

COMUNE DI VEDESETA

PROVINCIA DI BERGAMO

COMMITTENTE

Amministrazione comunale di Vedeseta

Piazza don Arrigoni 1 – 24010 VEDESETA (BG)

PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

DOCUMENTO DI PIANO E PIANO DELLE REGOLE

COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA

(art. 57 della LR 12/2005 e DGR IX/2616/2011)

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Settembre 2015: Emissione

Marzo 2016: Versione definitiva a seguito
approvazione del PGT

ERA

Via Promessi Sposi 24 b – 24127 Bergamo (BG)
Email mail4info@era.cc – Tel/Fax +39 035.265.2801

RESPONSABILE DELLE PRESTAZIONI



INDICE

1.	PREMESSA	5
2.	ELEMENTI DI INQUADRAMENTO DEL TERRITORIO COMUNALE.....	10
2.1	Corografia.....	10
2.2	Precipitazioni	13
2.3	Temperature	14
2.4	Anemometria	16
2.5	Radiazione solare globale	18
2.6	Precipitazione di breve durata e forte intensità	20
2.7	Bioclima e fasce di vegetazione.....	25
2.8	Vegetazione attuale e tipi di suoli dell'area Vedeseta – Lavina e Reggetto – Corno dell'Acqua	25
3.	FASE DI ANALISI	27
3.1	Lineamenti geologici	27
3.1.1	Inquadramento strutturale	27
3.1.2	Lineamenti geolitologici	29
3.1.2.1	Substrato roccioso.....	30
3.1.2.2	Depositi neogenico – quaternari.....	35
3.2	Elementi geomorfologici	38
3.2.1	Inquadramento geomorfologico.....	38
3.2.2	Ricerca storica su eventi alluvionali e fenomeni di dissesto.....	44
3.2.3	Lineamenti geomorfologici	47
3.3	Elementi idrologici ed idrogeologici.....	52
3.3.1	Acque superficiali	52
3.3.1.1	Rischio idraulico	56
3.3.2	Acque sotterranee.....	59
3.3.2.1	Sorgenti asservite a sistemi acquedottistici	60
3.3.2.2	Lineamenti idrogeologici ed idrografici.....	61
3.3.2.2.1	Classi di permeabilità delle unità cartografate	62
3.4	Pericolosità sismica	64
3.4.1	Inquadramento sismotettonico	64
3.4.1.1	Assetto tettonico	65
3.4.1.2	Inquadramento sismologico.....	67
3.4.1.2.1	Cenni di sismicità storica e strumentale.....	67
3.4.1.2.2	Quadro normativo nazionale	68
3.4.2	Analisi e valutazione degli effetti sismici locali: aspetti metodologici	72
3.4.2.1	Effetti di amplificazione sismica locale	73
3.4.2.2	Effetti di instabilità.....	74
3.4.2.3	Analisi e valutazione degli effetti sismici secondo la normativa regionale.....	75
3.4.2.3.1	Primo livello	75
3.4.2.3.2	Secondo livello	76
3.4.2.3.2.1	Amplificazione litologica	77
3.4.2.3.2.2	Amplificazione topografica.....	82
3.4.2.3.3	Terzo livello (fase di progettazione).....	86
3.4.2.3.3.1	Effetti di instabilità	87
3.4.2.3.3.2	Effetti di cedimenti e/o liquefazioni	88
3.4.2.3.3.3	Effetti di amplificazione morfologica e litologica.....	89
3.4.3	Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito.....	91
3.4.3.1	Primo livello	91
3.4.3.2	Secondo livello	92
3.4.3.2.1	Approfondimenti negli scenari Z3	92
3.4.3.2.2	Approfondimenti negli scenari Z4	94
3.4.3.2.3	Sintesi degli aspetti di amplificazione sismica locale	97
3.5	Elementi geolitologici, geomorfologici ed idrogeologici di dettaglio	97
4.	FASE DI SINTESI / VALUTAZIONE.....	99
4.1	Sintesi dei vincoli a carattere prettamente geologico	99
4.2	Sintesi degli elementi tecnici	101
5.	FASE DI PROPOSTA.....	106

5.1	Fattibilità geologica delle azioni di piano	106
5.2	Carta del dissesto con legenda uniformata PAI	115
APPENDICE UNO		121
Informazioni e dati di carattere bibliografico		121
APPENDICE DUE		122
Sorgenti asservite a sistemi acquedottistici		122
SORGENTE FONTANA FRESCA		123
Dati identificativi.....		123
Ubicazione sorgente (stralcio CTRL)		123
Dati fisici caratteristici della sorgente.....		124
Dati caratteristici dell'opera di presa.....		124
Quadro geologico semplificato		125
Dati chimico-fisici		125
Perimetrazione delle aree di salvaguardia		126
SORGENTE BASSA DI CHIGNOLO BASSA		127
Dati identificativi.....		127
Ubicazione sorgente (stralcio CTRL)		127
Dati fisici caratteristici della sorgente.....		128
Dati caratteristici dell'opera di presa.....		128
Quadro geologico semplificato		129
Dati chimico-fisici		129
Perimetrazione delle aree di salvaguardia		130
SORGENTE ALTA DI CHIGNOLO BASSA		131
Dati identificativi.....		131
Ubicazione sorgente (stralcio CTRL)		131
Dati fisici caratteristici della sorgente.....		132
Dati caratteristici dell'opera di presa.....		132
Quadro geologico semplificato		133
Dati chimico-fisici		133
Perimetrazione delle aree di salvaguardia		134
SORGENTE CIMALACQUA.....		135
Dati identificativi.....		135
Ubicazione sorgente (stralcio CTRL)		135
Dati fisici caratteristici della sorgente.....		136
Dati caratteristici dell'opera di presa.....		136
Quadro geologico semplificato		137
Dati chimico-fisici		137
Perimetrazione delle aree di salvaguardia		138

Tavole allegate

ID	Oggetto	Scala
01	Lineamenti geologici	1:10.000
02	Clivometria	1:10.000
03	Lineamenti geomorfologici	1:10.000
04	Lineamenti idrogeologici	1:10.000
05	Pericolosità sismica locale (PSL)	1:10.000
06	Lineamenti geolitologici e geomorfologici di dettaglio	1:2.000
07	Sintesi dei vincoli derivanti da normative a carattere prettamente geologico	1:10.000
08A	Sintesi degli elementi tecnici – A	1:5.000
08B	Sintesi degli elementi tecnici – B	1:5.000
08C	Sintesi degli elementi tecnici (dettaglio sui principali nuclei edificati)	1:2.000
09	Fattibilità geologica delle azioni di piano (dettaglio sui principali nuclei edificati)	1:2.000
10	Fattibilità geologica delle azioni di piano	1:10.000
11	Zonazione del dissesto con legenda uniformata PAI	1:10.000



Gestione dei diritti (Rights Management)

CC – BY – NC – SA

REVISIONE	DATA	OGGETTO
00	Sett. 2015	Emissione
01	Marzo 2016	Versione definitiva a seguito approvazione del PGT (nessuna modifica apportata rispetto alla versione del settembre 2015)
02		
03		

Estratto da metadata standard ISO15836 / Dublin Core (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>)

Il presente documento è costituito da 138 pagine.

La responsabilità per l'utilizzo dei dati contenuti nel presente documento per qualsiasi altra finalità ricade esclusivamente sull'utilizzatore dei dati stessi.

1. PREMESSA

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

L'aggiornamento dell'esistente studio geologico è reso obbligatorio dalla LR 12/2005 e dei relativi criteri attuativi di cui alla DGR IX/2616/2011. In particolare la DGR IX/2616/2011, che sostituisce le previgenti DGR VIII/7374/2008 e DGR VII/1566/2005, è intervenuta soprattutto sulle modalità di ripermetrazione delle aree in dissesto contenute nel Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) e delle aree a rischio idrogeologico molto elevato (cosiddette "aree 267"), individuando anche una casistica per cui non è possibile procedere a ripermetrazioni di predette aree, oltre a ridefinire i criteri per la valutazione della pericolosità nelle aree soggette ai diversi fenomeni di dissesto.

Le DGR citate hanno anche recepito le disposizioni nazionali in campo sismico previste dal DM 14 gennaio 2008, già introdotte dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 3274/2003 e fatte proprie dalla Regione Lombardia con DGR VII/14964/2003. Conseguentemente, per i comuni che ne erano privi come Vedeseta, risulta necessario individuare e delimitare zone omogenee del territorio comunale (microzonazione sismica) alle quali attribuire parametri e prescrizioni da utilizzare nella progettazione di nuove opere e messa in sicurezza di quelle esistenti, il tutto per la riduzione del rischio sismico.

Lo studio geologico allegato al PRG, è stato redatto ai sensi della LR 41/1997 – DGR VII/6645/2001 dallo scrivente, successivamente integrato sulla base di specifiche richieste regionali (parere del 15 dicembre 2003, n. Z1.2003.0052675) e comprendente anche la cartografia del dissesto con legenda uniformata PAI.

Pertanto, ai sensi della DGR IX/2616/2011, il Comune sarebbe tenuto ad aggiornare parzialmente lo Studio Geologico, solo per quanto riguarda gli aspetti di prevenzione del rischio sismico. Per la prevenzione del rischio sismico, l'aggiornamento ha contemplato:

- ◆ La realizzazione della zonazione della Pericolosità Sismica Locale (PSL) mediante individuazione di areali omogenei in cui sono presenti elementi morfologici – geomorfologici o geologici, in grado di alterare, amplificandoli, gli effetti di un sisma (approfondimento di I Livello). Sugli scenari di Pericolosità Sismica Locale riportati nella Tabella 1, Allegato 5 della DGR IX/2616/2011, nei casi previsti dalla medesima DGR, sono effettuati gli approfondimenti di II Livello secondo le procedure stabilite dalla DGR stessa (anche se non obbligatori dato che il Comune di Vedeseta ricade in Classe 4 secondo la DGR VII/14964/2003).
- ◆ Aggiornamento della Carta di Fattibilità Geologica mediante evidenziazione (con retini "trasparenti") delle aree soggette ad amplificazioni sismiche per motivi morfologici, geomorfologici e geologici. Per quanto riguarda le aree

soggette ad amplificazioni morfologiche e geologiche, si individuano solo quelle aree con Fattore di Amplificazione (Fa) maggiore al valore soglia comunale stabilito dalla Regione Lombardia. La procedura di calcolo del Fa è fissata dall'allegato 5 alla DGR IX/2616/2011. L'individuazione delle aree che presentano possibili fenomeni di amplificazione dell'effetto sismico non comporta un 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).

Lo Studio Geologico allegato al PRG è stato realizzato nel 2002 e definitivamente approvato nel 2004. Durante l'analisi della documentazione effettuata per l'aggiornamento inerente il rischio sismico, si sono evidenziate delle incongruenze significative nella documentazione di analisi (sezione 1 della DGR IX/2616/2011) rispetto alle attuali conoscenze (es. assenza di specifiche valutazioni sulle Deformazioni Gravitative Profonde di Versante – DGPV – o sui fenomeni valanghivi); questo fatto ha portato nella fase di sintesi (sezione 2 della DGR IX/2616/2011) a non valutare idoneamente la pericolosità di alcuni fenomeni con conseguenti riflessi sulla documentazione della fase di proposta (sezione 3 della DGR IX/2616/2011 – Carta di fattibilità).

Pertanto l'aggiornamento dello studio geologico ha compreso tutti gli elaborati già esistenti con la conseguenza di una totale rivisitazione dei contenuti e delle risultanze dello studio.

Tale aggiornamento non ha però coinvolto la cartografia con legenda uniformata PAI.

Tale scelta, condivisa con il RUP sin dalla fase iniziale di predisposizione del presente lavoro, è correlata allo studio¹ in corso sulla Deformazione Gravitativa Profonda di Versante (DGPV) del Corno Zuccone, alle pendici della quale si sviluppa l'abitato di Vedeseta, e che risulta in parte inclusa in un'area a rischio idrogeologico molto elevato individuata dall'Autorità di Bacino del Fiume Po.

Considerando che al termine di tale studio è prevista la revisione del quadro del dissesto PAI di quasi tutta la porzione Sud del territorio comunale (area a rischio idrogeologico molto elevato e limitrofe), si è demandato in tale fase anche l'aggiornamento del quadro del dissesto PAI per le rimanenti porzioni del territorio comunale in applicazione delle nuove conoscenze geologico – geomorfologiche e dei criteri stabiliti dalla DGR IX/2616/2011 adottati nel presente lavoro. L'andamento degli areali omogenei di fattibilità risulta quindi incoerente (molto più cautelativo anche per via dell'applicazione del punto 3.2 – Tabella 2 – della citata DGR connesso alla mancata revisione del quadro del dissesto PAI) rispetto a quanto ricavabile dalla cartografia di sintesi (Tavola 08a e Tavola 08b). Anche

¹ Lo studio è stato finanziato dalla Regione Lombardia e le modalità della sua attuazione sono stabilite in una specifica convenzione sottoscritta con il Comune di Vedeseta (atto del 21/09/2012, prot. 17101/RCC).

la cartografia di fattibilità dovrà quindi essere aggiornata a seguito dello studio della DGPV del Corno Zuccone, per l'intero territorio comunale, implementandovi sia quanto riportato dalla cartografia di sintesi, sia l'aggiornamento del quadro del dissesto PAI a conclusione dello studio della DGPV.

Pertanto si sono realizzati i seguenti elaborati della fase di analisi (sezione 1 della DGR IX/2616/2011):

- 1) cartografia riportante i *lineamenti geologici* del territorio comunale in scala 1:10.000. In quest'elaborato sono riportate le informazioni di carattere geologico (natura litologica dei terreni, assetto giaciturale / strutturale delle unità e rapporti reciproci) del territorio comunale. Le informazioni riportate sono state ricavate dalla bibliografia esistente (con particolare riferimento al CARG ed alla carta geologica della Provincia di Bergamo), opportunamente valutate / integrate dai rilievi effettuati;
- 2) cartografia riportante i *lineamenti geomorfologici* del territorio comunale in scala 1:10.000. In quest'elaborato sono riportate le informazioni di carattere geomorfologico (forme riconoscibili e stato di attività dei processi responsabili della morfogenesi) del territorio comunale mediante osservazioni originali e valutazioni della bibliografia esistente (con particolare riferimento alle informazioni contenute nel SIT Regionale). Associata all'analisi geomorfologica, si è anche realizzata una zonazione per areali omogenei di acclività, utile per valutare gli areali di influenza dei fenomeni geomorfologici in atto o quiescenti.
- 3) cartografia riportante i *lineamenti idrogeologici* del territorio comunale in scala 1:10.000. In quest'elaborato sono riportate le caratteristiche di permeabilità superficiale dei terreni, le aree esondabili individuate su base morfologica o, quando disponibili, in base a modellizzazioni, l'ubicazione delle sorgenti perenni e le aree di protezione idrogeologica. Sono poi riportate le fasce di rispetto delle opere per captazione d'acqua asservite a sistemi acquedottistici per uso umano (pozzi e sorgenti).
- 4) Come previsto dalla DGR IX/2616/2011 e già sopra commentata, è stata realizzata una cartografia riportante la *Pericolosità Sismica Locale (PSL)*, relativamente all'analisi di I livello, inerente l'intero territorio comunale ed in scala 1:10.000.

Come previsto dalla DGR IX/2616/2011, si realizzati i seguenti elaborati della fase di sintesi (sezione 2 della DGR IX/2616/2011):

- 5) cartografia riportante i *sintesi dei vincoli normativi a carattere prettamente geologico*. Su tale cartografia, redatta per l'intero territorio comunale in scala 1:10.000, sono rappresentate le limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative e piani sovraordinati correlati alla prevenzione del dissesto idrogeologico.
- 6) cartografia riportante i *sintesi degli elementi tecnici*. Su tale cartografia, redatta per l'intero territorio comunale in scala 1:5.000, sono individuate le aree

caratterizzate da omogenei elementi di pericolosità geologico / geotecnica, idraulica ed idrogeologica; come previsto dalla DGR IX/2616/2011, gli elementi di pericolosità sono derivati esclusivamente dalla documentazione di analisi e non anche dalla trasposizione dei vincoli di cui all'elaborato precedente.

Si sono poi realizzati i seguenti elaborati della fase di proposta (sezione 3 della DGR IX/2616/2011):

- 7) cartografia riportante la *fattibilità geologica delle azioni di piano* redatta per l'intero territorio comunale in scala 1:10.000.
- 8) cartografia riportante la *fattibilità geologica delle azioni di piano* redatta in scala 1:2.000 relativamente agli areali edificati, di prevista edificazione e di aree contigue per una distanza significativa.
- 9) cartografia riportante il *quadro del dissesto con legenda uniformata PAI*. Su tale cartografia, redatta per l'intero territorio comunale in scala 1:10.000, sono individuate le aree in dissesto di entità significativa, per la pianificazione a scala di bacino, ed i vari fenomeni di dissesto sono stati classificati e ricondotti alla casistica presente all'art. 9 delle Nda del PAI.

Questi elaborati operano una zonazione del territorio in quattro classi, definite "Classi di Fattibilità Geologica delle Azioni di Piano". La suddivisione è operata in relazione alla sensibilità del territorio alle modifiche indotte dall'eventuale nuova urbanizzazione o ad una trasformazione dell'urbanizzato presente. Ogni classe presenta una diversa propensione del territorio a sostenere interventi antropici e, quando l'intervento è giudicato ammissibile, anche attraverso l'ausilio della cartografia di sintesi, si può ricavare indirettamente la dimensione e l'incidenza economica degli eventuali interventi aggiuntivi per un uso od una trasformazione d'uso del suolo in sicurezza.

Nel caso in cui la trasformazione d'uso presenti controindicazioni, si sono formulate raccomandazioni sulle cautele generali da adottare o sugli studi e le indagini da effettuare nel caso si ravvisi la necessità di approfondimenti preliminari.

Le indicazioni che scaturiscono dalla Carta di Fattibilità devono essere recepite dagli strumenti urbanistici ed hanno l'effetto di minimizzare le conseguenze dannose sull'attività antropica da parte degli elementi naturali, connesse ad un utilizzo improprio del territorio.

Come già evidenziato, l'andamento degli areali omogenei di fattibilità risulta quindi incoerente rispetto a quanto ricavabile dalla cartografia di sintesi. Tale cartografia, come la cartografia riportante il quadro del dissesto con legenda uniformata PAI, dovrà essere aggiornata a seguito dello studio della DGPV del Corno Zuccone, per l'intero territorio comunale, implementandovi sia quanto riportato dalla cartografia di sintesi, sia l'aggiornamento del quadro del dissesto PAI a conclusione dello studio della DGPV.

La fase di proposta è accompagnata anche da specifiche Norme Geologiche di Piano (NGdP); le norme preesistenti sono state riformulate sulla base delle recenti indicazioni normative e con riferimento al Piano delle Regole ad al Documento

di Piano del PGT.

Le raccomandazioni regionali prevedono, ove possibile, la realizzazione di un elaborato *di prima caratterizzazione geotecnica* basato su dati bibliografici. Tale elaborato non ha potuto essere realizzato per via della limitatezza delle informazioni bibliografiche disponibili, come pure dalla notevole disomogeneità nella loro distribuzione sul territorio comunale.

2. ELEMENTI DI INQUADRAMENTO DEL TERRITORIO COMUNALE

2.1 COROGRAFIA

Il territorio comunale di Vedeseta, avente uno sviluppo di circa 21 Km² (si veda Figura 1), è situato in alta Val Taleggio, che costituisce una delle principali valli laterali situate sulla destra idrografica della Val Brembana.

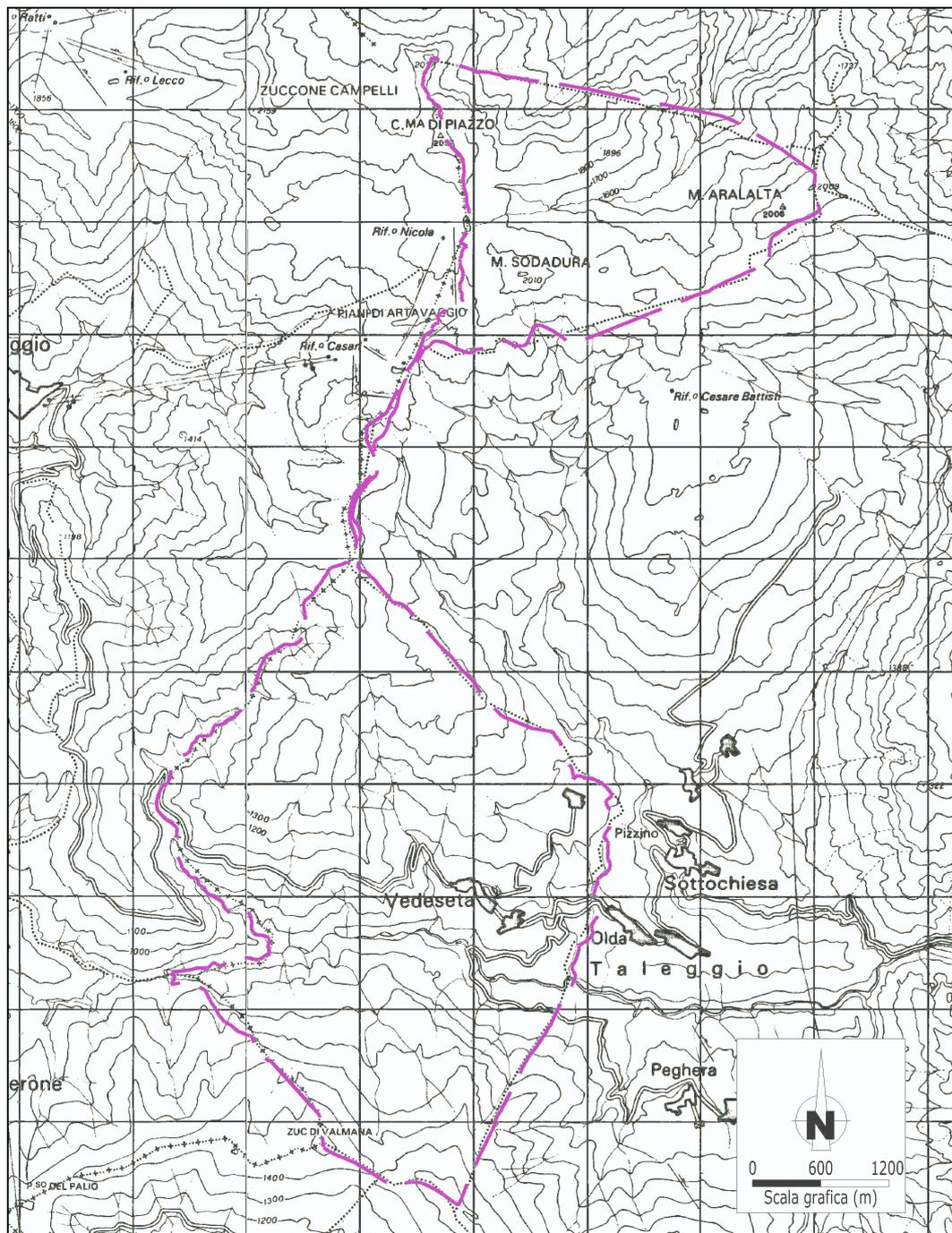


Figura 1: Inquadramento del territorio comunale sulla carta tecnica regionale riprodotta in scala 1:60.000.

Il territorio comunale, confinante ad ovest con la provincia di Lecco, a nord con il Comune di Cassiglio, ad Est con quello di Taleggio e a sud con Fuipiano Valle Imagna, è suddiviso in due distinti settori di forma pressoché rombica, collegati da una stretta fascia lunga alcuni chilometri, lungo la quale è presente una mulattiera di collegamento che corre grossomodo lungo un allineamento di creste.

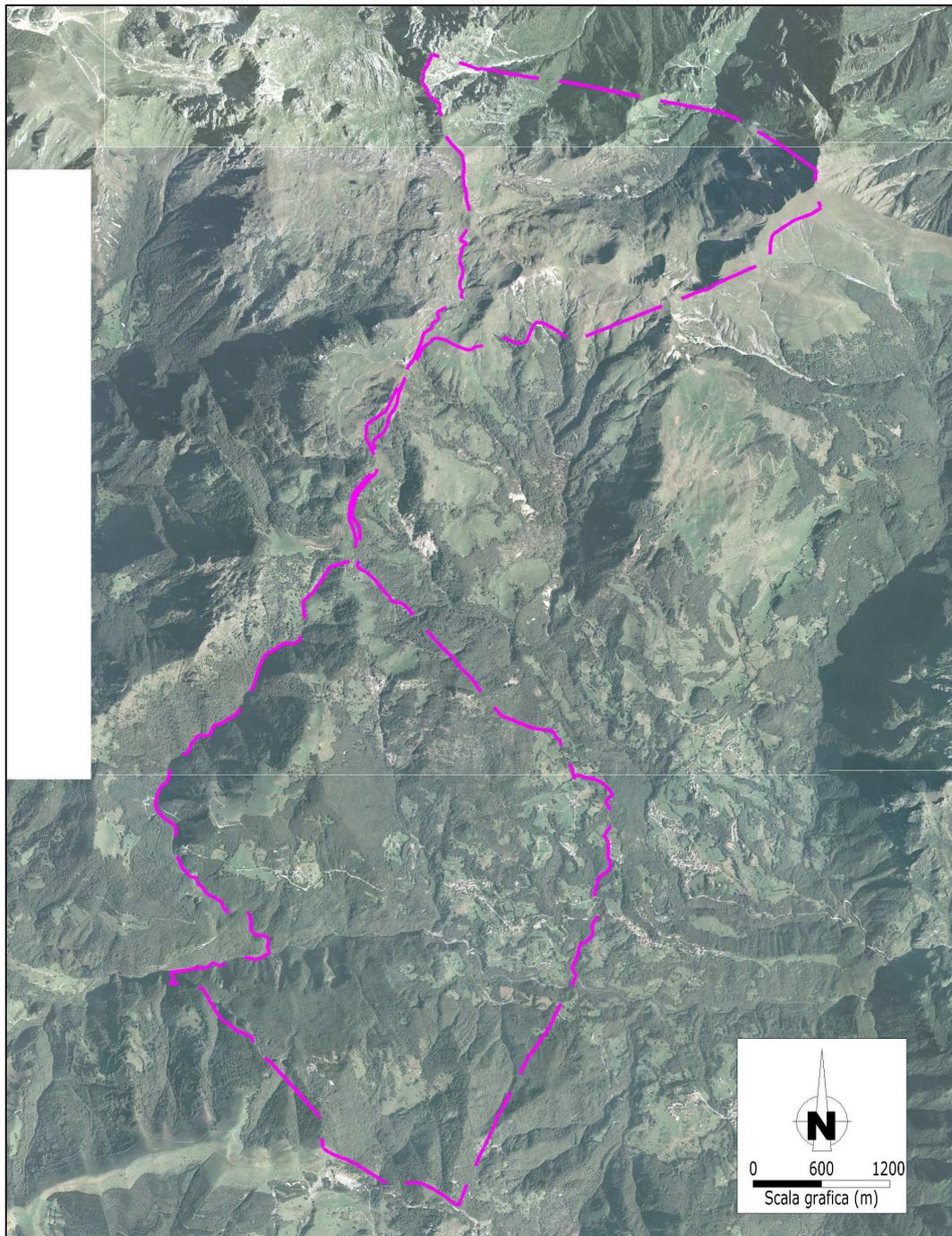


Figura 2: Ortofoto dell'intero territorio comunale (anno 1999) riprodotta in scala 1:60.000.

La porzione meridionale, di dimensioni di circa 14 Km², è situata prevalentemente in sponda sinistra del Torrente Enna e comprende i principali centri abitati (Vedesea, Avolasio, Salguggia, Lavina e Reggetto). Tale settore, situato a quote comprese tra 600 e 1500 m, è caratterizzato da un paesaggio tipico delle basse

vallate prealpine, con nuclei abitativi concentrati e baite e fienili sparsi in tutta l'area. Le porzioni più acclivi sono lasciate a bosco, mentre quelle meno ripide sono utilizzate come prati a sfalcio.

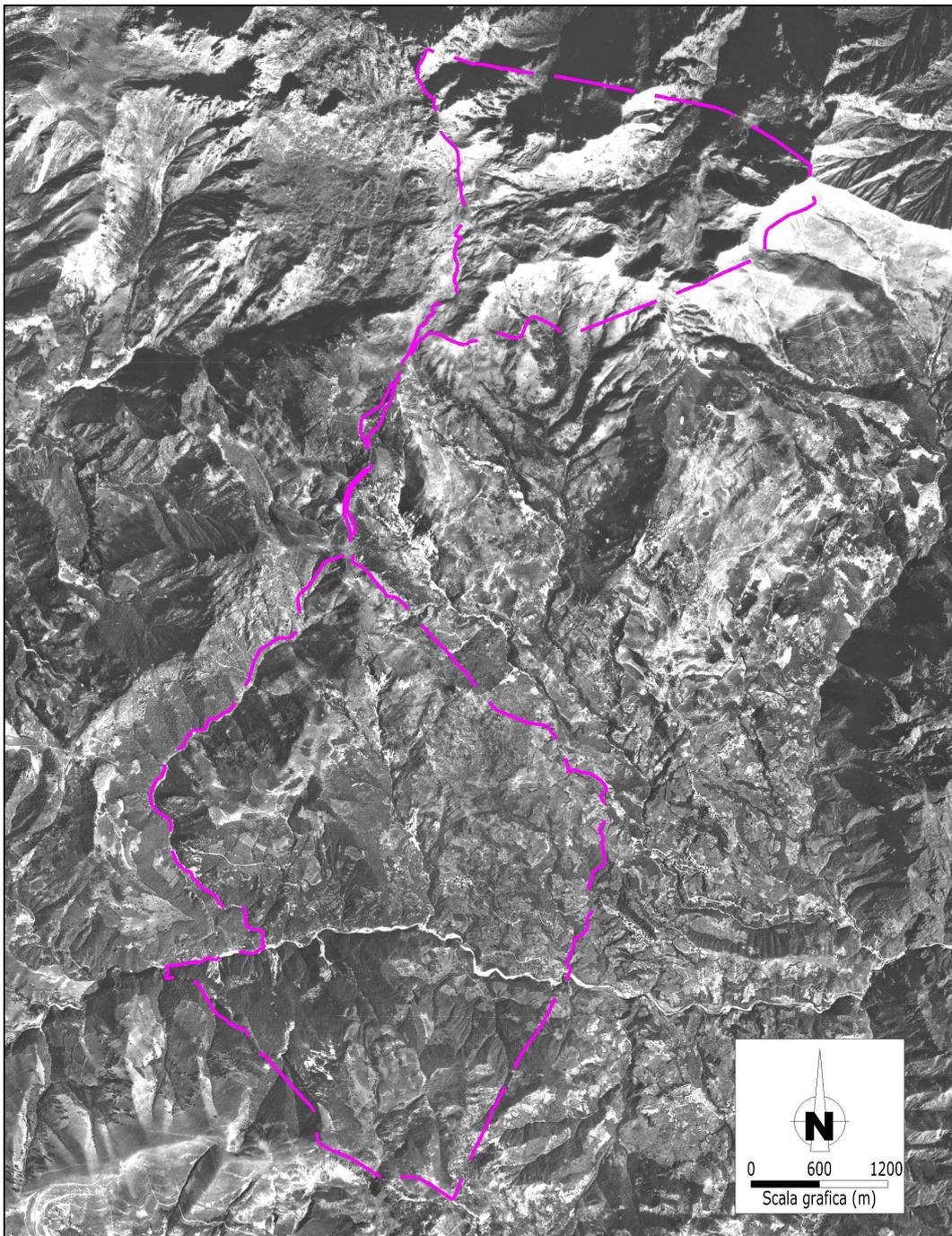


Figura 3: Ortofoto dell'intero territorio comunale (anno 1954) riprodotta in scala 1:60.000. Rispetto alla foto aerea riprodotta in Figura 2 si note la quasi totale assenza di vegetazione arborea.

Il settore più settentrionale è invece situato a quote superiori ai 1500 m e comprende alcune tra le cime più elevate dell'area, il monte Sodadura, Cima Piazza e l'Araralta, di poco superiori ai 2000 m. Tale area è utilizzata stabilmente solo durante l'estate come alpeggio. Lungo il lato occidentale di questo settore sono presenti alcuni impianti sciistici facenti parte del comprensorio dei Piani di Arta-

vaggio che nel tempo hanno funzionato a fasi alterne. Dal punto di vista morfologico, l'area presenta le caratteristiche forme della media montagna bergamasca, con ripidi pendii meridionali prativi e versanti settentrionali rocciosi e molto acclivi con tracce di modellamento glaciale.

Per quanto riguarda la viabilità, la parte meridionale è percorsa da numerose strade provinciali e da sterrati di servizio alle baite, mentre il settore più a nord è percorribile solo lungo strade agrosilvopastorali.

2.2 PRECIPITAZIONI

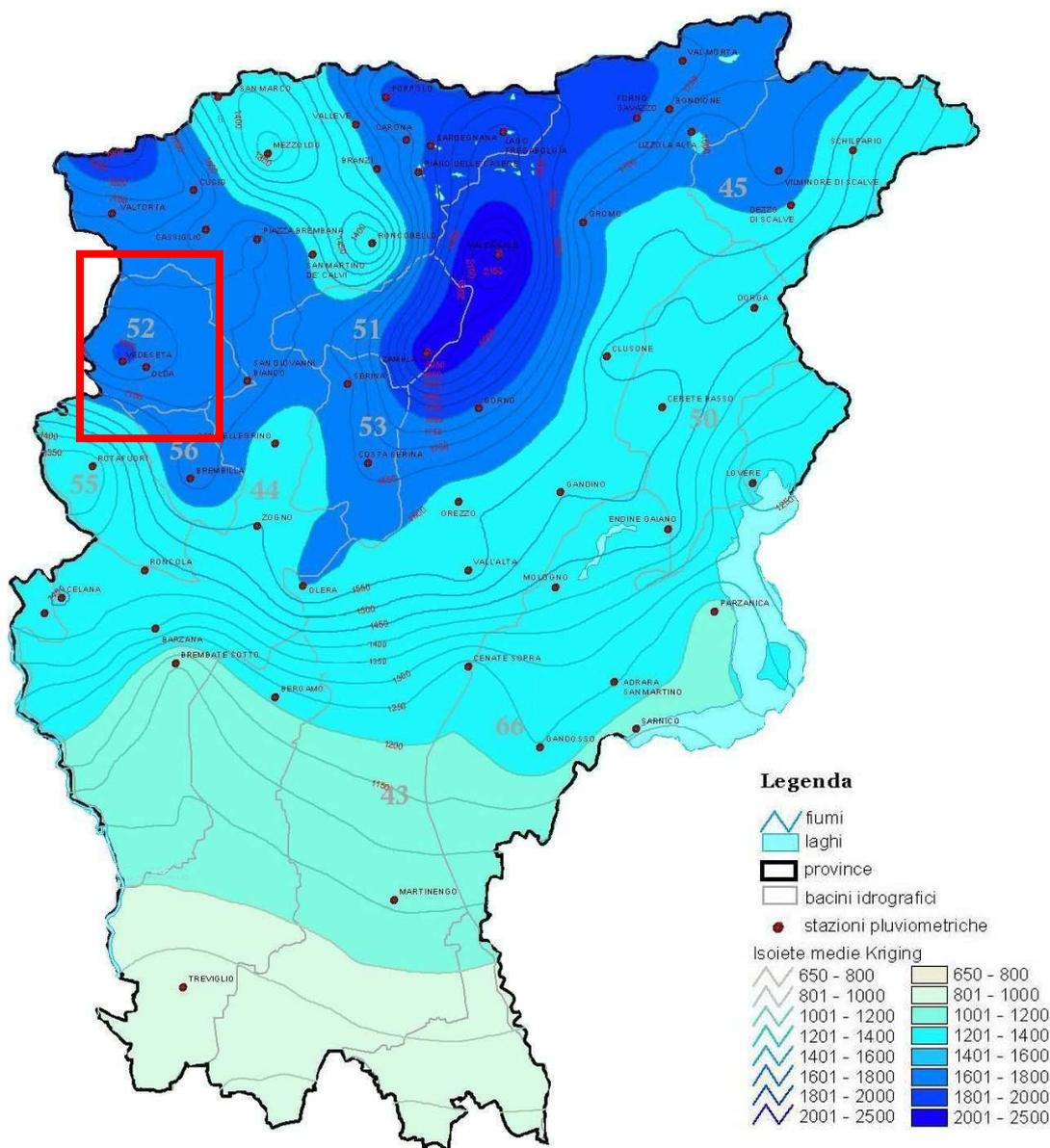


Figura 4: Carta delle precipitazioni medie annue del territorio alpino della Regione Lombardia (registrate nel periodo 1891 – 1990); in rosso è evidenziata l'area del territorio comunale.

La zona delle prealpi orobiche è sempre stata una delle aree più piovose di tutto il nord – ovest. Negli ultimi 50 anni si sono raggiunti valori di 2.500 mm annui con punte di 2.800/2.900 mm, tuttavia negli ultimi 30 anni si è assistito ad una

diminuzione delle piogge e quindi un deciso calo delle medie pluviometriche annue soprattutto in inverno e in primavera, mentre al contrario si registra un incremento nei mesi di ottobre e novembre.

Un primo riferimento per la stima delle precipitazioni medie relative dell'area in esame è la *Carta delle precipitazioni medie annue relative al periodo 1881 – 1990*, redatta a cura della Regione Lombardia, di cui la Figura 4 rappresenta lo stralcio della sola provincia di Bergamo. Il rettangolo in rosso indica la posizione approssimativa dell'area comunale che ricade nel settore di precipitazioni medie annue comprese tra 1.600 e 1.900 mm.

gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
89,67	81,01	132,04	157,90	212,20	207,28	175,79	187,28	173,52	223,52	160,27	96,04

Tabella 1: Precipitazioni mensili cumulate nella stazione di Vedeseta (precipitazioni in mm) – anni di osservazione da 1951 a 1983 – Fonte: PTUA.

Più in dettaglio, nel territorio comunale di Vedeseta è presente la stazione pluviometrica che ha fornito dati relativi alla piovosità del territorio riferiti ad un arco di tempo compreso fra il 1951 e il 1983 (si veda la Tabella 1). Dall'analisi dei dati si ricava che la piovosità media annua è pari a 1.885 mm e che i massimi delle medie mensili si concentrano nei mesi di ottobre (223,03 mm), maggio (212,20 mm) e giugno (207,28 mm). Le piogge rimangono comunque elevate anche nei mesi di luglio (175,79 mm), settembre (173,52 mm) e novembre (160,27 mm); le piogge relative ai mesi invernali si mantengono con valori sempre superiori agli 80 mm.

gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
55,6	58,9	75,1	123,5	102,4	113,9	104,9	70,8	104,2	129,4	134,7	105,1

Figura 5: Precipitazioni mensili cumulate nella stazione di Taleggio (precipitazioni in mm) – anni di osservazione da 2003 a 2011.

Altra stazione presente nell'ambito della valle, che presenta però una serie storica più contenuta, è ubicata a Taleggio. Dall'analisi dei dati si ricava che la piovosità media annua è pari a 1.178 mm e che i massimi delle medie mensili si concentrano nei mesi di novembre (134,7 mm), aprile (123,5 mm) e giugno (113,9 mm). Le piogge rimangono comunque elevate anche nei mesi di Luglio e settembre – ottobre. L'andamento complessivo di tale stazione ricalca sostanzialmente quello della stazione di Vedeseta, ma avendo una serie storica più breve, le piogge medie e complessive risentono in maniera significativa di annualità caratterizzate da scarse precipitazioni (anni dal 2003 al 2006).

2.3 TEMPERATURE

Durante il periodo 1955 – 1984 hanno funzionato nella provincia di Bergamo ventidue stazioni termometriche, che hanno fornito le temperature massima e minima diurna di ogni giorno del periodo esaminato. Non sono però disponibili dati di temperatura su intervalli temporali significativi in stazioni prossime all'area in e-

same.

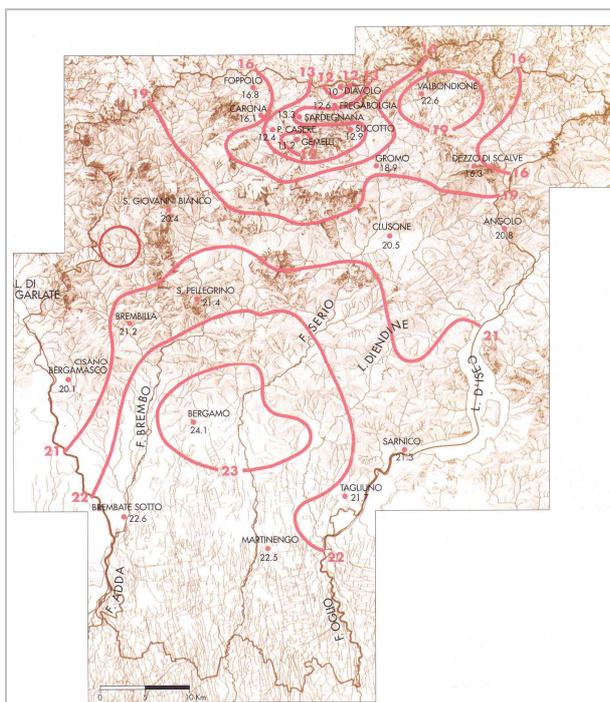


Figura 6: Carta delle isoterme del mese di luglio (isotere). Il cerchio in colore rappresenta la posizione indicativa dell'area.

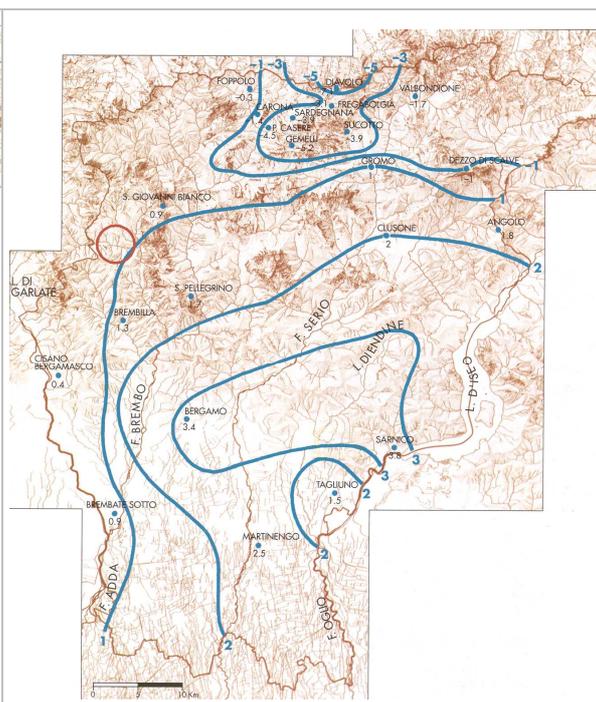


Figura 7: Carta delle isoterme del mese di gennaio (isochimene). Il cerchio in colore rappresenta la posizione indicativa dell'area.

Nel complesso i dati dell'insieme delle stazioni evidenziano che il regime annuo della temperatura media mensile è caratterizzato da un massimo in luglio ed un minimo in gennaio. Le temperature medie di ogni singolo mese dell'anno sono generalmente superiori alla temperatura media annua nei mesi da aprile – maggio ad ottobre, mentre negli altri mesi dell'anno sono inferiori alla temperatura media annua.

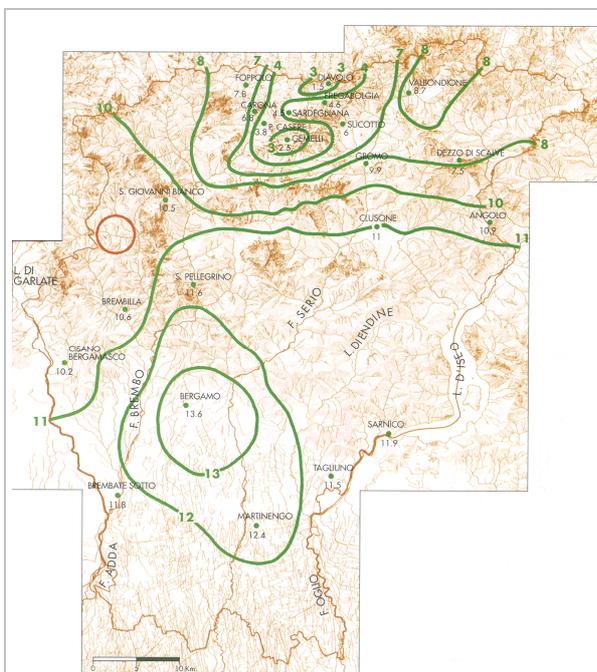


Figura 8: Carta delle isoterme annue. Il cerchio in colore rappresenta la posizione indicativa dell'area.

Con i dati della temperatura media annua, della temperatura del mese di luglio e della temperatura media del mese di gennaio sono state predisposte rispettivamente la carta delle isoterme annue, la carta delle isoterme del mese di luglio (isotere) e la carta delle isoterme del mese di gennaio (isochimene) presentate in Figura 6 e Figura 7 ed estratte dalla documentazione di base del PTCP.

Dall'esame di tali carte si può concludere che il clima delle stazioni della provincia di

Bergamo è di tipo temperato subcontinentale per le stazioni situate in pianura, mentre è di tipo freddo per quelle situate in montagna.

Tali dati permettono di ricostruire il regime annuo della temperatura media mensile dove si ha un massimo in luglio e il minimo in gennaio. Si osserva inoltre come le temperature medie di ogni singolo mese dell'anno siano superiori alla temperatura media annua nei mesi da aprile/maggio a ottobre, mentre negli altri mesi dell'anno sono inferiori alla temperatura media annua.

Dai dati mensili dell'escursione termica media diurna e della temperatura media diurna, si osserva come la temperatura media mensile minima si presenti in gennaio e la massima in luglio e come l'escursione termica aumenti dal mese di gennaio al mese di luglio in tutte le stazioni. *Da tale elaborazione emerge che il clima della bergamasca è di tipo temperato subcontinentale per le stazioni situate in pianura, mentre è di tipo freddo per quelle situate in montagna.*

Le caratteristiche del clima freddo, tipico del territorio in esame, sono le seguenti:

- ◆ temperatura media annua non superiore a 2,9° C;
- ◆ temperatura media del mese più freddo dell'anno inferiore a - 6,0° C;
- ◆ temperatura media del mese più caldo non superiore a 9,9° C;
- ◆ escursione media annua fra 15,0° C e 18,0° C.

A livello locale, anche se con serie storica limitata e quindi relativamente poco significativa, è presente la stazione di Vedeseta (2004 - 2011).

	genn	febb	mar	apr	magg	giu	lug	ago	sett	ott	nov	dic
media	1,6	2,4	5,5	9,6	13,7	17,1	19,6	18,4	15,2	11,1	5,7	1,8
minimo	- 7,2	- 7,0	- 5,8	1,4	4,1	6,7	9,3	10,6	6,4	1,8	- 3,2	- 7,4
massimo	16,4	15,5	20,2	21,0	25,6	27,7	30,2	27,1	26,7	22,2	17,6	12,8

Tabella 2: Dati termometrici della stazione di Vedeseta.

Dall'analisi di questi dati si ricava che le medie massime delle temperature si concentrano nei mesi di luglio (19,6 °C) e agosto (18,4 °C), con valori comunque elevati anche nei mesi di giugno settembre (I valori minimi relativi ai mesi invernali sono compresi tra 1,6 °C e 5,7 °C (si veda la Tabella 2).

2.4 ANEMOMETRIA

Nella pubblicazione de "I caratteri originali della bergamasca" si è effettuata una valutazione del regime anemometrico sulla base delle stazioni di Monte Grigna (1949 - 1957), di Ponte S. Pietro (1946 - 1950), di Orio al Serio (1951 - 1956) e di Bergamo (1891 - 1900).

I dati sulle velocità massime del vento sono stati riportati per la stazione di Orio al Serio (1951 - 1956). La frequenza della direzione e la velocità del vento sono state studiate per la stazione di Bergamo (1962 - 1981).

I dati evidenziano come nelle due stazioni le direzioni preferenziali di provenienza siano a Ponte S. Pietro la direzione N - NE S - SO ed a Orio al Serio la direzione

N - S.

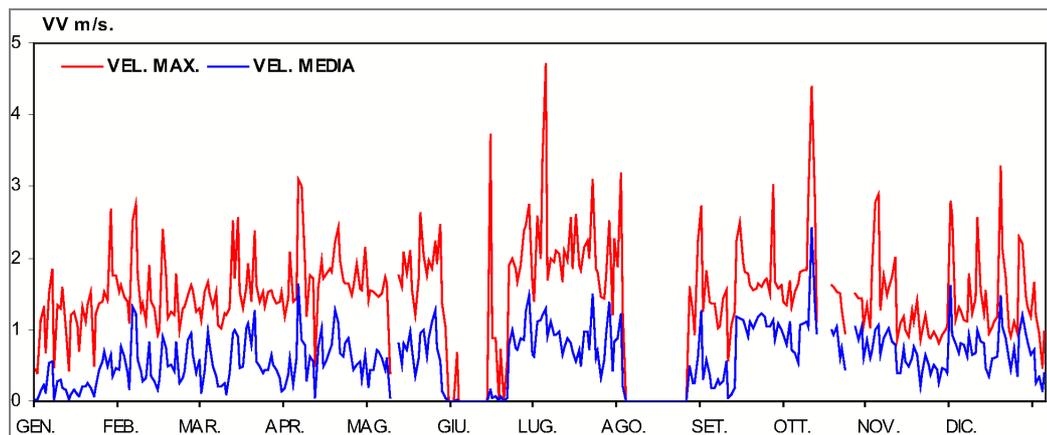


Grafico 1: Andamento velocità dei venti (2004) nella stazione di Bergamo (fonte ARPA).

Per il periodo 1952 – 1956, nella stazione di Orio al Serio i dati delle ore 7.00 sono stati tenuti distinti da quelli delle ore 19.00, fornendo così la possibilità di mettere in evidenza la radicale differenza di regime fra mattino e pomeriggio, legata alla diversa condizione termica dei due momenti di misura.

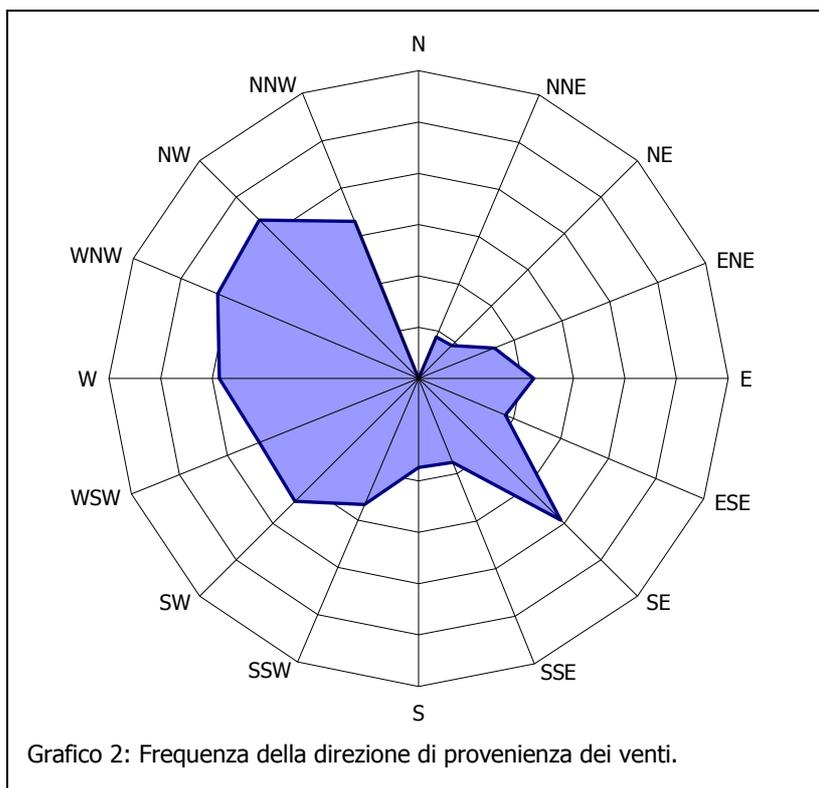


Grafico 2: Frequenza della direzione di provenienza dei venti.

In merito alla velocità del vento si osserva come nella provincia di Bergamo predominano i venti di origine termica, cioè le brezze. Talora la regione è interessata da venti moderati a componente E, quando si scatena la bora nell'alto Adriatico, mentre venti con velocità elevate non sono frequenti. Le raffiche massime registrate ad Orio al Serio nel periodo 1951 – 1956 sono comprese fra 48 km/h da N e 91 km/h

da SO. Lo studio della frequenza di velocità in giorni dell'anno ha mostrato come in questa stazione il vento di 15 km/h si verifica in media 95 giorni all'anno e quello di 30 km/h 20 giorni all'anno.

Per quanto si riferisce alla stazione di Bergamo, relativamente al periodo 1962 – 1981, il vento ha superato 11 volte la velocità di 80 km/h con la maggior frequenza durante i mesi di agosto e di settembre, raggiungendo i 120 km/h il 3

marzo 1967 con tempo asciutto, i 115 km/h il 2 agosto 1968 con pioggia e i 110 km/h l'8 agosto 1980 con pioggia e grandine.

La stazione anemometrica più vicina all'area comunale è quella di San Giovanni Bianco – Cornalita per la quale sono disponibili i dati medi orari dal 1/1/2004 al 31/12/2011. I dati indicano un valore medio di velocità del vento di 2,83 km/h ed una velocità massima media oraria di 41,76 km/h. La direzione di provenienza dei venti è essenzialmente dai quadranti compresi tra NNW e SW, con una provenienza particolare dal quadrante SE. Se le componenti NW e SE sono grossomodo parallele all'asse della valle Brembana, la componente più marcatamente occidentale di provenienza dei venti è da ricercare nell'influenza dell'asse vallivo della val Vedeseta sul regime anemometrico della stazione di Cornalita; infatti, tale stazione è posta immediatamente a sud della confluenza della valle Vedeseta nella valle Brembana. In riferimento alle stazioni sopra riportate, è evidente una forte influenza dei rilievi sulla direzione dei venti, con direzioni prevalenti orientate lungo i principali assi vallivi sottesi alle stazioni. Le velocità di punta giornaliere più rappresentative sono comprese tra 15 km/h e 30 km/h, la media si attesta intorno a 1 – 2 km/s. Le raffiche massime misurate sono di 110 – 120 km/s.

2.5 RADIAZIONE SOLARE GLOBALE

Sulla base dei dati dell'Istituto Sperimentale per la Cerealicoltura di Bergamo (1958 – 1974) relativi a valori massimi, medi e minimi mensili, l'insolazione media presenta il valore massimo in luglio e il valore minimo in novembre. Su base stagionale si hanno in media in inverno (successione dei mesi di dicembre, gennaio e febbraio) 267 ore, in primavera 509 ore, in estate 681 ore e in autunno 396 ore.

Poiché l'insolazione è condizionata dalla nebulosità, sempre relativamente alla stazione di Bergamo ed allo stesso periodo di tempo, sono stati considerati i numeri massimi, medi e minimi mensili di giorni con cielo sereno, coperto al 50% e coperto al 100%. La radiazione solare, termine utilizzato per descrivere la radiazione emessa dal sole nel campo del visibile e del prossimo al visibile (ultravioletto e prossimo all'infrarosso). Le differenti regioni sono definite dal campo delle lunghezze d'onda comprese nella banda da 0,20 a 4,0 micron con la seguente denominazione:

- ◆ Ultravioletto: 0,20 – 0,39 nanometri
- ◆ Visibile: 0,39 – 0,78 nanometri
- ◆ Vicino all'infrarosso: 0,78 – 4,00 nanometri
- ◆ Infrarosso: 4,00 – 100,00 nanometri

Mese	Radiazione giornaliera totale (W/m ²)	Radiazione giornaliera media (W/m ²)	Radiazione giornaliera massima (W/m ²)
gennaio	1889,0	60,9	310,6

febbraio	2524,7	87,1	398,5
marzo	3912,8	131,7	541,7
aprile	4194,8	158,0	624,7
maggio	6389,0	209,6	737,3
giugno	6831,0	229,1	774,1
luglio	7349,8	240,8	812,8
agosto	6102,3	197,9	731,1
settembre	4158,0	148,0	593,7
ottobre	2693,8	90,3	403,7
novembre	1491,7	60,0	296,3
dicembre	1581,2	51,0	277,0

Tabella 3: Radiazione solare nella stazione di San Giovanni Bianco.

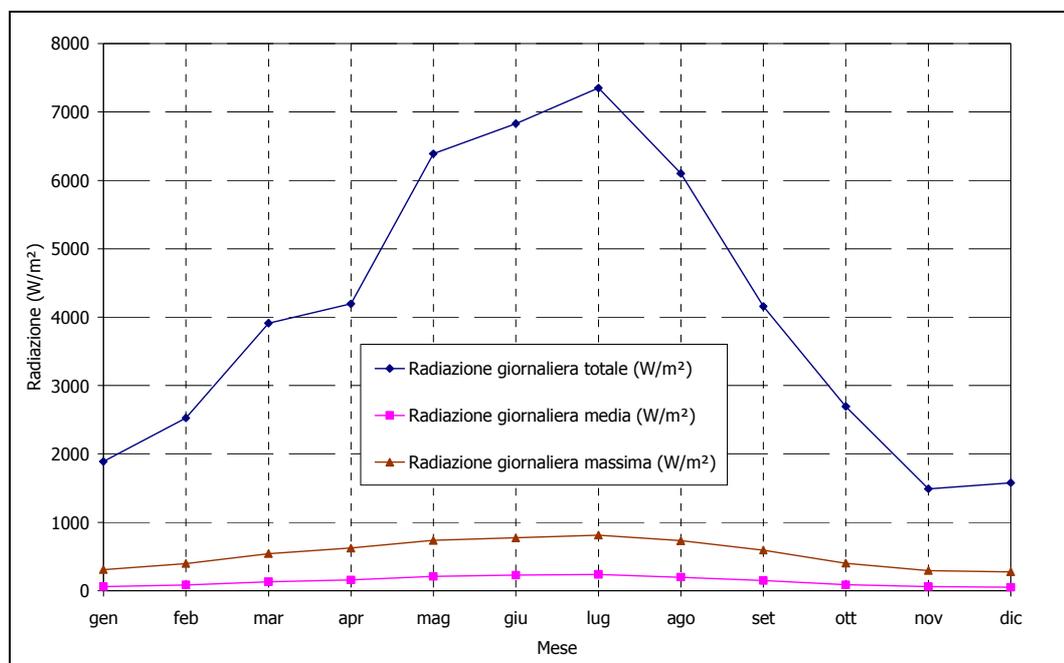


Grafico 3: Radiazione solare (stazione di San Giovanni Bianco – Cornalita).

Circa il 99% della radiazione solare che giunge sulla superficie terrestre è contenuta nella regione compresa tra 0,3 e 3,0 nanometri, mentre la radiazione terrestre è contenuta nella regione tra 3,5 e 50,0 nanometri.

La stazione di riferimento (San Giovanni Bianco – Cornalita, dati disponibili 1/1/2004 – 31/12/2011) ha un sensore di misurazione dell'insolazione globale (piranometro).

I massimi valori si osservano in periodo estivo (massimo luglio 7.350 W/m²) e minimi in periodo invernale (minimo dicembre 1.580 W/m²), in accordo con l'andamento dell'illuminazione solare. Dato anomalo rispetto al trend generale è

relativo al mese di novembre: in questo mese è probabilmente più significativa la copertura nuvolosa rispetto altri periodi dell'anno, generando una minore insolazione a terra.

2.6 PRECIPITAZIONE DI BREVE DURATA E 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, 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 pluviometrica puntuale degli eventi di breve durata e forte intensità, sono stati utilizzati dati bibliografici tratti da:

- ◆ *"Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale"* della Provincia di Bergamo, relazione Studio Paoletti (luglio 1994);
- ◆ *"Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica"* adottata con deliberazione del Comitato Istituzionale del 26 aprile 2001, n. 18, Autorità di Bacino del Fiume Po;
- ◆ *"Valutazione delle piene nell'Italia Nord Occidentale"*, rapporto del progetto VAPI (2001) – Valutazione delle piene in Italia, a cura del Consiglio Nazionale delle Ricerche, Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (CNR – GNDCI).

In particolare si sono utilizzati i parametri **a** ed **n** determinati interpolando le serie storiche più rappresentative, idonee per la determinazione dell'altezza di pioggia per 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** [mm] alla durata **d** [ore] ed al tempo di ritorno **T** [anni], nota come curva di possibilità pluviometrica, è data dalla seguente espressione:

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

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

A tal fine, nella documentazione di riferimento citata 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:

$$P_{(h_t)} = e^{-e^{-\alpha_t^i (h_t^i - u_t^i)}}$$

dove:

h_t = massima altezza di pioggia di durata t

P = probabilità con cui h può verificarsi

α_t e u_t = parametri che caratterizzano la legge di distribuzione

L'intensità di funzione α e l'estremo atteso u dipendono dalla media e dallo scarto quadratico medio attraverso le relazioni:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma = \frac{1,283}{\alpha} \\ \mu = u + \frac{0,5772}{\alpha} \end{array} \right.$$

Il metodo dei momenti fornisce per i parametri α e u le seguenti stime:

$$\left\{ \begin{array}{l} \hat{\alpha} = \frac{1.283}{\bar{\sigma}} \\ \hat{u} = \bar{\mu} - 0.450 \bar{\sigma} \end{array} \right.$$

dove la media e lo scarto quadratico medio sono ricavabili dal campione analizzato.

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. La relazione che lega il tempo di ritorno T alla probabilità P è la seguente:

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

la legge di Gumbel assegna alla pioggia $h_t(T)$ di durata t , con tempo di ritorno T , il valore:

$$h_t(T) = \bar{u}_t - \frac{1}{\bar{\alpha}_t} \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right]$$

dove $\bar{\alpha}_t$ e \bar{u}_t sono i parametri caratteristici della distribuzione relativa alla pioggia di durata t , valutabili con il metodo dei momenti.

Prefissato quindi un tempo di ritorno T , gli autori della citata documentazione di riferimento, hanno ricavato 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 si sono ottenuti, per tempi di ritorno caratteristici, i valori dei parametri a e n delle curve di possibilità pluviometrica.

Successivamente, sempre nella medesima documentazione di riferimento, è stata effettuata un'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 $Tr=5, 10, 50, 100$ anni (Piano Territoriale Provinciale di Bergamo) e $Tr=20, 100, 200$ e 500 anni ("Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica" dell'Autorità di Bacino del fiume Po).

Dall'analisi spaziale si possono quindi ricavare quindi i valori dei parametri **a** ed **n**, validi per la caratterizzazione idrologica per interventi in ambito comunale.

Porzione settentrionale (Piani di Artavaggio)

Tr_(anni) →		5	10	20	50	100	200	500
Provincia di BG	a	36,0	43,0	–	56,0	59,0	–	–
	n	0,390	0,370	–	0,340	0,335	–	–
Autorità di Bacino	a	–	–	52,0	–	66,5	72,0	82,5
	n	–	–	0,340	–	0,330	0,325	0,320

Considerata la diversità di valori di riferimento tra quelli determinati dall'Autorità di Bacino del fiume Po e quelli prodotti dalla Provincia di Bergamo, si adottano come riferimento i valori più cautelativi, riportati nella seguente tabella e che dovranno essere utilizzati come riferimento in questa porzione di territorio comunale:

Tr_(anni) →	5	10	20	50	100	200	500
a	36,0	43,0	52,0	56,0	66,5	72,0	82,5
n	0,390	0,370	0,340	0,340	0,330	0,325	0,320

Porzione meridionale (Vedeseta, Lavina, Avolasio e Reggetto)

Tr_(anni) →		5	10	20	50	100	200	500
Provincia di BG	a	40,0	46,5	–	61,0	61,0	–	–
	n	0,340	0,330	–	0,310	0,315	–	–
Autorità di Bacino	a	–	–	53,5	–	71,0	77,5	86,5
	n	–	–	0,320	–	0,315	0,310	0,305

Considerata la diversità di valori di riferimento tra quelli determinati dall'Autorità di Bacino del fiume Po e quelli prodotti dalla Provincia di Bergamo, si adottano come riferimento i valori più cautelativi, riportati nella seguente tabella e che dovranno essere utilizzati come riferimento in questa porzione di territorio comunale:

$T_r(\text{anni}) \rightarrow$	5	10	20	50	100	200	500
a	40,0	46,5	53,5	61,0	71,0	77,5	86,5
n	0,340	0,330	0,320	0,310	0,315	0,310	0,305

Da evidenziare che, successivamente alla determinazione di valori **a** e **n** riportati nel *Piano Territoriale di "Coordinamento Provinciale"* e nella *"Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica"* è stato realizzato da C. De Michele e R. Rosso uno studio⁽²⁾ relativo alla valutazione delle piogge di breve durata e forte intensità per l'intero bacino del Po.

All'interno di tale studio è proposta una formulazione per la valutazione dell'altezza di pioggia cumulata con periodo di ritorno pari a **T**, in funzione del valore atteso dell'altezza di pioggia caduta in **d** ore consecutive e del coefficiente di crescita **K_T**; le formule proposte sono le seguenti:

$$h_T = a_T \cdot d^n \cdot K_T$$

dove

$$K_T = \varepsilon + \frac{\alpha}{k} \cdot \left(1 - e^{-k y_T}\right)$$

in cui

k = fattore di forma

ε = fattore di posizione

a = fattore di scala

y_T = variabile ridotta di Gumbel pari a $\ln\left[-\ln\left(1 - \frac{1}{T}\right)\right]$

Il medesimo studio VAPI riporta i valori di tali parametri per le varie stazioni pluviometriche e le mappe degli stessi per l'intero territorio padano, ricavate con metodi di interpolazione.

Rispetto a quanto riportato nello specifico elaborato del Piano di Coordinamento Provinciale, si osserva che nelle elaborazioni effettuate nel Progetto VAPI sono state considerate delle serie più lunghe per alcune stazioni, mentre alcune stazioni non sono state prese in considerazione (De Calvi, Dezzo, Gerola, Martinengo, Olginate, Tartano, Trona e Valmorta).

Nell'elaborazione finale del Piano di Coordinamento Provinciale (2003), è effettuato un confronto tra le due metodologie (ADBPO – Provincia e VAPI). Da tale confronto emerge che le due metodologie portano a risultati globalmente simili fra loro, anche se in generale l'analisi effettuata da ADBPO – Provincia produce valori leggermente più cautelativi rispetto a quanto riportato nell'elaborato CNR – GNDCI.

² *"Valutazione delle piene nell'Italia Nord Occidentale"*, rapporto del Progetto VAPI – Valutazione delle piene in Italia, a cura del Consiglio Nazionale delle Ricerche, Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (CNR – GNDCI)

Conseguentemente, nelle verifiche contenute nel presente documento, non si riportano i risultati dello studio CNR – GNDCI, ma si fa riferimento esclusivamente a quanto riportato dalla documentazione dell’Autorità di Bacino del Fiume Po e della Provincia di Bergamo.

Considerando che i parametri **a** ed **n** utilizzati sono stati calcolati interpolando i valori di massima intensità di pioggia ricavati dalle serie storiche più rappresentative della bergamasca, si può avere una sovrastima dell’altezza della pioggia media che cade all’interno di un bacino in quanto si presume che, nel medesimo istante ed in tutta l’area del bacino, si abbia un evento meteorico di uguale intensità (la massima intensità prevedibile per un determinato tempo di ritorno).

In realtà, da considerazioni basate sulla dinamica meteorologica, il massimo di un evento si sviluppa su aree molto limitate. Per correggere la sovrastima dell’altezza media di pioggia che cade all’interno di un bacino idrografico, sono state elaborate delle procedure empirico – fenomenologiche (tipo Wallingford et Alii, ecc.), che permettono di introdurre dei fattori correttivi in relazione alla dimensione dell’area del bacino e del tempo di corrvazione:

$$W_{fc} = 0,0394 \cdot A_b^{0,354} - t_c^{0,40-0,0208 \cdot \ln(4,6-\ln A_b)}$$

Dove W_{fc} è il fattore correttivo, A_b è l’area del bacino idrografico considerato e t_c è il tempo di corrvazione del bacino idrografico avente area A_b .

Per l’impiego dei parametri **a** ed **n** caratteristici per il territorio in esame, si evidenziano alcuni aspetti:

- ◆ Per quanto riguarda la progettazione di opere e le verifiche di compatibilità idraulica lungo i corsi d’acqua minori, in considerazione che nell’ambito del territorio considerato non vi sono corsi d’acqua 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_r di quello dell’intensità di pioggia corrispondente. Per il tempo di ritorno da adottare si deve fare riferimento a quanto previsto dall’allegato 4 della DGR IX/2616/2011, che prevede, salvo casi eccezionali e sotto la diretta responsabilità del tecnico incaricato oltre che con adeguate motivazioni, tempi di ritorno della piena di riferimento pari o superiori a 100 anni.
- ◆ In generale, per aree ad alto valore urbanistico, 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 del reticolo principale, 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.).

2.7 BIOCLIMA E FASCE DI VEGETAZIONE

Da un punto di vista geobotanico – bioclimatico il territorio di Vedeseta è situato nel settore floristico lombardo delle Prealpi Calcareae Meridionali, caratterizzato da vegetazioni prevalentemente basifile e calcofile, costituite cioè da piante che preferiscono o richiedono suoli ricchi di basi e di carbonati.

Il bioclimate è di tipo axerico (privo di una stagione di aridità) in tutto il territorio e risulta oceanico in conseguenza delle elevate precipitazioni (1500 mm ed oltre medi annui circa).

Un piccolo settore del territorio, compreso tra Lavina e Vedeseta, interessa il limite superiore della *fascia submontana*, a dominanza di latifoglie termofile (*Quercus sp. div.* – querce, *Ostrya carpinifolia* – carpino nero, *Fraxinus ornus* – ornello) e mesofile (*Acer pseudoplatanus* – acero montano, *Tilia cordata* – tiglio).

Gran parte del territorio comunale, incluso l'intero settore in destra idrografica del Torrente Enna, il versante meridionale del Monte Zuccone e l'area pertinente il bacino del T. Valtorta, rientra nella *fascia subatlantica*, a dominanza di faggio (*Fagus silvatica*) e di altre latifoglie mesofile di clima umido.

Il settore sommitale del M. Sodadura (1800 – 2010 m s.l.m.) supera il limite potenziale della faggeta e ricade nella *fascia subalpina*. La potenzialità forestale di quest'area, attualmente deforestata e occupata da pascoli, non è ben nota: si tratta probabilmente di una formazione mista di abete rosso (*Picea excelsa*), abete bianco (*Abies alba*), faggio e acero montano.

2.8 VEGETAZIONE ATTUALE E TIPI DI SUOLI DELL'AREA VEDESETA – LAVINA E REGGETTO – CORNO DELL'ACQUA

Il versante meridionale del Corno dell'Acqua, delimitato a ovest dalla Val Chignolo, a sud dal fondovalle del T. Enna e ad est dalla Valle di S. Bartolomeo, comprende due settori ben distinti dal punto di vista geologico, botanico e paesistico:

- ◆ La parte alta del versante, oltre i 960 – 1020 m, è caratterizzata da un substrato scarsamente erodibile e molto fratturato (Dolomia Principale), che predispongono il paesaggio ad una condizione di aridità edafica e di scarso sviluppo dei suoli (rendzine e pararendzine dolomitiche di profondità media inferiore a 20 cm).

Queste condizioni sono sfavorevoli allo sfalcio, pertanto i versanti sono normalmente utilizzati come pascoli magri (selserieti e molinieti), ma più del 70% dell'area è lasciata boscata.

La copertura forestale è costituita in prevalenza da boscaglie rade miste di faggio, sorbo montano (*Sorbus aria*) e abete rosso. Nelle depressioni i suoli raggiungono profondità maggiori per effetto di processi colluviali a carico di Terra Rossa, Terra Fusca e suoli bruni. Queste condizioni consentono una migliore espressione della faggeta e di altre formazioni di latifoglie mesofile con frassino maggiore (*Fraxinus excelsior*) e acero montano.

- ♦ La parte bassa del versante, compresa tra Vedeseta, Lavina e Reggetto, è interessata in gran parte da substrati facilmente erodibili (Argillite di Riva di Solto) o rilasciati (corpi di frana).

Dal punto di vista geopedologico, va rilevato che quest'area a debole inclinazione è caratterizzata da forte sviluppo dei suoli e da una marcata argillificazione. L'incisione profonda del T. Enna ha tuttavia favorito la mobilizzazione, la parziale erosione e ricarbonatazione di questi suoli, che oggi appaiono pertanto profondi e fertili, per l'elevato contenuto in basi (suoli bruni colluviati).

Tali condizioni geopedogenetiche supportano il mantenimento di prati falciati del tipo degli arrenatereti, che sono ampiamente diffusi attorno ai centri abitati nelle aree subpianeggianti. Le zone più ripide sono occupate da boschi mesofili eutrofici, con dominanza di acero – frassineti (acero montano e frassino maggiore).

Presso i corsi d'acqua va rilevata la presenza di acero – tiglieti (acero montano, tiglio e olmo montano, *Ulmus glabra*), formazioni forestali pregevoli dal punto di vista naturalistico per la loro ricchezza floristica ed il loro significato bioclimatico. Questi boschi sono, infatti, legati a condizioni climatiche particolarmente oceaniche, ed appaiono sporadicamente nelle Prealpi a quote comprese tra 500 e 900 m.

3. FASE DI ANALISI

Gli elaborati di questa fase sono ricompresi nel Documento di Piano e riguardano l'assetto geologico, idrogeologico e sismico del territorio comunale (LR 12/2005, art. 57, c. 1.a).

3.1 LINEAMENTI GEOLOGICI

3.1.1 Inquadramento strutturale

La struttura delle Alpi è caratterizzata dalla presenza di due catene a falde che si sono propagate in senso opposto, rispettivamente verso NW e verso S. La catena a vergenza europea (NW) o catena alpina *s.s.* è formata da diversi sistemi tettonici traslati, a partire dal Cretacico, verso l'avampaese europeo, mentre la catena a vergenza africana (S), conosciuta come *Alpi Meridionali* o *Sudalpino*, è formata da un sistema tettonico che, a partire dal Neogene, si è deformato verso l'avampaese padano – adriatico. Il contatto tra le due catene ad opposta vergenza è tettonico e prende il nome di *Lineamento Periadriatico* (il suo segmento occidentale è chiamato *Linea Insubrica*): si tratta di un sistema di fratture subverticali, attive dal Neogene con prevalente carattere trascorrente, che comprende, a partire da Ovest, la *Linea del Canavese*, quella *del Tonale*, *della Pusteria*, *della Gailal* e *delle Karawaken*.

Le *Alpi Bergamasche* fanno parte delle *Alpi Meridionali* o *Sudalpino* che, da un punto di vista paleogeografico, vengono considerate un frammento di un continente (paleo – Africa), originariamente situato a Sud dell'Oceano Ligure – piemontese. Tale porzione di catena è formata da un basamento cristallino con impronta metamorfica varisica e da una copertura sedimentaria di età compresa tra il Carbonifero superiore ed il Cretacico.

L'evoluzione strutturale della catena è caratterizzata da una complessa e prolungata sequenza di eventi deformativi; in particolare sono state riconosciute:

- ◆ due o più fasi deformative principali prealpine, responsabili del metamorfismo del basamento cristallino;
- ◆ una tettonica distensiva iniziata nel Permiano e protrattasi fino al Giurassico medio, culminata con l'apertura dell'Oceano Ligure – Piemonte se (durante tale periodo il *Sudalpino* ricoprì il ruolo di margine continentale passivo);
- ◆ una tettonica compressiva iniziata nel Cretacico superiore e perdurata, anche successivamente alla collisione continentale, sino al Neogene.

L'attuale configurazione strutturale della catena è il risultato della tettonica compressiva di età alpina, che ha dato luogo ad una fascia di rilievi interessati da pieghe e sovrascorrimenti pellicolari (*fold – thrust chain*). L'edificio strutturale che ne è derivato risulta particolarmente complesso e può essere schematicamente suddiviso, da nord a sud, in tre settori:

- ◆ Basamento cristallino (zona orobica) ed anticlinali orobiche: la *zona orobica*

costituisce la più settentrionale delle zone nelle quali viene tradizionalmente suddivisa la catena. Essa è costituita dalle rocce del basamento metamorfico varisico accavallate sulle loro coperture permio – triassiche lungo un fascio di linee in parte vicarianti, talora *en échelón*, orientate E – W, che in letteratura sono conosciute come *Linea Orobica* o *Thrust Orobica*.

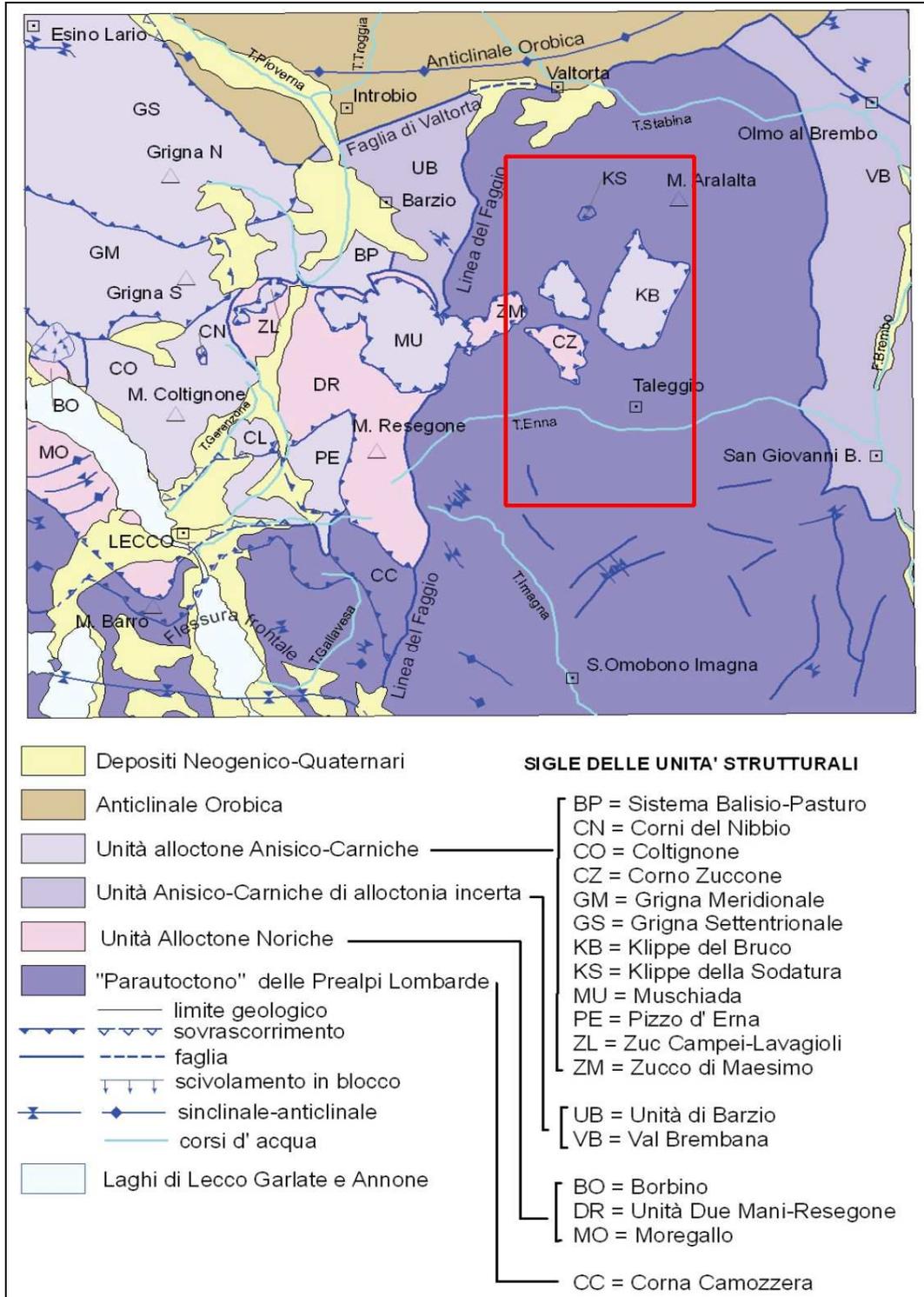


Figura 9: Schema tettonico del Foglio 076 "Lecco" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 (Gaetani et al., 2010.) con evidenziata l'area in cui ricade il Comune di Vedeseta (rettangolo rosso).

A sud di questa è presente una stretta fascia costituita da tre strutture anticlinali (da ovest verso est "Anticlinale Orobica", "Anticlinale Trabuchello – Cabianca" ed "Anticlinale di Cedegold") con di – sposizione *en éncelon* destra, che coinvolgono sia il basamento cristallino che la copertura sedimentaria permo – triassica.

- ◆ Settore centrale comprendente la successione triassica: il settore centrale corrisponde in gran parte con la porzione di catena sudalpina nota come *Prealpi Bergamasche*. L'assetto strutturale di questa zona è particolarmente complesso nella fascia settentrionale dove, a ridosso delle anticlinali orobiche, si sviluppa un sistema di faglie WSW – ENE ed E – W, noto in letteratura come *Linea Valtorta – Valcanale*. A sud di tale sistema si sviluppa un edificio strutturale alloctono, formato dalla successione triassica, caratterizzato dalla duplice o triplice ripetizione delle unità strutturali ("Parautoctono ed unità alloctone" Auct.).
- ◆ Settore frontale comprendente le unità giurassico – cretache: sul fronte della catena è presente un'ampia fascia costituita da unità giurassico – cretache e caratterizzata da un fascio di pieghe associate a *thrust* con assi orientati E – W ("Zona a pieghe e pieghe faglie" Auct.).

Il territorio di Vedeseta ricade nel *Settore centrale*, costituito quasi esclusivamente da rocce di età triassica (250 – 210 milioni di anni) e, secondo le più recenti interpretazioni (GAETANI *et al.*, 2010), è caratterizzato dall'unità tettonica del "Parautoctono" sulla quale poggiano *klippen* riferibili alle *Unità alloctone anisico – carniche* ed alle *Unità alloctone noriche* (Figura 9).

Il "Parautoctono" è l'unità strutturale di maggiore estensione nell'ambito del territorio comunale, ed è costituita da una potente successione unitaria che si estende dal Norico al Giurassico Inferiore (le unità giurassiche tuttavia affiorano in maniera limitata nel comune di Vedeseta).

Il suo assetto è quello di una grande monoclinale a debole immersione verso S, dislocata da faglie e sistemi di pieghe di varia ampiezza.

Le *Unità alloctone anisico – carniche* sono rappresentate dal *Klippe del Sodadura*, che forma la parte sommitale della cima omonima, e da piccole scaglie di ridotta estensione poste lungo i crinali spartiacque che dal M. Sodadura si sviluppano sia verso nord, sia verso ovest.

Le *Unità alloctone noriche* sono rappresentate dal *Klippe del Corno Zuccone* e da due limitati lembi orientali del *Klippe dello Zuc di Maesimo*, entrambi costituiti prevalentemente dalle litofacies della Dolomia Principale.

Il *Klippe del Corno Zuccone* è interessato da estesi fenomeni di disarticolazione e rilascio gravitativo poiché poggia sulla successione molto meno competente dell'Argillite di Riva di Solto, appartenente al "Parautoctono".

3.1.2 Lineamenti geolitologici

Le unità del substrato roccioso ed i depositi superficiali che le ricoprono sono ri-

portate in Tavola 01, realizzata in scala 1:10.000. Tale cartografia è stata realizzata utilizzando come base i dati del progetto CARG (foglio 076 "Lecco"), forniti dalla Regione Lombardia, opportunamente integrati in base ai rilievi effettuati nel corso della predisposizione del presente documento. Su tale elaborato sono evidenziati anche gli elementi tettonici principali, la giacitura della stratificazione.

Di seguito vengono descritte le caratteristiche delle unità del substrato roccioso, a partire dalla più antica fino alla più recente, e, successivamente, dei depositi della copertura neogenico – quaternaria. Per questi ultimi è stata mantenuta la classificazione utilizzata dal progetto CARG, che prevede sia una gerarchizzazione in Supersintemi/Sintemi, Gruppi/Formazioni e unità informali, sia la loro suddivisione in funzione del bacino di appartenenza o distinzione sulla base dei processi e delle dinamiche di formazione, indipendentemente dal bacino di appartenenza.

Va comunque precisato che per l'ambito di Vedeseta, la classificazione utilizzata dal progetto CARG per i depositi neogenico – quaternari presenta sicuramente alcune imprecisioni ed incongruenze per l'effettiva complessità della situazione, legata sia al fatto che la genesi di alcune tipologie di deposito non è ancora del tutto chiara e tuttora oggetto di ipotesi differenti, sia perché gran parte della copertura più antica è stata rimaneggiata da fenomeni erosivi e gravitativi successivi alla loro deposizione. A conferma di ciò vi sono le differenze di attribuzione con quanto riportato nella "Carta geologica della Provincia di Bergamo" (AA.VV., 2000) edita alla stessa scala (1:50.000).

3.1.2.1 Substrato roccioso

CALCARE DI ANGOLO (ANISICO MEDIO)

Nel territorio comunale di Vedeseta le rocce di tale formazione formano la piramide sommitale del M.Sodadura (*Klippe del Sodadura*), ed affiorano in lembi ridotti lungo gli spartiacque che da tale rilievo si diramano sia verso nord, sia verso ovest.

È costituita prevalentemente da calcari grigio scuri in strati debolmente nodulari, spessi 10 – 40 cm, localmente rinsaldati a formare banchi metrici, talora con sottili intercalazioni e giunti siltosi e argillitici. Sul *Klippe del Sodadura*, nella parte superiore della formazione compaiono calcari siltoso – micacei grigio scuro – brunnastri, seguiti da intercalazioni di areniti ibride da medie a grossolane, di cui l'ultima con frequenti articoli di crinoidi.

Tale formazione nel territorio in esame ha uno spessore ridotto a causa delle elisioni tettoniche, mentre dove è indisturbata può raggiungere i 300 m. Al di fuori del territorio di Vedeseta essa è eteropica con la Formazione di Bellano, mentre il suo limite superiore generalmente è con il Calcarea di Prezzo o a una sua facies marginale che fa da transizione alla base della Formazione di Esino.

L'ambiente deposizionale del Calcarea di Angolo è da riferire essenzialmente ad un'ampia baia marina poco profonda e con ossigenazione al fondo limitata, entro la quale progradavano periodicamente conoidi terrigene.

Da un punto di vista strutturale, nell'area in esame il Calcarea di Angolo fa parte

delle *Unità alloctone anisico – carniche*.

FORMAZIONE DI SAN GIOVANNI BIANCO (CARNICO SUPERIORE – NORICO BASALE)

Affiora in maniera molto limitata in scaglie tettoniche a nord della località Sella ed alla testata della Valle del Chignolo.

Si tratta di una formazione litologicamente eterogenea, ma nel territorio di Vedese è rappresentata unicamente da lenti di gesso ed anidriti di colore bianco – grigio chiaro, associate a carniole e dolomie grigie di aspetto terroso.

Il suo spessore è molto ridotto e non ha limiti stratigrafici preservati a causa delle deformazioni tettoniche alpine.

Il suo ambiente deposizionale era rappresentato da un'area costiera poco profonda, a sedimentazione mista carbonatico – terrigena (*"sabkha"*), delimitata a meridione da un apparato fluviale – deltizio ed interessata da un'evoluzione verticale, testimoniata dalla progressiva diminuzione degli apporti terrigeni.

Da un punto di vista strutturale, nell'area in esame la Formazione di San Giovanni Bianco costituisce l'orizzonte plastico su cui è sovrascorso il *Klippe del Corno Zuccone*, che fa parte delle *Unità alloctone noriche*.

DOLOMIA PRINCIPALE (CARNICO SUPERIORE – NORICO MEDIO)

Le varie litofacies di questa unità formano parte dei versanti della Valle Secca e della Valle di Ancogno che, all'estremità settentrionale del territorio comunale, scendono verso il fondovalle del T. Stabina. Costituiscono, inoltre, il *Klippe del Corno Zuccone* ed i due piccoli lembi del *Klippe dello Zuc di Maesimo* compresi nei limiti comunali.

Le facies basali dell'unità, formanti il *Klippe del Corno Zuccone*, sono costituite da brecce dolomitiche, a clasti moderatamente spigolosi di dolomie grigio scuro, dolomie laminate e dolomie chiare, interessate da clastesi localmente assai spinta. Nelle altre zone d'affioramento, invece, compaiono le facies tipiche della successione carbonatica, rappresentate prevalentemente da dolomie grigio – chiare in banchi sino a metri e, in minor misura, da brecce e megabrecce massive.

Lo spessore della Dolomia Principale è molto elevato e nei rilievi settentrionali sembra superare i 900÷1000 m. Il suo limite stratigrafico inferiore, data l'enorme differenza di competenza, è sempre eliso tettonicamente e non è presente nel territorio comunale, mentre quello superiore è transizionale/eteropico con le Dolomie Zonate.

Il suo ambiente deposizionale era rappresentato 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 intrapiattaforma controllati dalla tettonica sinsedimentaria e di particolari margini biocostruiti ubicati sui bordi di queste depressioni.

Per quanto concerne la posizione strutturale, nell'area in esame la Dolomia Prin-

cipale compare sia nelle *Unità alloctone noriche* (*Klippe del Corno Zuccone* e lembi del *Klippe dello Zuc di Maesimo*) che nel sottostante "Parautocton" (versanti della Valle Secca e della Valle di Ancogno).

DOLOMIE ZONATE (NORICO MEDIO)

Le rocce appartenenti a tale formazione affiorano estesamente nella porzione settentrionale del territorio comunale, lungo un'ampia fascia che si estende dai Piani di Artavaggio – Cima di Piazza sino alla Bocchetta di Regadur e prosegue oltre, lungo il versante settentrionale del Monte Aralalta.

Nell'area in esame la formazione è stata suddivisa in due facies: quella tipica e quella a brecce prevalenti.

La facies tipica è costituita da alternanze di calcareniti e calcisiltiti dolomitizzate, grigio scure, in strati di 15 – 30 cm. A tali facies localmente sono intercalate ritmi grigio nerastre, di spessore centimetrico, con sottili livelli di marne dolomitiche scure, finemente laminate.

La facies a brecce prevalenti si caratterizza per la presenza di brecce a clasti dolomitici, da spigolosi ad arrotondati provenienti da facies di piattaforma, talora biocostruite, e di pendio; i clasti variano tra il centimetro di diametro e molti metri. Tali facies si presentano in litosomi a geometria cuneiforme, clinostratificati, che si indentano alle facies ben stratificate delle Dolomie Zonate.

Lo spessore massimo delle Dolomie Zonate nell'area in esame è stimato in 180 – 220 m. Il loro limite stratigrafico superiore è transizionale con il Calcare di Zorzino, con il quale costituiscono il *Gruppo dell'Aralalta* (termine che comprende le unità litostratigrafiche eteropiche con le facies sommitali della Dolomia Principale). Il suo ambiente deposizionale era rappresentato da blandi pendii che raccordevano la piattaforma carbonatica della Dolomia Principale a bacini intrapiattaforma ristretti, con fondali prevalentemente anossici. Su tali pendii torbiditi e *debris flow* risedimentavano i carbonati della piattaforma e del suo margine.

Da un punto di vista strutturale, nell'area in esame fanno parte del "Parautocton".

CALCARE DI ZORZINO (NORICO MEDIO)

Le rocce del Calcare di Zorzino affiorano anch'esse soltanto nella porzione settentrionale del territorio comunale, dove formano i rilievi del gruppo M.Aralalta – Pizzo di Baciamenti e lungo una fascia che da questi si estende alla Bocchetta di Regadur e prosegue lungo il versante meridionale del Monte Sodadura sin nei pressi dei Piani d'Artavaggio.

La formazione è costituita da una successione monotona di calcari (calcilutiti) neri o grigio scuri, in strati prevalentemente planari di 10 – 30 cm, talora suddivisi da sottili livelli di marne nerastre, con laminazioni millimetriche o centimetriche piano – parallele.

Il suo spessore massimo è di circa 320 m al M.Aralalta e presenta un limite stratigrafico superiore netto con l'Argillite di Riva di Solto.

Il suo ambiente deposizionale era rappresentato da bacini intrapiattaforma ristretti, con fondali prevalentemente anossici.

Da un punto di vista strutturale, nell'area in esame fa parte del "*Parautoctond*".

ARGILLITE DI RIVA DI SOLTO (NORICO SUPERIORE)

Tale formazione costituisce l'orizzonte plastico su cui sono carreggiate per buona parte le unità strutturali alloctone, sia anisico – carniche che noriche. A settentrione compare lungo i bordi del *Klippe del Sodadura*, mentre affiora con continuità sia lungo la stretta fascia di territorio comunale che dai Piani di Artavaggio giunge sino alla testata della Valle del Chignolo, sia nella porzione sudorientale, tra la Valle di Salzana, la parte terminale della Valle del Chignolo ed il fondovalle del T.Enna (comprese le parti basse dei suoi versanti in destra idrografica).

L'unità è costituita da alternanze, spesso ripetute ciclicamente, di argilliti e marne di colore da grigio scuro a nero, con calcari marnosi e verso l'alto calcari. Nell'area in esame, dove possibile, è stata suddivisa in due litozone: inferiore e superiore.

La litozona inferiore è dominata da argilliti e argilliti marnose nere fogliettate, con laminazione millimetrica, che sovente inglobano noduli decimetrici e metrici di calcare micritico grigio scuro, giallastro in alterazione. Nella parte basale, non sono infrequenti livelli paraconglomeratici, con clasti delle unità sottostanti. Verso l'alto gradualmente aumentano marne, calcari marnosi e calcilutiti grigio scure o nerastre, in strati decimetrici vagamente nodulosi, con tipica alterazione ocrea e tendenza a sedimentazione ciclica.

Nella litozona superiore i carbonati divengono progressivamente più significativi, per cui la sequenza tipica dei cicli è costituita da argilliti/marne/calcari, di spessore da 7 – 8 m sino a 30 m.

Lo spessore dell'Argillite di Riva di Solto nel territorio comunale non è ben valutabile a causa delle deformazioni gravitative, plicative e tettoniche, ma dovrebbe aggirarsi intorno ai 400 m. Il suo limite stratigrafico superiore è transizionale con il Calcare di Zu.

Il suo ambiente deposizionale era rappresentato da solchi bacinali relativamente poco profondi, con elevato tasso di sedimentazione e fondali in prevalenza anossici. Le variazioni stratigrafiche della formazione evidenziano comunque un graduale passaggio ad ambienti di baia subtidale a sedimentazione mista argilloso – carbonatica.

Per quanto concerne la collocazione strutturale, nell'area in esame la formazione fa parte del "*Parautoctond*".

CALCARE DI ZU (RETICO)

Le litofacies del Calcare di Zu affiorano unicamente nella porzione meridionale del territorio comunale, lungo un'ampia fascia che, in direzione NNW – SSW, si estende dalla Val Bordesiglio sino al versante settentrionale de I Cantì, e che comprende anche il fondovalle del T.Enna a monte della confluenza con la Valle del

Chignolo, e gran parte del versante destro di quest'ultima incisione valliva.

La formazione è costituita da alternanze, spesso cicliche, di calcari, marne e argilliti di colore da grigio a grigio scuro. Come per l'Argillite di Riva di Solto, dove possibile, è stata suddivisa in due litozone: inferiore e superiore.

La litozona inferiore inizia con argilliti nere intercalate da calcari grigio scuro in strati planari, con abbondanti bioclasti, cui seguono strati calcarei massivi con coralli coloniali.

La litozona superiore, invece, inizia con alternanze cicliche marne/calcari, con calcari (calculutiti) gradualmente prevalenti verso l'alto ed alcuni orizzonti evaporitici, cui fa seguito un secondo banco a coralli e, quindi, calcari sottilmente stratificati, laminati, ed, infine, calcareniti.

Il suo spessore è di circa 500 m, mentre il suo limite stratigrafico superiore, abbastanza netto (scomparsa della stratificazione), è con la Formazione dell'Albenza.

L'ambiente deposizionale del Calcare di Zu era rappresentato da una vasta rampa carbonatica subtidale, entro cui si avevano dapprima ciclicità di ordine diverso, poi un episodio a prevalente sedimentazione carbonatica con scarsi o nulli apporti argillosi, una successiva ripresa degli apporti terrigeni fini ed infine una ripresa della sedimentazione prettamente carbonatica.

Da un punto di vista strutturale, nell'area in esame fa parte del "*Parautoctond*".

FORMAZIONE DELL'ALBENZA (HETTANGIANO)

Affiora lungo il margine sudoccidentale del territorio comunale, lungo una fascia che dalla parte alta del versante settentrionale de I Canti scende sino al fondovalle del T.Enna, prosegue sulla sinistra idrografica di quest'ultimo, attraversa la Val Bordesiglio e si chiude in corrispondenza dell'abitato di Avolasio.

Nota in passato come "*Dolomia a Conchodor*", la formazione è costituita da calcari grigio – chiari, in banchi metrici rinsaldati o privi di stratificazione. Ha uno spessore di circa 80 m e superiormente passa, con limite abbastanza netto, al Calcare di Sedrina.

Il suo ambiente deposizionale era rappresentato da un'estesa piattaforma carbonatica.

Da un punto di vista strutturale, nell'area in esame fa parte del "*Parautoctond*".

CALCARE DI SEDRINA (HETTANGIANO)

Anch'essa affiora lungo il margine sudoccidentale del territorio comunale, lungo una fascia che dalla sommità de I Canti scende sino al fondovalle del T.Enna.

L'unità è costituita da calcari grigi o grigio scuri, in strati da 10 cm ad 1 m, con spruzzature o noduli di selce. Ha uno spessore di poche decine di metri ed il suo limite superiore, con il Calcare di Moltrasio, è netto per la comparsa di calcari con selci nerastre alternati a marne scure.

Da un punto di vista deposizionale rappresenta un'evoluzione della piattaforma

della Formazione dell'Albenza, entro cui si differenziavano comparti con maggiore approfondimento.

Strutturalmente nell'area in esame si colloca nel "*Parautoctond'*".

CALCARE DI MOLTRASIO (SINEMURIANO – PLIENSBACHIANO INFERIORE)

Affiora unicamente sulla sommità dello Zuc di Valmana, all'estremità meridionale del territorio comunale.

L'unità è costituita da calcari e calcari marnosi grigio – scuri, tendenti al bluastro, in strati di 20 – 100 cm, ben suddivisi da marne e argilliti. La selce, scura, può comparire in lenti, liste e noduli. Ha uno spessore di poche decine di metri.

Il suo ambiente deposizionale era rappresentato da un bacino in via di rapido approfondimento, con gradienti e scarpate significative lungo i fianchi.

Strutturalmente nell'area in esame si colloca nel "*Parautoctond'*".

3.1.2.2 *Depositi neogenico – quaternari*

ALTERITI (MIOCENE SUPERIORE – OLOCENE)

Si tratta di una nuova unità istituita nell'ambito del Progetto CARG, che raggruppa paleosuoli conservati in zone pianeggianti o a debole pendenza, nelle depressioni a monte delle contropendenze e in "tasche" a tetto del substrato roccioso.

Le loro caratteristiche variano a seconda del litotipo parentale a spese del quale si sono sviluppate, ma essenzialmente sono costituite da argille e argille limose massive, con sparsi clasti completamente o molto alterati. Spesso presentano patine nere, millimetriche, di ossidi di Fe e Mn e, talora, miche.

Testimoniano una lunga fase di alterazione del substrato in regime di biostasia, iniziata prima della regressione messiniana, con l'instaurarsi di condizioni climatiche favorevoli ed è continuata sino ad oggi interrotta solo dai periodi di resistasia in corrispondenza dei periodi glaciali e poi dall'intervento umano sui versanti. In passato il loro spessore doveva essere molto maggiore, quello attuale, infatti, è quanto rimane dopo il colluvionamento delle alteriti avvenuto durante le glaciazioni.

FORMAZIONE DI PIAZZA D'ALBEN (PLEISTOCENE MEDIO)

Anche questa è una nuova unità definita unicamente per il bacino idrografico della Val Taleggio, che raggruppa depositi di versante e di frana cementati. Nella "*Carta Geologica della Provincia di Bergamo'*", invece, i depositi di tale unità sono stati cartografati come "*Complesso del Pizzo Menna'*".

E' presente sul versante orientale del Corno Zuccone, a nord di Reggetto. E' costituita da brecce a supporto clastico, con matrice arenacea o argillosa. I clasti sono carbonatici, eterometrici (generalmente le loro dimensioni variano da 2 a 10 cm) e spigolosi. La cementazione varia da buona a ottima e solo localmente può essere scarsa. Localmente è presente una stratificazione in bancate spesse fino a quattro metri che evidenziano corpi lenticolari massivi. Alcune bancate mostrano

intercalazioni di livelli argillosi spessi fino a 10 cm e, localmente, con una continuità laterale di parecchi metri. Alla base di alcuni di questi livelli è presente un intervallo di conglomerato decalcificato e parzialmente alterato che fa transizione al conglomerato integro oppure con ciottoli alterati all'interno e sani in superficie. Le bancate sono spesso interessate da carsificazione più o meno spinta.

L'unità poggia con superficie di erosione sul substrato roccioso, mentre il suo limite superiore coincide con la superficie topografica attuale o è coperta dai depositi del "*Gruppo di Prato Grande*".

GRUPPO DELLA VALLE DEI TETTI (PLEISTOCENE MEDIO – SUPERIORE)

Il *Gruppo della Valle dei Tetti*, di nuova istituzione nell'ambito del progetto CARG e non definito in base ad un singolo bacino idrografico, raggruppa depositi di versante cementati concordanti con il versante sia a monte sia a valle. Nel territorio di Vedeseta è rappresentato unicamente dal *Conglomerato di Quindicina*, i cui depositi sono abbastanza diffusi, ma soltanto nei dintorni di Avolasio hanno estensione significativa. Nella "*Carta Geologica della Provincia di Bergamo*", invece, tali depositi sono stati cartografati come "*Complesso del Pizzo Menna*".

Si tratta di conglomerati costituiti da clasti spigolosi di provenienza locale, con dimensioni da centimetriche a decimetriche, non alterati. Hanno matrice scarsa o assente e cementazione non omogenea, ma a bande spesse qualche decimetro, tra le quali il deposito è incoerente o solo parzialmente cementato. Sono caratterizzati da una pseudostratificazione concorde ai versanti.

GRUPPO DI PRATO GRANDE (PLEISTOCENE MEDIO – OLOCENE)

Come il precedente non è definito in base al bacino di appartenenza e raggruppa falde di detrito, talora molto spesse, accumuli localizzati alla base di canali o singoli corpi di frana con superficie convessa, contropendenza a monte e nicchia di distacco. Nella "*Carta Geologica della Provincia di Bergamo*", i depositi di tale unità sono stati cartografati come "*Unità di Fui piano*" e depositi di versante del "*Unità Postglaciale*".

Sono particolarmente diffusi sui versanti in destra idrografica al Torrente Enna, sulle pendici orientali e meridionale del Corno Zuccone (in particolare nell'area dell'abitato di Vedeseta) e a Saluggia.

Sono costituiti da diamicton a ciottoli e blocchi da spigolosi a subarrotondati, con supporto sia clastico, sia di matrice. Quest'ultima può essere sia limosa – sabbiosa, sia argilloso – limosa, ed è sempre molto abbondante.

SUPERSINTEMA DI LENNA (PLEISTOCENE SUPERIORE)

Il Supersintema di Lenna è costituito da sintemi che esprimono le fasi dell'ultima grande espansione glaciale (LGM) di singoli apparati vallivi, mai entrati in coalescenza tra di loro o con i principali sistemi glaciali. Comprende *till* di ablazione e di alloggiamento e depositi di versante (detritici e da trasporto in massa). Sono presenti unicamente nella porzione più settentrionale del territorio comunale (Valle Secca, Valle Ancogno, Piani d'Artavaggio, pendici del M. Sodadura). Nella

“*Carta Geologica della Provincia di Bergamo*”, tali depositi sono stati raggruppati nel “*Complesso del Brembo*” e nell’ “*Unità Postglaciale*”.

Sono costituiti da diamicton a ciottoli e blocchi eterometrici, da spigolosi a ben arrotondati, a supporto di matrice limosa abbondante.

SINTEMA DEL PO (PLEISTOCENE SUPERIORE – OLOCENE)

È un’unità di recente istituzione che raggruppa tutti i depositi, indipendentemente dall’agente deposizionale, formatisi posteriormente all’ultimo evento glaciale pleistocenico. In Tavola 01 è stata suddivisa in:

- ◆ *Depositi di origine mista*: sono particolarmente diffusi ma hanno estensione cartografabile soltanto presso San Bartolomeo e sul fondovalle del T.Enna. Sono costituiti da diamicton massivi a supporto di matrice, con clasti sia arrotondati che spigolosi.
- ◆ *Depositi alluvionali*: sono presenti con una certa continuità e spessore soltanto lungo l’alveo del torrente Enna. Sono costituiti da ghiaie con ciottoli e blocchi eterometrici, sia arrotondati che a spigoli vivi, raramente a supporto di matrice sabbiosa.
- ◆ *Depositi lacustri e di torbiera*: sono presenti in piccole depressioni nel settore settentrionale del territorio comunale. Sono costituiti da limi, sabbie fini con sottili livelli torbosi.
- ◆ *Depositi colluviali*: sono presenti unicamente in una piccola depressione ai Piani di Artavaggio. Sono costituiti da diamicton a clasti da arrotondati a subangolosi, a supporto di matrice limoso – argillosa, che derivano da precedenti depositi glaciali.
- ◆ *Depositi di debris flow*: sono presenti alle testate delle incisioni vallive che scendono dalla Bocchetta di Regadur e dall’Aralalta. Si tratta di depositi in genere caotici (diamicton massivi a supporto di matrice, con clasti spigolosi), con chiare evidenze di prevalenza di fenomeni di trasporto in massa, più che da correnti trattive.
- ◆ *Depositi di versante*: sono diffusi su tutto il territorio comunale. Sono costituiti da ciottoli e blocchi spigolosi a supporto di matrice sabbioso – siltosa.
- ◆ *Depositi detritici di versante*: sono ampiamente diffusi su tutto il territorio comunale, dove costituiscono falde detritiche di estensione variabile. Sono costituiti da ciottoli e blocchi spigolosi a supporto sia clastico che di matrice, spesso organizzati in corpi clinostratificati. La matrice, ove presente, è sabbioso – siltosa.
- ◆ *Depositi di frana a blocchi prevalenti*: sono abbastanza diffusi nel territorio comunale, in particolare nella porzione settentrionale, più dirupata. Sono costituiti da diamicton massivi, a supporto sia clastico, con clasti spigolosi che, talora, hanno dimensioni metriche o plurimetriche.
- ◆ *Depositi di frana a matrice prevalente*: sono presenti a sud di Reggetto, in si-

nistra idrografica al T.Enna a monte della confluenza con la Valle Chignolo, e in Valle Ancogno. Sono costituiti da diamicton massivi, a supporto di matrice sabbiosa, limoso – sabbiosa o limoso – argillosa. I clasti sono spigolosi e di origine strettamente locale e, talora, hanno dimensioni metriche.

3.2 ELEMENTI GEOMORFOLOGICI

3.2.1 Inquadramento geomorfologico

L'attuale configurazione morfologia del territorio in esame è il risultato della combinazione di fattori strutturali, dell'azione modellatrice di diversi agenti morfogenetici e delle condizioni climatiche.

La litologia, l'assetto strutturale e la tettonica hanno sensibilmente condizionato e guidato il modellamento operato dagli agenti esogeni. Questi ultimi, nel tempo hanno dato luogo a molteplici processi morfogenetici, alcuni dei quali hanno lasciato poche forme attualmente ancora riconoscibili. La loro azione è stata inoltre notevolmente influenzata dalle condizioni climatiche (temperatura, precipitazioni), le cui variazioni hanno favorito alcuni tipi di processi rispetto ad altri.

FORME LITOLOGICO – STRUTTURALI

La configurazione morfologica a grande scala è una diretta conseguenza del particolare assetto strutturale delle unità che costituiscono il substrato roccioso, e delle sue caratteristiche litologiche. Queste, infatti, hanno notevolmente influenzato l'azione degli agenti geomorfici, vista la presenza di litotipi aventi caratteristiche geomeccaniche alquanto differenti e quindi più o meno erodibili. Inoltre, la presenza di zone tettonizzate, e quindi notevolmente fratturate, e di discontinuità (fratture e faglie) notevolmente persistenti, ha favorito i fenomeni erosivi ed ha condizionato l'andamento dei corsi d'acqua.

Le aree più dirupate e ruiformi, con torrioni, pinnacoli, pareti rocciose subverticali e versanti molto ripidi incisi da profondi canaloni, sono quelle con substrato roccioso costituito prevalentemente dalle litofacies carbonatico – dolomitiche, massive o in bancate, della Dolomia Principale. Tali aree si collocano sia lungo il bordo più settentrionale del territorio comunale, che dalla testata della Valle Secca e delle sue diramazioni giunge sino in Valle d'Ancogno, sia nel settore sommitale del Corno Zuccone.

Nelle vaste porzioni di territorio caratterizzate prevalentemente da un substrato carbonatico o carbonatico – marnoso stratificato (a settentrione le dorsali spartiacque tra Cima Piazzi e Monte Cantardo, e tra i Piani d'Artavaggio ed il Pizzo Baciamorti, il settore occidentale del territorio comunale compreso tra la Sella, la Val Bordesiglio, la valle del Torrente Enna e la Valle del Chignolo, l'intero settore meridionale ad eccezione del fondovalle del Torrente Enna a valle della confluenza con la Valle del Chignolo) la morfologia è molto meno aspra, con tratti dirupati di limitata estensione, ed anche laddove i versanti hanno acclività elevata e presentano fasce rocciose subverticali più continue, queste hanno andamento regolare e si alternano, in funzione dei cambi litologici, a tratti con morfologia più dol-

ce e meno ripidi (es forre del Torrente Enna e della Val Bordesiglio, parte alta dei versanti che, sia dallo Zuc di Valmana, sia da I Canti, degradano verso la forra dell'Enna). La morfologia ruiforme che caratterizza alcune aree con substrato carbonatico e carbonatico – marnoso stratificato non dipende da fattori litologici ma da processi gravitativi che coinvolgono litofacies molto diverse tra loro (es. versanti settentrionali dello Zuc di Valmana e de I Canti).

Nelle porzioni di territorio caratterizzate da litofacies prevalentemente argillitico – marnose (il settore che dalla testata della Val Bordesiglio si estende verso sud – est fino al fondovalle del Torrente Enna e che comprende anche le zone di San Bartolomeo e Reggetto, e la stretta fascia di territorio che decorre lungo la dorsale spartiacque tra la Sella ed i Piani di Artavaggio), le forme sono blande ed i versanti presentano una morfologia generalmente disordinata, con dossi, vallette, scarpate, contropendenze e terrazzi, ciò anche per la marcata propensione ai dissesti, sia superficiali che profondi (questi ultimi per deformazione plastica gravitativa). In tale porzione di territorio, sul substrato argillitico – marnoso poggia tettonicamente il klippe di Dolomia Principale del Corno Zuccone che, a causa dei fenomeni gravitativi, è stato notevolmente dislocato ed ha perso la sua originaria morfologia. Ciononostante spicca morfologicamente rispetto ai sottostanti pendii con substrato argillitico – marnoso, in particolare nella zona a monte di Reggetto.

FORME E PROCESSI GRAVITATIVI

La gravità è uno degli agenti morfogenetici che più ha contribuito all'evoluzione morfologica del territorio in esame, come evidenziato dalla presenza di importanti fenomeni di DGPV (deformazioni gravitative profonde di versante). Con tale termine si identificano complessi movimenti gravitativi che coinvolgono i versanti dal crinale sino al fondovalle e tendono a portare in situazione di equilibrio pendii che, per cause diverse, in equilibrio non sono.

Sono catalogati tra i movimenti franosi in quanto comportano un meccanismo di spostamento verso il "basso" di una porzione di pendio a seguito dell'azione della gravità, ma rispetto a questi si differenziano per l'estensione areale (sino a diversi chilometri quadrati), per lo spessore dei volumi rocciosi coinvolti (da diverse decine a centinaia di metri) e per la velocità relativamente lenta con cui avviene il movimento della massa rocciosa (generalmente dell'ordine dei mm/anno).

Le aree coinvolte in questi fenomeni sono spesso caratterizzate da marcate evidenze morfologiche quali trincee, scarpate, controscarpate e doppie o triple creste nei settori superiori del versante, contropendenze nella parte intermedia, rigonfiamenti, piegamenti e disarticolazione delle masse rocciose fortemente fratturate al piede. A tali forme spesso si sovrappongono quelle legate a fenomeni di instabilità secondari, sempre connessi al disequilibrio del versante, sviluppati a tutte le scale (grandi frane per crollo o per scivolamento rotazionale, toppling di lame rocciose disarticolate, debris flow, ecc.). Questi fenomeni secondari sono generalmente i più pericolosi, anche se coinvolgono solo porzioni limitate degli ammassi interessati dalle DGPV, e sono ubicati in corrispondenza del limite esterno dei singoli corpi che costituiscono le DGPV.

Tra le cause predisponenti i fenomeni gravitativi profondi vi sono fattori litostratigrafici (debolezza intrinseca della roccia a causa delle caratteristiche tessiturali o coesive), morfologici (lunghezza del versante, acclività, gradiente), strutturali (presenza di faglie o di sistemi di fratture molto pervasivi) e legati alla storia geologica recente (deglaciazione veloce, glaciotettonica, sismicità, erosione e approfondimento del livello di base vallivo).

Nel territorio di Vedeseta le cause innescanti le DGPV sono da ricercare nel particolare assetto geologico – strutturale, dato dalla presenza di litotipi dalle scadenti caratteristiche geomeccaniche quali quelli dell'Argillite di Riva di Solto, sui quali sono sovrascorse rigide masse di piattaforma carbonatica, ed il recente e rapido approfondimento del livello di base dell'erosione (approfondimento dei corsi d'acqua), che sembrerebbe essere dell'ordine di 60 – 80 m a partire dal Pleistocene inferiore (CROSTA *et al.*, 1999).

Tale approfondimento si è però concluso nel Pleistocene superiore o, comunque, si è evoluto successivamente in modo molto più modesto; sono infatti presenti depositi travertinosi sul fondovalle del Torrente Enna datati 40,6 (+ 4,6; - 4,3) ka BP.

Secondo i dati del Progetto IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi Italiani), nel territorio comunale ricade quasi interamente la DGPV del Corno Zuccone. Tale fenomeno ha un movimento principale di ribassamento verso il fondovalle del Torrente Enna, ed è interessato da espansioni laterali secondari verso est (valle del Torrente Salzana).

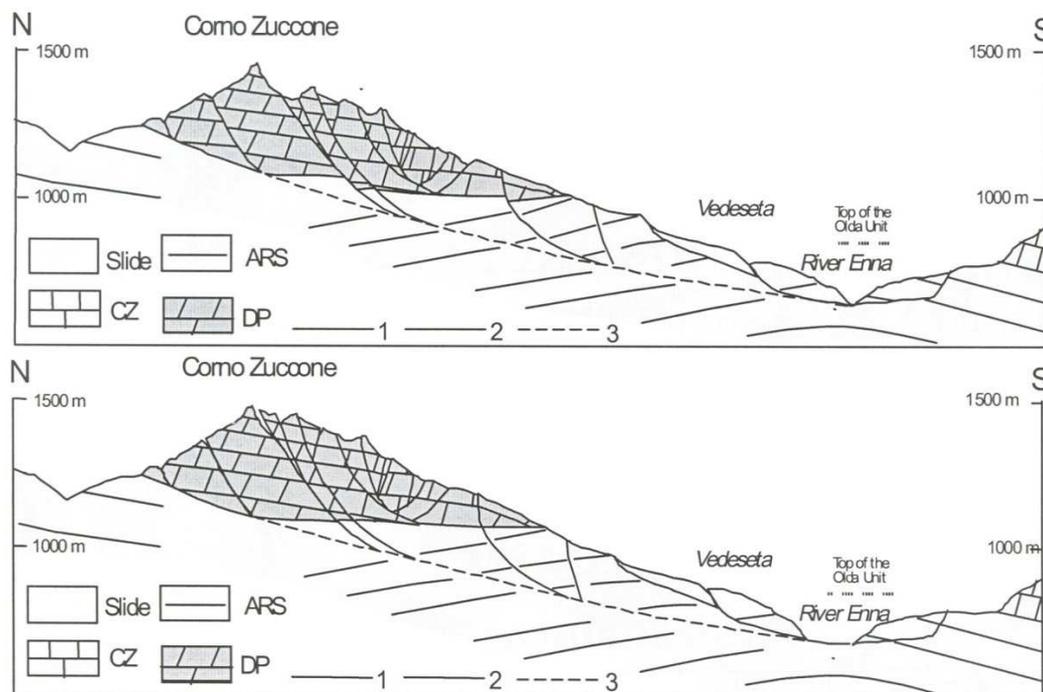


Figura 10: Sezioni bilanciate attraverso il sackung del Corno Zuccone (da Zanchi A., Stelluti G.: From geographic information systems to 3D geological modelling with GOCAD. Preliminary data for the cinematic reconstruction of the Corno Zuccone deep seated slope gravitational deformation, Val Taleggio, Italy).

Sul Corno Zuccone, dove affiora il klippe dolomitico, le manifestazioni superficiali più evidenti del sackung sono date da numerose fratture subverticali ad andamento E – O e ESE – OSO, a loro volta intersecate da fratture orientate NNE – SSO. Queste fratture hanno dimensioni che possono raggiungere diverse centinaia di metri e danno luogo sia a valloni privi di circolazione idrica superficiale, sia a marcate depressioni e contropendenze che interrompono la continuità del versante. Lungo la scarpata principale del movimento deformativo, posta poco a S della sommità del Corno Zuccone, si è avuto un abbassamento stimabile in circa 100 m, inoltre altri ribassamenti di minore entità si sono avuti lungo le dislocazioni che interessano le porzioni di versante poste più a meridione (Figura 10).

Dove affiorano le Argilliti di Riva di Solto il fenomeno gravitativo si manifesta prevalentemente con dissesti di varia entità, particolarmente diffusi lungo le zone periferiche in cui si hanno i più elevati movimenti differenziali. Questi dissesti sono favoriti, oltre che dalle scadenti caratteristiche geomeccaniche proprie dei litotipi argillitici e dai fenomeni di erosione al piede operata dai corsi d'acqua, dalla notevole deformazione che ha interessato il substrato. A tal proposito si fa notare che, al piede del versante in movimento, il corso del torrente Enna è bruscamente deviato verso S di alcune centinaia di metri. Questa deviazione rende l'entità del movimento che ha interessato il versante e, quindi, del grado di deformazione che ha subito il substrato la cui dinamica non si è ancora totalmente esaurita.

La maggior parte di queste fenomenologie è di tipo quiescente, anche se movimenti lenti ma continui sembrano interessare l'intero versante, compresi i centri abitati: le campagne di misure inclinometriche curate dalla Provincia di Bergamo in corrispondenza del ponte della Strada Provinciale n. 24 sul fiume Enna evidenziano movimenti medi annui di diversi millimetri del versante sinistro verso il fiume Enna, e ciò è confermato dai dati SARS per gli abitati di Lavina e Vedeseta.

Altre deformazioni gravitative profonde di versante non riportate nell'Inventario dei Fenomeni Franosi Italiani, o riportate come paleofrane e non come DGPV, interessano anche le seguenti zone:

- ◆ la parte bassa del versante destro della valle del Torrente Enna, lungo l'intero tratto dove il substrato è costituito dalle litofacies dell'Argillite di Riva di Solto;
- ◆ il versante settentrionale della dorsale che da I Canti e lo Zuc di Valmana degrada verso il fondovalle del Torrente Enna, dove non sono coinvolte le litofacies dell'Argillite di Riva di Solto ma quelle del Calcare di Zu, ed il collasso gravitativo è stato favorito dall'assetto sfavorevole della stratificazione, congiuntamente alla presenza, nella parte inferiore della formazione, di intercalazioni argillitico – marnose.

Altri fenomeni tipici legati alla gravità sono le frane, molte delle quali sono un'ulteriore manifestazione superficiale delle DGPV. Grandi paleofrane, infatti, hanno interessato i versanti del Corno Zuccone, in particolare quelli rivolti verso la Valle del Chignolo e la Valle Salzana, ed il settore a monte dell'abitato di Vedeseta. Altre grandi paleofrane non riconducibili a movimenti profondi di versante hanno interessato il versante destro delle valli del Chignolo, del Torrente Enna a

monte della confluenza con quest'ultima, della Val Bordesiglio, e, nel settore settentrionale del territorio comunale, entrambi i versanti della Valle Raisere (parte alta della Valle di Ancogno).

Tra i dissesti recenti, tuttora attivi o quiescenti, quelli di maggiori dimensioni si localizzano su entrambi i pendii spondali del fondovalle del Torrente Enna, nei tratti dove il substrato è coinvolto nelle tre DGPV precedentemente citate, lungo i versanti della parte alta della Valle del Chignolo (in particolare su quello sinistro, coinvolto nella DGPV del Corno Zuccone), lungo il dosso spartiacque che dai Piani di Artavaggio scende verso la Sella (quest'ultimo dissesto interessa soltanto un breve tratto della stretta fascia che collega i due settori del territorio comunale) e lungo le sponde della Valle Raisere. Comunque la quasi totalità delle incisioni val-live che solcano i versanti interessati dalle DGPV sono tuttora caratterizzate da dissesti più o meno accentuati, così come le zone con substrato roccioso argillitico – marnoso, laddove l'acclività è elevata, sono interessate da movimenti di soliflusso e locali scivolamenti della coltre superficiale. Crolli in roccia e fenomeni di caduta di singoli massi che alimentano falde detritiche interessano le scoscese pareti rocciose della testata della Valle Secca, dei versanti settentrionali del M.Cantardo e della dorsale che dalla Bocchetta di Regadur sale fino al Pizzo Bacciamorti, i versanti meridionale ed occidentale del M.Sodadura, alcuni limitati settori sommitali del Corno Zuccone e le pareti rocciose del versante settentrionale dello Zuc di Valmana.

FORME E PROCESSI LEGATI ALLO SCORRIMENTO DELLE ACQUE SUPERFICIALI

Anche l'azione legata alla dinamica fluviale e torrentizia rappresenta un importante elemento dell'attuale configurazione morfologica del territorio. I principali corsi d'acqua scorrono in valli profondamente incise nel substrato roccioso e, come già riportato, vi sono evidenze che il loro approfondimento sia stato molto rapido e recente (60 – 80 m dal Pleistocene inferiore ad oggi). Il profilo trasversale delle valli è di forma molto variabile ma spesso è asimmetrico a causa sia delle diverse caratteristiche litologiche, geomeccaniche e strutturali dei litotipi presenti, sia per le condizioni di stabilità dei versanti soprastanti.

Attualmente la tendenza all'approfondimento dei corsi d'acqua principali (torrenti Enna e Bordesiglio) è limitata ai tratti più a monte, mentre quella dei corsi d'acqua minori, anche se a carattere unicamente temporaneo o stagionale, è ancora molto accentuata. Oltre all'erosione di fondo, lungo la maggior parte degli incisi sono diffusi i fenomeni di erosione spondale, anche per lunghi tratti, come ad esempio lungo la Valle Raisere.

La presenza di dissesti diffusi lungo il loro corso determina un notevole trasporto solido da parte dei corsi d'acqua, che porta al sovralluvionamento degli alvei, in particolare nei tratti meno acclivi. Il materiale accumulato in alveo viene inevitabilmente rimobilizzato a seguito di successivi eventi alluvionali e può dar luogo a fenomeni di *debris torrent*, la cui capacità erosiva porta ad un ulteriore degrado delle sponde. Inoltre, alcuni incisi costituiscono un percorso preferenziale per le colate detritiche (*debris flow*) che possono innescarsi laddove vi sono spesse col-

tri di depositi sciolti e/o ampie aree in erosione accelerata o interessate da dissesti diffusi, come lungo i canali della testata della Valle Secca, del versante meridionale del M.Sodadura, i tributari della Valle d'Ancogno, la Valle del Chignolo, i tributari destri del Torrente Enna che scendono dalla DGPV dello Zuc di Valmana, il corso d'acqua che scende da I Canti di fronte all'abitato di Lavina. L'elevato trasporto solido dei corsi d'acqua può creare problemi laddove vi sono di opere di tombatura e/o attraversamenti stradali.

Tra le forme di deposito, lungo il Torrente Enna sono presenti terrazzi alluvionali discontinui e di dimensioni molto limitate, non cartografabili, ed alla confluenza con alcuni suoi tributari vi sono delle conoidi. Queste ultime, tuttavia, per le caratteristiche dei materiali che le costituiscono, mostrano una genesi mista, prevalentemente per trasporto in massa e, in minor misura, gravitativa, alluvionale e per dilavamento.

FORME E PROCESSI CARSIICI

Il carsismo interessa tutti i litotipi carbonatici affioranti nel territorio in esame, ma le sue espressioni superficiali più evidenti si riscontrano nel settore settentrionale del territorio comunale (zona compresa tra Baita Piazza ed il Monte Cantardo, ripiani del versante destro della Valle Raisere, zona della Bocchetta di Regadur) dove sono presenti sia macroforme, che microforme molto caratteristiche. Tra le macroforme vi sono le doline e le depressioni carsiche allungate, alcune di discrete dimensioni, mentre i crepacci hanno dimensione non cartografabile. Tra le microforme sono diffuse varie tipologie di "*karrer*" che, localmente, formano piccoli "*campi solcati*", e, in minor misura, scannellature e vaschette.

Le stesse forme sono presenti anche su vari settori del "*klippe del Corno Zuccone*" dove, tuttavia, in molti casi sono enfatizzate dai fenomeni gravitativi profondi (alcune depressioni e crepacci si sono ampliati a causa dei ribassamenti e dei movimenti di espansione della massa rocciosa). I fenomeni carsici interessano localmente anche i depositi di versante cementati, dove tuttavia danno luogo a cavità di ridotte dimensioni. Pseudo - doline caratterizzano anche la morfologia dei versanti argillitico - marnosi interessati da DGPV, ma si tratta di forme legate prevalentemente alla disarticolazione degli ammassi rocciosi.

FORME E PROCESSI GLACIALI

Evidenze del modellamento glaciale si sono ben preservate unicamente sui versanti settentrionali della dorsale spartiacque che dal M.Sodadura giunge sino al Pizzo Baciamorti. In tale zona sono ancora riconoscibili sia gli orli dei circhi che ospitavano piccoli ghiacciai, sia alcuni cordoni morenici. Inoltre, due selle di transfluenza glaciale separano la testata della Valle Raisere dai Piani di Artavaggio. Alla testata della Valle Secca, invece, le forme glaciali sono state modificate da successivi fenomeni gravitativi.

FORME E PROCESSI CRIONIVALI

Le uniche forme ben evidenti relative a tale processo sono date dai protalus rampart (nivomorene), ancora ben conservati sui ripiani del versante destro della

Valle Raisere, nella zona di Baite Piazza ed ai piedi del versante occidentale del M.Sodadura. Sempre per quanto riguarda il settore settentrionale del territorio comunale, i principali canali sono sistematicamente sede di processi di erosione e di accumulo crionivale, connesso allo svilupparsi di fenomeni valanghivi.

FORME DI ORIGINE ANTROPICA

L'azione antropica ha localmente contribuito a modificare l'originaria morfologia, in particolare nelle zone urbanizzate. In tali zone, infatti, gli interventi che si sono susseguiti nel corso del tempo hanno portato in generale ad un livellamento della topografia iniziale. La maggior parte delle zone interessate da tali interventi sono deducibili dalla carta topografica di base (su di essa, infatti, sono rappresentate strade, edifici, ecc.). Altre modifiche non sono direttamente ricavabili dalla carta topografica in quanto non discriminabili da forme simili di origine naturale, come ad esempio gli orli delle scarpate artificiali.

3.2.2 Ricerca storica su eventi alluvionali e fenomeni di dissesto

Al fine di definire compiutamente il quadro del dissesto presente in ambito comunale, si è realizzata una ricerca storica sugli eventi alluvionali del passato e sui fenomeni franosi verificatisi nel territorio di Vedeseta consultando essenzialmente:

- ◆ un database contenente le segnalazioni ricavate dagli articoli riportati sui quotidiani della provincia, con dati a partire dal 1880 circa;
- ◆ una pubblicazione a cura del CNR dal titolo La degradazione del suolo nel bacino dell'Enna (1962)
- ◆ dati forniti dallo STER di Bergamo relativi alle richieste di intervento ricevute a seguito di dissesti idrogeologici;
- ◆ elenco opere in territorio comunale di Vedeseta presenti sul database ODS.

Relativamente alla ricerca effettuata sui quotidiani della provincia, si riportano nella tabella seguente le segnalazioni che possono aver attinenza con il territorio in esame.

Data	Località	Tipologia	Danni	Note
1889 (22/03)	Val Vedeseta	Frana	Danni alla strada	
1891 (11/10)	Val Vedeseta	Frana	Danni alla strada	
1903 (12/05)	Val Vedeseta	Frana	Danni alla strada	
1914 (08/07)	Val Brembana e Val Vedeseta	Evento alluvionale		Fiumi Brembo e Serio e numerosi torrenti in piena
1915 (15/02)	Val Brembana	Valanga	Danni a strade e baite	Valle di Fondra, Foppolo, Branzi, Mezzoldo, Val Vedeseta
1926 (13/08)	Val Vedeseta	Evento alluvionale	Danni ai ponti	
1928	Tra San Gio-	Frana	Danni alla ferrovia	Danni a ponti e strade in Val Vedeseta

(01/11)	vanni Bianco e San Pellegrino			
1936 (02/01)	Val Vedeseta	Frana	Danni alla strada ed al ponte Foppacalda	
1954 (11/06)	Val Vedeseta	Evento alluvionale	Invase dalle acque alcune centrali	Notevole quantità di detriti trasportati
1954 (16/09)	Valli Bergamasche	Evento alluvionale	Frane, allagamenti e ponti crollati	
1956 (18/04)	Val Vedeseta (Chiesa Vecchia)	Frana	Danni alla strada	
1959 (24/08)	Val Vedeseta	Frana	Danni alla strada provinciale	Segnalate due frane
1963 (06/03)	Val Vedeseta	Frana		Interrotte le comunicazioni
1963 (03/08)	Valli Bergamasche	Evento alluvionale	Frane, straripamenti e case distrutte	Inondazione con interruzione di strade e ferrovie
1969 (14/11)	Valli Bergamasche	Evento alluvionale		Molti fiumi in piena
1969 (15/11)	Valli Bergamasche	Frane		Segnalati numerosi piccoli distacchi
1971 (02/08)	Val Vedeseta	Frana		Segnalati due morti
1979 (22/08)	Val Vedeseta	Frana	Strada interrotta	Per liberare il torrente dal grosso masso che lo ostruiva è stato utilizzato l'esplosivo.

Relativamente alle altre fonti si riportano nella tabella seguente le segnalazioni che hanno attinenza con il territorio in esame.

Data (a/m/g)	Coordinate	Evento e fonte
XVII° sec.	1541885,5082155	È citato nel Cronichon parrocchiale di Vedeseta un evento franoso che ha seppellito l'abitato di Vedeseta. Non è chiaro se completamente, parzialmente o alcuni edifici. Dalle testimonianze raccolte, non si sono mai rinvenuti reperti archeologici correlati al fatto. Cronichon parrocchiale
1995.2003	1541860,5082227	L'area instabile è ubicata immediatamente a monte dell'abitato di Vedeseta ed è conseguenza di due fenomeni gravitativi differenti. Il primo interessa le Argilliti di Riva di Solto poste in posizione stratigrafica superiore rispetto al banco calcareo su cui si erge l'abitato di Vedeseta. In questo caso il movimento è roto – traslativo all'interno delle argilliti con movimento del corpo di frana verso l'abitato. L'attività di frana è continua ed è visibile dall'apertura/ampliamento di fratture presenti negli edifici del centro abitato e negli edifici posti sul versante. Sono stati eseguiti drenaggi suborizzontali presso la chiesa parrocchiale di Vedeseta, ma tale intervento è insufficiente. Amministrazione di Vedeseta
2001	1542750,5081955	Il rio Valliselle incide rocce argillitiche fratturate causando la continua erosione al piede della frana detta della "Corda Mola" su cui è stata realizzata la S.P.25. Sono stati eseguiti numerosi interventi ma nessuno si è mostrato adeguato a fermare il dissesto. L'ultimo intervento realizzato con muri di sostegno rigidi sul substrato argillitico in movimento e con la ricarica nella zona della nicchia genererà probabilmente ulteriori dissesti. Censimento dissesti Regione Lombardia
1954.06.11	1541719,5082251	Frana di scivolamento in località Filigaro. Ha coinvolto porzioni disarticolate delle Argilliti di Riva di Solto coinvolgendo la mulattiera Ve-

		deseta – Campo Caraviglio. Stimati 4500 m ³ di materiali movimentati. Amministrazione di Vedeseta
1987.07.18	1541351,5082702	A causa delle intense precipitazioni il torrente crea diffusi fenomeni di erosione di sponda e trasporto solido. Quest'ultimo può raggiungere e la strada per Avolasio danneggiandola. Lungo la sponda di questo torrente minore presso la località Sella transita l'acquedotto che è stato danneggiato. Censimento dissesti Regione Lombardia
1987.07.18	1542001,5081524	A causa delle intense precipitazioni il torrente Enna ha eroso la massicciata a sostegno stradale immediatamente a valle del ponte sul torrente Enna e ha danneggiato il ponte Censimento dissesti Regione Lombardia
1996.11	1542626,5081350	Il tratto di versante sinistro del torrente Enna sul quale sorge la frazione Lavina è caratterizzato da estesi fenomeni gravitativi, per lo più antichi, parzialmente riattivati. La morfologia del pendio è contraddistinta da dossi, avvallamenti, ripiani morfologici e contopendenze che evidenziano l'esistenza di lenti movimenti gravitativi che interessano il substrato roccioso. Quest'ultimo è costituito da marne, argilliti e calcari appartenenti alle Argilliti di Riva di Solto. Anche le caratteristiche del reticolo idrografico superficiale e la presenza di alcune sorgenti alla base del pendio confermano tali indicazioni. La frana, da tempo quiescente, potrebbe evolvere sotto forma di scivolamenti della massa rocciosa lungo una o più superfici di discontinuità, facendo registrare parziali riattivazioni ed accelerazioni dei movimenti a seguito di una variazione dei parametri che condizionano la stabilità del pendio (sensibili variazioni del livello di falda, erosione al piede del versante per l'attività torrentizia, etc.). Ad una parziale riattivazione del fenomeno franoso sono probabilmente connesse le lesioni alla chiesa e ad alcune abitazioni della frazione, aggravatesi nel corso degli ultimi anni. Censimento dissesti Regione Lombardia
1996.11	1542733,5082877	Intense e prolungate precipitazioni nell'autunno del 1996 hanno innescato una frana di scivolamento sul pendio immediatamente a valle del bacino dell'acquedotto ubicato a quota 990 m. Il fenomeno ha determinato la rottura delle tubazioni e presenta sintomi di arretramento della nicchia con fratture nel terreno. La nicchia di frana ha una larghezza di 15 metri e da essa si è originata una piccola colata (alcune decine di metricubi) che si è fermata sul pianoro sottostante. In occasione di eventi meteorici il fenomeno può progredire con l'arretramento della nicchia. Il terreno franato è costituito dalla coltre eluviocolluviale soprastante le Argilliti di Riva di Solto. Censimento dissesti Regione Lombardia
1996.11	1542207,5081823	Intense e prolungate precipitazioni nell'autunno del 1996 hanno innescato una frana di scivolamento sul pendio immediatamente a valle del muro di sostegno della strada comunale che conduce a Suaggio. Il fenomeno ha interessato i terreni di copertura costituiti dall'alterazione e dalla coltre colluviale presente sulla formazione argillitica delle Argilliti di Riva di Solto creando una frana di alcune decine di metri cubi. Le precarie condizioni di stabilità del pendio sono evidenziate anche da una serie di lesioni nel muro di sostegno della strada che non risulta efficacemente drenato e da cedimenti sul piano stradale per un fronte di 25 – 30 metri. Intense precipitazioni, saturazione dei terreni e scarse caratteristiche geotecniche giocano un ruolo importante in questo tipo di dissesti. Censimento dissesti Regione Lombardia
2000.11.18	1541748,5081820	Frana in località Cioss in sinistra idrografica del torrente Casere, di scivolamento. Ha coinvolto porzioni disarticolate delle Argilliti di Riva di Solto. Ha ostruito il torrente, deviandolo in sottosuolo entro fratture del substrato roccioso presente in sponda destra. Formato piccolo e temporaneo sbarramento. Materiali dell'accumulo 27.000 m ³ . ha coinvolto aree boscate e parzialmente pascoli.

		È stato già eseguito il progetto di sistemazione Amministrazione di Vedeseta
2000.11.18	1543028,5082034	Frana in località Canto, in destra del torrente Lavina, di scivolamento. Ha coinvolto le porzioni superficiali alterate delle Argilliti di Riva di Solto. Ha parzialmente ostruito il torrente. Materiali dell'accumulo 1.000 m ³ . Ha coinvolto aree boscate e viabilità pedonale di collegamento tra la località Canto e San Bartolomeo in comune di Taleggio. È stato già eseguito il progetto di sistemazione Amministrazione di Vedeseta
2002.11.28	1542054,5082235	Piccola frana di scivolamento nelle aree boscate a monte dell'abitato di Vedeseta. Ha coinvolto porzioni detritiche superficiali di detrito coinvolgendo aree boscate. La causa è nella temporanea deviazione di un piccolo corso d'acqua. Stimati 500 m ³ di materiali movimentati. Si è temuto una evoluzione in colata con direzione del centro abitato. Amministrazione di Vedeseta
1990 – 2003	1541967,5081524	Ponte di Lavina sul fiume Enna. Movimento continuo convergente dei due versanti con pressione sulle spalle. L'impalcato del ponte è già stato "accorciato" più volte. Ora si è in attesa della sostituzione dello stesso. Amministrazione di Vedeseta

3.2.3 Lineamenti geomorfologici

In Tavola 02, realizzata in scala 1:10.000, sono riportati gli elementi che permettono di identificare le principali forme presenti sul territorio ed i processi che le hanno determinate e che tuttora agiscono, determinandone l'evoluzione. Le informazioni rappresentate sono state ricavate sia attraverso rilievi diretti sul terreno, sia con l'utilizzo di tecniche fotointerpretative. Per rendere la carta sufficientemente leggibile sono stati privilegiati gli elementi che maggiormente mettono in luce la dinamica geomorfologica del territorio, operando una scelta tra quelli definiti dal medesimo processo geomorfico. Ad esempio non è stata riportata la forma degli impluvi laddove presente un solco di ruscellamento concentrato o un alveo con elevato trasporto solido.

Di seguito si riporta una breve descrizione degli elementi cartografati.

FORME E PROCESSI LEGATI ALLO SCORRIMENTO DELLE ACQUE SUPERFICIALI

- ◆ *Valle con fondo inciso*: tale simbologia è stata utilizzata per evidenziare l'andamento di tutti i corsi d'acqua, a carattere sia permanente, sia temporaneo o stagionale, con alveo ben definito e con una generale tendenza all'approfondimento.
- ◆ *Vallecola a fondo arrotondato*: tale simbologia è stata utilizzata unicamente per i principali impluvi dalla tipica forma trasversale a conca ed attualmente privi di un corso d'acqua vero e proprio.
- ◆ *Conoide attiva*: con tale simbologia sono stati indicati gli accumuli di materiali detritici che presentano una tipica forma a ventaglio. Si tratta di materiali di origine prevalentemente mista, con apporti derivati da fenomeni di trasporto di massa, gravitativi e di dilavamento. Sono localizzate allo sbocco di due tributarie sul fondovalle del Torrente Enna.

- ◆ *Conoide quiescente*: si tratta di conoidi che non mostrano evidenze di esondazioni o trasporto in massa recenti, ma che per la presenza di dissesti o spesse coltri detritiche lungo i canali o gli impluvi a monte, potrebbero essere ancora soggette a tali fenomeni. Anche queste sono localizzate allo sbocco di valli secondarie sul fondovalle del Torrente Enna.
- ◆ *Alveo con elevato trasporto solido*: indica le porzioni di canali o alvei occupati da detrito o sovralluvionati, dove il materiale presente può essere preso in carico e trasportato dall'acqua in occasione di eventi meteorici rilevanti.
- ◆ *Solco di ruscellamento concentrato*: tale simbologia è stata utilizzata per evidenziare tutte le incisioni minori create dall'azione erosiva delle acque di scorrimento superficiale, sia quelle che mostrano ancora evidenze di circolazione idrica temporanea in occasione di forti precipitazioni, sia quelle relitte.
- ◆ *Conoide quiescente*: si tratta di conoidi che non mostrano evidenze di esondazioni o trasporto in massa recenti, ma che per la presenza di dissesti o spesse coltri detritiche lungo i canali o gli impluvi a monte, potrebbero essere ancora soggette a tali fenomeni. Sono localizzate in Val Asinina, sia nel tratto sottostante il monte Cancervo, sia più a monte, dove l'asta principale presenta varie diramazioni.
- ◆ *Accumulo di debris flow non stabilizzato*: sono stati cartografati diversi accumuli di colata detritica ancora ben riconoscibili (presenza di argini, lobi e solchi), non vegetati e soggetti a fenomeni di dilavamenti. Quelli di dimensioni maggiori sono posti alla testata della Valle Secca e nella parte alta della Valle del Chignolo.

FORME E PROCESSI GRAVITATIVI

- ◆ *Aree di possibile distacco massi*: sono state segnalate le zone sia dove si è potuto verificare con osservazioni dirette la possibilità di distacco di massi, sia dove è noto che tali fenomeni si sono già verificati, sia dove l'assetto strutturale e l'acclività sono tali da poter potenzialmente determinare tali fenomeni.
- ◆ *Falde e coltri detritiche/macereti – aree denudate attive*: sono aree non vegetate, ricoperte da falde detritiche sia attive (tuttora alimentate dai settori sovrastanti), sia inattive ma non ancora stabilizzate a causa di fenomeni di dilavamento.
- ◆ *Falde e coltri detritiche/macereti – aree denudate quiescenti*: si tratta di aree prive di copertura vegetale o con vegetazione molto rada che solo localmente possono essere interessate da modesti fenomeni di dilavamento o instabilizzazione.
- ◆ *Canaloni con scariche detritiche*: sono stati cartografati i canali in roccia lungo i quali si convoglia preferenzialmente il detrito distaccatosi per gravità, crio-clastismo o per dilavamento.
- ◆ *Area con dissesti superficiali diffusi*: sono state cartografate alcune piccole aree in dissesto, interessate da fenomeni erosivi o di dilavamento della coltre

eluviale o detritico – eluviale. Sono localizzate sui ripidi versanti del settore settentrionale del territorio comunale.

- ◆ *Accumulo di frana di crollo quiescente*: si tratta di due accumuli di blocchi ciclopici che, potenzialmente, potrebbero ancora essere alimentati da ulteriori crolli, posti nel settore sommitale del Corno Zuccone.
- ◆ *Accumulo di frana di crollo relitto*: accumuli di blocchi connessi a dissesti in roccia molto antichi, ora ben stabilizzati, sono presenti su entrambi i versanti della Valle Raisere e su quello in sinistra idrografica della Valle Bordesiglio.
- ◆ *Corpo o accumulo di frana di scorrimento quiescente*: con tale simbologia è stato cartografato il dissesto presente lungo il dosso spartiacque che dai Piani di Artavaggio scende verso la Sella che interessa prevalentemente il territorio del Comune di Taleggio, ed è attraversato dalla stretta fascia che collega i due settori del territorio di Vedeseta.
- ◆ *Corpo o accumulo di frana di scorrimento inattivo*: si tratta di un dissesto che, nel novembre 2000, ha interessato un pendio in sinistra idrografica della Valle del Chignolo, poco a monte della sua confluenza nel Torrente Enna. Il dissesto è stato oggetto di un intervento di sistemazione da parte dell'Amministrazione comunale ed è da considerare stabilizzato.
- ◆ *Corpo o accumulo di frana di scorrimento relitto*: con tale simbologia è stato cartografato l'accumulo della paleofrana di Salguggia, che ha interessato il versante destro della Valle del Chignolo.
- ◆ *Orlo di scarpata di frana o di degradazione attivo*: con tale simbologia sono state cartografate sia le nicchie di frana vere e proprie (queste bordano i corpi di frana attivi cartografati con la simbologia areale), sia gli orli di scarpata derivati da processi erosivi diffusi (sempre legati principalmente all'azione della gravità) e generalmente più gradualità.
- ◆ *Orlo di scarpata di degradazione e/o di frana quiescente*: ha lo stesso significato della simbologia precedentemente descritta, ma si riferisce a dissesti non attivatisi recentemente ma non ancora stabilizzati.
- ◆ *Orlo di scarpata di degradazione e/o di frana inattiva*: identifica le nicchie inattive di dissesti ormai completamente stabilizzati, sia quelli con accumulo ancora ben riconoscibile (cartografato perciò con la simbologia areale), sia quelli dove l'accumulo non è morfologicamente o tessituralmente discriminabile da altri depositi o è stato eroso o rimaneggiato da ulteriori fenomeni gravitativi.
- ◆ *Orlo di scarpata di degradazione e/o di frana relitto*: ha lo stesso significato della simbologia precedentemente descritta, ma si riferisce a dissesti avvenuti in epoche e condizioni climatiche molto diverse dalle attuali.

FORME E PROCESSI GRAVITATIVI PROFONDI – DGPV

- ◆ *Area in deformazione*: le aree interessate da DGPV sono più ampie di quelle riportate nella cartografia sia del progetto CARG, sia dell'Inventario dei Fe-

nomeni Franosi Italiani in quanto sono state integrate con quelle rilevate direttamente sul terreno o individuate con fotointerpretazione.

- ◆ *Orlo di nicchia*: tale simbologia evidenzia l'andamento delle principali nicchie di collasso gravitativo dei versanti, evidenziate dall'allineamento di scarpate, controscarpate, depressioni, vallecole ed impluvi non originatisi per erosione torrentizia.
- ◆ *Trincea o depressione*: il versante interessato dalla DGPV del Corno Zuccone è caratterizzato dalla presenza di numerose trincee o depressioni in roccia, ma l'unica cartografabile in dettaglio alla scala della carta è localizzata poco a nord della cuspide sommitale.

FORME E PROCESSI CRIONIVALI

- ◆ *Protalus rampart*: tali forme, conosciute anche come nivomorene, sono localizzate unicamente al piede di alcuni ripidi versanti nella porzione settentrionale del territorio comunale (versante destro della Valle Raisere, Baite Piazza versante occidentale del M.Sodadura).

Per quanto riguarda gli aspetti legati al distacco di masse nevose, si è fatto riferimento a quanto riportato sulla "*Carta di localizzazione probabile delle valanghe*" edita dalla Regione Lombardia nel 1992 ed al Sistema Informativo Regionale delle Valanghe (SIRVAL). Sia nell'elaborato che nella banca dati sono state riportate le aree relative a:

- ◆ *Valanghe individuate da rilievi sul terreno (sia come sito areale che come pericolo localizzato lungo impluvi o canali).*
- ◆ *Valanghe individuate da fotointerpretazione (sia come sito areale che come pericolo localizzato lungo impluvi o canali).*

Vale la pena precisare che l'individuazione e la perimetrazione dei fenomeni valanghivi è stata effettuata mediante fotointerpretazione su fotogrammi di un volo estivo del 1982 e con inchieste sul terreno eseguite prima del 1992. In alcuni casi si tratta di valanghe avvenute diversi decenni or sono e tramandate per via orale dai più anziani abitanti del luogo; all'epoca alcune zone di distacco erano adibite a pascolo o a sfalcio e, quindi, risultavano prive di vegetazione arborea. Attualmente, con l'avanzare del bosco, l'estensione di tali aree si è ridotta.

Sulla base dei fenomeni individuati dal SIRVAL, si sono effettuate alcune considerazioni ai fini della loro successiva trasposizione nella fase di sintesi e, successivamente, nella fattibilità geologica delle azioni di piano; tali considerazioni sono basate sia sui contenuti riportati in Figura 11 e Figura 12 ed alla quota in cui il SIRVAL identifica tali fenomeni.

In particolare, per quest'ultimo aspetto, il SIRVAL identifica in base a foto interpretazione delle aree valanghive e dei canali di valanga nella porzione sud del territorio comunale; queste aree, che si sviluppano a quote inferiori a 1.000 m slm, sono ubicate in zone climaticamente incompatibili con lo sviluppo di fenomeni crionivali. Oltre all'analisi del contesto climatico, si è effettuata anche una

verifica in loco che ha evidenziato come tali aree non siano idonee allo sviluppo di fenomeni crionivali (sono prevalentemente boscate a latifoglie e con pendenze moderate), né tantopiù sono segnalati fenomeni in tal senso sulla base di testimonianze raccolte in loco (proprietari e confinanti).

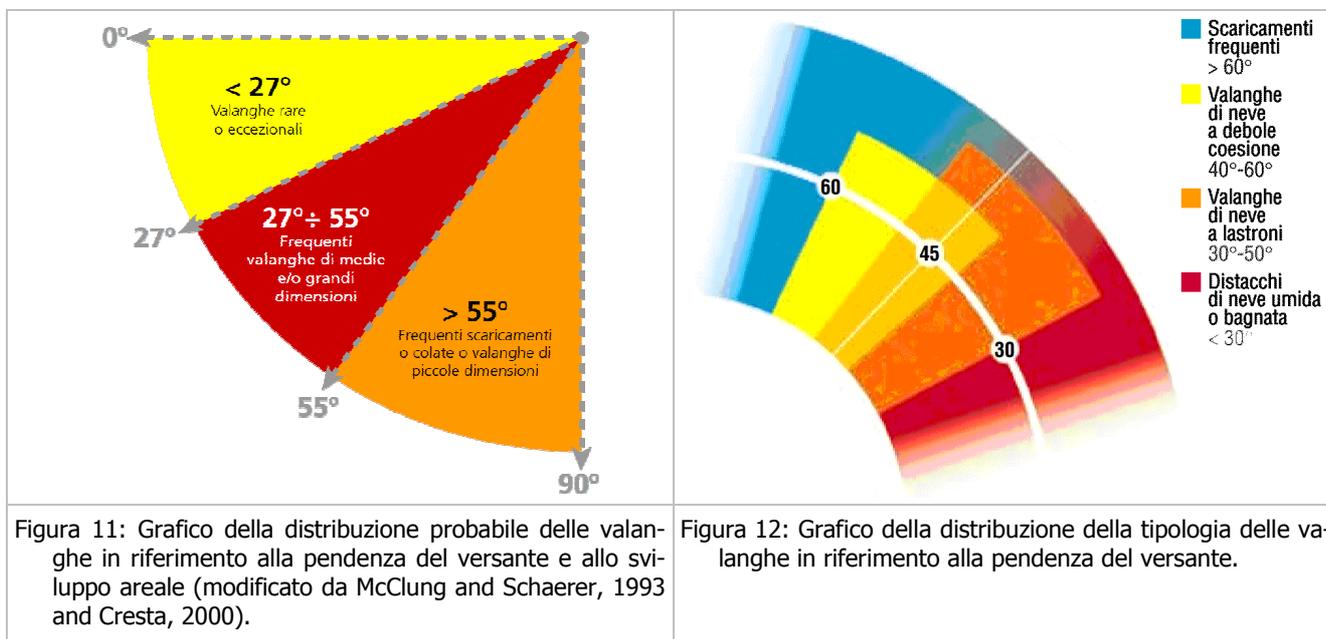


Figura 11: Grafico della distribuzione probabile delle valanghe in riferimento alla pendenza del versante e allo sviluppo areale (modificato da McClung and Schaerer, 1993 and Cresta, 2000).

Figura 12: Grafico della distribuzione della tipologia delle valanghe in riferimento alla pendenza del versante.

I siti valanghivi non comprendono aree edificate e sono localizzati sui versanti della porzione settentrionale del territorio comunale (dorsale Monte Sodadura – Bocchetta di Regadur – Monte Aralata – Passo Baciarmorti, testata della Valle Secca, Cima di Piazza, Monte Cantardo).

FORME E PROCESSI GLACIALI

- ◆ *Cordone morenico*: si sono conservati unicamente sui versanti settentrionali della dorsale che da Bocchetta di Regadur giunge sino al Pizzo Baciarmorti.
- ◆ *Orlo di circo*: anche tali forme risultano attualmente riconoscibili solo sui versanti settentrionali della dorsale precedentemente citata.
- ◆ *Sella*: le due selle dalle forme arrotondate che separano la testata della Valle Raisere dai Piani di Artavaggio sono da imputare al lento modellamento glaciale in zona di transfluenza.

FORME CARSICHE

- ◆ *Dolina*: sono le più tipiche macroforme carsiche superficiali, si presentano come depressioni chiuse, di forma generalmente circolare od ellittica. Si riscontrano nel settore settentrionale del territorio comunale. La simbologia non è stata utilizzata per depressioni simili (pseudo – doline) presenti laddove il substrato è costituito dalle litofacies dell'Argillite di Riva di Solto, in quanto si tratta di forme prevalentemente originatesi a seguito della disarticolazione degli ammassi rocciosi per fenomeni gravitativi.
- ◆ *Depressione carsica*: sono depressioni molto allungate, di forma irregolare, generalmente dovute alla coalescenza di più inghiottitoi o doline. Anche tali

forme sono presenti unicamente nel settore settentrionale del territorio comunale.

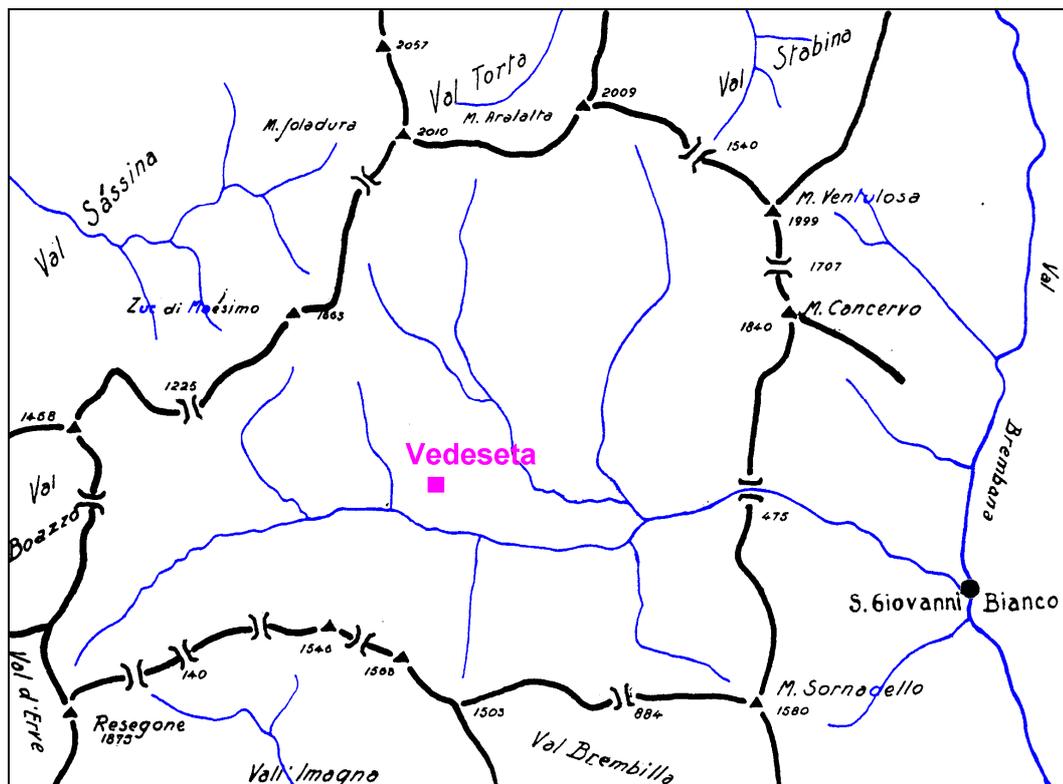


Figura 13: Schema oro – idrografico della Val Taleggio (da "Note geografiche della Val Taleggio" di G. Nangeroni).

3.3 ELEMENTI IDROLOGICI ED IDROGEOLOGICI

In questo capitolo sono raccolte le conoscenze relative all'idrografia superficiale ed alla circolazione idrica sotterranea disponibili per il territorio di Vedeseta. Tali conoscenze potranno essere utilizzate come base per lo sviluppo di studi specialistici finalizzati sulle risorse idriche (quantitativi e qualitativi) e la difesa delle risorse idriche.

3.3.1 Acque superficiali

Il reticolo idrico superficiale del territorio comunale fa parte unicamente del bacino imbrifero del torrente Enna, tributario destro del Fiume Brembo. Tale corso d'acqua principale, a carattere permanente e con discreta portata, nasce e termina esternamente al territorio comunale, mentre i suoi tributari in questa porzione ne sono del tutto o per gran parte compresi.

I suoli costituenti la superficie del bacino idrografico del fiume Enna sono molto variabili, da prevalentemente impermeabili con una elevata potenzialità di deflusso superficiale (dove vi è la presenza di Argilliti), a mediamente permeabile (calcarei stratificati, con presenza di interstrati di natura argillitico – marnosa) e molto permeabili per la presenza di rocce molto fratturate e talora caratterizzate da un articolato sistema carsico.

Esistono inoltre porzioni con depositi superficiali (detritici e di frana), da mediamente a molto permeabili, di elevato spessore, che sono presenti in corrispondenza delle variazioni di acclività correlati al passaggio tra le unità geologiche argillitiche e quelle prevalentemente carbonatiche.

Nella porzione settentrionale del territorio comunale di Vedeseta, nel bacino idrografico della Val Torta prevalgono litologie caratterizzate da elevata permeabilità e sistemi carsici abbastanza sviluppati, prive di coperture di suoli di spessore significativo, fatti che contribuiscono a contenere i coefficienti di deflusso (valori indicativamente compresi tra 0,3 e 0,4) mentre, sul lato del sottobacino della Valle della Madonna, sono presenti litologie poco permeabili (argilliti) con medio – elevati coefficienti di deflusso (valori compresi tra 0,5 e 0,6). I sistemi di drenaggio che si sviluppano in questa porzione di territorio comunale rispecchiano le diverse litozone descritte: un reticolo idrografico grossolano a bassa densità, poco ramificato e molto inciso, con elevato trasporto solido (anche con evoluzione in debris – flow) nelle porzioni afferenti alla Val Torta; un reticolo idrografico con densità elevata, molto ramificato e mediamente inciso, con associato un sistema ad elevata franosità superficiale di modeste dimensioni, nelle porzioni afferenti al sottobacino della valle della Madonna.

La porzione meridionale del territorio comunale è invece caratterizzata da una situazione più articolata: vi sono litologie mediamente permeabili, spesso disarticolate, profondamente fratturate, con medio sviluppo di circolazione carsica, collocate in destra idrografica del fiume Enna e nella porzione occidentale della valle del torrente Casere – Chignolo. I coefficienti di deflusso per queste litozone variano da 0,35 a 0,45; nell'area del Corno Zuccone – Corno dell'Acqua e dei recenti prodotti detritici di loro smantellamento, le caratteristiche della rete di drenaggio sono parzialmente simili a quelle presenti nelle aree afferenti alla Val Torta, ma con la presenza di un maggiore sviluppo del grado di fratturazione profonda dell'ammasso roccioso e conseguente circolazione sotterranea dell'acqua. I coefficienti di deflusso presentano valori indicativamente compresi tra 0,2 e 0,35.

Nelle restanti porzioni del territorio comunale vi è la presenza di litologie argillitiche, analoghe a quelle affioranti nella porzione settentrionale del territorio comunale, nel sottobacino della Valle della Madonna. Vi è però in questo caso un maggiore sviluppo di suoli e di vegetazione. I coefficienti di deflusso presentano valori indicativamente compresi tra 0,40 e 0,55.

Sulla base dello studio del reticolo idrico, i corsi d'acqua presenti in ambito comunale sono riportati in Tabella 4 relativamente al reticolo idrico principale e in Tabella 5 relativamente al reticolo idrico minore di competenza comunale.

Denominazione	Sviluppo (m)
Fiume Enna	3248
Rio Cornel del Cà	465
Canale Scannagallo	37
Rio Cedroni (T. Raisere o T. Ancogno)	780

Tabella 4: Reticolo idrico principale.

Tra questi, uno sviluppo significativo in ambito comunale del bacino idrografico l'hanno solo il Fiume Enna ed il Rio Cedroni.

Il *Fiume Enna* presenta un alveo impostato prevalentemente su substrato roccioso costituito da cicli plurimetrici di marne, calcari marnosi e calcari nelle porzioni occidentali e substrato roccioso costituito da alternanze di argilliti, marne e calcari marnosi nelle porzioni orientali. Presenza sporadica di depositi fluviali va – raramente evoluti e coperture detritiche a supporto misto matrice – clastico di origine complessa. La sezione dell'alveo è regolare e con forma prevalente a V o, nelle porzioni più ampie, quasi piatta. La vegetazione che possa interferire con il deflusso è praticamente assente e non si segnala la presenza di strutture od infrastrutture antropiche che limitino od impediscano il corretto deflusso delle acque.

Nel tratto iniziale del *Rio Cedroni* l'alveo è prevalentemente impostato su depositi di natura glaciale a supporto di matrice di moderato spessore. Successivamente e fino al tratto entro il territorio comunale, vi è alternanza tra depositi detritici a supporto granulare (prevalente) e substrato roccioso costituito da dolomie mediamente stratificate nella porzione alte del segmento fluviale e dolomie stratificate in grossi banchi o massicce nelle rimanente parte. La sezione dell'alveo è moderatamente irregolare con forma prevalente a V e spesso si presenta molto inciso.

Si segnala la presenza di una instabilità su cui si ritiene necessario intervenire; inoltre vi sono alcuni tratti di alveo sovralluvionati che possono originare fenomeni di debris – flow durante eventi meteorici intensi. La vegetazione è da praticamente assente a sporadicamente presente lungo le sponde e talvolta in alveo ma non pregiudica l'officiosità idraulica. Non si segnala la presenza di strutture od infrastrutture antropiche che limitino o impediscano il corretto deflusso delle acque.

Denominazione	Sviluppo (m)
Torrente Arete Ovest	910
Rio di Avolasio e affluenti (compreso Rio di Ciambello e relative affluenze)	1.984,10
Forsà de l'Óle e affluenti	247,50
Rio Bordesiglio e affluenti (tra cui Rio Oragni, Rio Teggioli e relative affluenze)	9.863,72
Rio Casere	6.293,90
Rio Cedroni (T. Raisere o T. Ancogno) e relative affluenze	11.795,50
Rio della Rimessina e relative affluenze	972,00
Rio Chignolo e relative affluenze	1.733,50
Rio del Ciafer e relative affluenze	1.514,00
Rio di Cimalacqua e relative affluenze	1.605,00
Affluenti Rio Cornel del Cà (Valle dello Zucco)	481,00
Rio di Crocetta e relative affluenze	720,00
Rio del Mulino e relative affluenze	1.889,00
Affluenti minori del T. Enna	2.866,00

Rio di Fenil Grande	545
Rio di Fiümlatt	121
Rio Valliselle (del Canto o di Lavina) e relative affluenze	1.994,00
Rio di Mersc e relative affluenze	1.900,00
Rio del Magiadello	880
Rio del Casello e relative affluenze	3.652,00
Rio della Moglia	697
Rio di Borgo di Sotto e relative affluenze	4.082,00
Rio della Noca	208
Rio Piazzagrande e relative affluenze	2.570,00
Rio della Pianchella e relative affluenze	1.059,00
Rio delle Piazzole e relative affluenze	175
Rio Piazzoli e relative affluenze	1.311,00
Rio Returro e relative affluenze	2.827,00
Rio Salzano e relative affluenze	5.009,00

Tabella 5: Reticolo idrico minore di competenza comunale.

I principali del torrente Enna, in sinistra idrografica, sono il Rio Bordesiglio, il Rio Casere ed il Rio Mulino; in destra idrografica si segnala solo il Rio Piazzoli.

L'alveo del *Rio Bordesiglio* è impostato prevalentemente su substrato roccioso costituito da cicli plurimetrici di marne, calcari marnosi e calcari; a quota intermedia compaiono calcari e dolomie stratificate in grossi banchi o massicce e, nelle porzioni più settentrionali substrato roccioso costituito da alternanze di argilliti, marne e calcari marnosi. Sporadiche coperture detritiche a supporto clastico. La sezione dell'alveo è irregolare e con forma prevalente a V.

Si segnala la presenza di diverse instabilità per le quali si reputa necessario intervenire. La vegetazione è presente lungo le sponde e talvolta in alveo (nelle porzioni a quota maggiore); si devono prevedere alcuni puntuali interventi di taglio e/o rimozione della vegetazione in quanto può provocare divagazione dell'acqua. Non si segnala la presenza di strutture od infrastrutture antropiche che limitino od impediscano il corretto deflusso delle acque.

Il *Rio Casere* è impostato nella porzione meridionale entro substrato roccioso costituito da alternanze di argilliti, marne e calcari marnosi e da cicli plurimetrici di marne, calcari marnosi e calcari. Nella porzione settentrionale si hanno dolomie stratificate in grossi banchi o massicce, da mediamente a profondamente fratturate con abbondante produzione di materiali sciolti che si trasformano in debris flow. Da poco a monte della località Salguggia è presente una copertura discontinua di depositi fluviali eterometrici a supporto granulare.

La sezione dell'alveo è irregolare e con forma prevalente a V. Si segnala la presenza di diverse instabilità per la quale si reputa necessario intervenire. In tutto lo sviluppo del corso d'acqua la vegetazione è presente lungo le sponde e talvolta in alveo; si devono prevedere alcuni puntuali interventi di taglio e/o rimozione

della vegetazione in quanto può provocare divagazione dell'acqua. Non si segnala la presenza di strutture od infrastrutture antropiche che limitino od impediscano il corretto deflusso delle acque.

L'alveo del *Rio Mulini* è impostato su substrato roccioso costituito da alternanze di argilliti, marne e calcari marnosi. Sono presenti in sinistra idrografica ed a quota inferiore coperture detritiche a supporto misto matrice – clastico di origine complessa. La sezione dell'alveo è molto irregolare e con forma prevalente a V.

Non si segnala la presenza di instabilità per le quali si reputi necessario in – intervenire seppure parte del percorso si sviluppa in una porzione di versante con evidenti instabilità. In quasi tutto lo sviluppo del corso d'acqua la vegetazione è presente lungo le sponde e talvolta in alveo; si devono prevedere alcuni puntuali interventi di taglio e/o rimozione della vegetazione in quanto può provocare divagazione dell'acqua. Sulla base dell'analisi storica degli eventi alluvionali, non si segnala la presenza di strutture od infrastrutture antropiche che limitino od impediscano il corretto deflusso delle acque.

L'alveo del *Rio Piazzoli* è impostato su substrato roccioso costituito da cicli pluri-metrici di marne, calcari marnosi e calcari prevalentemente disarticolato nelle porzioni di monte. La sezione dell'alveo è estremamente irregolare, soprattutto nella porzione prossima al fiume Enna, e con forma prevalente a V.

Non si segnala la presenza di instabilità per le quali si reputi necessario in – intervenire (seppure se gran parte del percorso si sviluppa in una porzione di versante in frana). In tutto lo sviluppo del corso d'acqua la vegetazione è presente lungo le sponde e talvolta in alveo; per alcune porzioni, anche a causa dell'elevata pendenza dell'alveo, questo fatto non pregiudica l'efficienza idraulica in quanto viene periodicamente smantellata dall'azione delle acque. Non si segnala la presenza di strutture od infrastrutture antropiche che li – mitino od impediscano il corretto deflusso delle acque.

Solamente i citati corsi d'acqua hanno naturalmente e perennemente acqua; gli altri presentano acqua sporadicamente. Tutti i corsi d'acqua minori, anche quelli asciutti per buona parte dell'anno, hanno una risposta rapida alle precipitazioni piovose intense. Tale comportamento è particolarmente accentuato per quelli che scorrono in zone con substrato argillitico – marnoso, dove gli incrementi di portata spesso sono pressoché immediati, mentre è più graduale per quelli che scorrono in zone a substrato carbonatico o sono alimentati dalle emergenze idriche di circuiti carsici molto profondi (es. Rio Cimalacqua).

3.3.1.1 *Rischio idraulico*

Per la definizione della pericolosità idraulica ci si è avvalsi anche dei risultati dello studio per l'individuazione del reticolo idrico di competenza comunale.

L'analisi della pericolosità idraulica si è sviluppata dai contenuti dello studio del reticolo idrico, nel quale sono identificate tutte le aste con funzionalità idraulica a prescindere dal soggetto gestore, e dalle risultanze dell'indagine geomorfologica (si veda Tavola 03). In ambito comunale o sovracomunale non sono disponibili

studi idraulici dei corsi d'acqua di Vedeseta e finalizzati alla definizione della pericolosità idraulica: non sono mai state segnalate ricorrenti situazioni di rischio idraulico in tutto il territorio comunale, il tutto con esclusione degli elaborati prodotti dalla Regione Lombardia riguardo la Direttiva alluvioni (Direttiva 2007/60/CE). L'analisi di questi ultimi elaborati ha evidenziato la presenza di zonazioni della pericolosità significativamente incoerenti sia con i fenomeni già accaduti (si veda il Capitolo 3.2.2), sia con l'assetto morfologico presente lungo i corsi d'acqua; pertanto non si sono riscontrati elementi utili, non già valutati, per la definizione della pericolosità o rischio idraulico in ambito comunale.

L'elaborazione dei dati geomorfologici e dell'andamento dei corsi d'acqua, ha evidenziato come questi ultimi si sviluppino in avvallamenti molto incisi, caratterizzati da forme a V; sono sostanzialmente assenti corsi d'acqua che si sviluppano in avvallamenti con forma concava o piatta. In questo contesto geomorfologico i corsi d'acqua sono privi di elementi predisponenti fenomeni di allagamento, erosione o alluvionali con coinvolgimento di aree esterne all'alveo (sono possibili coinvolgimenti di aree finitime all'alveo solo per alcuni metri).

Vi sono però alcuni corsi d'acqua, o tratti di questi, che presentano fenomeni di erosione di sponda, derivanti anche da approfondimento dell'alveo o collaterali, e modesti fenomeni di trasporto di massa durante eventi di piena per la presenza di detriti in alveo. I corsi d'acqua che presentano questi fenomeni sono:

- ◆ Porzioni del Rio Valsecca e di alcuni suoi affluenti: alcuni tratti del Rio e di alcuni suoi affluenti si sviluppano in un fondovalle con incisioni fluviali poco marcate e con elevato apporto di materiali detritici derivanti da attività crionivali. Data la presenza di depositi detritici sciolti in alveo, in caso di piena si è in presenza di potenziali situazioni per la generazione di fenomeni di trasporto di massa, seppure di modestissime dimensioni.
- ◆ Porzioni del Rio Cedroni (T. Ancogno) e di alcuni suoi affluenti: le caratteristiche di alcuni tratti del Rio e di alcuni suoi affluenti sono analoghe al Rio Valsecca sopra descritte.
- ◆ Porzioni Rio Valle della Madonna e di alcuni suoi affluenti: alcuni tratti del Rio e di alcuni suoi affluenti si sviluppano entro il substrato argillitico caratterizzato da un elevato grado di fratturazione; questo comporta la formazione potenziale di piccoli fenomeni di trasporto di massa conseguenti alla facile incisione del thalweg ed erosione delle sponde.
- ◆ Porzione del Rio Bordesiglio: un tratto del Rio Bordesiglio si sviluppa in zone ove il substrato carbonatico si presenta fratturato con conseguente generazione di significative quantità di detriti; questo comporta la formazione potenziale di piccoli fenomeni di trasporto di massa conseguenti alla rimobilizzazione dei depositi detritici.
- ◆ Porzione del Rio Avolasio: un tratto del Rio prossimo all'abitato di Avolasio (a valle di questo) si sviluppa in zone ove il substrato carbonatico si presenta fratturato con conseguente generazione di significative quantità di detriti; questo comporta la formazione potenziale di piccoli fenomeni di trasporto di

massa conseguenti alla rimobilizzazione di tali depositi. Una pericolosità potenziale è anche data dalla presenza di un piccolo tratto tombinato in corrispondenza dell'abitato di Avolasio (non sono segnalati eventi alluvionali connessi alla presenza di tale tombinatura) e, pertanto, la perimetrazione della pericolosità ha ricompreso tale tratto.

- ◆ Porzioni del Rio Borgo di Sotto e di alcuni suoi affluenti: un tratto del Rio e di alcuni suoi affluenti si sviluppano in zone ove il substrato carbonatico si presenta fratturato con conseguente generazione di significative quantità di detriti; questo comporta la formazione potenziale di piccoli fenomeni di trasporto di massa conseguenti alla rimobilizzazione dei depositi detritici.
- ◆ Porzioni del Rio Casere e di alcuni suoi affluenti: un tratto del Rio e di alcuni suoi affluenti si sviluppano in zone ove il substrato carbonatico si presenta fratturato o in frana, con conseguente generazione di significative quantità di detriti; questo comporta la formazione potenziale di piccoli fenomeni di trasporto di massa conseguenti alla rimobilizzazione dei depositi detritici.
- ◆ Porzioni di alcuni affluenti del Torrente Enna ubicati in destra idrografica in prossimità del Comune di Morterone: alcuni piccoli affluenti del Torrente Enna si sviluppano in zone ove il substrato carbonatico si presenta molto fratturato o in frana, con conseguente generazione di significative quantità di detriti; questo comporta la formazione potenziale di piccoli fenomeni di trasporto di massa conseguenti alla rimobilizzazione dei depositi detritici.
- ◆ Porzione del Rio del Ciafer: un tratto del Rio si sviluppa in zone ove il substrato carbonatico si presenta molto fratturato con conseguente generazione di significative quantità di detriti; questo comporta la formazione potenziale di piccoli fenomeni di trasporto di massa conseguenti alla rimobilizzazione dei depositi detritici.
- ◆ Porzione del Rio Magiadello: un tratto del Rio si sviluppa in zone ove il substrato carbonatico si presenta molto fratturato con conseguente generazione di significative quantità di detriti; questo comporta la formazione potenziale di piccoli fenomeni di trasporto di massa conseguenti alla rimobilizzazione dei depositi detritici.
- ◆ Porzione del Rio Piazzagrande: un tratto del Rio si sviluppa in zone ove il substrato carbonatico si presenta molto fratturato con conseguente generazione di significative quantità di detriti; questo comporta la formazione potenziale di piccoli fenomeni di trasporto di massa conseguenti alla rimobilizzazione dei depositi detritici.
- ◆ Torrente Enna: considerando che nel torrente vi confluiscono dei rii che possono presentare piccoli fenomeni di trasporto di massa, cautelativamente si è considerato il torrente come elemento caratterizzato da dissesti idraulici e correlati, seppure di bassa pericolosità.

Per la delimitazione delle aree con pericolosità correlata a fenomeni idraulici od assimilabili (erosioni di sponda, sovraincisioni del thalweg e trasporto di massa),

mancando una base topografica con sufficiente dettaglio per la reale rappresentazione degli stessi (per gran parte del territorio comunale è disponibile una topografia in scala 1:10.000 e solo in corrispondenza dei nuclei edificati vi è la presenza di una topografia in scala 1:2.000), si è cautelativamente fatto coincidere le aree a rischio idraulico con la fascia di in edificabilità individuata nello studio del reticolo idrico.

I principali corsi d'acqua non interferiscono con i centri edificati mentre, prevalentemente per gli affluenti presenti in sinistra idrografica del fiume Enna, si hanno limitate interazioni con le infrastrutture a rete. Uniche eccezioni si hanno:

- ◆ nel centro storico dell'abitato di Vedeseta, che presenta due attraversamenti di due piccoli corsi d'acqua tombinati. Questi corsi d'acqua sono alimentati prevalentemente da sorgenti e, pertanto, l'escursione delle portate al variare delle condizioni meteoriche è estremamente contenuta. I modesti inconvenienti segnalati in passato per la presenza di tratti tombinati sono stati risolti con un intervento di rifacimento di tali tratti.
- ◆ nella frazione di Avolasio, dove il Rio Avolasio è stato parzialmente tombinato, si ravvisa invece una situazione di potenziale pericolo in quanto questo corso d'acqua ha storicamente prodotto eventi alluvionali (di modesta entità). Il ripetersi di questi fenomeni, in presenza di questo tratto tombinato, può provocare la parziale ostruzione, con conseguente divagazione delle acque sulla sede stradale sia comunale che provinciale. Probabilmente possono essere coinvolti anche alcuni edifici.

La pericolosità dei corsi d'acqua è correlata al loro progressiva e rapida incisione che, associata alle litologie presenti di scarse caratteristiche geomeccaniche, instabilizza i versanti contigui. Questo provoca frane che possono ostruire parzialmente e/o temporaneamente i corsi d'acqua, possono portare alla formazione di ondate di piena anomale (si veda l'alluvione del 1954 che ha coinvolto l'intero corso dell'Enna fino a San Giovanni Bianco e correlata ad un caso di ostruzione temporanea del fiume) o colate tipo debris – flow.

Nel corso degli anni sono state eseguite importanti opere di regimazione dell'alveo del Fiume Enna, del Rio Casere e porzioni prossime al depuratore del Rio Raziöl. Tuttavia, le criticità sono tali da richiedere interventi più incisivi e diffusi.

3.3.2 Acque sotterranee

Il territorio comunale di Vedeseta comprende acquiferi associati ad intensa fratturazione e carsici di notevole importanza, sviluppati sia entro le litofacies dolomitiche che formano le dorsali ad est, sia nel piastrone carbonatico – dolomitico alloctono del Klippe del Corno Zuccone.

Nella porzione settentrionale del territorio comunale sono presenti poche sorgenti di piccola dimensione (es. sorgenti Arale, Piazza, Moie); l'acquifero, contenuto in depositi superficiali, per contrasto di permeabilità con il substrato lapideo argillitico o marnoso, genera piccole venute.

Nella porzione sud del territorio comunale ed a nord del Fiume Enna sono presenti importanti sorgenti (es. sorgenti Cimalacqua, Corne Lunghe, Chignolo); queste sorgenti sono alimentate da acquiferi sviluppati nel substrato lapideo fratturato delle masse alloctone. La particolarità di queste sorgenti è che, a causa dello scompaginamento dovuto alle deformazioni gravitative profonde di versante, non sono disposte lungo i contatti tettonici con le sottostanti litofacies argillitico – marnose (a permeabilità molto bassa se non disturbate da fenomeni gravitativi), ma entro le stesse.

Nella restante parte del territorio, sorgenti perenni di una certa entità (alcune delle quali in passato captate per uso idropotabile) sono prevalentemente localizzate su versanti interessati da DGPV (es. sorgente Fiumelatte, Rimessina, Magiadello), mentre emergenze idriche perenni o semi – perenni ma con modeste portate si riscontrano in corrispondenza dei passaggi stratigrafici tra l'Argillite di Riva di Solto ed il Calcare di Zu (es. sorgente Giambello) o interni al Calcare di Zu (es. sorgenti Vaghi, La Brusada).

Vista la particolare conformazione del territorio di Vedese, non è stato possibile ricostruire l'andamento della superficie piezometrica. Inoltre, per l'assenza di idonei punti di misura, non è stato possibile effettuare la caratterizzazione piezometrica delle modestissime aree alluvionali afferenti il fiume Enna. 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 fiume Enna, fanno presupporre la presenza di una falda con soggiacenza massima di 4 – 5 metri nelle aree del primo e secondo terrazzo del fiume e con il regime totalmente influenzato dal regime del fiume Enna. La direzione di flusso della falda in queste aree, è analoga a quella del fiume Enna.

3.3.2.1 *Sorgenti asservite a sistemi acquedottistici*

Per quanto concerne il censimento idrogeologico si è proceduto alla raccolta di dati relativi alle acque sotterranee identificando le principali sorgenti (sia captate che libere). Questa raccolta ha permesso di identificare elementi utili per la ricostruzione del modello di circolazione idrica sotterranea.

In base ai dati raccolti si evidenzia come le sorgenti captate per uso idropotabile sono correlate a venute d'acqua provenienti dal substrato roccioso costituito dalle formazioni carbonatiche.

L'approvvigionamento della rete acquedottistica che serve il comune di Vedese avviene con la captazione delle seguenti sorgenti:

ID	Denominazione	Portata derivata (l/s)		Ubicazione
		Med.	Max.	
01	Cimalacqua*	11,5	24,0	Loc. Pizzone
02	Chignolo (alta e bassa)	2,5	3,5	Loc. Chignolo

03	Fontana fresca	1,0	7,5	Loc. Corne lunghe
----	----------------	-----	-----	-------------------

Tabella 6: Identificazione delle sorgenti asservite a sistemi acquedottistici.

(*) Sorgente asservita anche al sistema acquedottistico di Taleggio; la portata derivata è cumulata tra le due utilizzazioni.

Il dettaglio delle sorgenti è riportato in APPENDICE DUE.

Da evidenziare che per queste sorgenti manca l'idonea recinzione o strumenti per impedire l'accesso alla zona di tutela assoluta.

3.3.2.2 Lineamenti idrogeologici ed idrografici

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

L'indagine idrogeologica si è quindi articolata nelle seguenti operazioni:

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

Nell'allegata Tavola 04, realizzata in scala 1:10.000, sono riportati gli elementi relativi alla rete idrografica, le principali sorgenti ed indicazioni di massima sulla permeabilità dei terreni di copertura e del substrato roccioso.

Nella legenda utilizzata sono riportati gli elementi di seguito brevemente descritti.

- ◆ Reticolo idrografico principale;
- ◆ Reticolo idrografico minore;
- ◆ Limite di bacino idrografico il cui dato è stato ricavato dalla banca dati della Regione Lombardia;
- ◆ Ubicazione principali sorgenti;
- ◆ Ubicazione ed identificativo delle sorgenti asservite a sistemi acquedottistici;
- ◆ Delimitazione dell'area di rispetto delle sorgenti asservite a sistemi acquedottistici (R = 200 m) ai sensi dell'art. 94, c. 6 del d.lgs 152/2006 – d.lgs 258/2000 e smi: la porzione tratteggiata può essere esclusa a seguito di pronuncia dell'Autorità Competente riguardo la perimetrazione con criterio idrogeologico. Oltre a ciò è riportata anche l'area di protezione.
- ◆ Faglie/sovrascorrimenti ed elementi strutturali: sono stati riportati i principali lineamenti tettonici in quanto possono rappresentare sia vie preferenziali di circolazione idrica sotterranea sia, più in generale, elementi di variazione della permeabilità del substrato in grado di deviare i flussi di circolazione idrica sotterranea.
- ◆ Classi di permeabilità delle coperture e del substrato roccioso: per un esame di dettaglio delle classi impiegate, si veda nel seguito lo specifico paragrafo.

3.3.2.2.1 Classi di permeabilità delle unità cartografate

Come evidenziato nel Capitolo 3.1.2 i depositi di copertura sono caratterizzati da un'estrema variabilità di paleoambienti sedimentari, anche se in periodi coevi. La successione litostratigrafica dei depositi di copertura è quindi caratterizzata dalla sovrapposizione di unità idrogeologiche che costituiscono il raggruppamento di più unità litologiche, susseguenti in ordine deposizionale od eteropiche tra loro. Possono essere 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 è considerato con permeabilità omogenea (escludendo ovviamente le porzioni lungo le principali faglie o fratture) per le singole litozone influenzate dalla presenza di un sistema di fratturazione pervasivo, il cui sviluppo è correlato alla storia geologica della singola litozona ed alla sua natura litologica. Le evidenze di questa fratturazione sulla circolazione sotterranea delle acque sono molto variabili, da modeste in corrispondenza delle rocce argillitiche, a più marcate in corrispondenza degli affioramenti carbonatici. La fratturazione è quindi l'elemento che condiziona l'efficace azione di drenaggio delle acque sotterranee, soprattutto nelle porzioni a quota più elevata dove affiorano le formazioni di Sedrina, della Dolomia a Conchodon e della Dolomia Principale. Condizione intermedia si colloca la formazione del Calcare di Zu.

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

I depositi superficiali e le formazioni rocciose costituenti il substrato dell'area studiata sono stati suddivisi in classi di permeabilità, sulla base della seguente suddivisione (da CNR – Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche):

Classe di permeabilità	Valori di permeabilità (k=m/s)
Molto ridotta	$k < 10^{-8}$
Ridotta	$10^{-8} < k < 10^{-6}$
Medio ridotta	$10^{-6} < k < 10^{-4}$
Media	$10^{-5} < k < 10^{-3}$
Medio alta	$10^{-4} < k < 10^{-2}$
Alta	$k > 10^{-2}$

Per quanto riguarda gli ammassi rocciosi la classe a permeabilità maggiore utilizzata è quella media, anche se riguarda litofacies che possono essere localmente interessate da reticoli carsici entro i quali il tempo di percorrenza delle acque sotterranee può essere molto più rapido.

La suddivisione adottata per le formazioni rocciose (affioranti e subaffioranti) che costituiscono il substrato è la seguente:

Classi di permeabilità	Valori di permeabilità (k=m/s)	Formazioni
Alta	$k > 10^{-2}$	Dolomia Principale Depositi di versante cementati
Medio alta	$10^{-4} < k < 10^{-2}$	Calcare di Sedrina Formazione dell'Albenza (Dolomia a Conchodon Auct.) Calcare di Zu indistinto e litozona superiore Dolomie Zonate Calcare di Angolo
Medio – ridotta	$10^{-6} < k < 10^{-4}$	Calcare di Moltrasio Calcare di Zu litozona inferiore Calcare di Zorzino
Molto ridotta	$k < 10^{-8}$	Argillite di Riva di Solto indistinto e litozona inferiore
Ridotta	$10^{-8} < k < 10^{-6}$	Argillite di Riva di Solto litozona superiore Formazione di San Giovanni Bianco

Relativamente ai depositi superficiali, la suddivisione adottata è più articolata rispetto a quella relativa alle rocce, in quanto per alcune tipologie di depositi cartografati con lo stesso significato sulla carta di inquadramento geologico – strutturale in scala 1:10.000, è stato necessario effettuare delle distinzioni in classi di permeabilità diverse, in funzione delle caratteristiche granulometriche effettivamente riscontrate durante il rilievo in sito, e connesse anche con l'età dei depositi stessi. La suddivisione adottata è la seguente:

Classe di permeabilità	Valori di permeabilità (k=m/s)	Tipologia dei depositi superficiali
Molto ridotta	$k < 10^{-8}$	Paleosuoli (Alteriti) Depositi lacustri e di torbiera (Sintema del Po)
Ridotta	$10^{-8} < k < 10^{-6}$	Depositi colluviali (Sintema del Po)
Medio ridotta	$10^{-6} < k < 10^{-4}$	Depositi glaciali (Supersintema di Lenna) Depositi di versante (Gruppo Prato Grande) Depositi di frana a matrice prevalente (Sintema del Po) Depositi di origine mista (Sintema del Po)
Media	$10^{-5} < k < 10^{-3}$	Depositi di falda (Supersintema di Lenna) Depositi di versante (Sintema del Po)
Medio alta	$10^{-4} < k < 10^{-2}$	Depositi di versante (Gruppo Valle dei Tetti)

Classe di permeabilità	Valori di permeabilità (k=m/s)	Tipologia dei depositi superficiali
		Depositi da trasporto di massa (Supersistema di Lenna) Depositi detritici di versante (Sistema del Po) Depositi di debris flow (Sistema del Po) Depositi alluvionali (Sistema del Po)
Alta	$k > 10^{-2}$	Depositi di frana a blocchi prevalenti (Sistema del Po)

3.4 PERICOLOSITÀ SISMICA

In questo capitolo sono descritte le metodologie ed i risultati dello studio utile per definire la componente sismica per il PGT. Le metodologie applicate, per quanto possibile, sono conformi ai contenuti della DGR IX/2616/2011; in particolare si sono applicati il primo e secondo livello inerenti la fase di pianificazione, come definiti dalla citata DGR.

I risultati dell'analisi di primo livello sono stati sintetizzati in Tavola 05 che definisce gli scenari di Pericolosità Sismica Locale (PSL); in tale tavola sono delimitati i contesti geologico – morfologici che, in caso di sisma, possono sviluppare uno o più fenomeni favorevoli ad un incremento del risentimento sismico.

In Tavola 05 si hanno inoltre altri areali omogenei per i quali la normativa prevede approfondimenti di III livello (approfondimenti in fase di progettazione) senza ulteriori valutazioni in fase di pianificazione.

Nel caso di Vedeseta, la tavola inerente l'analisi di primo livello presenta una situazione molto articolata, dominata da ambienti in cui sono presenti molte degli scenari di amplificazione del moto sismico identificati dalla DGR IX/2616/2011.

I risultati dell'analisi di secondo livello identificano, per areali omogenei, i fattori d'amplificazione riferiti a due intervalli di periodi (0,1 – 0,5 s e 0,5 – 1,5 s); il fine delle analisi di II livello è verificare se i fattori di amplificazione specificati nelle norme nazionali sono adeguati alla specifica situazione geologica. Nel caso di Vedeseta, l'analisi di secondo livello è basata su dati stratigrafici puntuali estesi arealmente sulla base delle informazioni stratigrafiche e geologiche precedentemente riportate.

Gli scenari che in cui è obbligatoria l'esecuzione dell'analisi di III Livello (direttamente da normativa o a seguito di valutazioni di II Livello) sono stati riportati sulla carta di fattibilità.

3.4.1 Inquadramento sismotettonico

L'inquadramento geo – tettonico è 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)

3.4.1.1 *Assetto tettonico*

L'attuale assetto tettonico dell'area 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 14).

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.

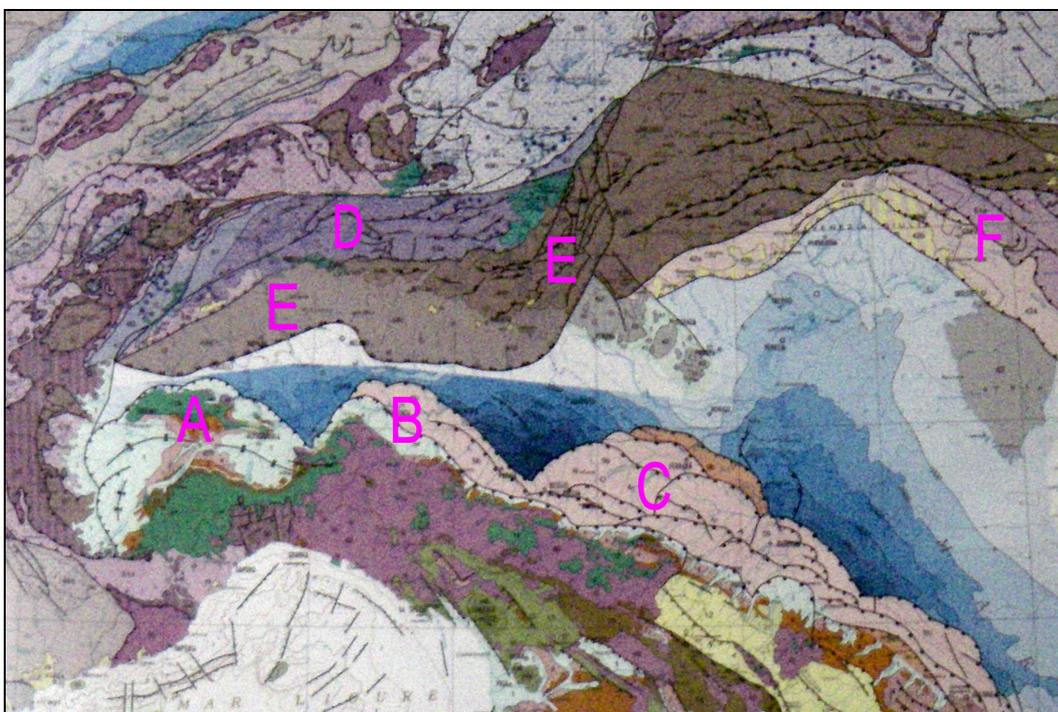


Figura 14: Estratto dal modello strutturale d'Italia (CNR, 1983) per l'ambito padano. Si possono osservare i due principali sistemi arcuati, Nordappenninico e Sudalpino, divisi dalla copertura Quaternaria indeformata. "A" Pieghe del Monferrato, "B" Pieghe Emiliane, "C" Pieghe Romagnole – Ferraresi, "D" Arco Orobico, "E" Arco delle Giudicarie – Val Trompia. "F" Arco del Friuli – Venezia – Giulia.

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 colli-

dente 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 14).

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 complesso fronte esterno concavo di età Pliocenica – Quaternaria, ed è la principale zona simogena 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.

3.4.1.2 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 (Pga: accelerazione di picco attesa) sia in termini di intensità macrosismica (I_{MCS}).

3.4.1.2.1 Cenni di sismicità storica e strumentale

Per la definizione delle caratteristiche sismiche generali del Comune ci si è avvalsi 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 Vedeseta come un territorio interessato da un'attività sismica di moderata entità che, pur tuttavia, non deve essere sottovalutata.

Anno	Località	Lat	Lon	M
1576	Bergamo	45,694	9,67	4,51
1593	Bergamo	45,694	9,67	4,93
1606	Bergamo	45,694	9,67	4,93
1661	Bergamasco	45,705	9,799	4,68
1882	Rovetta	45,878	9,926	4,91
1887	Lecco	45,827	9,361	4,12
1918	Lecchese	45,778	9,631	4,97
1961	Caprino Bergamasco	45,717	9,567	4,70
1967	Lecchese	-	-	4,52
1979	Capriate S. Gervasio	45,637	9,555	4,85
1995	Brescia – Bergamo	45,709	9,927	4,54

Tabella 7: Eventi sismici occorsi nel raggio di 25 chilometri da Vedeseta tra il 200 a.C. e il 2002 d.C. (Gruppo di Lavoro CPTI, 2011).

L'evento sismico più prossimo a Vedeseta contenuto nel Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI), un catalogo di eventi sismici occorsi nel territorio italia-

no tra il 200 a.C. e il 2002 d.C. (Gruppo di Lavoro CPTI, 2011), è un evento di magnitudo 4,7 accaduto nel 1961 in corrispondenza dell'abitato di Caprino Bergamasco (si veda a questo proposito Tabella 7).

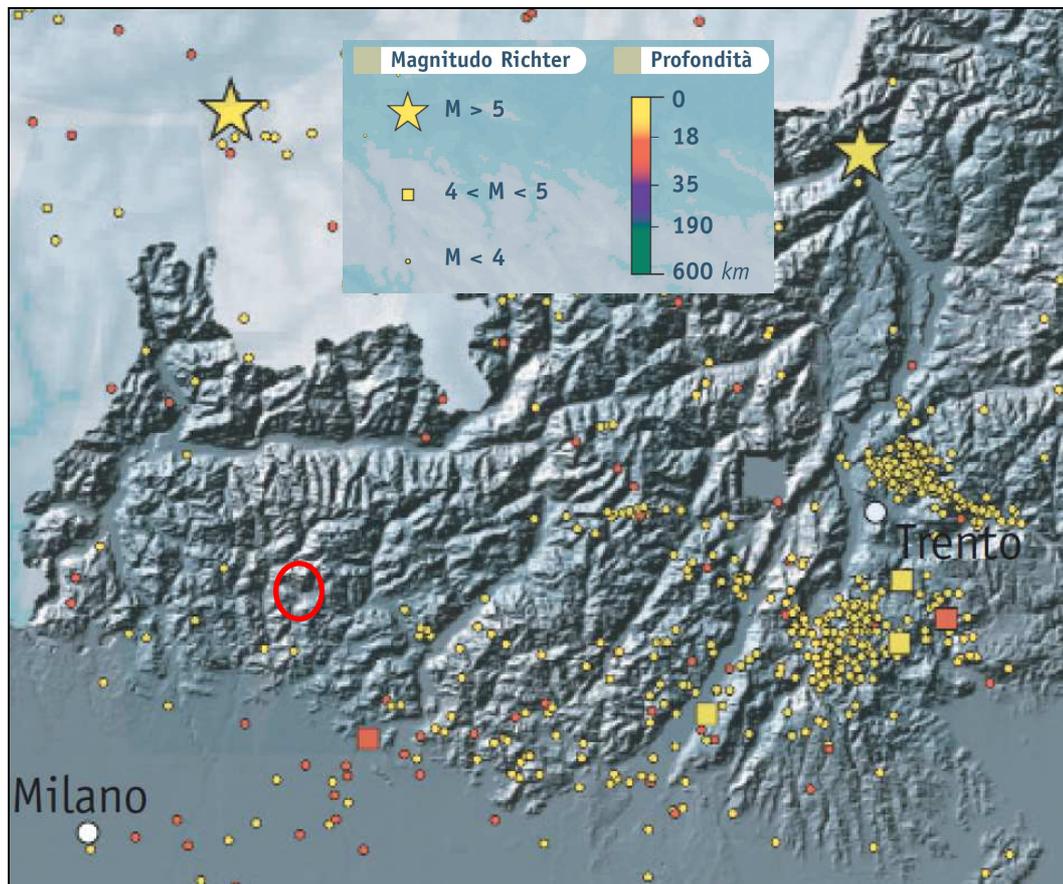


Figura 15: Sismicità strumentale dell'area (in rosso evidenziata l'area del comune).

Nel complesso, la sismicità sopra descritta mostra eventi di energia non elevata (magnitudo M_s inferiore a 5,0); l'unico evento che parzialmente contraddice quest'osservazione è l'evento di magnitudo 5,36 (M_s) avvenuto nel 1396, con località epicentrale indicata nel catalogo CPTI come "Monza"

Osservando i campi quotati contenuti nel database macrosismico italiano (<http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04/>), non s'individuano osservazioni macrosismiche relative a Veduggio.

La sismicità strumentale contenuta nel catalogo CSI (Catalogo Strumentale della Sismicità Italiana; Castello et al., 2006) mostra uno schema di distribuzione degli eventi differente rispetto a quella inerente la sismicità storica. In vicinanza dell'area indagata, infatti, la sismicità strumentale è disposta lungo una fascia allungata in direzione NE – SO che dalla zona a nord di Brescia passa a sud del Lago d'Iseo e quindi scende verso la pianura in direzione di Lodi. La profondità ipocentrale degli eventi è in media inferiore a 30 km.

3.4.1.2.2 Quadro normativo nazionale

L'approvazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 14 gennaio 2008) ha

modificato il concetto di zonazione sismica e, conseguentemente, il criterio di calcolo delle azioni sismiche da utilizzare nella progettazione di edifici e strutture. Le NTC08 partono da una pericolosità sismica di base calcolata su una griglia a maglia regolare con lato di 5 km che copre l'intero territorio italiano (si veda Figura 16).

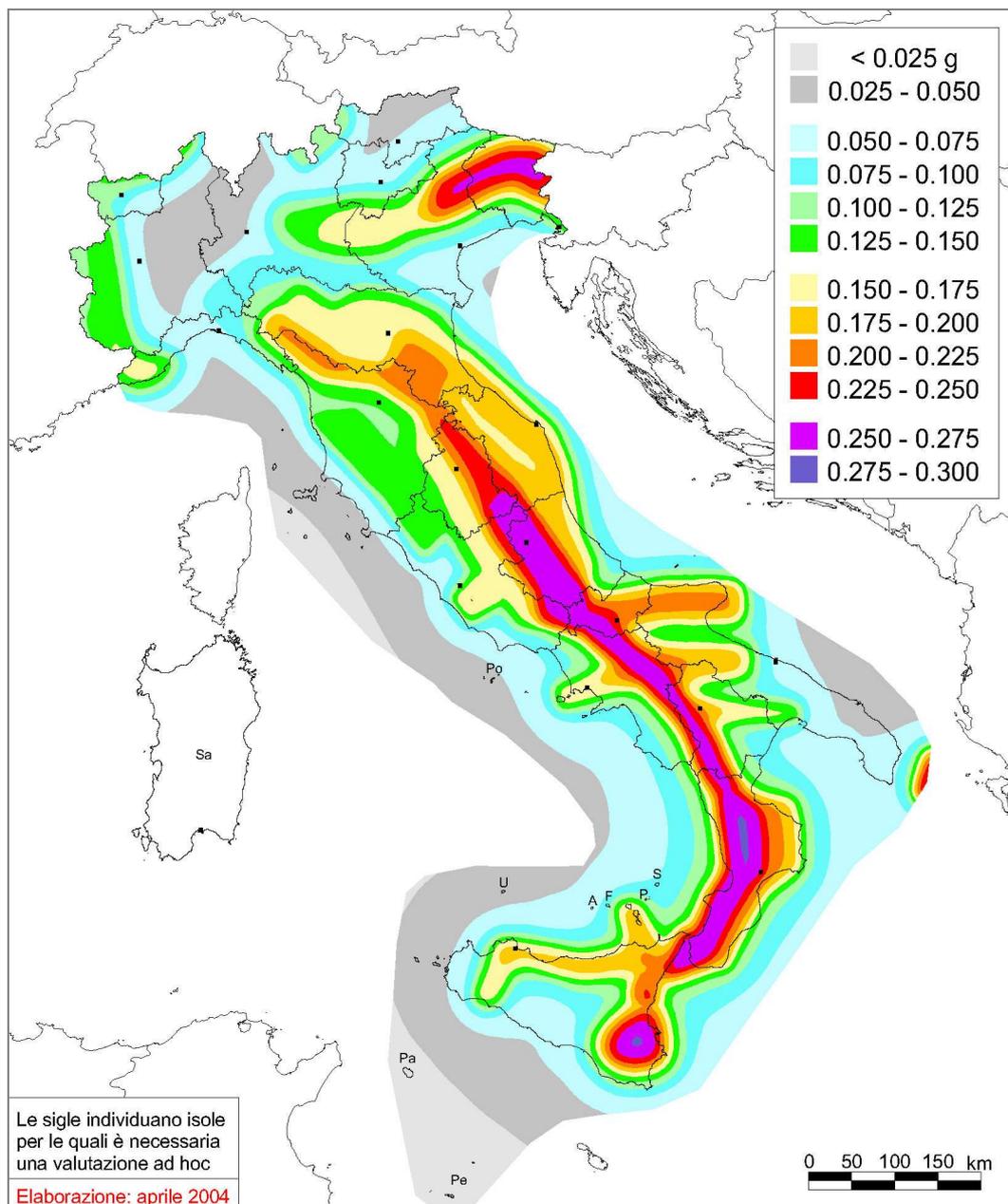


Figura 16: Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (riferimento: Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n. 3519, All. 1b) espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ($V_s > 800$ m/s; cat. A, punto 3.2.1 del 30 DM 14 settembre 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 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 fissava 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 17.
- ◆ 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 Vedeseta ricade in classe sismica 4 (OPCM 3274/2003 ed DGR VII/14964/2003) a "bassa sismicità" (come definita dal DM 31 luglio 2012); tale 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 Tabella 8.

Classe	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (m/s²)
1	> 0,25
2	0,15 – 0,25
3	0,05 – 0,15
4	< 0,05

Tabella 8: Corrispondenza tra Classi ed Accelerazione ricavata dall'OPCM 3274/2003. Il comune di Vedeseta nell'allegato A alle Norme Tecniche per le Costruzioni, denominato "Pericolosità Sismica" ricade con una superficie abbastanza omogeneamente ripartita in quattro celle, che sono caratterizzate dai parametri a_g , F_0 e T_C riportati in Tabella 9.

In particolare, è interessante osservare il parametro a_g , descrittivo del valore di scuotimento atteso (la sua unità di misura è in frazioni dell'accelerazione di gravità, g) per diversi periodi di ritorno. Il valore medio di a_g del territorio comunale (media dei valori delle quattro celle 10489, 10490, 10268 e 10267), caratterizzato da un periodo di ritorno T_R pari a 475 anni, ovvero contraddistinto da una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, corrisponde a 0,059 g .

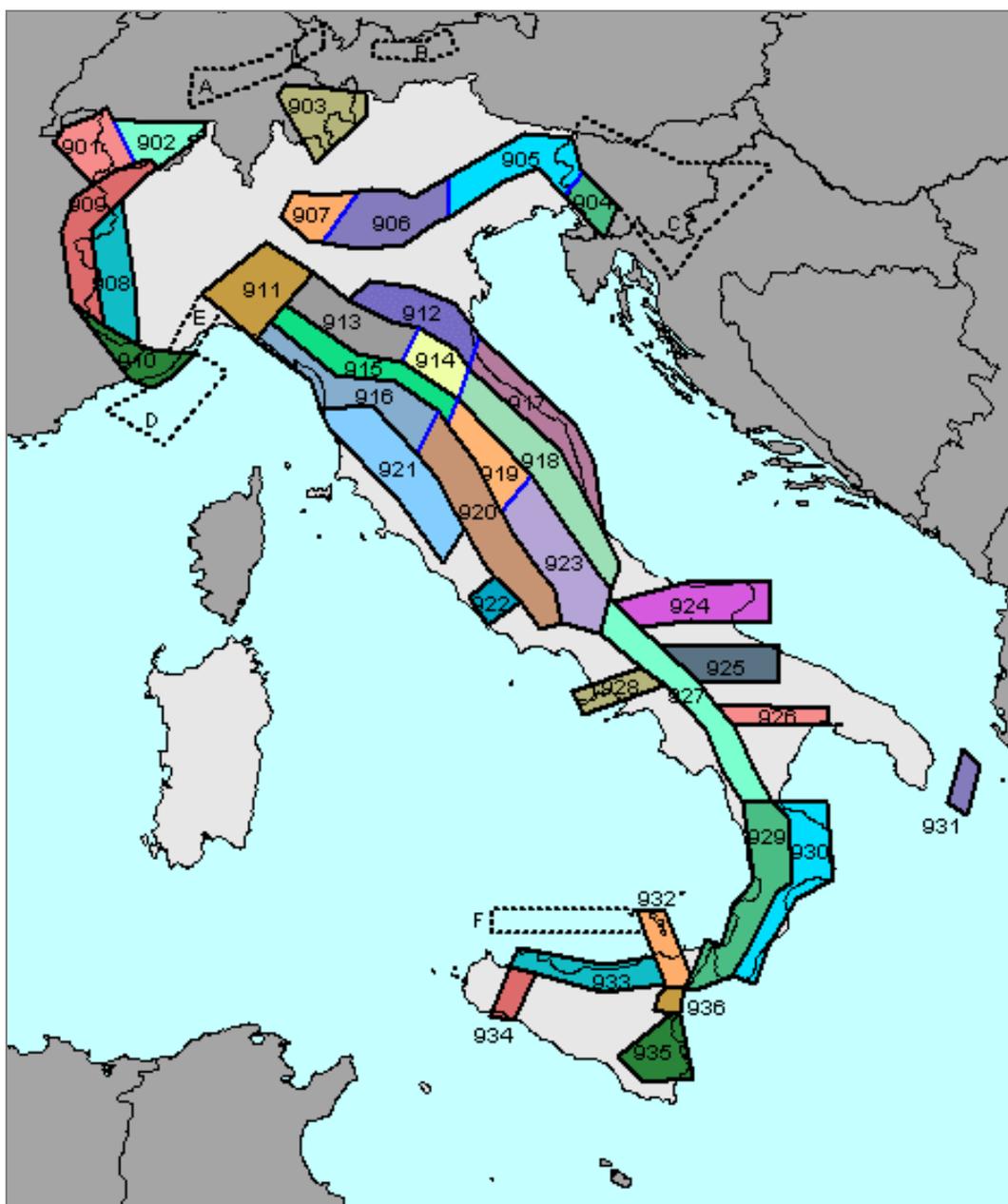


Figura 17: Zonazione Sismogenetica ZS9.

ID Cella	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]
10489	0,582	2,63	0,28
10490	0,640	2,59	0,28
10268	0,577	2,64	0,28
10267	0,537	2,65	0,28

Tabella 9. Valori dei parametri di a_g , F_0 e T_C^* previsti dalle Norme Tecniche per le Costruzioni per il comune di Veduggia (BG) e con T_R di 475 anni.

Dai valori di scuotimento atteso riportati in Tabella 9, rispetto alla classificazione operata dalla Regione Lombardia di cui alla DGR VII/14964/2003, il comune di

Vedeseta non risulta correttamente inserito in Classe 4 di cui all'OPCM 3274/2003 in quanto l'accelerazione attesa è superiore a 0,05 g (il valore medio delle quattro celle è 0,059). 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 che ne ha differito l'applicazione) viene proposta una nuova classificazione sismica del territorio regionale con classificazione del Comune in Classe 3.

Stante questi elementi, le valutazioni sulla pericolosità sismica locale che seguono sono state effettuate assumendo che il Comune di Vedeseta sia in Classe 3 (sono effettuate le valutazioni di secondo livello di cui al capitolo 3.4.2.3.2 e per l'intero territorio comunale) e, pertanto, all'entrata in vigore della DGR X/2129/2014 il presente studio risulterà già adeguato alla nuova classificazione sismica.

3.4.2 Analisi e valutazione degli effetti sismici locali: aspetti metodologici

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 ultime, attraversano il mezzo con modalità diverse, 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).

L'evento sismico è un evento complesso capace di generare diverse tipologie fenomeni, e quindi di pericolosità; 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. innescamento dinamico di frane, fenomeni di liquefazione dei terreni, ecc.) caratterizzati da un elevato tasso 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 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. 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 NTC08 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 e dell'assetto geomorfologico locale, si distinguono due grandi gruppi di effetti locali: quelli di sito o di amplificazione sismica locale e quelli di instabilità.

3.4.2.1 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 di ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico coinvolgente una formazione rocciosa di base (bedrock) subisce durante l'attraversamento degli strati di terreno sovrastanti per via dell'interazione delle onde sismiche con le 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;

- ♦ 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 sia una amplificazione locale delle azioni sismiche trasmesse dal terreno, sia fenomeni di risonanza fra onda sismica incidente e modi di vibrare del terreno sia, infine, fenomeni di doppia risonanza fra periodo fondamentale del moto sismico incidente e modi di vibrare del terreno e della sovrastruttura.

3.4.2.2 Effetti di instabilità

Interessano tutti gli areali che mostrano un comportamento instabile, o potenzialmente instabile, rispetto alle sollecitazioni sismiche attese e sono rappresentati, in generale, da fenomeni di instabilità che generano veri e propri collassi o movimenti di grandi masse di terreno, incompatibili con la stabilità delle strutture. Le instabilità sono rappresentate da fenomeni diversi a seconda delle condizioni presenti nel sito.

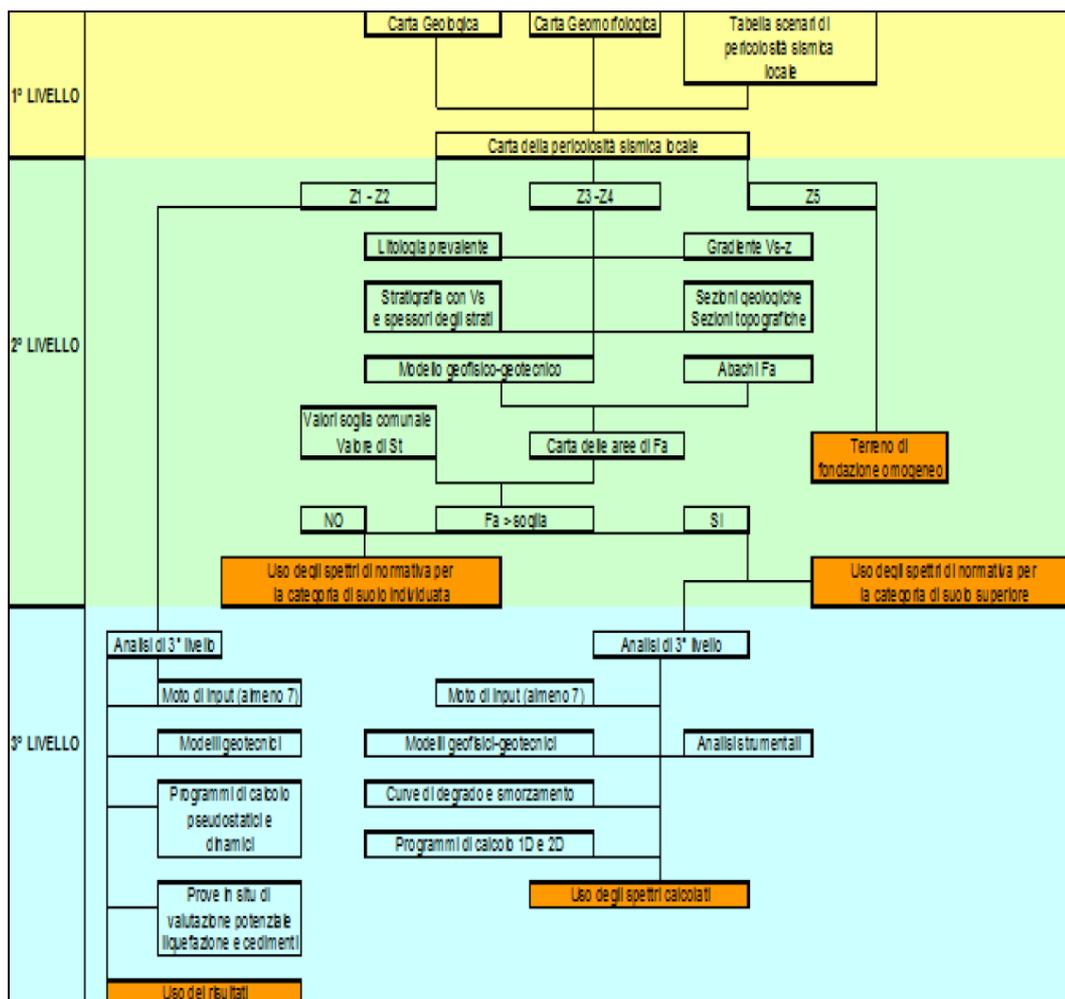


Diagramma 1: Diagramma di flusso dei dati necessari e dei percorsi da seguire nei tre livelli di indagine.

3.4.2.3 *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. 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 il terzo livello di indagine è quello di supporto progettazione.

3.4.2.3.1 *Primo livello*

Il primo livello di approfondimento è obbligatorio per tutti i Comuni. Consiste in un approccio di tipo qualitativo (empirico) e costituisce lo studio propedeutico ai successivi livelli di approfondimento. 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 (geologia e dissesti), risultati di indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche già svolte (che devono essere oggetto di un'analisi mirata alla definizione delle condizioni locali come spessore delle coperture e condizioni stratigrafiche generali), posizione e regime della falda, 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, si ricava la:

- ♦ *Carta della Pericolosità Sismica Locale (PSL)*: contiene aree delimitate alla luce (1) dei criteri riportati in Tabella 10 e (2) dell'assetto geologico e geomorfologico descritto nella cartografia geologica e geomorfologica.

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

Zona	Scenario di pericolosità locale	Effetti attesi
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 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 10: Scenari di pericolosità sismica locale contenuti nel DGR IX/2616/2011, allegato 5.

In particolare la Tabella 10 contiene cinque principali tipologie di scenario, cioè 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.

3.4.2.3.2 Secondo livello

Il secondo livello è obbligatorio, per i Comuni ricadenti nelle zone sismiche 2 e 3, entro gli areali suscettibili di amplificazioni sismiche morfologiche e litologiche (scenari Z3 e Z4) individuati nell'analisi di primo livello e interferenti con l'urbanizzato e/o con le aree di espansione urbanistica. Gli approfondimenti di secondo livello non sono necessari per quegli areali che, per situazioni geologiche, geomorfologiche e ambientali, o perché sottoposte a vincolo da particolari normative, siano considerate inedificabili, fermo comunque gli obblighi derivanti dall'applicazione di altra normativa specifica.

Per i Comuni ricadenti in zona sismica 4, l'analisi di secondo livello deve essere applicata negli scenari PSL Z3 e Z4 nei quali è prevista la costruzione di nuovi edifici strategici e rilevanti di cui al DDUO 19904/2003, ferma restando la facoltà dei Comuni di estenderlo anche alle altre porzioni di territorio comunale / categorie di edifici.

La procedura consiste in un approccio di tipo semiquantitativo e fornisce la stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di amplificazione (Fa); gli studi sono condotti con metodi quantitativi semplificati, validi per la valutazione delle amplificazioni litologiche e morfologiche e sono utilizzati per zonare l'area comunale in funzione del valore di Fa.

Il valore di F_a è prefissato dalla normativa regionale e 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 scelti in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie frequentemente presenti nel territorio regionale: 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 secondo 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 è causata dall'impiego, per la messa a punto della scheda di valutazione, di codici di calcolo di tipo bidimensionale che sono risultati più sensibili all'influenza del moto di input nell'intervallo di periodo 0,5 – 1,5 s.

3.4.2.3.2.1 *Amplificazione litologica*

La procedura semplificata richiede la conoscenza dei seguenti parametri:

- ◆ litologia dei materiali presenti nel sito;
- ◆ stratigrafia del sito;
- ◆ andamento delle V_s con la profondità, fino a valori pari o superiori a 800 m/s (velocità del substrato sismico o bedrock sismico). La conoscenza degli spessori e delle V_s può essere ottenuta utilizzando qualsiasi metodo di indagine, diretto ed indiretto, che sia in grado di fornire un modello geologico e geofisico del sottosuolo attendibile in relazione alla situazione geologica del sito e il più dettagliato possibile nella parte più superficiale per una corretta individuazione dello strato superficiale. In mancanza del raggiungimento del bedrock sismico ($V_s \geq 800$ m/s) con le indagini è possibile ipotizzare un opportuno gradiente di V_s con la profondità sulla base dei dati ottenuti dall'indagine, tale da raggiungere il valore di 800 m/s;
- ◆ spessore 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 V_s e del gradiente del peso di volume naturale con la profondità si sceglie l'abaco di riferimento. In funzione dello spessore e della velocità $V_s^{(3)}$ dello strato superficiale si sceglie la curva più appropriata per la valutazione del valore di F_a 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 V_s è uguale o superiore 800 m/s ed utilizzando la seguente equazione:

³ Nel caso il valore di V_s dello strato superficiale risulta pari o superiore ad 800 m/s non si applica la procedura semplificata per la valutazione del F_a in quanto l'amplificazione litologica attesa è nulla ($F_a = 1,0$).

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

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

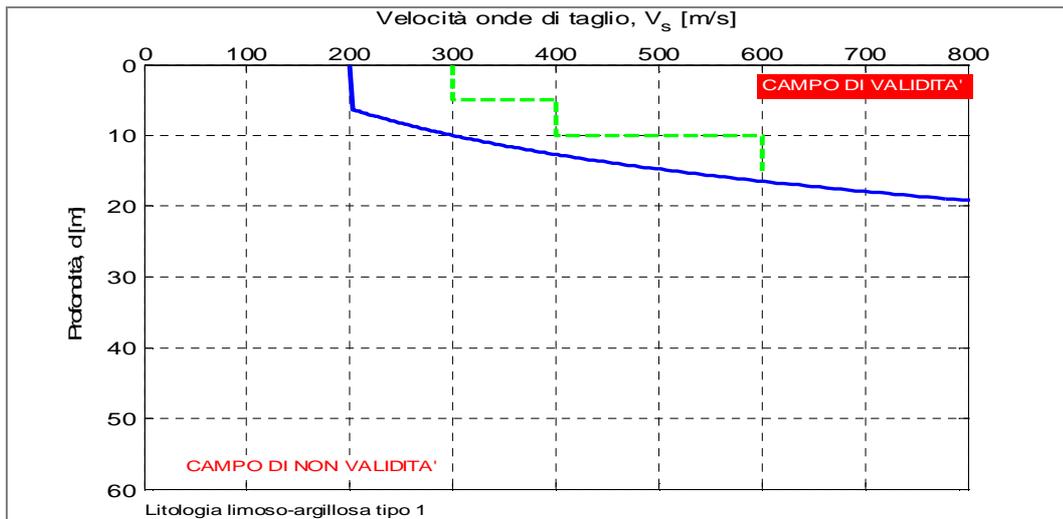


Figura 18: Esempio di scheda di valutazione. La linea blu separa il campo di validità dal campo di non – validità. La linea tratteggiata verde mostra un ipotetico profilo di V_s che rientra completamente nel campo di validità. In questo esempio è possibile quindi applicare le successive fasi di valutazione al fine di stimare il fattore di amplificazione.

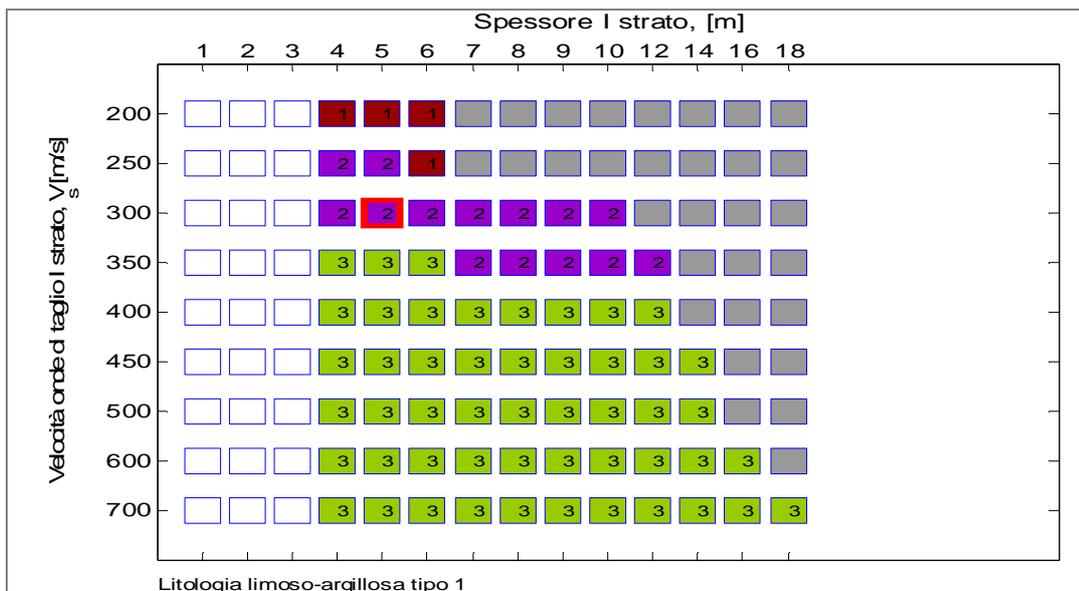


Figura 19: Esempio di scheda per la selezione della tipologia di curva da utilizzare per la determinazione di F_a (intervallo di periodi 0,1 – 0,5 s). In questo caso la cella selezionata ha indice 2, quindi la curva che mette in relazione il periodo proprio del terreno con il Fattore di Amplificazione $F_{a,0,1-0,5}$ da impiegare è la numero 2.

La valutazione del grado di protezione viene effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando il valore di F_a ottenuto dalle schede di valutazione con un parametro di analogo significato calcolato per ciascun comune e per le diverse categorie di suolo (da NTC) 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.

Il parametro calcolato per ciascun Comune della Regione Lombardia, è riportato in una banca dati regionale (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 F_a e di confrontarlo con il corrispondente valore di soglia, considerando una variabilità di + 0,1 che tiene conto della variabilità del valore di F_a ottenuto.

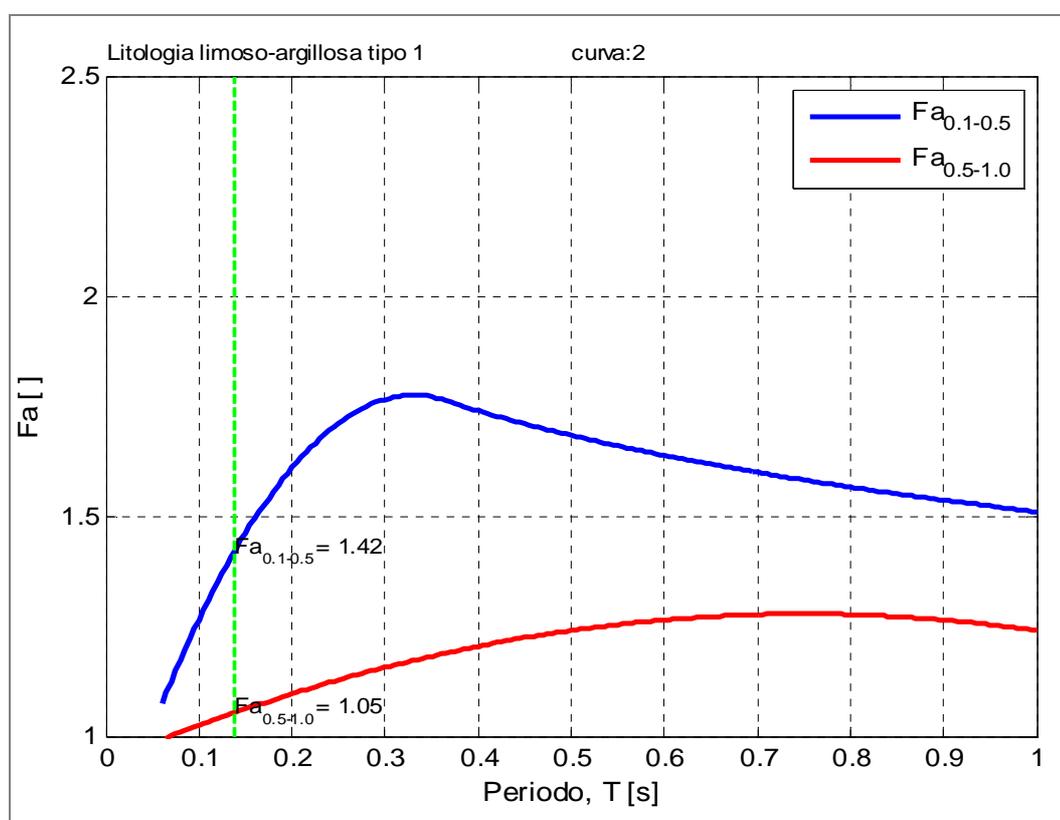


Figura 20: Esempio di un grafico per il calcolo del valore di F_a (negli intervalli di periodi 0,1 – 0,5 s – curva blu – e 0,5 – 1,0 s – curva rossa –).

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: se il profilo rientra nel campo di validità si passa al punto 2.

Nel caso in cui non fosse verificata la validità si passerà all'utilizzo della sche-

da in ordine successivo rispetto a quelle riportate in allegato 5 della DGR IX/2616/2011. In presenza di una litologia non contemplata dalle schede di valutazione allegate sono previsti quattro casi:

- (1) la scheda di valutazione che presenta l'andamento delle Vs con la profondità più simile a quella riscontrata nell'indagine;
 - (2) nel caso esista la scheda di valutazione per la litologia esaminata ma l'andamento delle Vs con la profondità non ricade nel campo di validità della scheda potrà essere scelta un'altra scheda che presenti l'andamento delle Vs con la profondità più simile a quella riscontrata nell'indagine
 - (3) nel caso di presenza di alternanze litologiche, che non presentano inversioni di velocità con la profondità, si potranno utilizzare le schede a disposizione solo se l'andamento dei valori di Vs con la profondità, nel caso da esaminare, risulta compatibile con le schede proposte;
 - (4) in presenza di alternanze litologiche con inversioni di velocità con la profondità si potrà utilizzare la scheda di valutazione che presenta l'andamento delle Vs con la profondità più simile a quella riscontrata nell'indagine e si accetteranno anche i casi in cui i valori di Vs escano dal campo di validità solo a causa dell'inversione.
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 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 – 1,0 s) dipendente dal periodo fondamentale del terreno connesso alla categoria di suolo definita nelle NTC08 (si veda Tabella 11); le categorie speciali di suolo, in tale elaborazione e per mancanza di previsione specifica della DGR IX/2616/2011, debbono essere ricondotte alle categorie di suolo base (B, C, D o E) sulla base del solo valore di $V_{s,30}$.

CAT.	DESCRIZIONE	PARAMETRI		
		VS30 [m/s]	NSPT [colpi/30 cm]	Cu [kPa]
A	Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 3 m.	> 800	–	–
B	Depositi di sabbie o ghiaie molto adensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di me-	360÷800	> 50	> 250

	tri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} , compresi fra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{spt} > 50$ nei terreni a grana grossa o coesione non drenata > 250 kPa nei terreni a grana fine).			
C	Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di V_{s30} compresi fra 180 e 360 m/s (ovvero $15 < N_{spt} < 50$ nei terreni a grana grossa o $70 < c_u < 250$ kPa nei terreni a grana fine).	180÷360	15÷50	70÷250
D	Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti caratterizzati da valori di $V_{s30} < 180$ m/s (ovvero $N_{sp} < 15$ nei terreni a grana grossa o $c_u < 70$ kPa nei terreni a grana fine).	< 180	< 15	< 70
E	Profili di terreno costituiti da strati superficiali non litoidi (granulari o coesivi), con valori di V_{s30} simili a quelli delle classi C o D e spessore compreso fra 5 e 20 m, giacenti su un substrato più rigido con $V_{s,30} > 800$ m/s.	–	–	–

Tabella 11: Categorie di suolo principali previste dalle NTC08.

Una volta calcolati i F_a , l'ultimo passo da compiere prevede il loro confronto con dei valori predeterminati dalla Regione Lombardia per ogni Comune.

Si possono presentare quindi due situazioni:

1. il valore di F_a è inferiore al valore di soglia: le previsioni delle NTC08 sono sufficienti e comprendono quindi 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: le previsioni delle NTC08 sono insufficienti e non comprendono quindi i possibili effetti di amplificazione litologica e quindi è necessario, in fase di progettazione dell'opera o intervento: (1) effettuare analisi più approfondite (terzo livello) o (2) utilizzare lo spettro

di norma caratteristico della categoria di suolo superiore, con il seguente schema:

- ◆ 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 (non si prevede quindi un effetto cumulato delle due condizioni). La scelta dei dati stratigrafici, geotecnici e geofisici, in termini di valori di Vs 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 12:

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

3.4.2.3.2 Amplificazione topografica

Zona di scarpata (Scenario Z3a)

Il materiale costituente il rilievo topografico deve avere le caratteristiche di un suolo di categoria A (V_{s30} maggiore o uguale ad 800 m/s). Le analisi di secondo livello in corrispondenza dello scenario di pericolosità sismica Z3a si ritengono inoltre valide, come indicato dalle indicazioni della Regione Lombardia, quando le onde sismiche sono incidenti verticalmente al sito (condizioni di far – field)

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°.

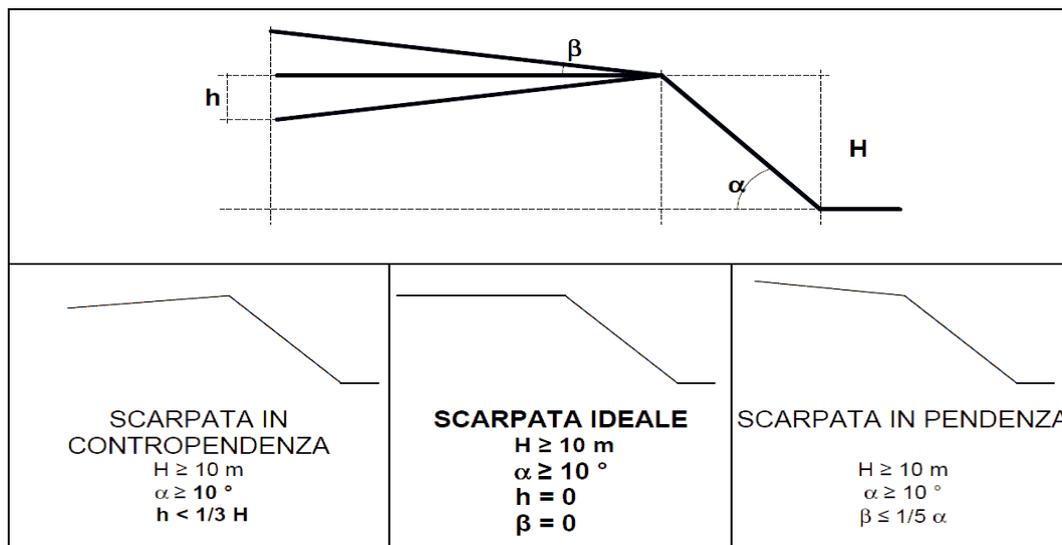


Figura 21: Schemi delle scarpate relative allo scenario Z3a.

In funzione della tipologia del fronte superiore (Figura 21) 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 13 si sceglie, in funzione dell'acclività α , il valore di Fa nell'intervallo 0,1 – 0,5 s.

Classe altimetrica	Classe di inclinazione	Valore di $Fa_{0,1-0,5}$	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 13: Determinazione di Fa e dell'area di influenza in caso di scarpate.

Il valore di Fa 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 al limite esterno dell'area di influenza; lungo il fronte principale tale valore è scalato in modo lineare fino al valore unitario alla base del fronte stesso.

Confrontando i valori di Fa ottenuti con il valore di St delle Norme Tecniche per le Costruzioni. Il valore St rappresenta il valore di soglia, oltre il quale lo spettro proposto dalle NTC08 è insufficiente rispetto alla reale amplificazione presente nel sito.

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

La procedura semplificata è valida per lo scenario di zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo (Z3b), caratterizzata da pendii con inclinazione maggiore o uguale ai 10° ; le caratteristiche del pendio debbono essere identificate 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 anche in questo caso le caratteristiche di un suolo di categoria A (V_{S30} 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.

In Figura 22, 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 Fa nell'intervallo 0,1 – 0,5 s, in base al valore del coefficiente di forma H/L.

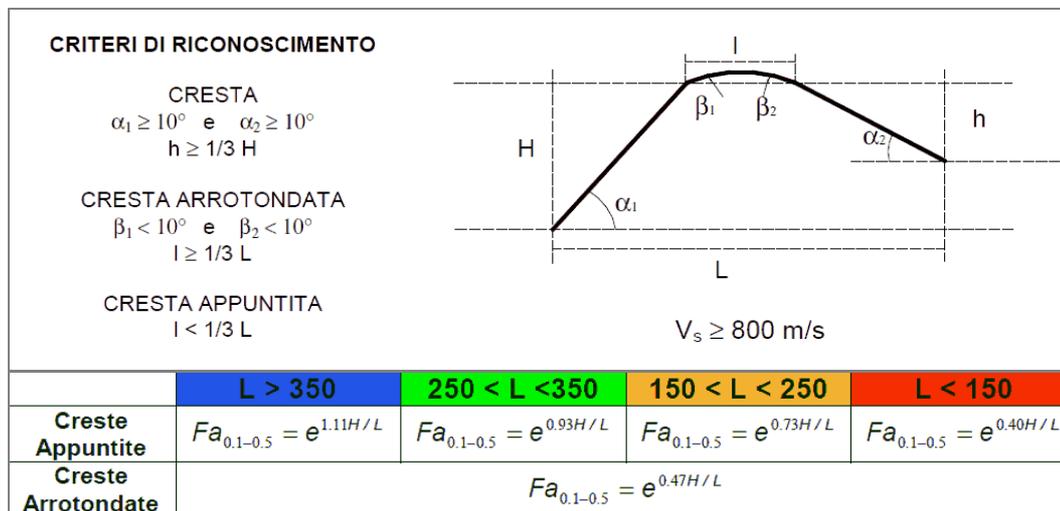


Figura 22: Schemi delle creste relative allo scenario Z3b e modalità di determinazione di Fa.

Il valore di Fa 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 Fa 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), è effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando i valori di Fa ottenuti con il valore di St delle Norme Tecniche per le Costruzioni. Il valore St rappresenta il valore di soglia, oltre il quale lo spettro proposto dalle NTC08 è insufficiente rispetto alla reale amplificazione presente nel sito.

La procedura prevede, pertanto, di valutare il valore di Fa 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 Fa ottenuto dalla procedura semplificata.

Si possono presentare, quindi, due situazioni:

- ◆ il valore di Fa è inferiore al valore di soglia: le previsioni delle NTC08 sono sufficienti e comprendono quindi i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e si applica quindi lo spettro previsto dalla normativa;
- ◆ il valore di Fa è superiore al valore di soglia: le previsioni delle NTC08 sono

insufficienti e non comprendono quindi i possibili effetti di amplificazione litologica e quindi è necessario, in fase di progettazione dell'opera od intervento, effettuare analisi di terzo livello in fase di progettazione.

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 effettuare analisi di terzo livello in fase di progettazione.

3.4.2.3.3 Terzo livello (fase di progettazione)

In fase di progettazione, come attuazione delle previsioni del II° livello, è previsto il III° livello; questo si applica 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 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 14.

Zona sismica	I° livello (fase pianificatoria)	II° livello (fase pianificatoria)	III° 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 zone Z3 e Z4 quando F_a calcolato > valore soglia comunale. Nelle zone Z1 e Z2.
4	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 solo in areali destinati ad 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 (ferma restando la facoltà dei Comuni di estenderlo anche alle altre categorie di e-	Nelle zone Z3 e Z4 quando F_a calcolato > valore soglia comunale. Nelle zone Z1 e Z2 per edifici strategici e rilevanti (ferma restando la facoltà dei Comuni di estenderlo anche alle altre categorie di edifici).

		difici).	
--	--	----------	--

Tabella 14: Livelli di approfondimento e fasi di applicazione. Per gli scenari Z5 è necessario prevedere una omogeneizzazione artificiale del terreno di fondazione omogeneo; nell'impossibilità di ottenere tale condizione, si dovranno prevedere opportuni accorgimenti progettuali atti a garantire la sicurezza dell'edificio.

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. Nel seguito si forniscono alcuni suggerimenti per l'effettuazione delle analisi di III° livello in fase di progettazione.

3.4.2.3.3.1 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 diverse per le varie tipologie di movimenti franosi; per i movimenti franosi tipo scivolamenti (rotazionali e traslazionali) – che sono i più comuni – 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 in cui si prevede di intervenire (o nell'area di influenza di questa), 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 conto, però, la contemporanea variazione di alcuni parametri quali contenuto d'acqua e carichi a-

genti (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 situ 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 cinatismi 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 in cui sono previsti gli interventi, forniranno livelli di pericolosità a cui è sottoposta l'area in esame con individuazione delle possibili traiettorie di movimento, le relative aree di influenza e la statistica degli arrivi.

3.4.2.3.3.2 *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 ed utilizzando procedure note in letteratura⁽⁴⁾. Anche per il calcolo di possibili cedimenti che possono verificarsi sia in presenza di sabbie

⁴ Crespellani T., 1991. La liquefazione del terreno in condizioni sismiche. Zanichelli, Bologna, pp 185 ed altre più recenti

sature sia in presenza di sabbie asciutte, si fa riferimento ai risultati di prove in situ, utilizzando procedure note in letteratura.

3.4.2.3.3 *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 situ 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 dell'opera, della complessità geologica dell'area di studio e del metodo di elaborazione scelto. Le registrazioni possono riguardare il 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), qualificati tramite informazioni sismologiche dell'area in esame al fine di definire la direzionalità del segnale sismico e la geometria della zona sismogenetica – sorgente. Le tracce dei segnali di registrazione devono essere processate tenendo conto delle diverse condizioni di installazione degli strumenti e delle diverse condizioni di acquisizione dei dati. In caso di utilizzo di 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.

La metodologia numerica consiste nella modellazione di situazioni reali mediante un'adeguata e dettagliata caratterizzazione geometrica e meccanica del sito, 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. È 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; 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 analisi geotecniche dinamiche integrative atte a rilevare il comportamento del bedrock sotto sollecitazione e necessità di effettuare 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.

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.

Per lo sviluppo del III° Livello di cui alla DGR IX/2616/2011 (analisi effetto sismico in fase di progettazione) la Regione ha suddiviso il territorio regionale 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 e valori dell'ordinata spettrale massima (NTC08) compresi in un range del $\pm 10\%$ dal valore medio.

Il Comune ricade in **Fascia 3** (un valore crescente indica una accelerazione maggiore). Per ogni fascia sono stati messi a disposizione 5 accelerogrammi registrati (diagramma in funzione del tempo che rappresenta le accelerazioni indotte al suolo in un dato sito, durante un evento sismico); tali accelerogrammi, come previsto dalle NTC08 e dalla Circolare 2009, sono da utilizzarsi nelle analisi dinamiche dei sistemi geotecnici nella fascia corrispondente (FASCIA1 – FASCIA8).

Nelle Norme e nella Circolare, infatti, è esplicitamente richiesto nelle analisi dinamiche dei sistemi geotecnici (amplificazioni, frane, ecc.) l'uso di 5 accelerogrammi registrati rappresentativi della sismicità del sito, 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

Gli accelerogrammi vengono utilizzati, per l'analisi dinamica non lineare delle strutture, poiché consentono di ottenere una stima accurata e statisticamente corretta della domanda sismica.

3.4.3 Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito

Gli elaborati di caratterizzazione geologica e geomorfologica non individuano delle zone omogenee in ambito comunale, ma denotano una significativa articolazione di aspetti geomorfologici e caratteristiche geologiche. Si possono comunque individuare tre settori relativamente omogenei: 1) un settore settentrionale ed occidentale caratterizzato da versanti scoscesi e substrato lapideo (coincidente con quello sismico) affiorante o, comunque, caratterizzato da coperture molto modeste; 2) un settore che si sviluppa nella porzione centro meridionale del territorio comunale in cui sono ubicati i principali nuclei edificati, caratterizzato da formazioni argillitiche e segnato da deformazioni gravitative profonde di versante (DGPV), il cui substrato sismico può risultare a profondità significative per la presenza dei fenomeni gravitativi che hanno profondamente disarticolato il substrato prequaternario; 3) porzioni variamente distribuite in ambito comunale e caratterizzate dalla presenza di ambienti a morfologia moderatamente acclive e substrato sismico relativamente superficiale.

3.4.3.1 Primo livello

Il primo livello d'indagine ha portato a mappare la pericolosità sismica locale sulla base delle caratteristiche geologiche e geomorfologiche del territorio. Analizzando in dettaglio gli scenari di pericolosità contenuti in Tabella 10 si sono individuati in ambito comunale:

- ◆ Zone caratterizzate da fenomeni di instabilità dei versanti o potenzialmente instabili (**Z1**): tali aree sono distribuite in tutto il territorio comunale;
- ◆ Zone esposte a fenomeni di amplificazione topografica (**Z3**): sono presenti in tutto il territorio comunale con netta prevalenza in corrispondenza del settore settentrionale ed occidentale.
- ◆ Zone interessate da fenomeni di amplificazione litologica o geometrica del moto sismico (**Z4**): queste aree sono prevalentemente coincidenti con le DGPV per via della notevole disarticolazione delle litologie del substrato quaternario.

Tra gli scenari geologico – morfologici descritti nella Tabella 10, il territorio di Vedeseta è dominato quindi dagli scenari appartenenti alla categoria Z1, Z3 e Z4. In maggior dettaglio, lo scenario di pericolosità sismica locale principale è lo scenario Z4b definito come "Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio – lacustre" con il quale si sono identificate le aree in DGPV non potendole assimilare queste a fenomeni di instabilità dei versanti o potenzialmente instabili in quanto, in caso di sisma e per via dei bassi valori di magnitudo possibili in quest'area, non si ha l'innescio di dinamiche gravitative ma esclusivamente di amplificazione litologica.

L'allegata Tavola 05 mostra la Pericolosità Sismica Locale ottenuta per il Comune di Vedeseta.

3.4.3.2 Secondo livello

L'indagine di secondo livello si è sviluppata impiegando le indicazioni emerse dall'indagine di I livello e le informazioni contenute nell'allegata cartografia geologico – geomorfologica; non si sono valutati quegli scenari che, una volta individuati in Tavola 05, non rispondano ai requisiti per le necessarie verifiche di II o III livello (esempio scenari morfologici Z3a o Z3b che si sviluppano in ambiti con Vs inferiore a 800 m/s) o, come previsto dalla DGR IX/2616/2011, non sono stati valutati nel secondo livello quegli scenari la cui disamina è relegata direttamente al III livello (scenari Z1 e Z5).

Considerando che i valori di scuotimento atteso riportati in Tabella 9, rispetto alla classificazione operata dalla Regione Lombardia di cui alla DGR VII/14964/2003, il comune di Veduggio non risulta correttamente inserito in Classe 4 di cui all'OPCM 3274/2003 in quanto l'accelerazione attesa è superiore a 0,05 g (il valore medio delle quattro celle è 0,059): pertanto si è proceduto all'esecuzione delle valutazioni di secondo livello ai sensi della DGR IX/2616/2011.

3.4.3.2.1 Approfondimenti negli scenari Z3

Come descritto in precedenza, nella mappa di pericolosità sismica locale sono state inserite aree appartenenti agli scenari Z3, con particolare riferimento a elementi Z3a "Zona di ciglio H > 10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc.)" e Z3b "Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite – arrotondate".

Per tali scenari si applica la procedura descritta nella sezione 3.4.2.3.2.2: in primo luogo, sulla base delle caratteristiche geometriche si è determinato il valore di Fa relativamente al solo intervallo 0,1 – 0,5 s in quanto unico ritenuto significativo per tale amplificazione) e, successivamente, si è confrontato tale valore con il valore del parametro di adeguamento della forma spettrale in relazione alla topografia (S_T) riportato nelle NTC 08 e dipendente dall'assetto morfologico (si veda la Tabella 15).

Cat.	Caratteristiche della superficie topografica	S _T
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con acclività media $i \leq 15^\circ$	1,0
T2	Pendii con acclività media $i > 15^\circ$	1,2
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e acclività media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	1,2
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e acclività media $i > 30^\circ$	1,4

Tabella 15: Parametri di adeguamento forma spettrale in relazione alla topografia.

Scenari Z3a: questo scenario si sviluppa solamente in presenza di substrato roccioso o in zone ove sono presenti modestissimi spessori di coperture; non si sono individuati elementi di questo scenario caratterizzati da depositi quaternari sciolti

di spessore significativo. Sulla base di queste considerazioni, si ritiene che gli elementi di questo scenario si sviluppino solamente su substrato sismico ($V_s > 800$ m/s).

Essendo costituite da materiali lapidei, le scarpate individuate in ambito comunale presentano una acclività della scarpata (α) superiore a 50° ed una acclività del ripiano superiore (β) intorno a $10^\circ - 15^\circ$. Questa morfologia media, derivante da analisi computerizzate, è classificata come "scarpata in pendenza" in Figura 21 e, con riferimento al parametro S_T di Tabella 15, si è in presenza di un assetto topografico T2 a cui corrisponde un valore di S_T pari a 1,2 (corrispondente al valore soglia comunale).

L'altezza delle scarpate è generalmente compresa tra 20 e 40 metri, subordinatamente (lungo il Torrente Enna e nella zona settentrionale del territorio comunale) sono presenti scarpate con altezza superiore a 40 metri. Considerando la condizione più cautelativa tra le due (scarpate con altezza compresa tra 20 e 40 metri), il valore di $Fa_{0,1-0,5}$ vale 1,2 a cui bisogna sommare + 0,1 per tener conto della variabilità del valore di Fa ottenuto dalla procedura semplificata (come stabilito dalla DGR IX/2616/2011); conseguentemente il valore finale di Fa caratteristico per tali scarpate vale 1,3 che risulta superiore al valore soglia comunale.

Gli scenari Z3a sono da evidenziarsi quindi nell'ambito della cartografia di fattibilità in quanto significativi per l'amplificazione locale dell'effetto sismico.

Scenari Z3b: anche questo scenario si sviluppa solamente in presenza di substrato roccioso o in zone ove sono presenti modestissimi spessori di coperture; non si sono individuati elementi di questo scenario caratterizzati da depositi quaternari sciolti. Sulla base di queste considerazioni, si ritiene che gli elementi di questo scenario si sviluppino solamente su substrato sismico ($V_s > 800$ m/s).

Essendo costituite da materiali lapidei, le zone di cresta individuate in ambito comunale presentano una acclività della scarpata (α) superiore a 10° (valori compresi tra 25° e 70°). La larghezza porzione sommitale (I) si presenta molto acuminata rispetto alla larghezza della base (L); questa morfologia media, derivante da analisi computerizzate, è classificata come "cresta appuntita" in Figura 22 e, con riferimento al parametro S_T di Tabella 15, si è in presenza di un assetto topografico T4 a cui corrisponde un valore di S_T pari a 1,4 (corrispondente al valore soglia comunale).

La larghezza della base varia tra 180 – 210 m e 50 – 80 m, con altezza variabile tra 50 – 80 m e 20 – 30 m; considerando queste due situazioni estreme ed impiegando i dati più cautelativi nell'ambito della variabilità dei valori citati, si hanno i seguenti valori di $Fa_{0,1-0,5}$:

$$150 < L < 250 \quad Fa = 1,38 \rightarrow +0,1 \text{ (da DGR IX/2616/2011)} \rightarrow Fa \cong 1,5$$

$$L < 150 \quad Fa = 1,27 \rightarrow +0,1 \text{ (da DGR IX/2616/2011)} \rightarrow Fa \cong 1,4$$

Al valore di Fa calcolato è stato sommato + 0,1 per tener conto della variabilità del valore di Fa ottenuto dalla procedura semplificata (come stabilito dalla DGR IX/2616/2011); conseguentemente il valore finale di Fa caratteristico per le cre-

ste è pari o superiore a 1,4 e, quindi, pari o superiore al valore soglia comunale 1,4.

Gli scenari Z3b sono da evidenziarsi quindi nell'ambito della cartografia di fattibilità in quanto significativi per l'amplificazione locale dell'effetto sismico.

3.4.3.2.2 Approfondimenti negli scenari Z4

Ai fini della definizione del secondo livello nell'ambito degli scenari Z4, considerando l'estensione delle aree, si sono utilizzati essenzialmente dati litologici e stratigrafici, nonché correlazioni tra litologia e Vs presenti in bibliografia; tali elementi sono poi stati associati a risultanze di prove in sito (geotecniche e/o geofisiche) già disponibili presso l'archivio comunale.

Sulla base delle litologie presenti in ambito comunale, sulla base dei dati disponibili di prove in sito effettuate in ambito comunale si sono adottate le correlazioni con le Vs riportate in Tabella 16.

TIPO DI SUOLO / LITOLOGIA	Vs min [m/s]	Vs med [m/s]	Vs max [m/s]	Origine del dato	Attendibilità
Argilliti di Riva di Solto in facies argillitica	425	875	1.325	Prove sismiche in sito in ambito comunale (MASW)	Alta
Argilliti di Riva di Solto in facies calcarea	1.115	1.258	1.400	Prove sismiche in sito in ambito comunale (MASW)	Alta
Porzione corticale disarticolata delle argilliti alterata	100	175	250	Prove sismiche in sito in ambito comunale (MASW)	Alta
Porzione corticale delle argilliti in DGPV	100	192	283	Rielaborazione prove geotecniche in sito realizzate in ambito comunale (secondo Yoshida e Motonori, 1988)	Media
Porzione regolitica delle argilliti	140	270	400	Prove sismiche in sito in ambito comunale (MASW)	Alta
Livelli incoerenti delle argilliti in DGPV	130	165	200	Rielaborazione prove geotecniche in sito realizzate in ambito comunale (secondo Yoshida e Motonori, 1988)	Media
Porzione disarticolata delle argilliti in DGPV	150	200	250	Rielaborazione prove geotecniche in sito realizzate in ambito comunale (secondo Yoshida e Motonori, 1988)	Media

Tabella 16: Velocità caratteristiche delle onde S nei vari tipi di suolo

TIPO DI SUOLO / LITOLOGIA	Vs min	Vs med	Vs max	Origine del dato	Attendibilità
----------------------------------	---------------	---------------	---------------	-------------------------	----------------------

	[m/s]	[m/s]	[m/s]		
Sabbie	176	220	264	Bibliografia	Bassa
Sabbie sature	286	310	335	Bibliografia	Bassa
Argille	280	307	333	Bibliografia	Bassa
Limi ed argille	241	309	376	Bibliografia	Bassa
Limi e sabbie	212	248	283	Bibliografia	Bassa
Argille consolidate	557	622	687	Bibliografia	Bassa
Calcarei molto fratturati	330	484	638	Bibliografia	Bassa
Calcarei	616	1.058	1.500	Bibliografia	Bassa
Arenarie fratturate	363	659	954	Bibliografia	Bassa
Arenarie	935	1.243	1.550	Bibliografia	Bassa
Dolomie	1.200	1.681	2.162	Bibliografia	Bassa
Basalto fratturato	489	592	695	Bibliografia	Bassa
Basalto	995	1.326	1.656	Bibliografia	Bassa
Granitoidi fratturati	514	707	900	Bibliografia	Bassa
Granitoidi	884	1.215	1.546	Bibliografia	Bassa
Metamorfiti fratturate	772	901	1.029	Bibliografia	Bassa
Metamorfiti	1.400	1.800	2.200	Bibliografia	Bassa

Tabella 17: Velocità caratteristiche delle onde Vs nei vari tipi di suolo da bibliografia [Estimates of Site Dependent Response Spectra for Design – Borcherdt, 1994 / Geofisica applicata AAVV, 2009].

I valori soglia comunale, come previsto dalla DGR IX/2616/2011, sono legati alle categorie di suolo previste dalle NTC 08 come evidenziato in Tabella 18.

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

Tabella 18. Valori di soglia di Fa (periodi 0,1 – 0,5 e 0,5 – 1,0) per il comune di Vedeseta secondo quanto indicato nel file soglie_lomb.xls (disponibile presso il portale della Regione Lombardia – [link](#)).

Per ognuno degli scenari di pericolosità Z4 identificati in ambito comunale (Z4b), stante la loro diffusione areale e dislocazione eterogenea, si è identificata una situazione tipo (cautelativa) e le risultanze delle verifiche, effettuate secondo gli schemi riportati nell'allegato 5 della DGR IX/2616/2011 in corrispondenza della situazione tipo, le si sono estese a tutto l'areale dello scenario corrispondente. *Da evidenziare che propedeuticamente a ciò si sono stralciati quegli ambiti Z4b individuati sulla carta di PSL che non possono generare effetti significativi (coperture sedimentarie sciolte con spessore modesto, mediamente inferiore a 3 metri, o il cui spessore è arealmente estremamente irregolare e, quindi, non rappresentabile negli scenari di pericolosità sismica alla scala utilizzata per la pianificazione).*

Scenario Z4b: lo scenario è significativamente rappresentato in ambito comunale e si sviluppa prevalentemente in aree coinvolte da DGPV e, subordinatamente, in aree di conoide o con falde di detrito di dimensioni significative. Per tale scenario, la stratigrafia litologica e delle Vs tipo è la seguente:

PROFONDITÀ		LITOLOGIA	Vs
0,0	4,0	Porzione corticale disarticolata delle argilliti (alterata)	175
4,0	8,0	Porzione corticale delle argilliti in DGPV	192
8,0	15,0	Porzione regolitica delle argilliti	270
15,0	–	Argilliti di Riva di Solto in facies argillitica	875

Tabella 19: Stratigrafia litologica e delle Vs.

Per tali areali omogenei si ha:

Litologia prevalente	Profilo litologico è perlopiù composto da argilliti alterate e/o molto disarticolate (equivalenti a sabbie e ghiaie con limi ed argille poco consolidate), poggianti su argilliti disarticolate in facies prevalentemente argillitica.
Attendibilità dei dati geofisici	BUONA (dati derivanti da indagini in sito anche se non specifiche per questa caratterizzazione)
Attendibilità dei dati stratigrafici	MEDIA (dati ottenuti da specifico rilevamento di superficie)
Attendibilità dei dati litologici	MEDIA (dati ottenuti da specifico rilevamento di superficie)
$V_{S,30}$	688 m/s
Categoria di suolo	B

Le verifiche di validità delle schede contenute nel DGR IX/2616/2011 sono sintetizzate in Figura 23, per quanto riguarda il profilo di velocità riportato in Tabella 19. Come è possibile osservare il profilo di velocità misurato rientra nel campo di validità della scheda limoso sabbiosa 2 (quella ritenuta più adatta a descrivere la stratigrafia tipo).

Scegliendo la scheda di valutazione per litologia sabbiosa e sulla base del profilo sismico riportato in Figura 23, la curva da impiegare per il calcolo dei valori di Fa corrisponde alla numero 2.

I valori di Fa che si ottengono dalle corrispondenti curve sono:

Intervallo 0,1 – 0,5 s $F_a = 2,13 \rightarrow +0,1$ (da DGR IX/2616/2011) $\rightarrow F_a \cong 2,2$

Intervallo 0,5 – 1,5 s $F_a = 1,26 \rightarrow +0,1$ (da DGR IX/2616/2011) $\rightarrow F_a \cong 1,4$

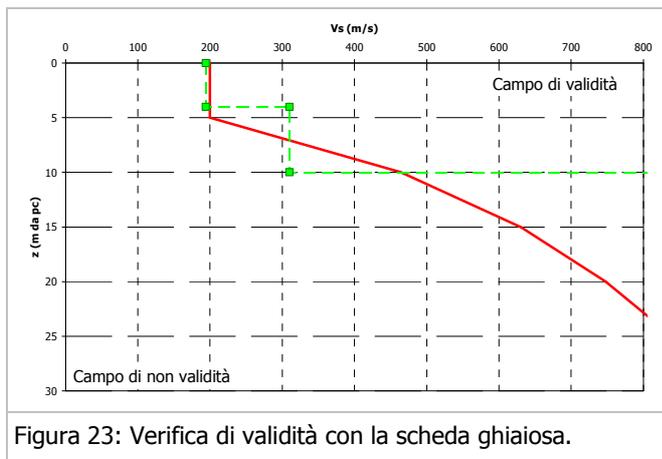


Figura 23: Verifica di validità con la scheda ghiaiosa.

Nel caso di una classe di terreno di tipo D (classe di terreno attribuita all'intero scenario per via del valore di $V_{s,30} = 111$ m/s), i valori di amplificazione sono rispettivamente **SUPERIORI** ai valori di soglia forniti dalla Regione Lombardia (si veda a questo proposito la Tabella 18) nell'intervallo di periodi 0,1 – 0,5 s e **INFERIORI** ai valori di soglia forniti dalla Regione per l'intervallo di periodi 0,5 – 1,5 s.

Gli scenari Z4b sono da evidenziarsi quindi nell'ambito della cartografia di fattibilità in quanto significativi per l'amplificazione locale dell'effetto sismico.

3.4.3.2.3 Sintesi degli aspetti di amplificazione sismica locale

I valori del fattore di amplificazione F_a calcolati per il territorio del Comune di Veduggio, 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 nella sezione 3.4.1.2.2 riguardo l'incongruenza tra classificazione sismica del territorio comunale (classe sismica 4) / accelerazione ricavata dall'OPCM 3274/2003 per le varie classi e l'accelerazione di base contenuta nelle NT08, superiore a quella predefinita per i comuni in classe 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 (in analogia a quello che avviene per comuni in classe sismica 3).

3.5 ELEMENTI GEOLITOLOGICI, GEOMORFOLOGICI ED IDROGEOLOGICI DI DETTAGLIO

Considerando l'articolazione geologico – geomorfologica del territorio in esame e la distribuzione areale dei nuclei edificati, si è predisposta una fase di approfondimento ed integrazione dei dati raccolti durante la fase di inquadramento, in quanto le informazioni ricavabili dalla cartografia disponibile (carte geologiche del CARG e della Provincia di Bergamo, oltre che le informazioni disponibili sulla di-

namica geomorfologica dell'area) non fornivano un dettaglio sufficiente per gli scopi del PGT. Tale approfondimento è effettuato in scala 1:2.000 (Tavola 6), al fine di evidenziare gli elementi e/o i processi vincolanti per uno sviluppo in sicurezza dell'edificato.

Gli elementi geomorfologici, di dinamica geomorfologica, geologici ed idrogeologici identificati in questo elaborato sono i medesimi descritti nei precedenti capitoli 3.1, 3.2 e 3.3, ma rappresentati con maggior dettaglio.

4. FASE DI SINTESI / VALUTAZIONE

Gli elaborati correlati a questa fase sono ricompresi nel Piano delle Regole (LR 12/2005, art. 57, c. 1.b) e contemplano una sintesi dei vincoli sovraumunali a carattere prettamente geologico, nonché una sintesi degli elementi di pericolosità presenti in ambito comunale.

4.1 SINTESI DEI VINCOLI A CARATTERE PRETTAMENTE GEOLOGICO

La sintesi dei vincoli a carattere prettamente geologico è riportata su apposita cartografia (Tavola 07), riguarda tutto il territorio comunale ed è stata realizzata in scala 1:10.000.

Le limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative e piani sovraordinati di contenuto prettamente geologico previste dalla DGR IX/2616/2011 sono:

- 1) Vincoli derivanti dalla pianificazione di bacino ai sensi della L. 183/1989 (cfr. Parte 2 – Raccordo con gli strumenti di pianificazione sovraordinata):
 - a. Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, approvato con DPCM 24 maggio 2001 (Elaborato 8 – Tavole di delimitazione delle Fasce Fluviali);
 - b. Piano Stralcio delle Fasce Fluviali approvato con DPCM 24 luglio 1998 (in particolare per quanto riguarda la perimetrazione delle fasce fluviali del fiume Po);
 - c. Quadro del dissesto vigente 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 mediante il presente studio;
 - dalle proposte di aggiornamento trasmesse all'Autorità di Bacino 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 del c. 1, art. 18 delle NdA del PAI;
 - d. in alternativa al quadro del dissesto vigente, la proposta di un quadro del dissesto aggiornato redatto secondo i criteri di cui alla DGR IX/2616/2011, come specificato nella seguente sezione 5.2.

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.

Le zone di inedificabilità assoluta e temporanea, introdotte ai sensi della L.

102/1990 con DGR VI/35038/1998, come definite ed individuate nel piano approvato con DCR V/376/1991 e DPR 9 ottobre 1997, sono confluite nell'Elaborato 2 del PAI approvato con DPCM 24 maggio 2001; con Deliberazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino 3 del 13 marzo 2002 esse sono state assoggettate alle norme dell'art. 9 delle Nda del PAI.

- 2) Vincoli di polizia idraulica ai sensi del c. 114, art. 3 della LR 1/2000 e smi: 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 asservite a sistemi acquedottistici: 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), ai sensi del c. 4, art. 5 del d.lgs. 258/2000. In tali ambiti si applicano le disposizioni contenute nella DGR VII/12693/2003.

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.

- 4) Vincoli derivanti dal PTR: identificazione dei perimetri delle infrastrutture strategiche di interesse regionale contenute nella Tabella "Progetti di riferimento per le previsioni di infrastrutture per la difesa del suolo" dell'elaborato SO1 "Obiettivi prioritari di interesse regionale e sovra regionale – Obiettivi prioritari per la difesa del suolo" del Piano Territoriale Regionale.
- 5) Geositi: devono essere individuati i beni geologici già soggetti a forme di tutela (Allegato 14 della DGR IX/2616/2011).

Relativamente all'ambito comunale, sono presenti i seguenti vincoli a carattere prettamente geologico:

- 1) Vincoli derivanti dalla pianificazione di bacino ai sensi della L. 183/1989: in ambito comunale non sono presenti vincoli presenti nell'Elaborato n. 8 – Tavole di delimitazione delle Fasce Fluviali o nel PSFF approvato con DPCM 24 luglio 1998.

La revisione dello studio geologico, pur portando ad una profonda revisione degli elaborati della fase di analisi (si veda capitolo 3) e di sintesi (si veda il capitolo 4.2) in applicazione delle nuove conoscenze geologico – geomorfologiche e dei criteri stabiliti dalla DGR IX/2616/2011, non ha però previsto l'aggiornamento del quadro del dissesto PAI seppure siano emersi elementi significativi per una sua revisione.

Tale scelta, condivisa con il RUP sin dalla fase iniziale di predisposizione dell'aggiornamento, è correlata allo studio (si veda nota 1 di pagina 6) in corso sulla Deformazione Gravitativa Profonda di Versante (DGPV) del Corno

Zuccone, alle pendici della quale si sviluppa l'abitato di Vedeseta, in parte inclusa in un'area a rischio idrogeologico molto elevato individuata dall'Autorità di Bacino del Fiume Po. Considerando che al termine di tale studio è prevista la revisione del quadro del dissesto PAI di quasi tutta la porzione Sud del territorio comunale (area a rischio idrogeologico molto elevato e limitrofe), si è demandato in tale fase anche l'aggiornamento del quadro del dissesto PAI per le rimanenti porzioni del territorio comunale in applicazione delle nuove conoscenze geologico – geomorfologiche e dei criteri stabiliti dalla DGR IX/2616/2011.

Viene quindi allegato al presente documento la vigente cartografia PAI, che aggiorna il quadro del dissesto originario PAI, e che è stata prodotta nel 2004 nell'ambito della predisposizione dello studio geologico allegato al PRG.

- 2) Vincoli di polizia idraulica di cui al c. 114, art. 3 della LR 1/2000 e smi: In ambito comunale sono identificati corpi d'acqua appartenenti al reticolo idrico principale ed al reticolo idrico minore. Lo studio specifico è valutato dallo STER di Bergamo.
- 3) Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile: in ambito comunale sono presenti sorgenti destinate ad uso potabile ed asservite a sistemi acquedottistici. Per tali sorgenti si sono definite: fascia di tutela assoluta con raggio di 10 metri e fascia di rispetto, a carattere geometrico, con raggio di 200 metri. Non risultano agli atti pronunce da parte dell'Autorità Competente riguardo ripermetrazioni della fascia di rispetto.
- 4) Vincoli derivanti dal PTR: non vi sono previsioni in ambito comunale connessi al PTR, anche sulla base dei vari aggiornamenti dello stesso.
- 5) Geositi: non sono individuati in ambito comunale emergenze già sottoposte a tutela ai sensi dell'art. 22, c. 2 delle NTA del Piano Paesistico Regionale facente parte del PTR.

4.2 SINTESI DEGLI ELEMENTI TECNICI

La cartografia di sintesi degli elementi di tecnici caratteristici del territorio comunale (Tavola 08A e Tavola 08B), è stata redatta per tutto il territorio comunale e ad una scala utile per poter rappresentare gli specifici contenuti che lo caratterizzano (scala 1:5.000).

La DGR IX/2616/2011 prevede, per le aree urbanizzate, di prevista urbanizzazione e/o oggetto di approfondimento tramite gli studi di dettaglio previsti al punto 1.3 della medesima DGR, la redazione della cartografia di sintesi in scala 1:2.000; tale dettaglio nell'intorno dei principali nuclei edificati è riportato in Tavola 08C al fine di rendere più leggibili le informazioni riportate sulla cartografia di scala maggiore.

La carta di sintesi rappresenta aree omogenee dal punto di vista della pericolosità / vulnerabilità riferita allo specifico fenomeno che la genera; questo avviene mediante individuazione di poligoni che definiscono omogenee porzioni di territorio

caratterizzate da pericolosità geologico – geotecnica e vulnerabilità idraulica ed idrogeologica.

La sovrapposizione di più elementi di pericolosità / vulnerabilità determina dei poligoni omogenei caratterizzati 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 della DGR IX/2616/2011, mediante le procedure per la valutazione e la zonazione della pericolosità (Allegati 2, 3 e 4 della medesima DGR); nel caso specifico non si sono implementati nel presente documento risultati di studi di dettaglio seppure uno studio assimilabile a questi risulta finanziato ed in corso (si veda nota 1 di pagina 6).

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

- a) Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti (comprendendo 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)
- b) Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico
- c) Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico
- d) Aree che presentano elementi di pericolosità per la presenza di scadenti caratteristiche geotecniche
- e) Interventi di bonifica o di prevenzione di fenomeni di dissesto

Con riferimento alla casistica riportata nella sezione 2.2 della DGR IX/2616/2011, come rideclinata in Tabella 20 in relazione agli elementi caratterizzanti il territorio comunale, si sono evidenziati nella cartografia di sintesi gli elementi di pregiudizio per l'attuazione degli interventi edilizi / trasformazione d'uso del suolo.

A	Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti
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 o aree a pericolosità residuale rispetto a 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): aree in cui sono presenti argilliti con elevata propensione al dissesto o aree con dissesti attivi o quiescenti
AF	Aree a pericolosità potenziale per grandi frane complesse (comprehensive di

A	Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti
	aree di distacco e di accumulo): aree delle Deformazioni Gravitative Profonde di Versante (DGPV)
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
AJ	Aree a pericolosità potenziale legata a orientazione sfavorevole della stratificazione in roccia debole e stimata o calcolata area di influenza: aree nelle quali sono assenti coperture con spessore significativo o particolari problematiche e, pertanto, la pericolosità è individuata solo per ragioni di cautela generale correlate al contesto montano
AK	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
AL	Aree di percorsi potenziali di colate in detrito e terreno
AM	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 ove sono presenti argilliti potenzialmente instabilizzabili in conseguenza di interventi antropici non adeguatamente valutati
AN	Aree interessate da valanghe già avvenute: pericolosità delimitata sulla base di rilevamenti o analisi fotointerpretazione
AO	Aree a probabile localizzazione di valanghe: aree nelle quali, a causa dello sviluppo di vegetazione o assetto geomorfologico (con particolare riferimento all'acclività), l'innesco od il transito delle valanghe (di moderata o bassa pericolosità) è scarsamente probabile
AP	Aree protette da interventi di difesa efficaci ed efficienti
AQ	Aree estrattive attive o dismesse non ancora recuperate, comprendendo una fascia di rispetto da valutare in base alle condizioni di stabilità dell'area
AR	Altre tipologie non classificabili nei punti precedenti
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 è sfruttato ad uso idropotabile e quello superficiale, nel caso di potenziale connessione o necessità di tutela): aree di ricarica delle sorgenti utilizzate ad uso acquedottistico pubblico.

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
BE	Aree interessate da intensa fratturazione (faglie, famiglie di fratture,...)
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.: aree lungo corsi d'acqua che, per i citati fenomeni, non presentano elementi significativi di pericolosità.
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 efficaci ed efficienti, dei quali sia stato verificato il corretto dimensionamento secondo l'allegato 3 (con portate solido – liquide aventi tempo di ritorno almeno centennale)
CG	Aree interessabili da fenomeni di erosione fluviale e non idoneamente protette da interventi di difesa: aree lungo corsi d'acqua i cui fenomeni citati presentano moderata pericolosità
CH	Aree potenzialmente interessate da flussi di detrito in corrispondenza dei conoidi pedemontani di raccordo collina – pianura
CI	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)

	ca di cui alla DGR VII/7868/2001)
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 tessiture verticali e laterali: aree nelle quali sono presenti coperture, talora di spessore significativo, con caratteristiche geotecniche eterogenee.
DD	Aree con riporti di materiale, aree colmate
DE	Altro
E	Interventi di bonifica in aree di dissesto o di prevenzione di dissesto potenziale
E1	Sono individuate sulla cartografia di sintesi le opere realizzate per la mitigazione del rischio evidenziando, quando possibile, la relativa area di influenza e lo stato di efficienza (data la scala dell'elaborato e le tipologie degli interventi effettuati, non è rappresentabile l'area messa in sicurezza dagli interventi di mitigazione)

Tabella 20: Elementi rappresentabili nella cartografia di sintesi (sono evidenziati i fattori effettivamente riportati nella sintesi realizzata).

Ai fini dell'individuazione dei poligoni a pericolosità omogenea, per motivi di leggibilità degli elaborati si sono discretizzate aree omogenee con superficie non inferiore a 300 m² in relazione alla tipologia dei fenomeni ed alla loro collocazione: fine di evitare una eccessiva frammentazione dei poligoni data l'articolazione del territorio in esame, in taluni casi si è attribuito un peso maggiore ad alcune limitazioni (scegliendo la condizione più cautelativa); pertanto, nelle valutazioni operate in fase di progettazione degli interventi, dovrà essere considerata tale scelta.

5. FASE DI PROPOSTA

Gli elaborati correlati a questa fase sono ricompresi nel Piano delle Regole (LR 12/2005, art. 57, c. 1.b) e contemplano:

- ♦ individuazione della fattibilità geologica delle azioni di piano e delle conseguenti norme geologiche di piano (NGdP) attraverso modalità standardizzate di assegnazione della classe di fattibilità agli ambiti omogenei per pericolosità geologica e geotecnica, nonché per vulnerabilità idraulica ed idrogeologica.

Come evidenziato al punto seguente, si è scelto di non proporre un aggiornamento al quadro del dissesto con legenda uniformata PAI; questo fatto comporta che, per via dell'applicazione delle prescrizioni di cui alla Tabella 24, in numerosi areali il perimetro / grado di fattibilità geologica delle azioni di piano non coincida con i perimetri individuati nella cartografia di sintesi. Nelle valutazioni operate in fase di progettazione degli interventi, dovrà essere considerata tale scelta e si dovranno considerare sia gli elementi di pericolosità / vulnerabilità indicati nella cartografia di sintesi, sia le indicazioni normative derivanti dalla NdA del PAI.

- ♦ definizione del quadro del dissesto con legenda uniformata a quella del PAI al fine di aggiornare l'elaborato 2 del PAI nel caso che il Comune si obbligato a compilarlo o che lo stesso intenda proporre modifiche / integrazioni.

Come riportato nella DGR IX/2616/2011, il Comune di Veduggio ha concluso l'iter di aggiornamento del quadro del dissesto con legenda uniformata PAI. Pur essendo emersi elementi che potrebbero portare un ulteriore aggiornamento del quadro del dissesto PAI in applicazione delle nuove conoscenze geologico – geomorfologiche e dei criteri stabiliti dalla DGR IX/2616/2011 adottati nel presente lavoro, non lo si è proposto in quanto di previsto aggiornamento a seguito del completamento dello studio della DGPV del Corno Zuccone (attività previste dalla convenzione indicata nella nota 1 di pagina 6).

5.1 FATTIBILITÀ GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO

La fattibilità geologica delle azioni di piano riporta una zonizzazione del territorio secondo aree omogenee per grado di pericolosità geologica, geomorfologica, geotecnica e vulnerabilità idraulica – idrogeologica.

La fattibilità geologica delle azioni di piano è stata redatta alla stessa scala dello strumento urbanistico (1:2.000) per le aree edificate, di prevista edificazione e per un significativo intorno delle stesse (Tavola 09); come previsto dal punto 3.1 della DGR IX/2616/2011, la cartografia di fattibilità è stata prodotta per l'intero territorio comunale (scala nominale 1:5.000) utilizzando il recente aerofotogrammetrico del comune al fine di consentire l'aggiornamento del mosaico della fattibilità contenuto nel SIT regionale.

La classificazione della fattibilità è prevista su quattro livelli (classi) di pericolosità / vulnerabilità:

Classe 1 (nessun colore) – Fattibilità senza particolari limitazioni: la classe comprende quelle aree che non presentano particolari limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso e per le quali deve essere direttamente applicato quanto prescritto dalle Norme Tecniche per le costruzioni, di cui alla normativa nazionale – NON INDIVIDUATA IN AMBITO COMUNALE;

Classe 2 (gialla) – Fattibilità con modeste limitazioni: la classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate modeste limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso del suolo a scopo edificatorio. Tali limitazioni possono essere superate mediante approfondimenti di indagine, accorgimenti tecnico – costruttivi e senza l'esecuzione di opere di difesa extracomparto;

Classe 3 (arancione) – Fattibilità con consistenti limitazioni: la classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso del suolo a scopo edificatorio conseguenti agli elementi di pericolosità/vulnerabilità individuati, per il superamento dei quali potrebbero rendersi necessari interventi specifici o opere di difesa anche extracomparto.

Nelle NGdP sono indicati come alternativa:

- ◆ se disponibili elementi sufficienti, per le aree soggette a trasformazione d'uso del suolo si sono definite le opere di mitigazione del rischio da realizzare e/o le specifiche costruttive degli interventi edificatori, in funzione della tipologia del fenomeno che ha generato la pericolosità/vulnerabilità dell'ambito;
- ◆ se non disponibili tali elementi, si sono fornite le necessarie prescrizioni per attuare quelle indagini che consentono la compiuta definizione degli elementi di pericolosità / vulnerabilità al fine di accertare la compatibilità tecnico – economica degli interventi con le situazioni di dissesto in atto o potenziale e individuare, di conseguenza, le prescrizioni di dettaglio per poter ridefinire la consistenza dell'edificazione prevista.

Classe 4 (rossa) – Fattibilità con gravi limitazioni: l'alta pericolosità/vulnerabilità comporta gravi limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso a scopo edificatorio del suolo. Deve essere esclusa qualsiasi nuova edificazione, ivi comprese quelle interrato, se non opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti. Per gli edifici esistenti sono consentite esclusivamente le opere relative ad interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, come definiti dall'art. 27, comma 1, lettere a), b), c) della LR 12/2005, senza aumento di superficie o volume e senza aumento del carico insediativo. Sono co-

munque consentite le innovazioni necessarie per l'adeguamento alla normativa antisismica ed igienico – sanitaria.

In base ai contenuti del presente studio, possono essere desunte indicazioni per l'attuazione delle opere di sistemazione idrogeologica, indicazioni da impiegarsi per la redazione / integrazione di piani di emergenza ed indicazioni per la predisposizione di sistemi di monitoraggio geologico che permettano di tenere sotto controllo l'evoluzione dei fenomeni in atto.

Eventuali infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico possono essere realizzate solo se non altrimenti localizzabili; dovranno comunque essere puntualmente e attentamente valutate in funzione della tipologia di dissesto e del grado di rischio che determinano l'ambito di pericolosità/vulnerabilità omogenea. A tal fine, alle istanze per l'approvazione da parte dell'autorità comunale, deve essere allegata apposita relazione geologica e geotecnica che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di grave rischio idrogeologico.

Tali indicazioni sulle classi di fattibilità sono state tradotte in specifica normativa (si vedano le Norme Geologiche di Piano allegate) al fine di raccordarle con le previsioni dell'art. 3 del DPR 380/2001 (e smi) e/o con l'art. 27 della LR 12/2005 (e smi) che disciplinano l'attività edilizia nelle sue varie forme.

Per la realizzazione della zonazione della fattibilità sono previste modalità standardizzate di assegnazione della classe ad ambiti omogenei per grado di pericolosità, al fine di garantire omogeneità e obiettività nelle valutazioni di merito tecnico; la fattibilità è desunta dalla sintesi degli elementi tecnici (si veda in capitolo 4.2) e dai vincoli di natura prettamente geologica (per gli ambiti ricadenti entro le fasce fluviali e le aree in dissesto PAI – si veda il capitolo 4.1) attribuendo un valore di classe a ciascun poligono (derivante dal livello di pericolosità del fenomeno).

Al mosaico della fattibilità devono essere sovrapposte, con apposito retino «trasparente», le aree soggette ad amplificazione sismica locale desunte dall'analisi della risposta sismica locale (si veda il capitolo 3.4).

Alla fattibilità geologica delle azioni di piano sono poi associate specifiche norme "Norme geologiche di piano" riportate in allegato al presente documento (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 emergenza).

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 21;

- ♦ seconda fase: il professionista può aumentare o diminuire il valore della classe in ingresso in base a valutazioni di merito tecnico per lo specifico ambito. La diminuzione della classe di fattibilità rispetto alla classe di ingresso viene documentata e motivata da ulteriori valutazioni 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 IX/2616/2011, non possono essere variati i valori delle classi di ingresso 4 evidenziate in Tabella 21 con «asterisco» o le classi desunte dalla Tabella 24 e delimitate in seguito alla zonazione della pericolosità mediante le procedure di cui agli allegati 2 – Parte II, 3 e 4 della DGR IX/2616/2011.

Nel caso in cui in un'area omogenea per pericolosità/vulnerabilità vi sia la presenza contemporanea di più fenomeni, è attribuito il valore più alto di classe di fattibilità (pericolosità) desunto dalla Tabella 21. Nelle norme geologiche di piano vi sono prescrizioni che considerano l'eventuale coesistenza di elementi limitanti la fattibilità.

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 o aree a pericolosità residuale rispetto a 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): aree in cui sono presenti argilliti con elevata propensione al dissesto o aree con dissesti attivi o quiescenti	4
AF	Aree a pericolosità potenziale per grandi frane complesse (comprendenti di aree di distacco e di accumulo): aree delle Deformazioni Gravitative Profonde di Versante (DGPV)	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

Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti		Classe
AJ	Aree a pericolosità potenziale legata a orientazione sfavorevole della stratificazione in roccia debole e stimata o calcolata area di influenza: aree nelle quali sono assenti coperture con spessore significativo o particolari problematiche e, pertanto, la pericolosità è individuata solo per ragioni di cautela generale correlate al contesto montano	3
AK	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	3
AL	Aree di percorsi potenziali di colate in detrito e terreno	4*
AM	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 ove sono presenti argilliti potenzialmente instabilizzabili in conseguenza di interventi antropici non adeguatamente valutati	3
AN	Aree interessate da valanghe già avvenute: pericolosità delimitata sulla base di rilevamenti o analisi fotointerpretazione	4
AO	Aree a probabile localizzazione di valanghe: aree nelle quali, a causa dello sviluppo di vegetazione o assetto geomorfologico (con particolare riferimento all'acclività), l'innesco od il transito delle valanghe (di moderata o bassa pericolosità) è scarsamente probabile	4
AP	Aree protette da interventi di difesa efficaci ed efficienti	3
AQ	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 è sfruttato ad uso idropotabile e quello superficiale, nel caso di potenziale connessione o necessità di tutela): aree di ricarica delle sorgenti utilizzate ad uso acquedottistico pubblico.	3
BB	Aree con emergenze idriche (fontanili, sorgenti, aree precedentemente scavate, 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

BE	Aree interessate da intensa fratturazione (faglie, famiglie di fratture, ...)	3
-----------	---	----------

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 infrastrutture e lo svolgimento di attività economiche	3
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.: aree lungo corsi d'acqua che, per i citati fenomeni, non presentano elementi significativi di pericolosità.	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 efficaci ed efficienti, dei quali sia stato verificato il corretto dimensionamento secondo l'allegato 3 (con portate solido – liquide aventi tempo di ritorno almeno centennale)	3
CG	Aree interessabili da fenomeni di erosione fluviale e non idoneamente protette da interventi di difesa: aree lungo corsi d'acqua i cui fenomeni citati presentano moderata pericolosità	4
CI	Aree potenzialmente interessate da flussi di detrito in corrispondenza dei conoidi pedemontani di raccordo collina – pianura	3
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

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 tessiture verticali e laterali: aree nelle quali sono presenti coperture, talora di spessore significativo, con caratteristiche geotecniche eterogenee.	3
DD	Aree con riporti di materiale, aree colmate	3

Tabella 21: Classi di ingresso per l'attribuzione della fattibilità agli ambiti con pericolosità omogenea. Sono evidenziati i fattori di pericolosità / vulnerabilità riscontrati in ambito comunale.

Oltre che dagli aspetti meramente tecnici di cui alla sezione 4.2, in alcuni casi la fattibilità è governata anche dalla pianificazione sovraordinata a carattere prettamente geologico. Per tali ambiti, il grado di fattibilità è stabilito dalle relazioni presenti in Tabella 22.

Tipologia di fascia	Classe	Riferimenti PAI
Fascia A all'esterno dei centri edificati	4	Artt. 29, 38, 38 bis, 38 ter, 39 e 41 NdA del PAI.
Fascia B all'esterno dei centri edificati	3	Consentiti solo gli interventi previsti dagli artt. 30, 38, 38bis, 38ter, 39 e 41 delle NdA del PAI.
Fasce A e B all'interno dei centri edificati	Da attribuire in base agli studi idraulici realizzati con il metodo approfondito di cui all'Allegato 4 della DGR IX/2616/2011.	Fino ad avvenuta valutazione delle condizioni di rischio si applicano anche all'interno dei centri edificati le norme riguardanti le fasce A e B.
Territori di fascia C delimitati con segno grafico indicato come "limite e progetto tra la fascia B e la Fascia C"	Da attribuire in base agli studi idraulici realizzati con il metodo approfondito di cui all'Allegato 4 della DGR IX/2616/2011.	Fino ad avvenuta valutazione delle condizioni di rischio si applicano le norme riguardanti la fascia B fino al limite esterno della fascia C.
Fascia C	Da attribuire in base alle problematiche riscontrate.	Da definire nell'ambito dello studio, fermo restando quanto stabilito dall'art. 31 delle NdA del PAI.

Tabella 22: Classe di fattibilità per le aree ricadenti all'interno delle fasce fluviali.

Come auspicato dal punto 3.1 della DGR IX/2616/2011, ogni classe di fattibilità

dovrebbe essere suddivisa in sottoclassi per ambiti omogenei di pericolosità / vulnerabilità. *Vista la scelta di non aggiornare il quadro del dissesto con legenda uniformata PAI, la suddivisione in sottoclassi risulterebbe disomogenea ed incongruente rispetto agli elementi di sintesi evidenziati in Tavola 08 e la carta di fattibilità che è vincolata anche dall'applicazione della Tabella 24; pertanto tale suddivisione in sottoclassi non è stata operata.*

Sulla carta di fattibilità di sono evidenziati gli areali omogenei assoggettati anche a specifiche normative (aree in dissesto art. 9 delle NdA del PAI e/o aree ricadenti all'interno delle Fasce Fluviali) a carattere sovraordinato rispetto alle norme regionali (prevalenti quindi su queste ultime).

La valutazione della possibilità di declassamento di ambiti inseriti in classe 4 per areali di dettaglio può essere attuata secondo quanto previsto dal punto 1.3 della DGR IX/2616/2011. Nel caso di una revisione generale dello studio geologico ai sensi della DGR IX/2616/2011, può essere invece proposta una diversa zonazione complessiva. Nel caso di ambiti inseriti in classe 4 ed assoggettati anche a specifiche normative (aree in dissesto art. 9 delle NdA del PAI e aree ricadenti all'interno delle Fasce Fluviali), la valutazione della possibilità di declassamento è subordinata anche ad ulteriori elementi evidenziati nella successiva sezione 5.2.

Per le aree nelle quali siano stati effettuati studi di dettaglio per la valutazione della pericolosità con le metodologie di cui agli Allegati 2 – Parte II, 3 e 4 della DGR IX/2616/2011, le classi di fattibilità devono essere attribuite sulla base di quanto previsto in Tabella 24.

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. *Nel caso specifico, data la scala dell'elaborato e le tipologie degli interventi di messa in sicurezza effettuati in ambito comunale, non è rappresentabile l'area messa in sicurezza dagli interventi di mitigazione.*

Gli ambiti esterni ai poligoni individuati mediante le procedure precedentemente 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 – non individuata in ambito comunale). Tali aree saranno comunque soggette all'applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni, di cui alla normativa nazionale.

Non è richiesta l'individuazione nella carta di fattibilità dei perimetri delle aree di tutela assoluta e di rispetto delle captazioni ad uso idropotabile, delle fasce di rispetto del reticolo idrico principale e minore, 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 geologico – idro-

geologiche delle stesse e dall'applicazione di quanto previsto in Tabella 24.

In relazione a quanto riportato in Tabella 21 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 ricavate dai poligoni individuati sulla cartografia di sintesi (Tavola 08), il tutto con esclusione di quelle aree ove le previsioni del PAI hanno carattere prevalente rispetto alle norme regionali (per tali aree si è quindi applicato esclusivamente quanto previsto in Tabella 22 e Tabella 24).

Ambiti declassati	Classe in ingresso	Classe attribuita	Motivazione del declassamento
AF	4	3	In tali ambiti la problematica è di modestissima entità (sono presenti anche edifici del '600 privi di lesioni o diagnosticanti dinamiche significative di versante). Gli interventi in tali aree sono attuabili con l'adozione di normali precauzioni costruttive, anche se talora extra-comparto.
AJ	3	2	Sono ricomprese in tali aree le zone nelle quali sono assenti coperture con spessore significativo o particolari problematiche e, pertanto, la pericolosità (ed il relativo grado di fattibilità) è individuata solo per ragioni di cautela generale correlate al contesto montano. Il conseguente riflesso sull'uso / trasformazione d'uso a scopi edificatori di tali aree è facilmente superabile con opportune valutazioni progettuali / accorgimenti costruttivi di non particolare complessità ed individuabili anche in assenza di campagne geognostiche.
CC	4	3	Aree lungo corsi d'acqua che presentano 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, ma che per le caratteristiche dei citati fenomeni, non presentano elementi

Ambiti declassati	Classe in ingresso	Classe attribuita	Motivazione del declassamento
			significativi di pericolosità.

Tabella 23: Poligoni omogenei di pericolosità / vulnerabilità identificabili in Tavola 08 e per i quali si è operato un declassamento rispetto a quanto riportato in Tabella 21.

5.2 CARTA DEL DISSESTO CON LEGENDA UNIFORMATA PAI

La DGR IX/2616/2011, riprendendo le precedenti DGR regionali, contempla l'obbligo della redazione del quadro del dissesto con legenda uniformata PAI di cui all'Elaborato 2 del PAI ed utilizzando come base cartografica la Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000. Sono tenuti a produrre il quadro del dissesto con legenda uniformata PAI i Comuni che:

- sono compresi negli allegati B e C della DGR VII/7365/2001 e quelli che risultavano in istruttoria al momento della redazione di tale delibera o che non abbiano ancora concluso l'iter per l'adeguamento ai sensi dell'art. 18 delle NdA del PAI (o qualora le competenti strutture regionali non abbiano ancora formalmente già preso atto della trasmissione di tale elaborato). Qualora non vengano individuate aree in dissesto, il professionista incaricato deve dichiarare la non necessità di redazione della carta del dissesto con legenda uniformata a quella del PAI (nell'ambito della dichiarazione di cui all'Allegato 15 della DGR IX/2616/2011);
- pur non rientrando tra quelli di cui al punto a), intendano proporre aggiornamenti al quadro del dissesto sulla base delle risultanze dello studio geologico;
- abbiano già provveduto all'adeguamento del proprio quadro del dissesto con attestazione di esonero o di chiusura dell'iter ai sensi dell'art. 18 delle NdA del PAI, e che intendano proporre ulteriori modifiche;
- sono compresi nell'Allegato A della DGR VII/7365/2001, per i quali il quadro del dissesto è stato elaborato d'ufficio e trasmesso all'Autorità di Bacino del fiume Po dalla Regione Lombardia (qualora i comuni non rientrino nel caso c), il quadro del dissesto sarà desunto dal Geoportale regionale)

Tutti gli studi geologici finalizzati alla redazione della carta del dissesto con legenda uniformata a quella del PAI, riferiti alle tipologie sopra citate, compresi quelli dei Comuni che intendano avvalersi della dichiarazione di non necessità di redazione di tale carta, devono essere inviati alla competente struttura regionale per la verifica e le procedure specificate nella Parte 3 della DGR IX/2616/2011.

In Tabella 24 è riportata la correlazione tra classi di pericolosità, classi di fattibilità geologica e voci della legenda PAI da utilizzare in sede di redazione del quadro del dissesto con legenda uniformata PAI.

Classe	Legenda PAI	Pericolosità/rischio
1 o 2	Cn – conoide protetta...	H1 su conoide

2 o 3	Cn – conoide protetta...	H2 su conoide
3	Cp – conoide parz. protetta ⁽¹⁾ Cn – conoide protetta...	H3 su conoide
4	Ca – conoide attiva non protetta	H4 – H5 su conoide
2 o 3	Fs – frana stabilizzata	H1 per crolli, crolli in massa e scivolamenti
4 o 3	Fq – frana quiescente ⁽²⁾	H2 per crolli e crolli in massa, H2 – H3 per scivolamenti
4	Fa – frana attiva	H3 – H5 per crolli e crolli in massa, H4 – H5 per scivolamenti
2 o 3	Em – pericolosità media o moderata di esondazione	H1 – H2 per esondazione
3 (con norma più restrittiva art. 9, c. 6 delle NdA del PAI)	Eb – pericolosità elevata di esondazione	H3 per esondazione
4	Ee – pericolosità molto elevata	H4 per esondazione
4	Ve, Vm – pericolosità molto elevata o media per valanga	Zona rossa
3	Nessuna corrispondenza con legenda PAI ma norme di cui all'Allegato 3 della DGR IX/2616/2011	Zona blu
2	Nessuna corrispondenza con legenda PAI ma norme di cui all'Allegato 3 della DGR IX/2616/2011	Zona gialla, Zona bianca

Tabella 24: Correlazione tra classi di pericolosità, classi di fattibilità e voci legenda PAI.

⁽¹⁾ Per le zone ricadenti in H3 – classe 3 di fattibilità, l'inserimento in Cp o Cn è lasciato alla valutazione del professionista. Qualora l'area venga inserita in Cp, la norma dell'art. 9, comma 8, delle N.d.A. del PAI prevale, in quanto più restrittiva, su quella di classe 3.

⁽²⁾ Come previsto dall'art. 9 comma 3 delle NdA del PAI alle aree Fq può essere attribuita la classe 3 di fattibilità con norma stabilita dal professionista solo nel caso sia stata effettuata la verifica di compatibilità mediante uno studio specifico sull'area e gli interventi edificatori di cui all'art. 9, comma 3, stesso siano consentiti dallo strumento urbanistico.

Pur essendo emersi elementi che potrebbero portare un ulteriore aggiornamento del quadro del dissesto PAI, in applicazione delle nuove conoscenze geologico – geomorfologiche e dei criteri stabiliti dalla DGR IX/2616/2011 adottati nel presente lavoro, non lo si è proposto in quanto di previsto aggiornamento a seguito del completamento dello studio della DGPV del Corno Zuccone (attività previste dalla convenzione indicata nella nota 1 di pagina 6). Pertanto viene riproposto il quadro del dissesto con legenda uniformata PAI vigente (si veda Tabella 25).

Sigla	Tipologia dissesto	Identificato
Frane		
Fa	Area di frana attiva	SI
Fq	Area di frana quiescente	SI
Fs	Area di frana stabilizzata	NO
Esondazioni e dissesti morfologici a carattere torrentizio		
Ee	Area a pericolosità molto elevata	SI
Eb	Area a pericolosità elevata	NO
Em	Area a pericolosità media o moderata	NO
Trasporto in massa su conoidi		
Ca	Area di conoide attivo non protetta	SI
Cp	Area di conoide attivo parzialmente protetta	SI
Cn	Area di conoide attivo non recentemente attivatosi o completamente protetta	NO
Valanghe		
Va	Area a pericolosità molto elevata od elevata	SI
Vm	Aea a pericolosità media o moderata	SI

Tabella 25: Dissesti con legenda PAI identificati in ambito comunale.

Oltre a tali aspetti, nella cartografia del dissesto è riportata l'area a rischio idrogeologico molto elevato (area ex PS267 "161 – LO – BG").

L'art. 18 delle NdA del PAI prevede la possibilità di modificare le perimetrazioni delle aree in dissesto (frane, conoidi, esondazioni torrentizie, valanghe come definite dall'art. 9 delle NdA) e delle aree a rischio idrogeologico molto elevato (come definite dal Titolo IV delle NdA), soprattutto a seguito della realizzazione di interventi di mitigazione del rischio, effettivo e/o potenziale.

Le proposte di ripermetrazione debbono essere redatte impiegando le metodologie di cui agli Allegati 2 – Parte II, 3 e 4 con alcune limitazioni esplicitamente previste dalla DGR IX/2616/2011:

- ◆ non sono ritenute ammissibili le proposte di ripermetrazione delle aree a "ri-

schio idrogeologico molto elevato” che sono già state oggetto di precedenti modifiche a seguito di studi di dettaglio, non giustificate dalla predisposizione di opere di mitigazione del rischio. Nello studio di supporto alla proposta di ripermimetrazione dovrà, al minimo, contenere la descrizione della tipologia, delle caratteristiche tecniche, del dimensionamento e dell’esatta ubicazione delle opere previste;

- non saranno ritenute ammissibili le proposte di ripermimetrazione delle aree in dissesto PAI (ivi comprese quelle all’interno delle revisioni di studi geologici dell’intero territorio comunale) che sono già state oggetto di precedenti modifiche a seguito di approfondimenti redatti ai sensi delle direttive tecniche previgenti alla DGR IX/2616/2011, che non contengano sostanziali elementi innovativi relativi ai quadri conoscitivo e analitico del dissesto.

Le proposte di ripermimetrazione derivanti da interventi di mitigazione del rischio possono essere sottoposte al parere delle competenti strutture regionali anche preliminarmente alla realizzazione degli stessi, purché corredate dagli elaborati progettuali. Qualora nel corso dei lavori venissero realizzate perizie suppletive e di variante, una volta ultimati i lavori, dovrà essere prodotta, a firma del Progettista e/o del Direttore dei Lavori, una dichiarazione di congruità alle opere realizzate delle proposta di ripermimetrazione formulata in sede progettuale; in alternativa dovrà essere prodotta una nuova proposta di ripermimetrazione da sottoporre nuovamente al vaglio.

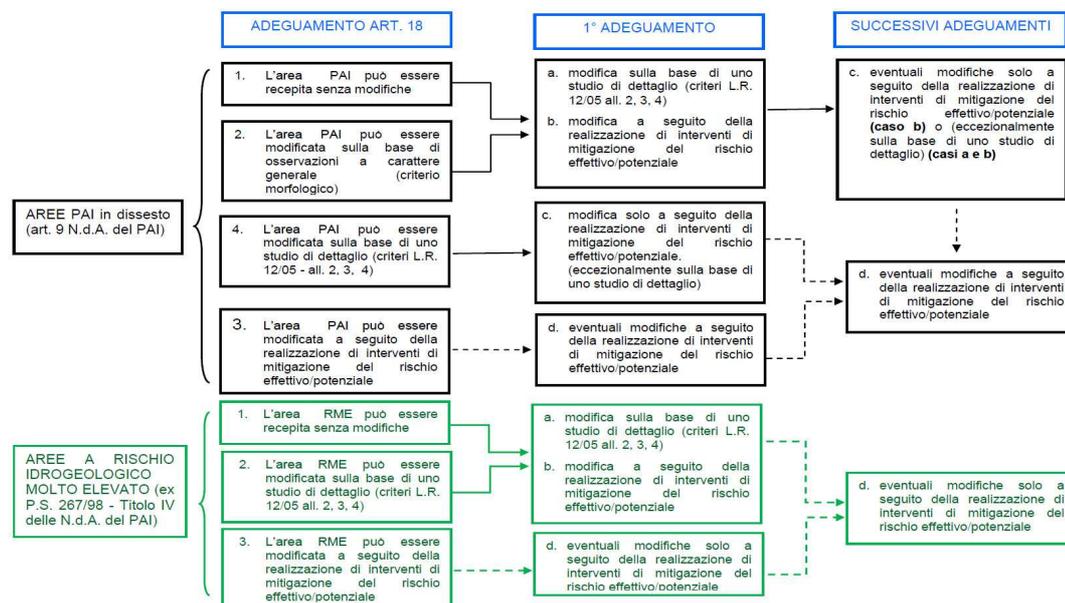


Figura 24: Procedure per ripermimetrazioni aree PAI in dissesto (art. 9 NdA) e aree a rischio idrogeologico molto elevato (titolo IV delle NdA del PAI) presenti nella DGR IX/2616/2011.

Le ripermimetrazioni diverranno efficaci, ad interventi terminati e collaudati, a conclusione dell’iter amministrativo di *recepimento nello strumento urbanistico comunale*.

Gli studi a supporto di tali proposte dovranno prendere in esame la totalità dell’area perimetrata e non potranno in ogni caso riguardare singole particelle ca-

tastali; per particolari tipologie di dissesto potranno essere condotti approfondimenti su porzioni più limitate, purché le stesse non siano influenzate dal dissesto nel suo insieme e purché la scelta venga adeguatamente motivata.

Nell'approccio alle proposte di ripermetrazione occorre sempre ricordare le seguenti considerazioni generali:

- ◆ l'obiettivo alla base dell'individuazione di aree in dissesto e del loro assoggettamento a misure limitative sulle trasformazioni del suolo è, in primo luogo, quello della tutela dell'incolumità delle persone e, subordinatamente, la riduzione del danno alle cose e alle attività;
- ◆ la realizzazione di opere di difesa deve essere motivata prioritariamente dalla necessità di garantire la sicurezza degli insediamenti esistenti e non da quella di svincolare aree per nuova edificazione, in quanto un aumento del carico insediativo comporta comunque un conseguente aumento del rischio;
- ◆ la mitigazione del rischio che si consegue con le opere non può essere assoluta, in quanto permarrà sempre presente una quota, per quanto limitata, di rischio residuo dovuto all'aleatorietà intrinseca nel prevedere i fenomeni di dissesto e la loro evoluzione;
- ◆ la durata e la funzionalità delle opere sono legate sia alle caratteristiche tecniche dei materiali utilizzati sia alla corretta e costante manutenzione;
- ◆ le conseguenze del rischio residuo sull'incolumità delle persone e sull'integrità delle strutture sono funzione della tipologia del fenomeno e dell'intensità e aleatorietà con cui si manifesta; da questo punto di vista, in particolare, crolli in roccia, caduta sassi, trasporti in massa su versanti e lungo le conoidi alpine e valanghe rientrano tra le tipologie più delicate e problematiche da affrontare. Per queste tipologie di dissesto, eventuali trasformazioni urbanistiche nelle aree svincolate dalla perimetrazione originaria a seguito della realizzazione di opere di difesa, necessitano di cautele superiori rispetto a quelle per mitigazione di altri tipi di dissesto;
- ◆ la valutazione regionale sugli studi di dettaglio a supporto delle istanze di ripermetrazione verte unicamente sulla congruità dei criteri adottati nella valutazione della pericolosità rispetto ai criteri della DGR IX/2616/2011: sono pertanto piena responsabilità del Professionista estensore dello studio (attraverso la dichiarazione sostitutiva di atto di notorietà di cui all'allegato 15 della DGR IX/2616/2011) le valutazioni operate e le conclusioni tratte.

Ne consegue che eventuali trasformazioni urbanistiche nelle aree svincolate dalla perimetrazione originaria, in particolare quelle comportanti aumenti di carico insediativo, dovranno essere valutate con la massima attenzione, ricordando anche che:

- ◆ sono responsabilità del Comune, una volta recepita la nuova ripermetrazione all'interno dello strumento urbanistico, sia le scelte in merito all'utilizzo del suolo nelle aree non più vincolate, sia la gestione del rischio in tali aree nel Piano di Emergenza comunale;

- ▶ per gli interventi finanziati e realizzati dal Comune (anche con l'eventuale concorso di soggetti privati), è responsabilità dello stesso e dei soggetti beneficiari dell'intervento, anche tramite accordi specifici da definirsi di caso in caso, il mantenimento nel tempo delle condizioni assunte a base della proposta di ripermetrazione stessa (eventuale monitoraggio, controlli periodici sull'efficienza delle opere, manutenzioni, ecc), e l'adozione, se del caso, di tutte le misure atte alla salvaguardia della pubblica incolumità;
- ▶ per gli interventi finanziati da altri Enti, nel caso il Comune decidesse di utilizzare le aree svincolate dalla perimetrazione per nuove edificazioni, allo stesso potrà essere richiesto di partecipare alla manutenzione degli interventi al fine di garantirne l'efficacia nel tempo, attraverso modalità da definire nelle procedure di attuazione degli interventi e tramite accordi specifici da definirsi di caso in caso.

APENDICE UNO

INFORMAZIONI E DATI DI CARATTERE BIBLIOGRAFICO

Consultata e, quando ritenuta idonea, si è implementata o utilizzata per la predisposizione dello studio principalmente la seguente documentazione:

- ◆ foto aeree relative all'ultimo volo eseguito per conto della Comunità Montana Valle Brembana nel 1998, scala indicativa 1:10.000, dalla ditta CGR SPA di Parma (copre solo una piccola porzione del territorio comunale);
- ◆ studio geologico di supporto al PRG, redatto nell'anno 1995, da dott. Andrea Zanchi e sua revisione del 2004 da parte dello scrivente;
- ◆ Piano Risanamento Acque (PRA) – Servizi di fognatura ed acquedotto;
- ◆ fotografie aeree della serie TEM 1 Lombardia alla scala 1:22.000 del 1981;
- ◆ Documentazione disponibile sul portale cartografico della Regione Lombardia (geoIffi, PAI, progetto CARG, cartografia geoambientale, ecc.);
- ◆ carta del sistema dei vincoli vigenti allegata al Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale;
- ◆ documentazione geologica, geomorfologica, idrologia, idrogeologica ed idraulica contenuta nel Piano di Coordinamento Provinciale;
- ◆ vincoli ai sensi della L. 183/1989: Piano per l'Assetto idrogeologico – Autorità di Bacino del Fiume Po, Piano Stralcio Fasce Fluviali – Autorità di Bacino del Fiume Po;
- ◆ vincoli ai sensi della Legge 102/1990;
- ◆ Studi geologici ed idraulici effettuati ai sensi della Legge 267/1998;
- ◆ archivi dati storici provincia di Bergamo;
- ◆ carte dei centri abitati instabili;
- ◆ studi idrologici ed idraulici: "Relazione idrologica delle Frane di Fraggio e Bonnetto in comune di Taleggio" redatta da ing. U. Maione e ing. D. Zampaglione".

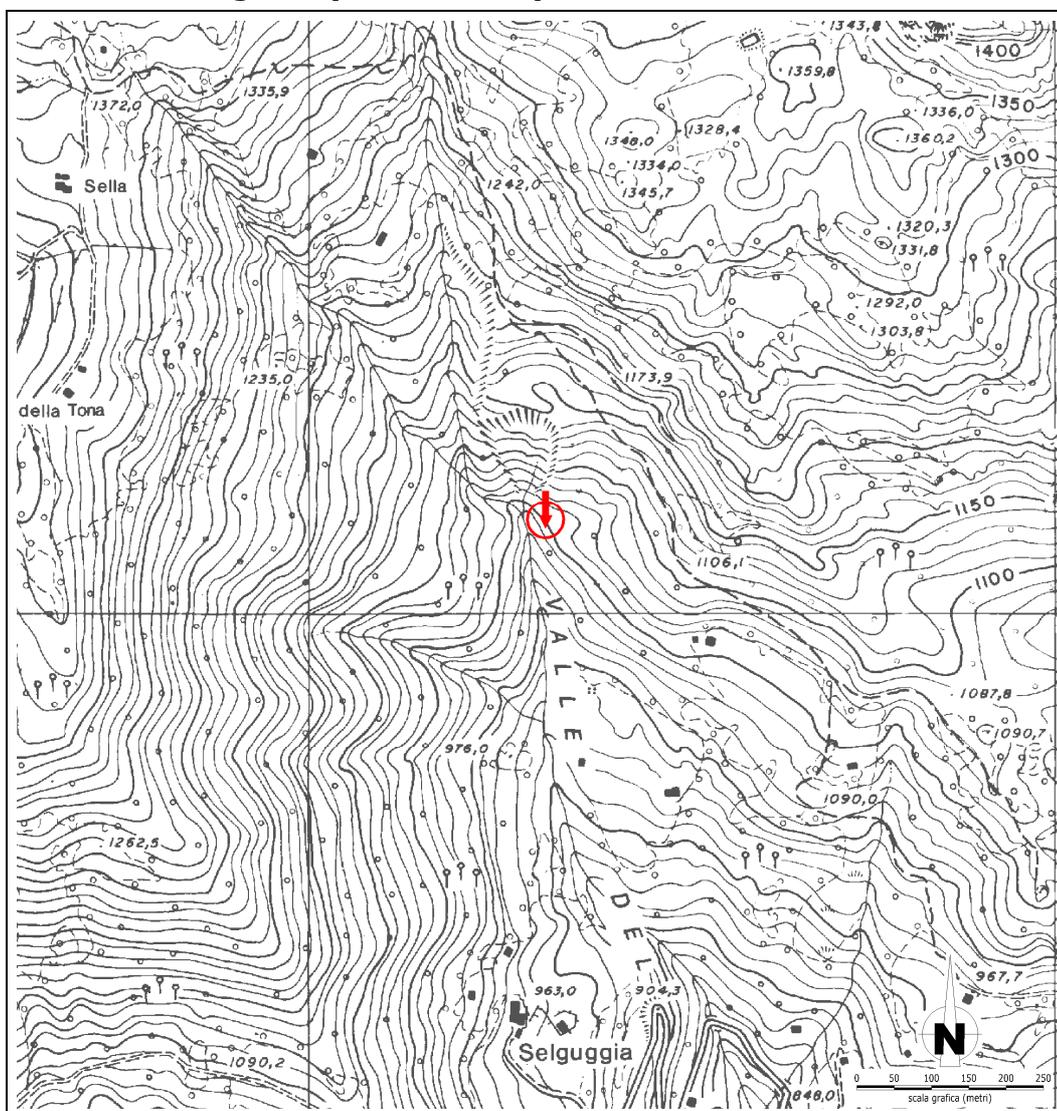
Presso l'amministrazione comunale è stato possibile reperire altra documentazione:

- ◆ dati geotecnici e stratigrafici disponibili presso il Comune e relativi agli interventi realizzati sul territorio in relazione al DM 11 marzo 1988 / NTC08;
- ◆ Vari studi / progetti di bonifica riguardanti dissesti presenti in ambito comunale;
- ◆ i dati riguardanti pozzi e sorgenti presenti sul territorio comunale.

APPENDICE DUE**SORGENTI ASSERVITE A SISTEMI ACQUEDOTTISTICI**

SORGENTE FONTANA FRESCA**Dati identificativi**

N. riferimento e denominazione	01 – Sorgente Fontana Fresca	
Località	Corne Lunghe	
Comune	Vedeseta	
Provincia	Bergamo	
Sezione CTR	C4a5	
Coordinate chilometriche da CTR	Latitudine	5083120
	Longitudine	1541320
Quota (m s.l.m.)	1050	

Ubicazione sorgente (stralcio CTRL)

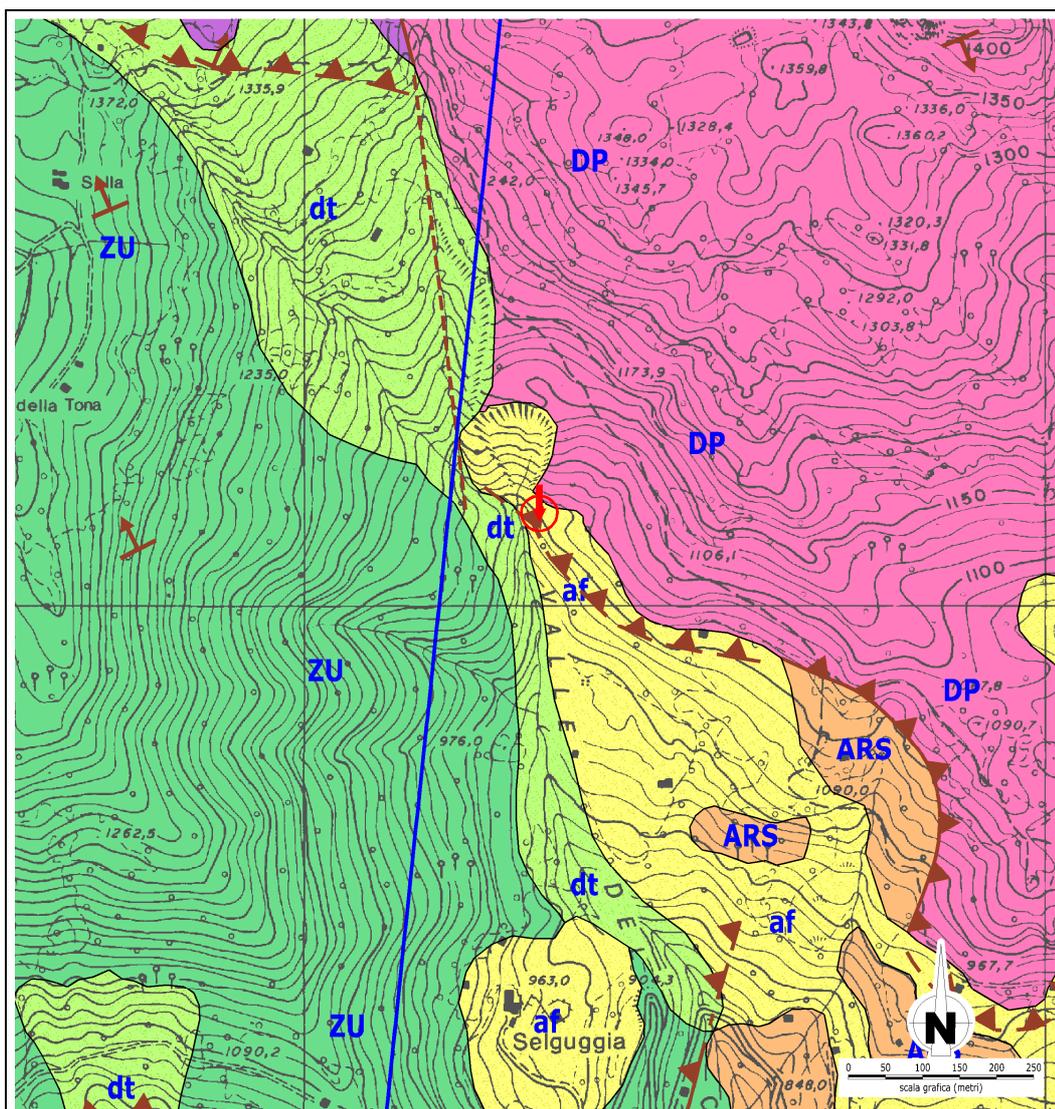
Dati fisici caratteristici della sorgente

Tipo di emergenza	
Localizzata	X
Diffusa	
Fronte sorgivo	
Regime	
Perenne	X
Secca stagionalmente	
Secca eccezionalmente	
Stato	
Captata	X
Non captata	

Dati caratteristici dell'opera di presa

Tipologia di utilizzo	Potabile
Portata utilizzata l/s	1,0 (media)
Utilizzatore	Acquedotto comunale

Quadro geologico semplificato



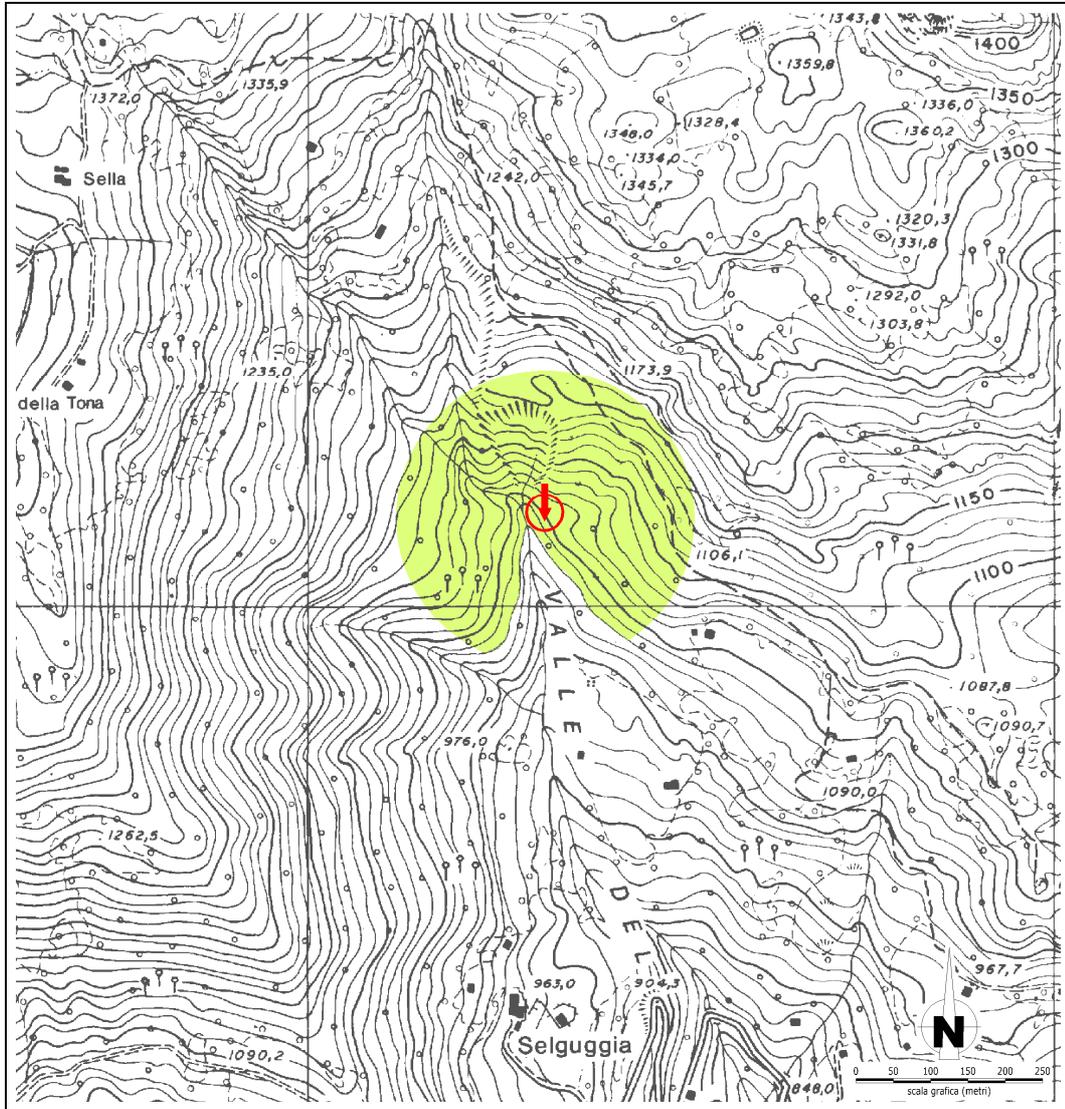
ZU:Calccare di Zu, DP: Dolomia Principale, ARS: Argilliti di Riva di Solto, af: Depositi di frana o di genesi complessa, dt: Depositi Detritici.

Dati chimico-fisici

DATI RECENTI NON DISPONIBILI

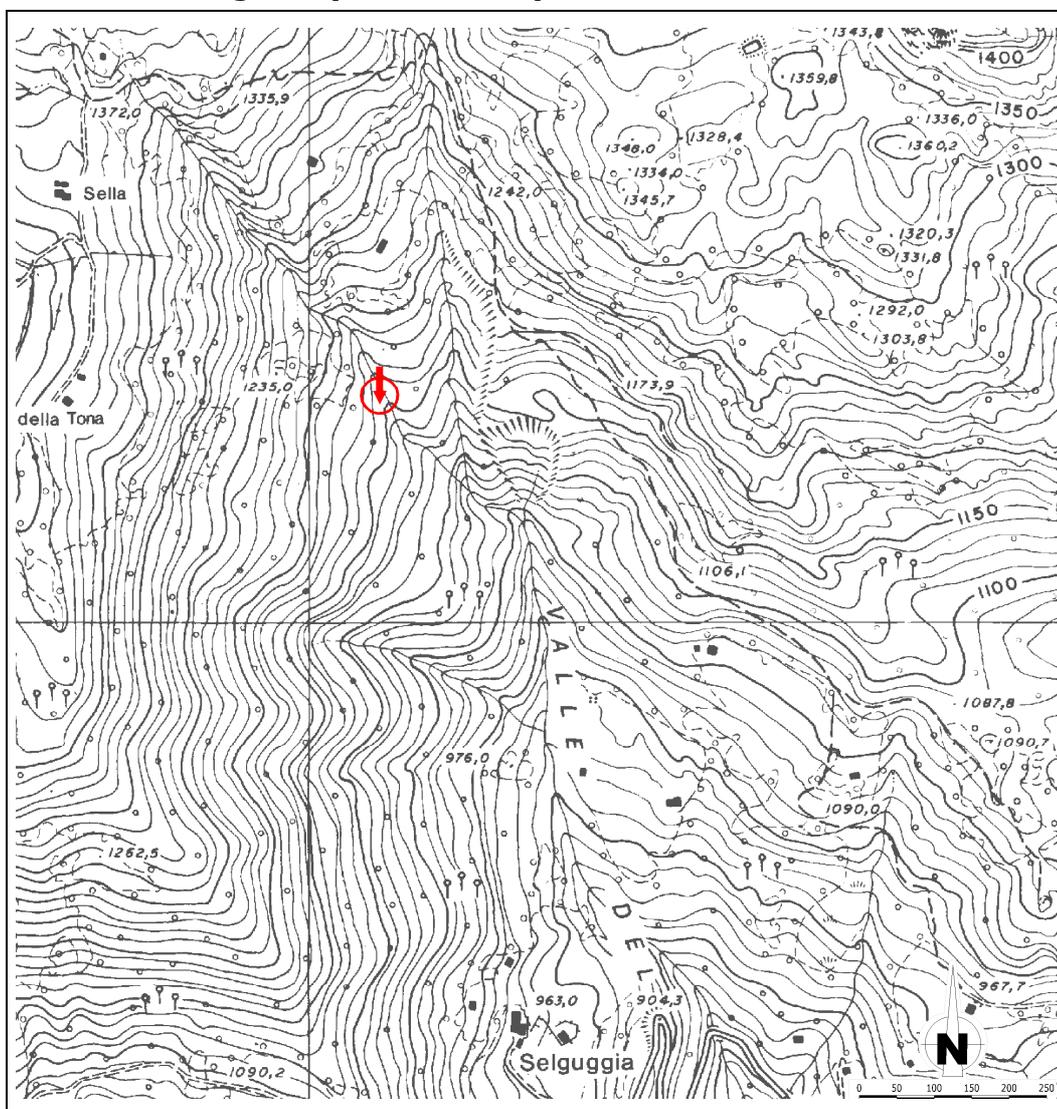
Perimetrazione delle aree di salvaguardia

Criteri di perimetrazione (area di rispetto)			
Geometrico	X	Idrogeologico	



SORGENTE BASSA DI CHIGNOLO BASSA**Dati identificativi**

N. riferimento e denominazione	02 – Sorgente Bassa	
Località	Chignolo Bassa	
Comune	Vedeseta	
Provincia	Bergamo	
Sezione CTR	C4a3	
Coordinate chilometriche da CTR	Latitudine	5083310
	Longitudine	1541080
Quota (m s.l.m.)	1140	

Ubicazione sorgente (stralcio CTRL)

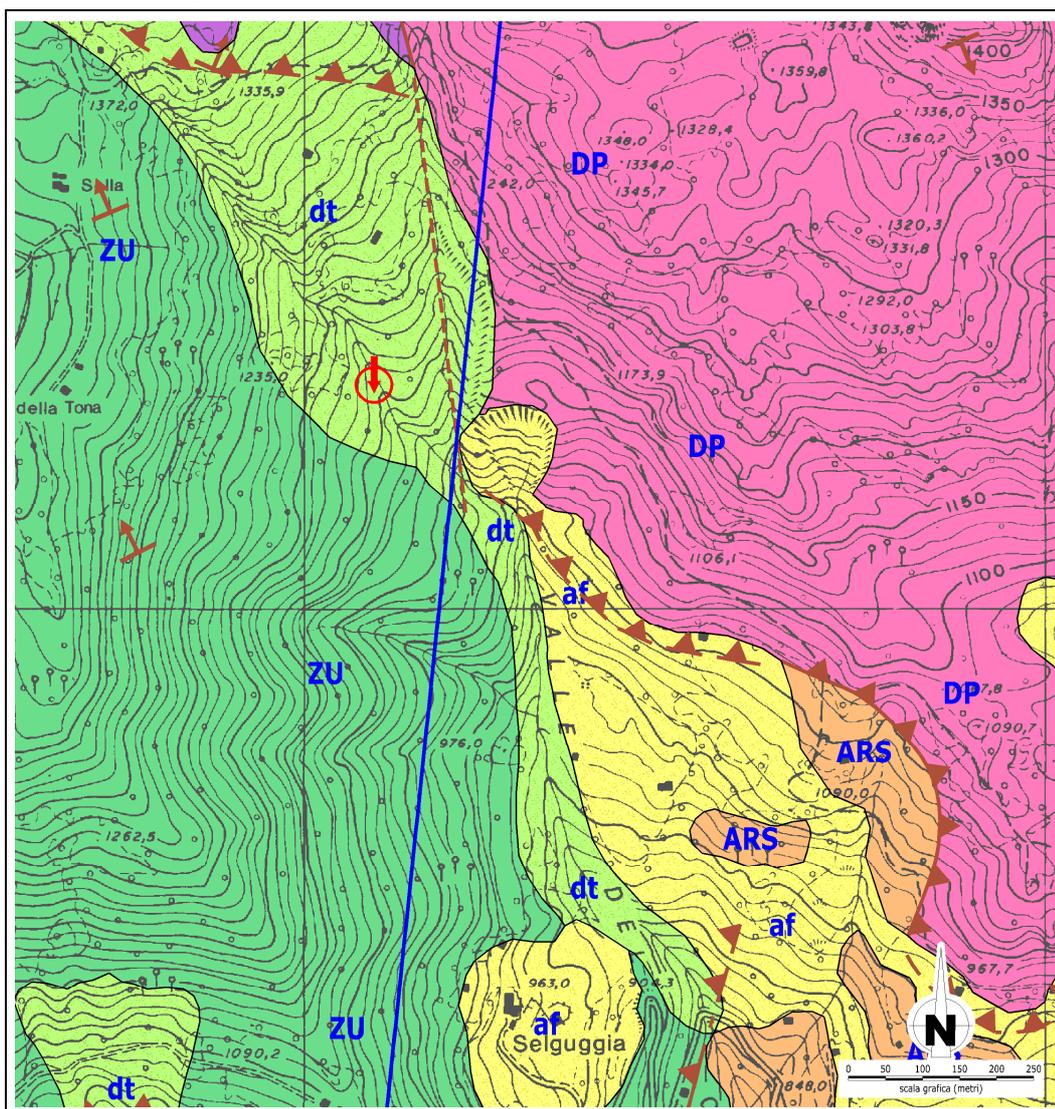
Dati fisici caratteristici della sorgente

Tipo di emergenza	
Localizzata	X
Diffusa	
Fronte sorgivo	
Regime	
Perenne	X
Secca stagionalmente	
Secca eccezionalmente	
Stato	
Captata	X
Non captata	

Dati caratteristici dell'opera di presa

Tipologia di utilizzo	Potabile
Portata utilizzata l/s	2,5 (media, comprensiva sorgente alta)
Utilizzatore	Acquedotto comunale

Quadro geologico semplificato



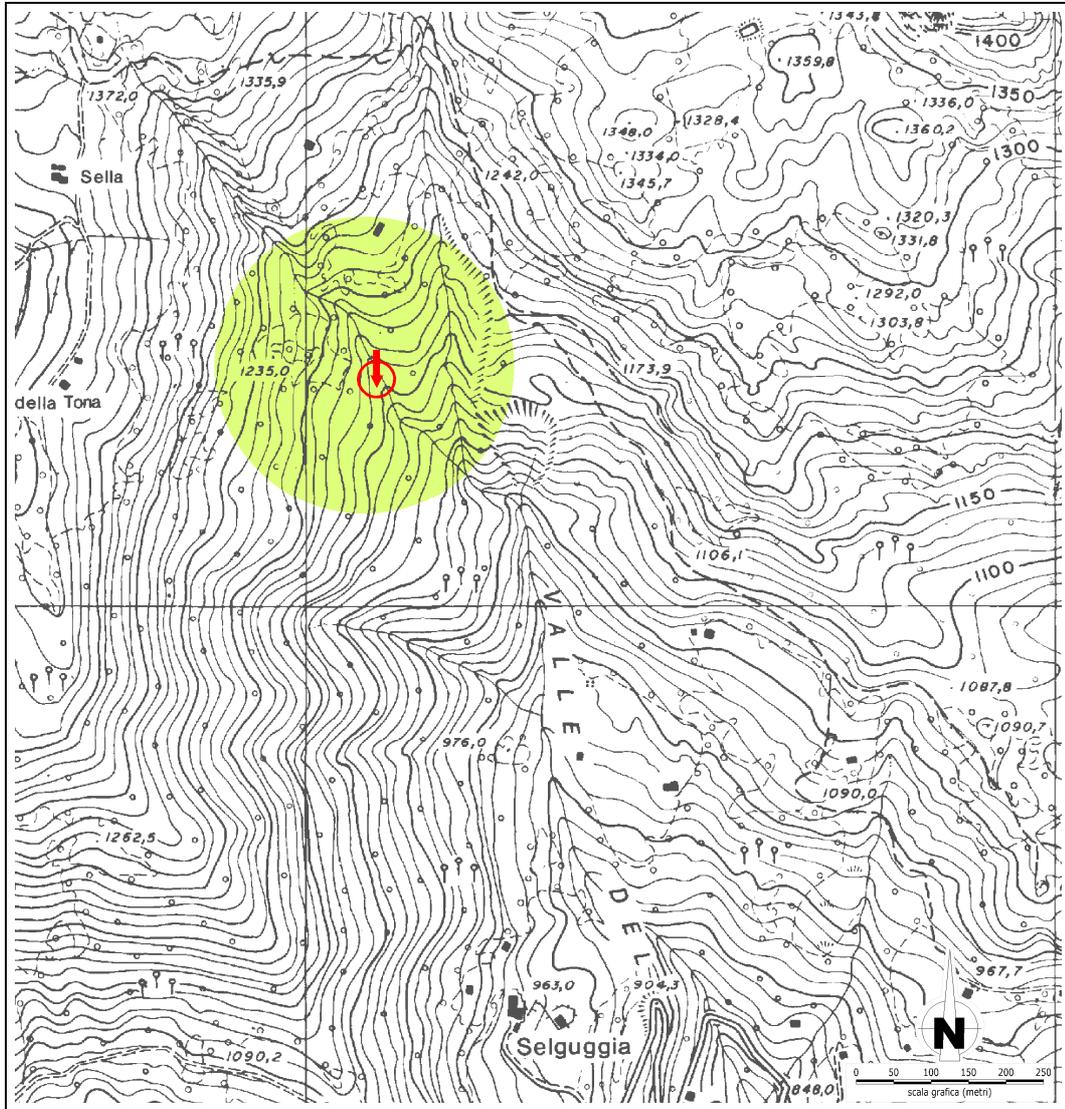
ZU: Calcarea di Zu, DP: Dolomia Principale, ARS: Argilliti di Riva di Solto, af: Depositi di frana o di genesi complessa, dt: Depositi Detritici.

Dati chimico-fisici

DATI RECENTI NON DISPONIBILI

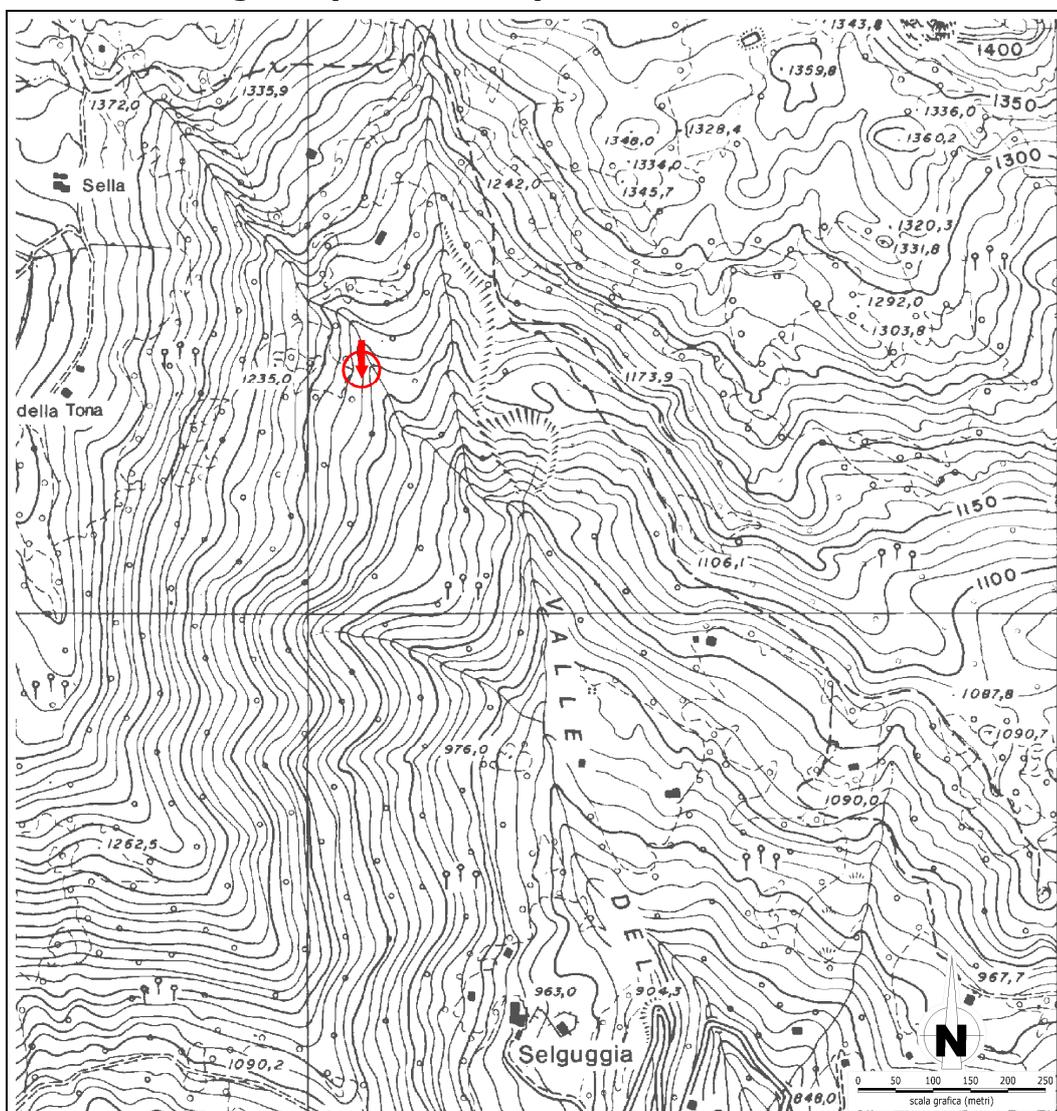
Perimetrazione delle aree di salvaguardia

Criteri di perimetrazione (area di rispetto)			
Geometrico	X	Idrogeologico	



SORGENTE ALTA DI CHIGNOLO BASSA**Dati identificativi**

N. riferimento e denominazione	03 – Sorgente Alta	
Località	Chignolo Bassa	
Comune	Vedeseta	
Provincia	Bergamo	
Sezione CTR	C4a3	
Coordinate chilometriche da CTR	Latitudine	5083320
	Longitudine	1541070
Quota (m s.l.m.)	1150	

Ubicazione sorgente (stralcio CTRL)

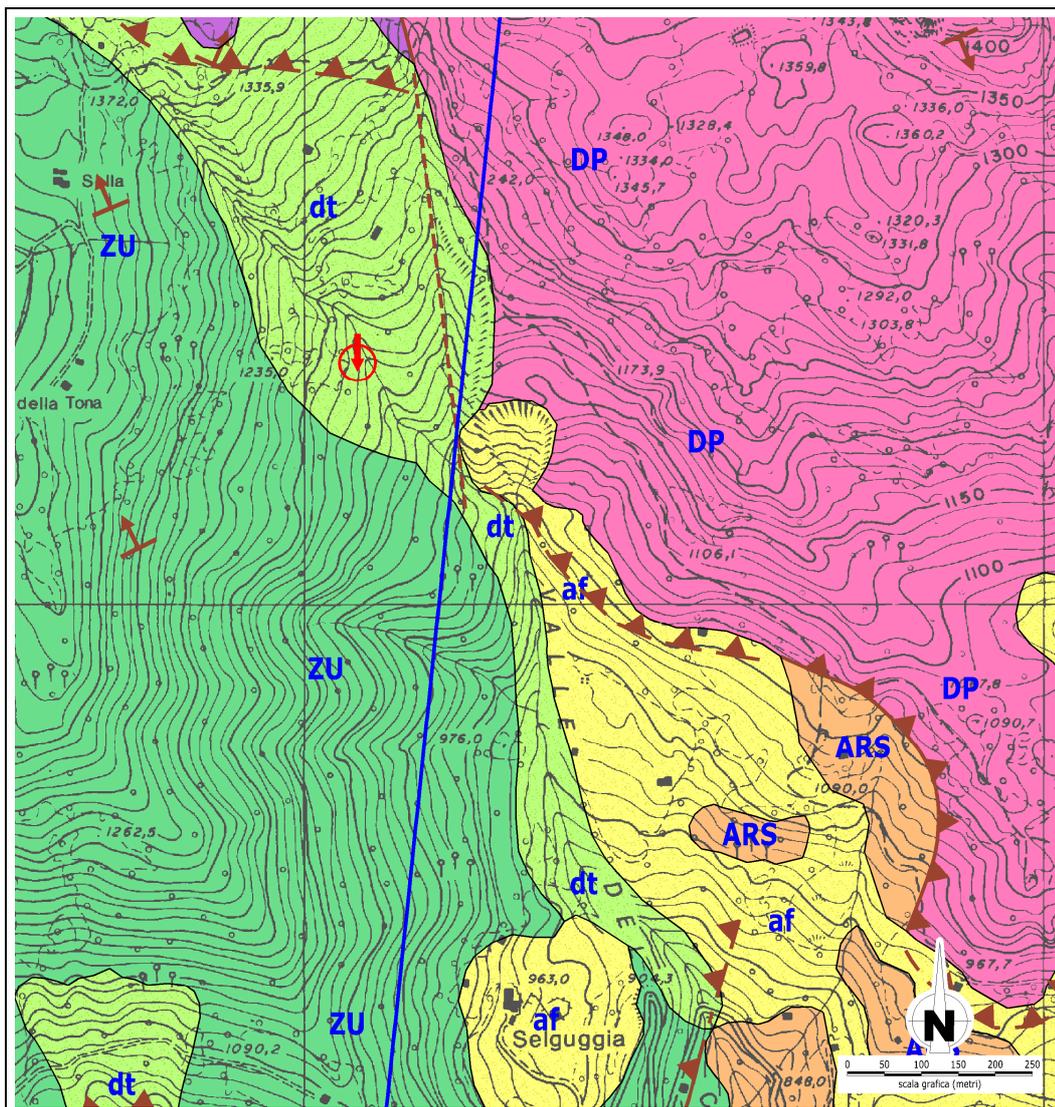
Dati fisici caratteristici della sorgente

Tipo di emergenza	
Localizzata	X
Diffusa	
Fronte sorgivo	
Regime	
Perenne	X
Secca stagionalmente	
Secca eccezionalmente	
Stato	
Captata	X
Non captata	

Dati caratteristici dell'opera di presa

Tipologia di utilizzo	Potabile
Portata utilizzata l/s	2,5 (media, comprensiva sorgente bassa)
Utilizzatore	Acquedotto comunale

Quadro geologico semplificato



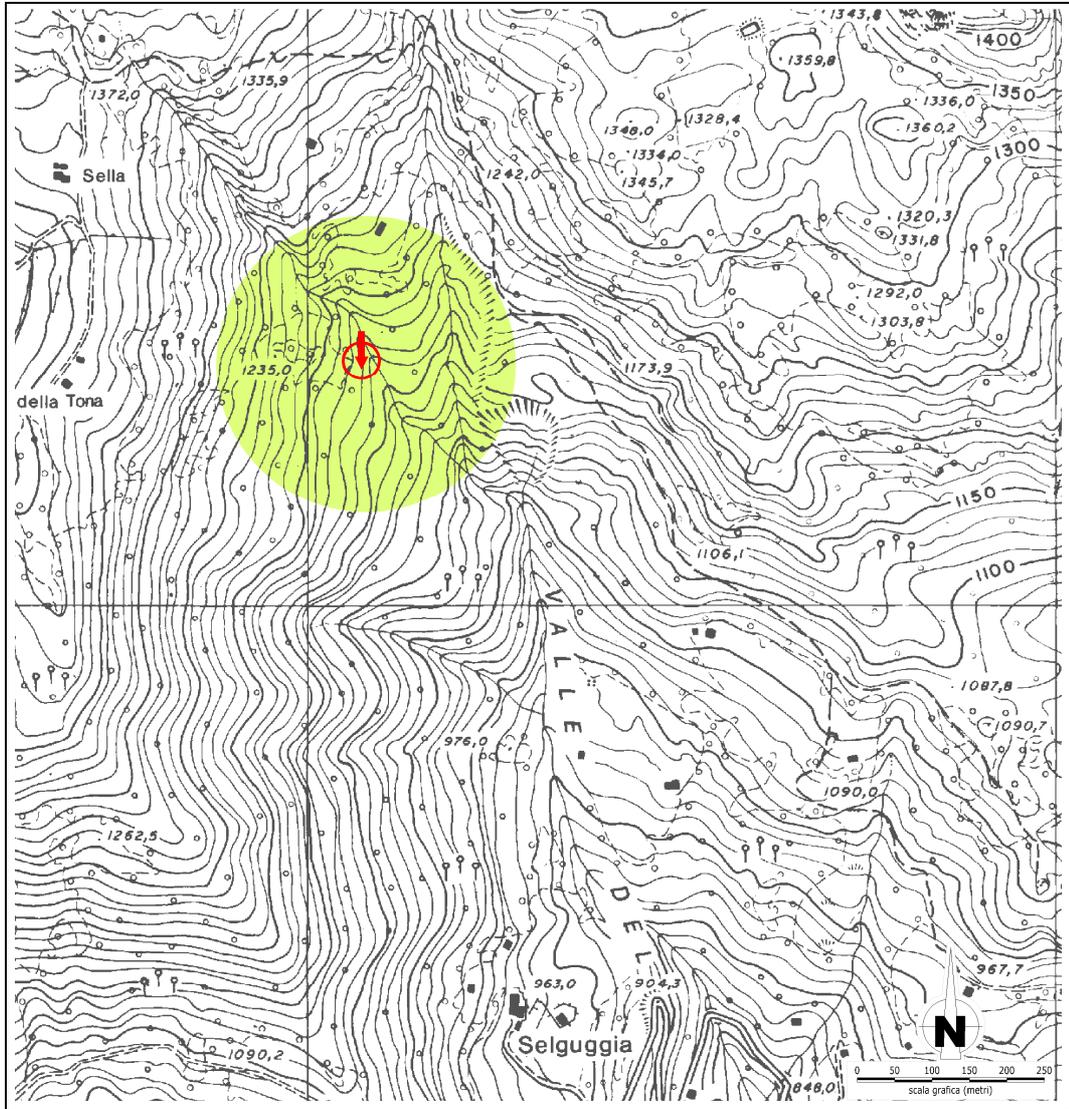
ZU: Calcere di Zu, DP: Dolomia Principale, ARS: Argilliti di Riva di Solto, af: Depositi di frana o di genesi complessa, dt: Depositi Detritici.

Dati chimico-fisici

DATI RECENTI NON DISPONIBILI

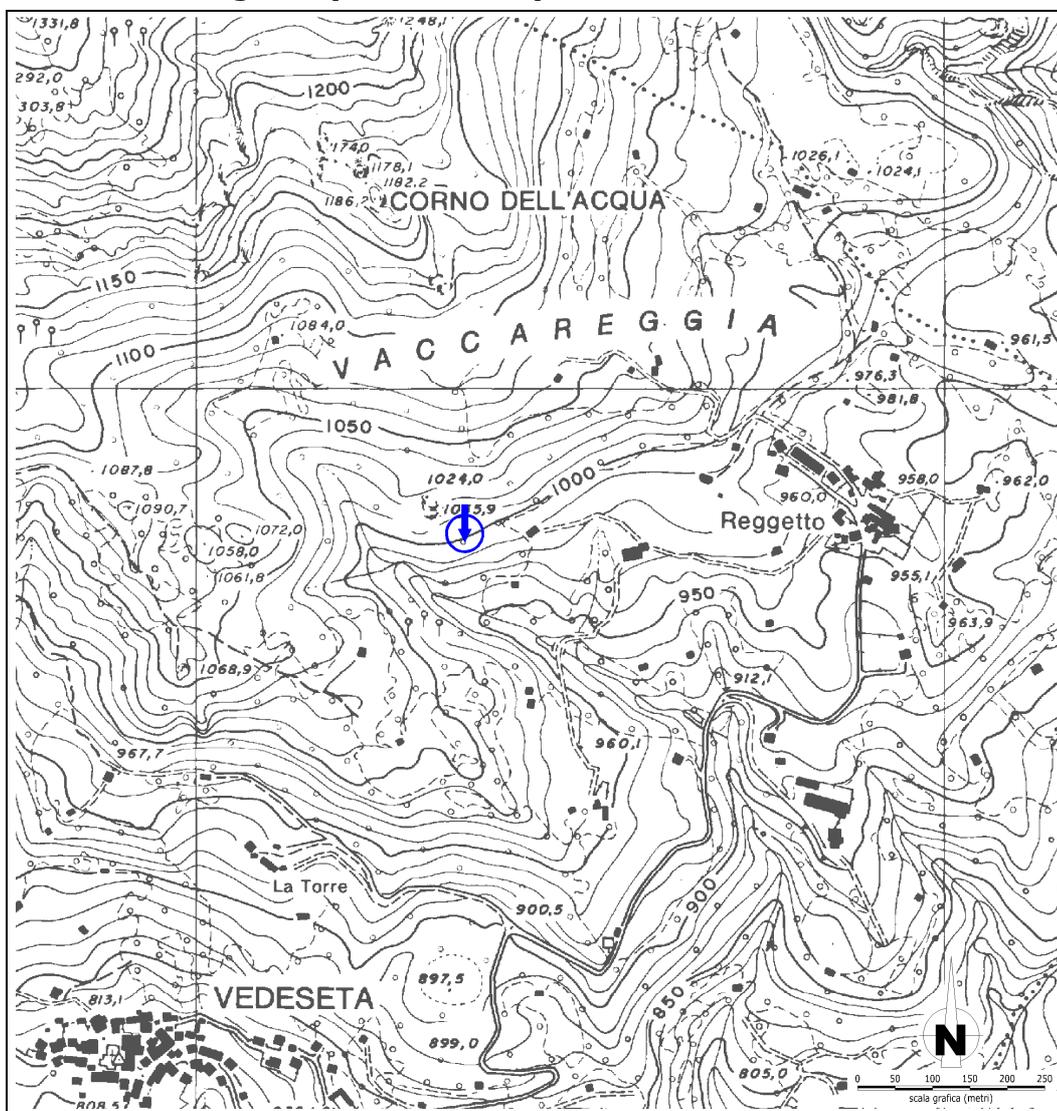
Perimetrazione delle aree di salvaguardia

Criteri di perimetrazione (area di rispetto)			
Geometrico	X	Idrogeologico	



SORGENTE CIMALACQUA**Dati identificativi**

N. riferimento e denominazione	04 – Sorgente Cimalacqua	
Località	Pizzone	
Comune	Vedeseta	
Provincia	Bergamo	
Sezione CTR	C4a3	
Coordinate chilometriche da CTR	Latitudine	5082800
	Longitudine	1542350
Quota (m s.l.m.)	1150	

Ubicazione sorgente (stralcio CTRL)

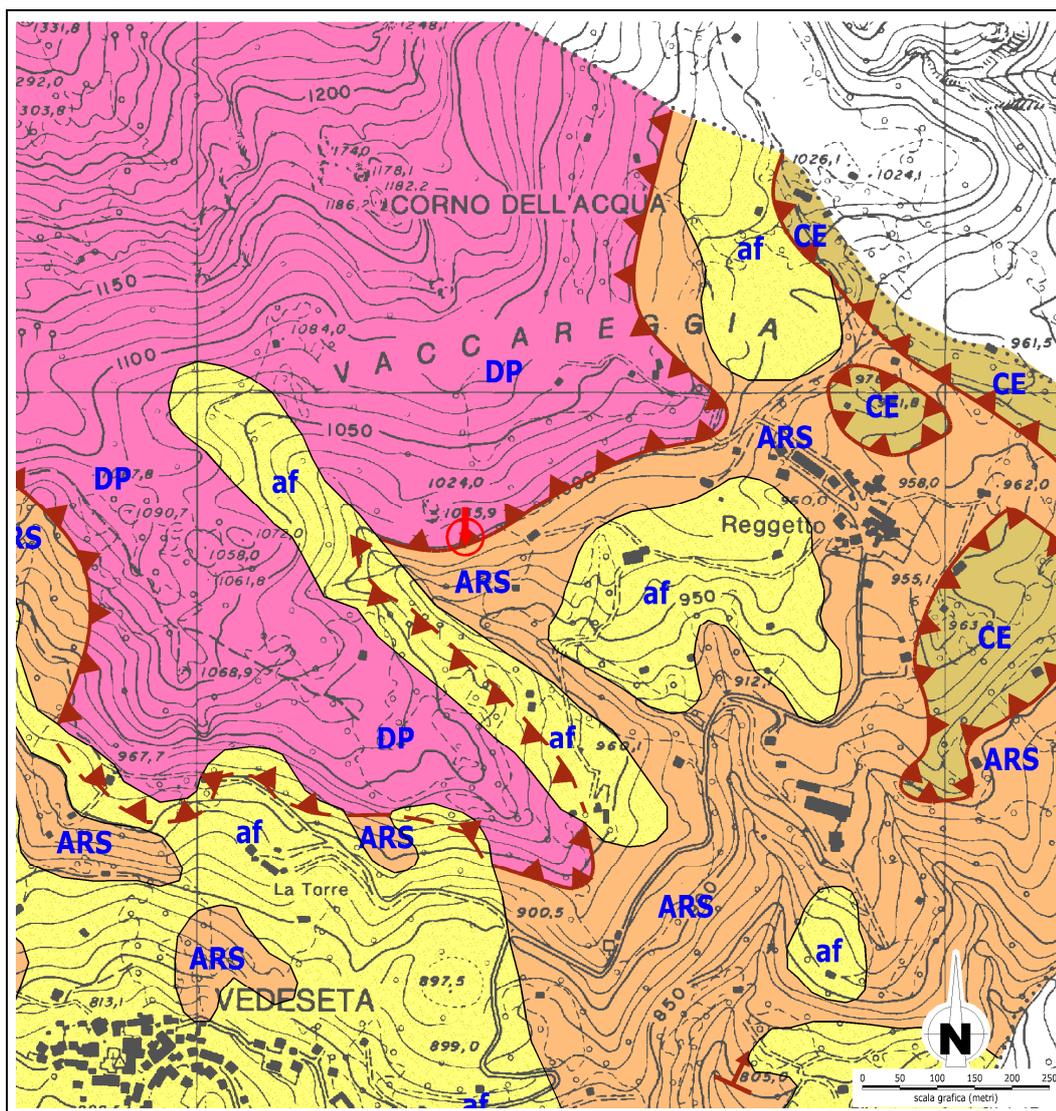
Dati fisici caratteristici della sorgente

Tipo di emergenza	
Localizzata	X
Diffusa	
Fronte sorgivo	
Regime	
Perenne	X
Secca stagionalmente	
Secca eccezionalmente	
Stato	
Captata	X
Non captata	

Dati caratteristici dell'opera di presa

Tipologia di utilizzo	Potabile
Portata utilizzata l/s	6,5 (media)
Utilizzatore	Acquedotto comunale

Quadro geologico semplificato



DP: Dolomia Principale, ARS: Argilliti di Riva di Solto, CE: Calcere di Esino, af: Depositi di frana o di genesi complessa.

Dati chimico-fisici

DATI RECENTI NON DISPONIBILI

Perimetrazione delle aree di salvaguardia

Criteri di perimetrazione (area di rispetto)			
Geometrico	X	Idrogeologico	

