività economiche	
CC	Aree potenzialmente inondabili individuate con criteri geomorfologici tenendo conto delle criticità derivanti da punti di debolezza delle strutture di contenimento quali tratti di sponde in erosione, punti di possibile tracimazione, sovralluvionamenti, sezioni di deflusso insufficienti anche a causa della presenza di depositi di materiale vario in alveo o in sua prossimità ecc.	4
CD	Aree già allagate in occasione di precedenti eventi alluvionali desunte dalla ricerca storica – bibliografica	4
CE	Aree soggette ad esondazioni lacuali	3
CF	Aree protette da interventi di difesa dalle esondazioni, efficienti ed efficaci, per le quali sia stato verificato il corretto dimensionamento secondo l'allegato 4 della DGR IX/2616/2011	3
CG	Aree interessabili da fenomeni di erosione fluviale e non idoneamente protette da interventi di difesa	4
CH	Aree adiacenti a corsi d'acqua da mantenere a disposizione per consentire l'accessibilità per interventi di manutenzione e per la realizzazione di interventi di difesa (in assenza di definizione del regolamento di polizia idraulica di cui alla DGR VII/7868/2001)	4
CI	Aree potenzialmente interessate da flussi di detrito in corrispondenza dei conoidi pedemontani di raccordo collina – pianura	3

Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche		Classe
DA	Aree di possibile ristagno, torbose e paludose	3
DB	aree prevalentemente limo – argillose con limitata capacità portante	3
DC	aree con consistenti disomogeneità tessiturali verticali e laterali	3
DD	aree con riporti di materiale, aree colmate	3

Tabella 11: Classi di ingresso per l'attribuzione della fattibilità agli ambiti con pericolosità omogenea. In verde sono evidenziati i fattori di pericolosità / vulnerabilità riscontrati in comune di Piario.

Le porzioni di territorio esterne ai poligoni individuati mediante le procedure precedenti

temente descritte corrispondono a quelle aree per le quali non sono state individuate limitazioni alla modifica dell'uso dei terreni dal punto di vista geologico (classe 1). Gli interventi edilizi in tali ambiti saranno comunque soggetti all'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni.

Non è richiesta l'individuazione nella carta di fattibilità dei perimetri delle aree di tutela assoluta e di rispetto delle captazioni ad uso idropotabile, nonché dei cimiteri e dei depuratori, in quanto soggette a specifica normativa. L'attribuzione della classe di fattibilità di tali aree deve derivare esclusivamente dalle caratteristiche geologiche delle stesse.

In relazione a quanto riportato in Tabella 11 ed alle necessarie valutazioni del grado di pericolosità/vulnerabilità per l'attribuzione delle classi di fattibilità, si sono operate le seguenti declassamenti rispetto alle classi in ingresso.

Ambiti con assegnazione diversa rispetto a quella indicata dalla Tabella 1 della DGR n. 8/7374	Classe in ingresso	Classe attribuita	Motivazioni per la assegnazione diversa rispetto a quella indicata dalla Tabella 1 della DGR n. 8/7374
AB-DC-	(DC)	2	Si tratta di aree con fenomeni contenuti di rotolamento di blocchi, il conseguente riflesso sulla instabilità gravitativa è superabile con modesti accorgimenti di difesa. Si tratta di aree ove l'eterogeneità litologica risulta alquanto contenuta ed il conseguente riflesso sulle caratteristiche geotecniche è facilmente superabile con accorgimenti costruttivi di non particolare complessità.
DA-DC-	(DC)	2	Si tratta di aree ove l'eterogeneità litologica risulta alquanto contenuta ed il conseguente riflesso sulle caratteristiche geotecniche è facilmente superabile con accorgimenti costruttivi di non particolare complessità.

DA-DC-CG-	3(DA) 3(DC) 4(CG)	2	Si tratta di aree ove l'eterogeneità litologica risulta alquanto contenuta ed il conseguente riflesso sulle caratteristiche geotecniche è facilmente superabile con accorgimenti costruttivi di non particolare complessità. Si tratta di aree ove i fenomeni di erosione sono contenuti ed il conseguente riflesso sulla vulnerabilità idraulica è superabile con modesti accorgimenti di difesa.
AB-BB-DC	(BB) 3(DC)	3	Si tratta di aree con fenomeni contenuti di rotolamento di blocchi, il conseguente riflesso sulla instabilità gravitativa è superabile con consistenti accorgimenti di difesa. Si tratta di aree con emergenze idriche diffuse regimabili ed il conseguente riflesso sulla vulnerabilità idrogeologica sono superabili con consistenti accorgimenti di difesa.
AB-CG-	(CG)	3	Si tratta di aree con fenomeni contenuti di rotolamento di blocchi, il conseguente riflesso sulla instabilità gravitativa è superabile con consistenti accorgimenti di difesa. Si tratta di aree ove i fenomeni di erosione sono contenuti ed il conseguente riflesso sulla vulnerabilità idraulica è superabile con consistenti accorgimenti di difesa.
AB-DC	(DC)	3	Si tratta di aree con fenomeni contenuti di rotolamento di blocchi, il conseguente riflesso sulla instabilità gravitativa è superabile con consistenti accorgimenti di difesa.
AB-DCCG-	(DC) 4(CG)	3	Si tratta di aree con fenomeni contenuti di rotolamento di blocchi, il conseguente riflesso

			sulla instabilità gravitativa è superabile con consistenti accorgimenti di difesa. Si tratta di aree ove i fenomeni di erosione sono contenuti ed il conseguente riflesso sulla vulnerabilità idraulica è superabile con consistenti accorgimenti di difesa.
AB-DCCB	(DC) 3(CB)	3	Si tratta di aree con fenomeni contenuti di rotolamento di blocchi, il conseguente riflesso sulla instabilità gravitativa è superabile con consistenti accorgimenti di difesa.
DADCCG-	(DC) 4(CG)	3	Si tratta di aree ove i fenomeni di erosione sono contenuti ed il conseguente riflesso sulla vulnerabilità idraulica è superabile con consistenti accorgimenti di difesa.
AB-DADC	(DA) 3(DC)	3	Si tratta di aree con fenomeni contenuti di rotolamento di blocchi, il conseguente riflesso sulla instabilità gravitativa è superabile con consistenti accorgimenti di difesa.
AB-DADCCG-	(DA) 3(DC) 4(CG)	3	Si tratta di aree con fenomeni contenuti di rotolamento di blocchi, il conseguente riflesso sulla instabilità gravitativa è superabile con consistenti accorgimenti di difesa. Si tratta di aree ove i fenomeni di erosione sono contenuti ed il conseguente riflesso sulla vulnerabilità idraulica è superabile con consistenti accorgimenti di difesa.
AB-		3	Si tratta di aree con fenomeni contenuti di rotolamento di blocchi, il conseguente riflesso sulla instabilità gravitativa è superabile con consistenti accorgimenti di difesa.
DCDACG-	(DA) 4(CG)	3	Si tratta di aree ove i fenomeni di erosione sono

			contenuti ed il conseguente riflesso sulla vulnerabilità idraulica è superabile con consistenti accorgimenti di difesa.
CB+		4	Si tratta di aree identificate negli studi presenti nel Sistema Informativo Territoriale Regionale e presso gli archivi cartacei delle Strutture Regionali come aree allagabili in occasione di eventi meteorologici eccezionali che negli ultimi anni hanno avuto una frequenza maggiore.
CB+BC+	(BC)	4	Si tratta di aree identificate negli studi presenti nel Sistema Informativo Territoriale Regionale e presso gli archivi cartacei delle Strutture Regionali come aree allagabili in occasione di eventi meteorologici eccezionali che negli ultimi anni hanno avuto una frequenza maggiore.

Tabella 12 Tabella 13: Ambiti per i quali si è operato un declassamento rispetto a quanto riportato in Tabella 11