



COMUNE DI VALGREGGHENTINO

PROVINCIA DI LECCO

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

D.G.R. 2616/2011 & D.G.R. 6738/2017

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

DOC. 1	COMUNE DI VALGREGGHENTINO Piazza Roma, n. 2 - 23857 Valgregghentino (LC) Tel: +39 0341 604507 - Fax. 0341 660063 e-mail: protocollo@comune.valgregghentino.lc.it pec: comune.valgregghentino@pec.regione.lombardia.it		DATA: GENNAIO 2023
	REVISIONE	STATO	DATA
01	DEFINITIVO	01/2023	<i>PROFESSIONISTA INCARICATO:</i> DOTT. GEOL. MATTEO LAMBRUGO via C. Alberto, n.10 - 23822 BELLANO (LC) tel: 3490565625 e.mail: matteo.lambrugo@geosgl.it pec: matteo.lambrugo@pec.geosgl.it <i>In collaborazione con:</i> DOTT. GEOL. PIETRO ALBORGHETTI via Magnodeno, n.11a - 23900 LECCO (LC) Cell: 348 7054778 e.mail: pietroalbo@virgilio.it pec: pietro.alborghetti@pec.epap.it



COMUNE DI VALGREGHENTINO
Piazza Roma n. 2 – 23857 Valgrehentino (LC)

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

INDICE

1	PREMESSA.....	3
2	DATI UTILIZZATI NELL'ANALISI.....	5
2.1	Basi cartografiche, immagini aeree e modello digitale del terreno.....	5
2.2	Quadro conoscitivo del dissesto	5
3	METODOLOGIA UTILIZZATA	6
4	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	8
5	INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE	9
5.1	Geologia.....	9
5.2	Geomorfologia.....	12
6	ANALISI DEL TERRITORIO COMUNALE.....	14
6.1	Ricerca storica e sintesi bibliografica	14
6.2	Inquadramento meteo-climatico.....	14
6.2.1	Pluviometria e regime pluviometrico	15
6.3	Geologia.....	18
6.3.1	Copertura Sedimentaria Mesozoica Prealpina.....	19
6.3.2	Copertura sedimentaria quaternaria	20
6.4	Geomorfologia.....	21
6.5	Idrogeologia.....	24
6.6	Idraulica.....	25
6.7	Elementi geotecnici	28
6.8	Vincoli presenti	30
6.9	Cartografia di sintesi del territorio comunale: individuazione delle condizioni di pericolosità geologica	31
7	CLASSI DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA.....	33
7.1	Classe 2 (gialla): fattibilità con modeste limitazioni	33
7.2	Classe 3 (arancione): fattibilità con consistenti limitazioni	33
7.3	Classe 4 (rosso): fattibilità con gravi limitazioni.....	34

8	LA CARTA PAI - PGRA	36
9	DISPOSIZIONI RELATIVE ALL'EDIFICATO ESISTENTE ESPOSTO AL RISCHIO.....	39
10	ANALISI DELLA SISMICITA' DEL TERRITORIO E PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE (PSL).....	41
10.1	Introduzione.....	41
10.2	Sismicità del territorio	42
10.3	Pericolosità Sismica di Base.....	45
10.4	Pericolosità Sismica Locale	48
10.5	Pericolosità Sismica Locale di Valgrehentino.....	50
10.5.1	I Livello - La Carta della Pericolosità Sismica Locale (PSL).....	54
10.5.2	Il Livello di Approfondimento	54

1 PREMESSA

Su incarico dell'Amministrazione Comunale di Valgrehentino (LC), sono stati eseguiti gli accertamenti sull'intero territorio comunale, allo scopo di aggiornare la componente geologica, idrogeologica e sismica (c.g.i.s) del Piano di Governo Comunale vigente, in adempimento alla L.R. 11/03/2005 n° 12 e smi. In sintesi, il presente aggiornamento integra e modifica la versione vigente, redatta da uno degli scriventi (aprile 2010) ed approvata contestualmente con il PGT nel settembre 2012. Nello specifico, si è provveduto all'aggiornamento degli elaborati tecnici e cartografici, sulla base di quanto disposto dalla D.G.R. 30/11/2011 n° IX/2616 e D.G.R 19/06/2017 n° X/6738 e smi. In particolare, oltre all'adeguamento alle sopraindicate normative, si sono recepite le nuove fasce di rispetto di reticolo idrico e le norme di polizia idraulica, oltre all'approfondimento sismico di secondo livello necessario a seguito del nuovo azionamento sismico.

Si evidenzia inoltre, che la presente revisione della c.g.i.s, non propone modifiche al quadro del dissesto vigente PAI, quest'ultimo precedentemente aggiornato nel luglio 2002, durante la variante del Piano Regolatore Generale, ai sensi della DGR n.7/7365 del 11/12/2001 ed in coerenza con l'art. 18 delle norme di attuazione del PAI.

Complessivamente, oltre al presente documento, sono stati sviluppati i seguenti elaborati:

- CARTOGRAFIA DI INQUADRAMENTO: elementi geologici, geomorfologici e dinamica geomorfologica (Tavola 1) – scala 1:10.000;
- CARTOGRAFIA DI INQUADRAMENTO: elementi idrografici, idraulici e idrogeologici (Tavola 2) – scala 1:10.000;
- CARTOGRAFIA DEI VINCOLI (Tavola 3) – scala 1:10.000;
- CARTOGRAFIA DI SINTESI: pericolosità geologica (Tavola 4) – scala 1:5.000;
- CARTOGRAFIA DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA (Tavola 5) – scala 1:10.000;
- CARTOGRAFIA DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA AREA URBANA SETTORE SETTENTRIONALE (Tavola 6 - N) – scala 1:2.000;

- CARTOGRAFIA DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA AREA URBANA SETTORE CENTRALE (Tavola 6 - C) – scala 1:2.000;
- CARTOGRAFIA DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA AREA URBANA SETTORE MERIDIONALE (Tavola 6 - S) – scala 1:2.000;
- CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE (Tavola 7) – scala 1:5.000;
- CARTA PAI - PGRA (Tavola 10) - scala 1:10.000;
- NORME GEOLOGICHE DI ATTUAZIONE (DOC. 2).
- APPROFONDIMENTO SISMICO DI II LIVELLO (DOC. 3)

2 DATI UTILIZZATI NELL'ANALISI

2.1 Basi cartografiche, immagini aeree e modello digitale del terreno

Per l'esecuzione dello studio del territorio comunale, oltre all'utilizzo dell'analisi stereoscopica delle fotografie aeree, sono stati utilizzati i seguenti supporti informatici:

- Ortofoto scala 1:10.000 Regione Lombardia (voli 2015-2018);
- Modello digitale del terreno della Regione Lombardia, DTM con risoluzione 5 metri.

La base cartografica utilizzata per l'elaborazione delle cartografie tematiche sono quelle relative al Database Topografico Provinciale (DBTP) a scala variabile (1:2.000 per lo stralcio urbano e 1:10.000 per l'area montana).

2.2 Quadro conoscitivo del dissesto

Il quadro conoscitivo del dissesto è stato completato mediante il reperimento e la consultazione di:

- Quadro del dissesto di cui al SIT regionale;
- Piano Straordinario per le aree a rischio idrogeologico molto elevato (PS267) e successivi aggiornamenti;
- PAI (ultimo aggiornamento, comprensivo di aree a rischio idrogeologico molto elevato RME);
- Carta di localizzazione probabile delle valanghe (Regione Lombardia, 1992);
- Cartografia del Piano Gestione dei Rischi Alluvione redatta dalla Regione Lombardia (ultimo aggiornamento);

3 METODOLOGIA UTILIZZATA

La metodologia di ricerca utilizzata si fonda sulle seguenti tre fasi successive di lavoro:

- sintesi bibliografica compilativa, analisi storica;
- approfondimento ed integrazione;
- valutazioni e proposte.

La prima fase è consistita essenzialmente nella raccolta, nell'esame critico e nella comparazione di dati storici, scientifici e tecnici d'archivio.

La successiva fase di approfondimento e integrazione ha comportato l'attuazione delle seguenti operazioni:

- esame stereoscopico delle fotografie aeree relative al territorio comunale (volo 1981 Regione Lombardia; foto aeree comunali 2000);
- sopralluoghi di verifica con esecuzione di rilievi di dettaglio,
- esecuzione di rilievi geofisici attivi e passivi opportunamente distribuiti su l'area urbanizzata.

I dati raccolti hanno permesso la redazione di una cartografia tematica di inquadramento in scala 1:10.000 (Tavole 1 e 2) relativa alle condizioni litologiche, geomorfologiche, strutturali, geotecniche e idrogeologiche del territorio comunale di Valgrehentino.

Nella successiva terza fase di lavoro (valutazioni e proposte) sono state formulate proposte, attraverso una valutazione incrociata degli elementi contenuti nella cartografia tematica specifica con gli scenari di pericolosità geologica desunti per il territorio comunale. Allo scopo, sono state definite alcune "classi di fattibilità geologica" (Tavole 5, 6–N, 6–N e 6–N) che tengono conto della componente geoambientale, dei vincoli, delle valutazioni in merito alla "pericolosità" (Cartografia di Sintesi, Tavola 4) dei singoli fenomeni ed ai conseguenti "scenari di rischio".

Mentre, nella Tavola 7, sono sintetizzati gli "Scenari di Pericolosità Sismica Locale", definiti per l'intero territorio comunale in scala 1:5000, integrati con i risultati dell'approfondimento sismico di secondo livello (DOC. 3).

Infine, per completezza, la Tavola 8 “Carta PAI - PGRA” rappresenta il quadro del dissesto vigente, secondo le nuove classificazioni del PGRA ai sensi della D.G.R 19/06/2017 n° X/6738.

La relazione inizia con un capitolo introduttivo che illustra il contesto geologico-regionale ed evolutivo in cui si inserisce il territorio in esame.

4 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il territorio comunale di Valgrehentino è ubicato sulla destra idrografica della valle dell'Adda in provincia di Lecco e confina con il Comune di Olginate a Nord-Est, di Airuno a Sud, di Galbiate a Nord – Ovest ed ad Ovest con il Comune di Colle Brianza. L'area esaminata comprende l'intero territorio comunale ed occupa una superficie di circa 6,2 kmq.

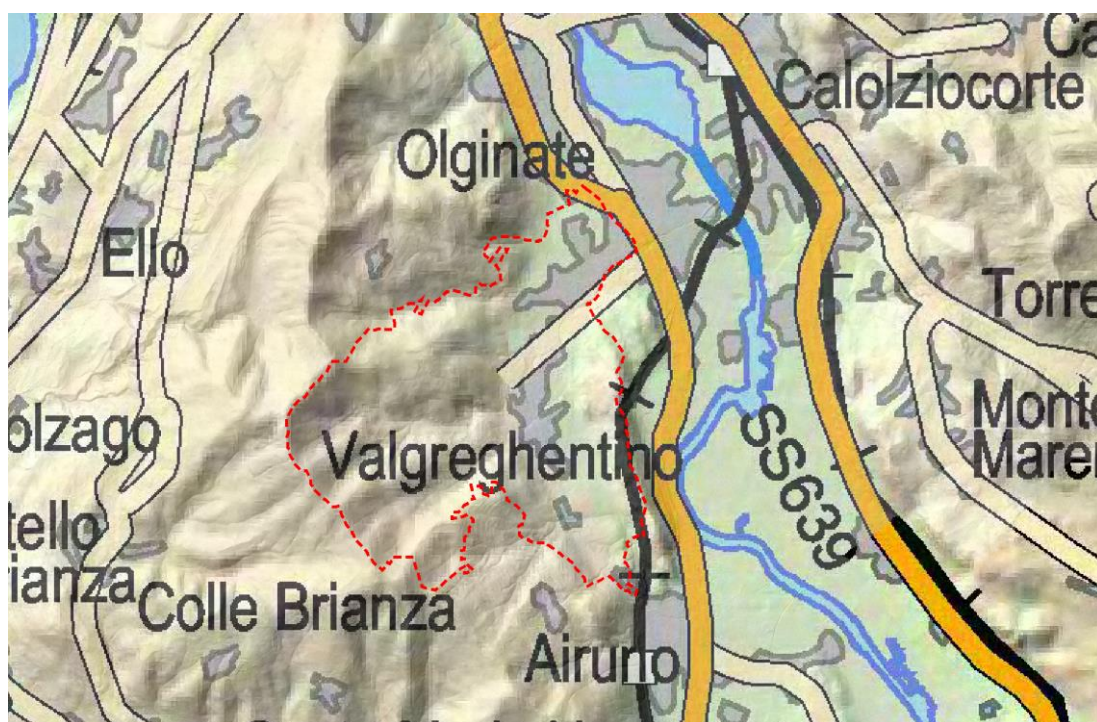


Figura 1 – Inquadramento territoriale.

5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE

5.1 Geologia

Il territorio comunale di Valgrehentino si inserisce nel contesto geologico-evolutivo del Sudalpino Lombardo. Questo è limitato ad ovest dalla zona del Varesotto-Luganese, ad est dalle Alpi Bergamasche, a sud dalla flessura marginale e a nord dalla Linea Insubrica, la quale costituisce un elemento strutturale di importanza regionale poiché rappresenta una sutura tra unità adiacenti ed affini, ma caratterizzate da vicende geodinamiche diverse.

Infatti, le unità a nord della Linea Insubrica vengono definite complessivamente con il termine di "Austroalpino" e sono caratterizzate da strutture nord-vergenti, mentre le unità a sud di questo lineamento hanno invece strutture sud-vergenti e costituiscono il "Sudalpino Lombardo". Questo consta di due parti ben distinte: il basamento cristallino (o metamorfico), affiorante in una fascia ad andamento E-W nella parte settentrionale, e la copertura sedimentaria, a sud, di età via via più recente da settentrione verso meridione.

Il basamento cristallino rappresenta l'antica crosta continentale di età pre-westfaliana ed è costituito da terreni "scistosi", interessati da diversi eventi metamorfici e da più fasi deformative (di cui le più importanti di età prealpina). La copertura sedimentaria, depositasi tra il Carbonifero Superiore ed il Paleogene - Neogene basale, in discordanza sul basamento cristallino, è il risultato delle vicissitudini geologiche dell'antico bacino oceanico della Tetide.

Dal punto di vista strutturale, il comune in esame è inserito nella Zona delle Colline Pedemontane, caratterizzata da una fascia di rilievi interessati da pieghe e sovrascorrimenti disposti in direzione E-W e costituiti da rocce sedimentarie. Nello specifico, il substrato di origine perlopiù torbidityca, risulta impostato secondo un sistema di ampie pieghe sinformi ed antiformali, ampiamente mascherato da estesi depositi fluvio – glaciali quaternari e da quelli alluvionali recenti. In particolare, all'interno del territorio comunale o in quelli confinanti, sono ben visibili le tracce lasciate da l'ultima glaciazione sia per la presenza di depositi glaciali che di massi erratici o dai locali bacini lacustri, in seguito prosciugati e riconoscibili dalla presenza di depositi glacio – lacustri nei fondivalle. Infine, nell'ultima fase post glaciale, l'azione erosiva e di trasporto dei torrenti,

hanno contribuito alla formazione dei principali impluvi e dei terrazzi fluviali oltre alla formazione dell'attuale piana alluvionale.

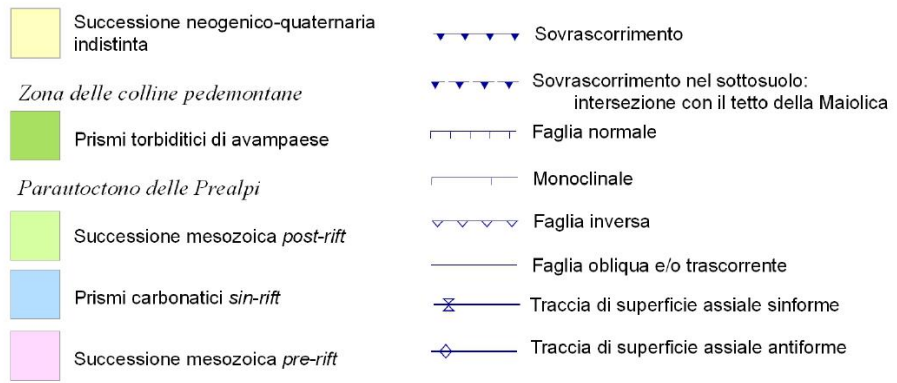
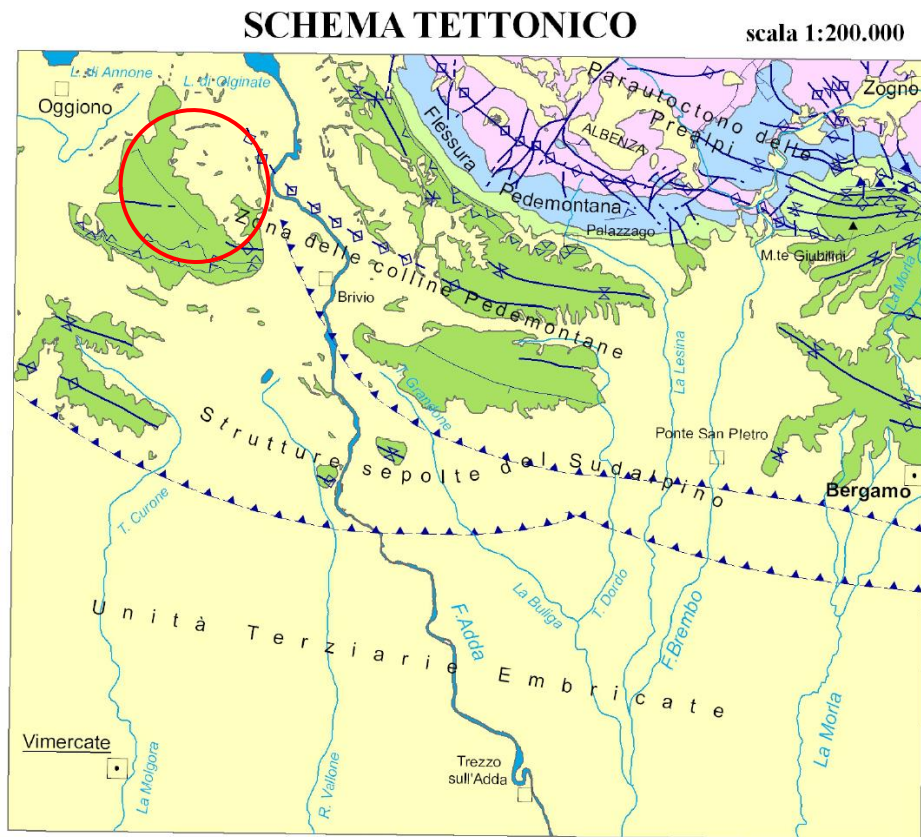


Figura 2 – Inquadramento strutturale (CARG foglio Vimercate).

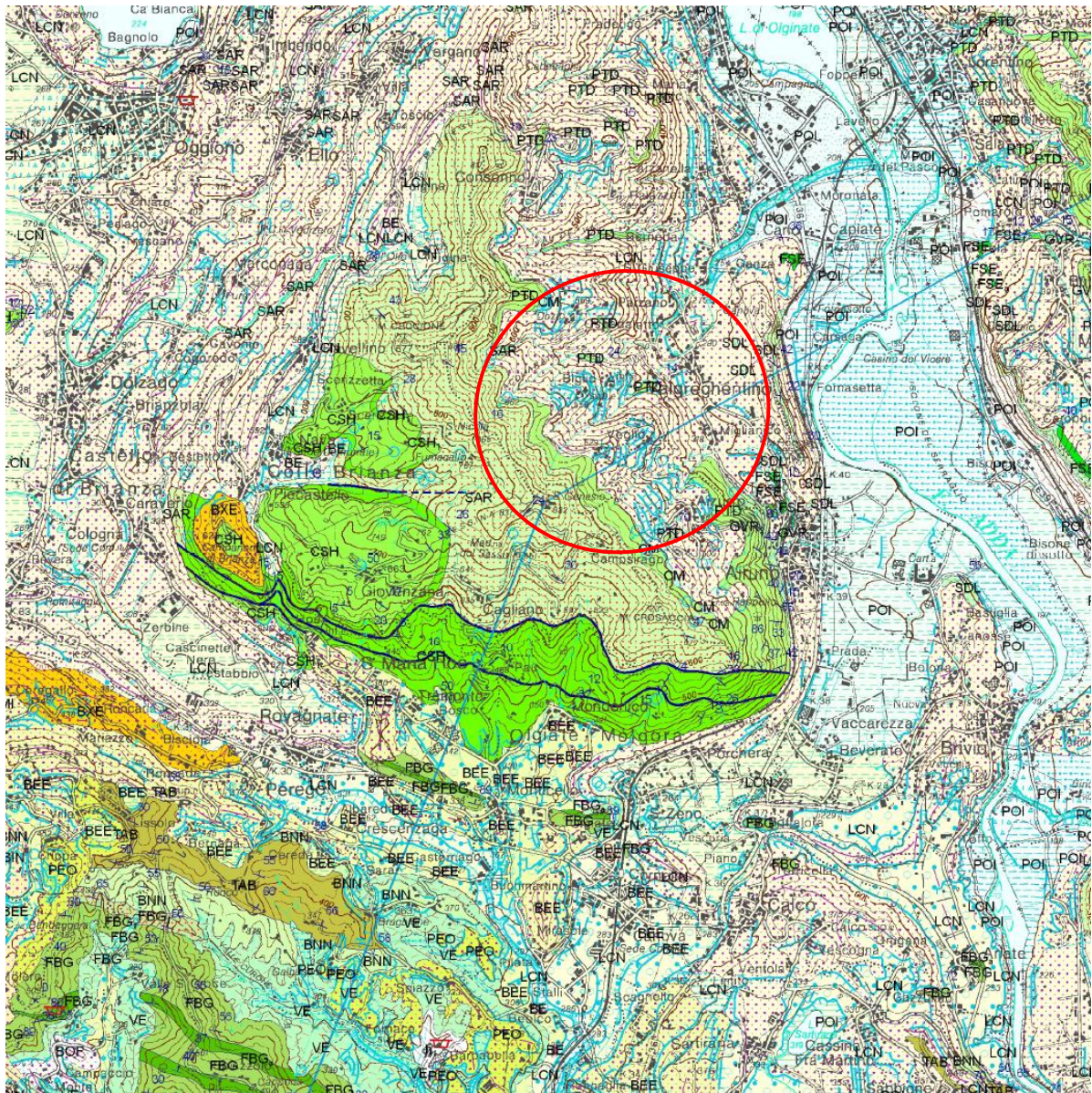


Figura 3 – Stralcio della carta geologica del Carg - foglio Vimercate.

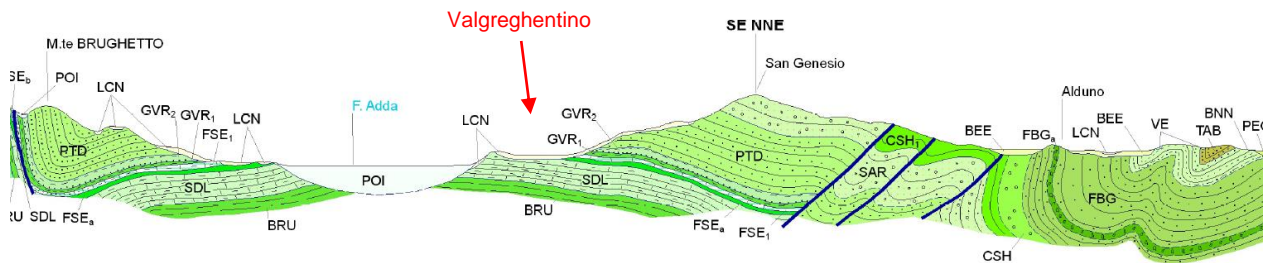


Figura 4 – Sezione geologica (CARG foglio Vimercate).

5.2 Geomorfologia

Il territorio comunale di Valgreghentino si estende perlopiù sul versante orientale compreso tra il Monte Crocione e il San Genesio, sino alla piana alluvionale in sinistra idrografica del Fiume Adda. Nel complesso, la geomorfologia dell'area esaminata è il risultato di una serie di processi che hanno modellato il territorio. In generale si possono riconoscere i seguenti gruppi di forme:

- forme strutturali;
- forme glaciali;
- forme di degradazione dei versanti;
- forme torrentizie;
- forme antropiche.

Una parte delle forme del paesaggio appare legata alla “struttura geologica” del territorio, intesa come costituzione litologica ed assetto tettonico, ma gli elementi che maggiormente caratterizzano questo settore delle Prealpi sono tuttavia costituiti dalle forme e dai depositi glaciali, dovuti dell'imponente ghiacciaio Valtellinese - Val Mera. Infatti, detto ghiacciaio, nella fase di massima espansione, in prossimità di Lecco si suddivideva in tre ramificazioni: la principale percorreva l'attuale valle dell'Adda, una seconda all'interno della Valsassina e la terza invece si incuneava tra il M. Barro ed il M. Moregallo. In particolare, nel territorio comunale, si riconoscono i depositi glaciali attribuibili all'ultimo evento glaciale Wurm, i quali costituiscono i ripiani terrazzati e le scarpate morfologiche. Inoltre, nel settore compreso tra la collinetta e l'abitato di Valgreghentino, si evidenzia una la presenza di una piana glacio - lacustre, in cui si rilevano al suo interno, i depositi limosi – argillosi.

Le forme dovute alla degradazione dei versanti sono rappresentate talora da corpi di frana stabilizzati, la cui genesi è stata favorita dal ritiro dei ghiacciai quaternari e dal conseguente “rilassamento” dei versanti. Le acque correnti ed in generale la “degradazione meteorica” hanno progressivamente sovrainpresso al paesaggio ed alle forme glaciali, la morfologia fluvio-torrentizia e gravitativa attuale. Anche le forme antropiche costituiscono una caratteristica saliente del territorio. Sono infatti presenti

numerosi terrazzamenti realizzati per scopi insediativi ed agricoli, scarpate e canalizzazioni artificiali per la regimazione delle acque superficiali.

6 ANALISI DEL TERRITORIO COMUNALE

6.1 Ricerca storica e sintesi bibliografica

Per la stesura della presente relazione ci si è avvalsi anche dei risultati dei seguenti studi:

- studio geologico redatto dal dott. geol. P. Alborghetti Ottobre (1998) a supporto del P.R.G. (l.r. 41/97) e successivo aggiornamento nel 2010 per il PGT comunale;
- indagini geognostiche eseguite da parte di privati ed enti pubblici nel territorio comunale;
- inventario dei dissesti della Provincia di Lecco, edito dalla Regione Lombardia;
- documentazione storica reperita presso gli archivi del Comune di Valgrehentino;
- Carta Geologica Regionale “CARG” fogli di Vimercate, Lecco e Como;
- Visione banca dati pluviometri di SIDRO Sistema Informativo Idrologico di ARPA Lombardia;
- Visione banca dati geologica del sottosuolo di Regione Lombardia;
- Visione geoportale di Regione Lombardia.

6.2 Inquadramento meteo-climatico

Le condizioni climatiche sono sostanzialmente di tipo pre alpino con inverni più o meno rigidi ed estati calde, elevata umidità, nebbie frequenti specie in inverno, piogge comprese tra 1400-1600 mm/anno e relativamente ben distribuite durante tutto l'anno; la ventosità è ridotta e frequenti sono gli episodi temporaleschi estivi. In inverno l'area risulta frequentemente coperta da uno strato piuttosto spesso d'aria fredda che, in situazioni di scarsa ventilazione, determina la persistenza di formazioni nebbiose che tendono a diradarsi solo nelle ore pomeridiane. In tale periodo le fasi perturbate sono poco frequenti anche se in taluni casi le masse d'aria umida ed instabile associate alle perturbazioni danno luogo a precipitazioni abbondanti, anche nevose. Il passaggio alla primavera risulta piuttosto brusco e nella stagione primaverile si può assistere ad episodi piovosi di una certa entità che, man mano che la primavera avanza, tendono ad

assumere carattere temporalesco. In estate le temperature elevate associate all'alta umidità relativa ed alla scarsa ventilazione danno luogo a prolungati periodi di afa. Le precipitazioni estive risultano relativamente frequenti ed a prevalente carattere temporalesco. In autunno il tempo è caratterizzato dall'ingresso sull'area in oggetto di intense perturbazioni e le piogge che ne derivano sono in genere di rilevante entità. In complesso dunque la distribuzione annuale delle precipitazioni nell'area a clima padano presenta due massimi, uno principale in autunno (intorno a ottobre-novembre) ed uno secondario in primavera (intorno a maggio-giugno). L'analisi condotta da S. Belloni (1975) e riferita al decennio 1958-1967, indicano che la temperatura media è compresa tra 10 e 14°C con un escursione di 15-20°C.

6.2.1 Pluviometria e regime pluviometrico

Per quanto riguarda il regime idrologico locale, relativa al comune di Valgrehentino, è stata dedotta mediante le Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica (L.S.P.P.) elaborate attraverso i parametri forniti dal Portale Idrologico SIDRO di ARPA Lombardia (<http://idro.arpalombardia.it/>). Nel complesso, i valori delle precipitazioni massime si registrano nel fondovalle rispetto alle altitudini superiori in cui si verifica stagionalmente la presenza di neve al suolo. Considerando quindi, la distribuzione areale del territorio in esame, si sono presi come riferimento i parametri delle L.S.P.P. i rispettivi valori medi rispetto all'area del comune di Valgrehentino, così da ottenere i rispettivi valori di altezza di pioggia per durate da 1 a 24 ore e per tempi di ritorno di riferimento pari a 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200 anni.

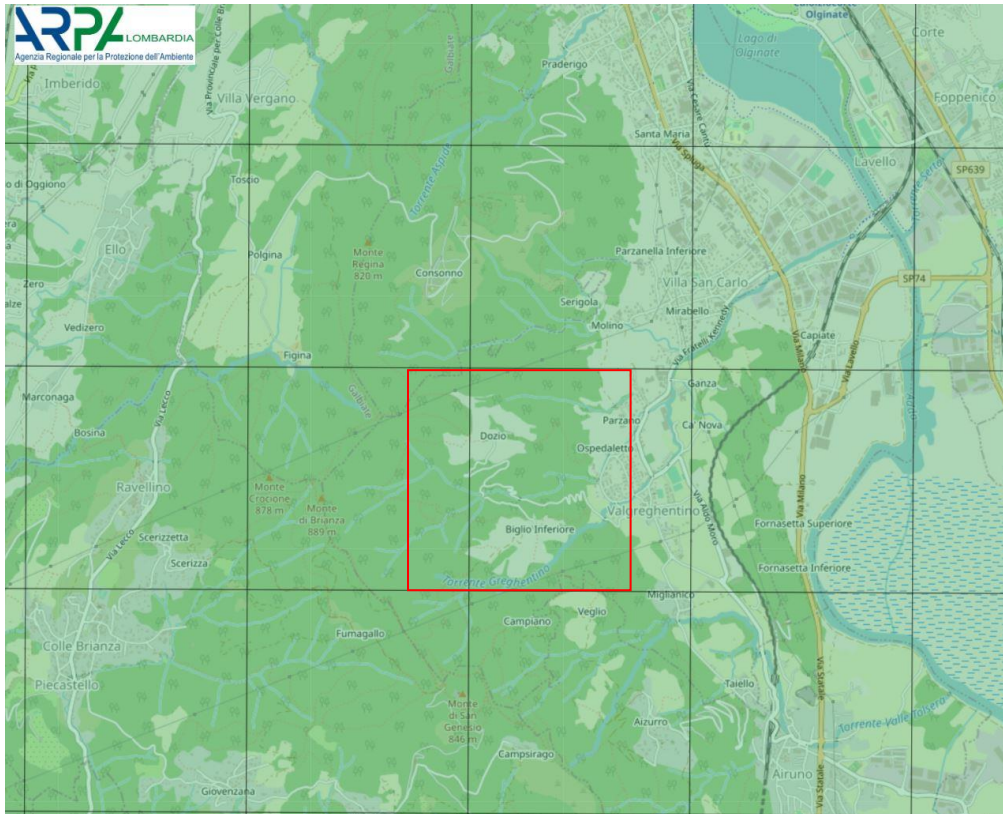


Figura 5 – Celle pluviometrica di riferimento per il calcolo delle curve di possibilità pluviometrica elaborate da Arpa Lombardia.

L'espressione monomia di tipo esponenziale delle L.S.P.P. viene calcolata come:

$$h = a_1 \cdot W_T \cdot D^n$$

dove:

h = altezza di pioggia [mm];

D = durata della precipitazione [h];

a_1 = coefficiente pluviometrico orario;

n = parametro di scala della curva;

W_T = coefficiente probabilistico legato al tempo di ritorno T_R , ricavato dalla seguente formula: $W_T = \varepsilon + \alpha/k (1 - \ln(T_R/T_R - 1))^k$

dove: ε , α , k sono i parametri delle leggi probabilistiche GEV elaborate da ARPA Lombardia.

Calcolo della linea segnatrice 1-24 ore

Località: **VALGREGHENTINO**

Coordinate:

Linea segnatrice

Tempo di ritorno (anni)

Parametri ricavati da: <http://idro.arpalombardia.it>

A1 - Coefficiente pluviometrico orario 31,4
 N - Coefficiente di scala 0,3155
 GEV - parametro alpha 0,3036
 GEV - parametro kappa -0,0007
 GEV - parametro epsilon 0,8244

Evento pluviometrico

Durata dell'evento [ore]
 Precipitazione cumulata [mm]

Formulazione analitica

$$h_T(D) = a_1 w_T D^n$$

$$w_T = \varepsilon + \frac{\alpha}{k} \left\{ 1 - \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right]^k \right\}$$

Bibliografia ARPA Lombardia:

<http://idro.arpalombardia.it/manual/lsp.pdf>

http://idro.arpalombardia.it/manual/STRADA_report.pdf

Tabella delle precipitazioni previste al variare delle durate e dei tempi di ritorno

Tr	2	5	10	20	50	100	200	100
wT	0,93569	1,28002	1,50815	1,72709	2,01065	2,22326	2,43519	2,22325633
Durata (ore)	TR 2 anni	TR 5 anni	TR 10 anni	TR 20 anni	TR 50 anni	TR 100 anni	TR 200 anni	TR 100 anni
1	29,4	40,2	47,4	54,2	63,1	69,8	76,5	69,8102487
2	36,6	50,0	58,9	67,5	78,6	86,9	95,2	86,8748662
3	41,6	56,8	67,0	76,7	89,3	98,7	108,1	98,7304101
4	45,5	62,2	73,3	84,0	97,8	108,1	118,4	108,110808
5	48,8	66,8	78,7	90,1	104,9	116,0	127,1	115,996323
6	51,7	70,7	83,3	95,4	111,1	122,9	134,6	122,864355
7	54,3	74,3	87,5	100,2	116,7	129,0	141,3	128,987497
8	56,6	77,5	91,3	104,5	121,7	134,5	147,4	134,537724
9	58,8	80,4	94,7	108,5	126,3	139,6	152,9	139,631273
10	60,8	83,1	97,9	112,1	130,5	144,4	158,1	144,350797
11	62,6	85,6	100,9	115,6	134,5	148,8	162,9	148,757399
12	64,3	88,0	103,7	118,8	138,3	152,9	167,5	152,89767
13	66,0	90,3	106,4	121,8	141,8	156,8	171,8	156,808035
14	67,6	92,4	108,9	124,7	145,2	160,5	175,8	160,517571
15	69,0	94,5	111,3	127,4	148,4	164,0	179,7	164,049903
16	70,5	96,4	113,6	130,1	151,4	167,4	183,4	167,424511
17	71,8	98,3	115,8	132,6	154,3	170,7	186,9	170,657673
18	73,1	100,0	117,9	135,0	157,1	173,8	190,3	173,763142
19	74,4	101,8	119,9	137,3	159,8	176,8	193,6	176,752655
20	75,6	103,4	121,9	139,5	162,5	179,6	196,8	179,63632
21	76,8	105,0	123,7	141,7	165,0	182,4	199,8	182,422907
22	77,9	106,6	125,6	143,8	167,4	185,1	202,8	185,120085
23	79,0	108,1	127,4	145,8	169,8	187,7	205,6	187,734598
24	80,1	109,5	129,1	147,8	172,1	190,3	208,4	190,272416

Figura 6 – Tabella riepilogativa delle precipitazioni previste per l'area di interesse, comprensiva dei coefficienti idrologici e correttivi utilizzati (rettangolo blu).

Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica

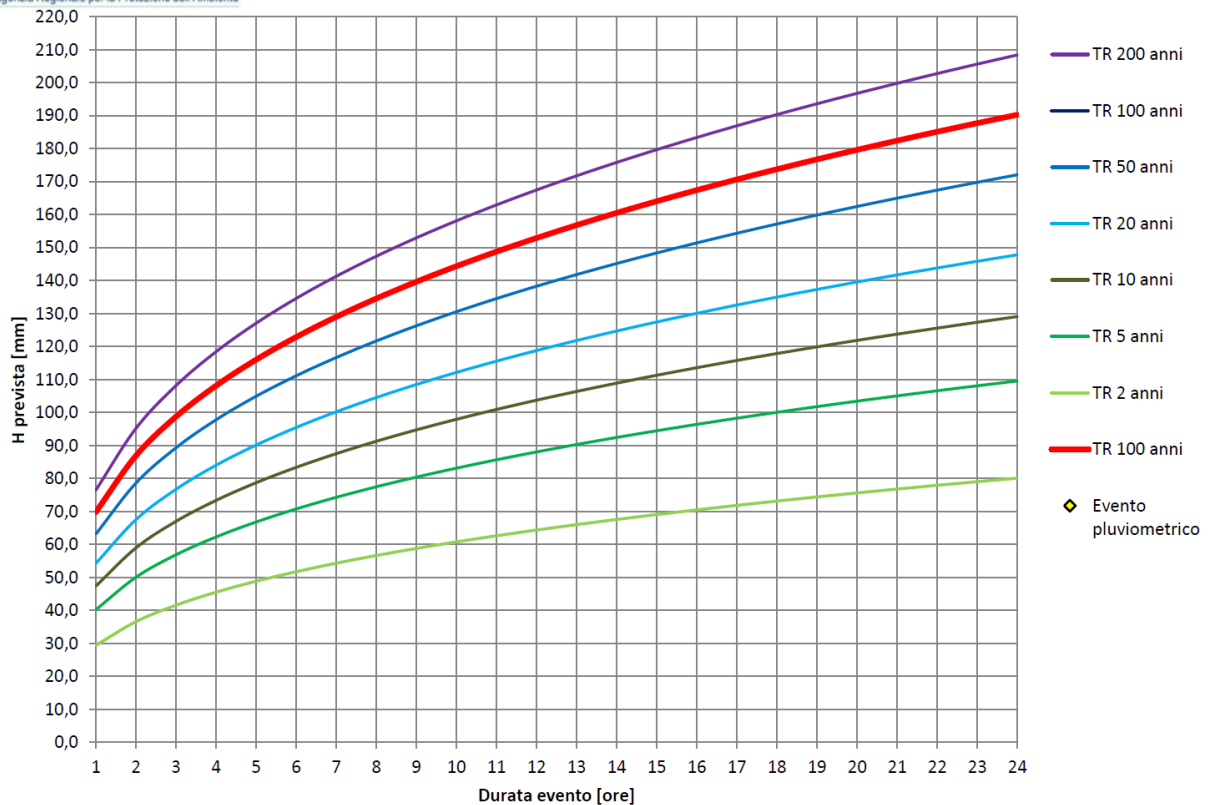


Figura 7 – Grafico delle L.S.P.P. per la cella pluviometrica di interesse, da cui deriva per un tempo di ritorno di 100 anni, una pioggia intesa di 69,81 mm per un'ora di evento.

6.3 Geologia

Vengono di seguito illustrate le caratteristiche geologico - ambientali del territorio comunale di Valgreghentino, schematizzate nelle carte tematiche allegate alla presente relazione.

Il territorio comunale di Valgreghentino è interamente scolpito nella Zona delle Colline Pedemontane, costituite da formazioni perlopiù arenacee e marnose di origine torbiditiche. Dal punto di vista litostratigrafico, nel territorio in questione si riconosce, la seguente successione:

- Copertura Sedimentaria Mesozoica Prealpina
- Copertura sedimentaria quaternaria

6.3.1 Copertura Sedimentaria Mesozoica Prealpina

- **Arenarie di Sarnico (Coniaciano):** questa formazione, affiora nella zona posta a quota superiore a 650 m ed è spesso ricoperta da una limitata coltre di depositi di versante quaternari. Essa è tipicamente costituita da arenarie in strati regolari di spessore pluridecimetrico, gradate e laminate, talora interrotte da strati centimetrici di natura argilloso - marnosa. Gli ammassi rocciosi presentano generalmente una struttura massiccia, poco fratturata; tuttavia i processi pedogenetici, localmente determinano la dissoluzione del cemento legante dei clasti, con completa disgregazione di parte della roccia stessa. L'alterazione in posto di questo litotipo, determina l'origine di un suolo rubefatto.

- **Flysch di Pontida (Turoniano):** questa formazione che affiora in modo più esteso all'interno del territorio comunale, lungo il versante prospiciente l'abitato a partire dalla quota di circa 300 m circa. Nello specifico, la formazione è tipicamente costituita dall'alternanza di arenarie, conglomerati e marne di colore grigio nocciola di spessore variabile da pluridecimetrico a centimetrico, gradati e laminati. Negli interstrati arenaceo conglomeratici sono presenti livelli centimetrici di materiale pelitico, argilloso marnoso. E' possibile facilmente descriverne le caratteristiche ed effettuare una sezione stratigrafica di dettaglio in corrispondenza del ponte situato a q. 430 m lungo la strada che conduce a Dozio. Osservando la parete rocciosa a monte della sede stradale si denota l'alternanza di strati arenacei, di spessore pluridecimetrico e di livelli centimetrici argillitici, immergenti verso Sud-Est, con inclinazione di 35°. Le famiglie di discontinuità, costituite dalla superficie di strato e dalle fratture, possono isolare cunei rocciosi con volumetrie di alcuni decimetri cubi e possono dare luogo al rischio di caduta di massi.

- **Formazione di Gavarno (Cenomaniano - Turoniano):** localmente affiorate al piede del versante tra le località di Butello e Miglianico, tra le quote di 330 e 350 slm. La formazione, sottilmente stratificata, è costituita da alternanza di arenarie, marne e argilliti di origine torbiditiche.

- **Sass della Luna (Albiano):** è la formazione che affiora nella porzione orientale del territorio comunale, lungo la collinetta con andamento nord-sud. Nello specifico, è costituita da calcareniti e calcilutiti in strati di spessore variabile da centimetrico a decimetrico, di colore grigio chiaro. Localmente, negli interstrati calcarei, si rinvengono livelli centimetrici argilloso marnosi.

6.3.2 Copertura sedimentaria quaternaria

Il substrato geologico, lapideo, subaffiorante in gran parte dei versanti, è localmente mascherato da coperture detritiche quaternarie di varia natura, estensione e spessore.

- Depositi fluvio-torrentizi

Affiorano direttamente negli alvei dei corsi d'acqua principali (depositi recenti) e sul fondovalle terrazzato degli stessi. Sono rappresentati perlopiù da ghiaie sabbiose sciolte, poligeniche, fortemente eterometriche.

- Detrito di falda e materiali di frana

Costituiscono coni e falde detritiche lungo e/o al piede delle principali scarpate. Sono perlopiù costituiti da accumuli di detrito sciolto, spigoloso, eterometrico (da centimetrico a metrico, con prevalenza di clasti da decimetrici a pluridecimetrici). Perlopiù mascherano il substrato roccioso con spessori contenuti lungo i versanti e localmente, derivano da smottamenti pregressi (ora quiescenti o stabilizzati).

- Depositi morenici e fluvio – glaciali (Wurm)

Sono rappresentati da depositi di materiali detritici eterometrici, con ciottoli poligenici sub-arrotondati o talora a spigoli vivi, trovanti di materiali esotici, il tutto immerso in abbondante matrice sabbioso-limosa. Localmente, nella piana alluvionale, sono presenti intercalazioni di orizzonti limoso – sabbiosi con spessori variabili.

- Depositi glacio-lacustri

Sono rappresentati da limi sabbiosi e argillosi, varvati e di colore grigio, con spessori sino a 10-15 m. Tali depositi di origine glacio – lacustre, si rilevano lungo la piana compresa tra l'abitato di Valgrehentino e la collinetta.

6.4 Geomorfologia

Il rilevamento geomorfologico ha permesso di individuare le principali forme di erosione e di accumulo presenti nel territorio in esame, interpretandone la genesi in funzione dei processi geomorfologici attuali e passati, stabilendone la sequenza cronologica e valutandone lo stato di attività. Si è ritenuto opportuno considerare tre stati di attività dei processi morfologici esaminati, facendo una distinzione tra “forme e processi attivi”, “quiescenti” e “non attivi” (o inattivi).

Le forme attive comprendono quelle prodotte da processi in atto all'epoca del rilevamento o non in atto in quel momento, ma ricorrenti a breve termine (frequenti o stagionali).

Le forme quiescenti comprendono quelle in equilibrio con l'attuale sistema morfoclimatico, generate da processi tuttora in evoluzione, ma inattivi al momento del rilevamento e che hanno possibilità oggettiva di riattivarsi per cause naturali o artificiali.

Le forme non attive sono quelle generate in diverse condizioni morfoclimatiche o quelle che, pur essendo riferibili all'attuale sistema morfoclimatico, hanno completato ed esaurito la loro evoluzione.

Nella carta geomorfologica (TAV. 1) sono stati cartografati i processi ed i morfotipi legati alle correnti superficiali e quelli gravitativi. In particolare, l'azione delle acque correnti superficiali si esplica come erosione diffusa o laminare (ad opera del ruscellamento diffuso) e come erosione lineare (ad opera del ruscellamento concentrato). Il reticolato idrografico rappresenta uno stadio avanzato dell'evoluzione di questo fenomeno.

Nell'area in esame, l'erosione lineare ed i relativi “solchi di erosione” si impostano prevalentemente lungo discontinuità meccaniche del substrato roccioso. Ciò è localmente facilitato dalla coincidenza tra direzione delle discontinuità meccaniche e linea di massima pendenza dei versanti.

Nelle aree soggette alla dinamica fluviale, l'effetto delle acque superficiali, incanalate, si manifesta localmente come erosione laterale, di sponda (v. es. T. Greghentino o Tolsera).

Un altro fenomeno di non trascurabile importanza legato alle acque correnti superficiali, è rappresentato dal “*debris flow*”. Con tale termine si intende generalmente il trasporto e

lo scorrimento in massa di detriti eterogenei, fluidificati da una grande quantità d'acqua, che generalmente si incanalano lungo l'alveo di un torrente. In generale l'attivazione di un tale fenomeno è subordinata ai seguenti fattori: disponibilità di materiale detritico relativamente fine a quote elevate lungo gli alvei torrentizi; eventi meteorici particolarmente intensi e/o prolungati.

Nel territorio di Valgreghentino, pur non rivestendo tale fenomeno un'importanza primaria e diretta nei confronti dell'abitato, occorre però osservare che sono presenti aree di produzione di detrito (all'interno dei versanti) il quale può accumularsi localmente nei fondivalle dei torrenti e trasformarsi in eventuali "*debris flow*", durante eventi meteorici intensi e prolungati. In particolari condizioni, non si esclude la possibilità che tali depositi possano parzialmente essere dilavati dando luogo a fenomeni di trasporto in massa.

Per quanto riguarda l'azione della gravità, si esplica come già accennato, sostanzialmente mediante fenomeni di versante. Nella carta geomorfologica sono stati evidenziati gli orli di scarpata di degradazione e/o di frana, interessati da distacco di detriti e/o di massi.

Legati all'azione della gravità vi sono anche i movimenti più o meno superficiali (soliflusso, creeping) che localmente interessano la copertura detritica e le coltri di alterazione (eluviali e/o colluviali).

I fenomeni gravitativi rappresentano, nell'area in questione, alcuni tra gli elementi principali del dissesto idrogeologico. Infatti, sussistono vari fattori di carattere litologico - strutturale (rocce scistose relativamente fratturate e localmente alterate e/o allentate), idrogeologico (possibilità che si verifichi una circolazione idrica temporanea lungo i piani di fratturazione con fenomeni gelivi durante la stagione invernale) e morfologico (energia del rilievo, acclività) predisponenti i versanti a distacchi di detritico e/o massi.

In sintesi, le principali forme e processi geodinamici rilevati sono:

- Orli di scarpate di frana (attive): riconducibili a nicchie di distacco di smottamenti, di dimensioni generalmente contenute, che hanno coinvolto prevalentemente la copertura morenica per uno spessore compreso tra 1 e 2 m. Si segnalano per esempio, quelle in corrispondenza degli impluvi lungo il sentiero che conduce da Dozio a Biglio Sup. a

quote tra 620-640 m, quelle in corrispondenza del Torrente in località Bornedo e, quella posta a valle di Dozio.

- Scarpata di degradazione del substrato roccioso: riconducibili a scarpate rocciose subverticali, fratturate o molto alterate superficialmente, dalle quali si possono isolare cunei rocciosi eterometrici. Nel territorio, si segnalano quelle poste in corrispondenza del ponte situato a q. 430 m lungo la strada che conduce a Dozio o quelle in corrispondenza degli impluvi incisi nel substrato roccioso a monte di Taiello e di Miglianico.

- Falde di detrito o accumuli di frana stabilizzati e/o quiescenti: si trattano di depositi prevalentemente grossolani, inglobanti anche blocchi di grosse dimensioni (trovanti), di spessore compreso tra 1,5 e 3 m, che localmente si trovano in condizioni di equilibrio limite per l'elevata pendenza del versante in rapporto alle proprie, caratteristiche geotecniche (angolo d'attrito e coesione). Nell'area di studio sono stati cartografati diversi accumuli, specialmente lungo i versanti compresi tra i nuclei di Biglio e Dozio.

- Tratto di alveo in erosione laterale e/o di fondo o ruscellamento incanalato: nella cartografia, sono stati evidenziati gli impluvi scoscesi, interessati da processi di erosione di fondo o spondale. In particolare, si evidenzia che molte delle aste idriche, risultano attive solo in seguito ad eventi meteorici intensi e prolungati.

Si osserva inoltre, la presenza di forme d'erosione glaciale (scarpate stabilizzate) che hanno modellato e smussato l'orografia locale, che localmente sono state sostituite, totalmente o parzialmente dai terrazzamenti antropici.

6.5 Idrogeologia

Nella “Carta degli elementi idrografici, idraulici e idrogeologici” (Tav. 2) sono stati cartografati i fattori principali che caratterizzano il deflusso superficiale e quelli che evidenziano le emergenze sotterranee dell’area in esame (sorgenti). Queste ultime sono state cartografate distinguendo le sorgenti captate per fini acquedottistici (pubbliche e private), i pozzi di emungimento e i serbatoi di accumulo delle acque.

Dal punto di vista idrogeologico il substrato lapideo può essere diviso in due complessi idrogeologici:

- 1) complesso a permeabilità da bassa a media (alternanza di arenarie e marne);
- 2) complesso a permeabilità da media a elevata (litotipi arenacei stratificati).

Entrambi i complessi, sono caratterizzati da una porosità primaria ridotta o nulla, mentre quella secondaria risulta variabile in base al grado di fessurazione ed alterazione della roccia. In particolare, la permeabilità è molto accentuata nei livelli corticali, specialmente nelle aree prossime alle fratture principali dove, in generale, gli acquiferi (fessurati) sono alimentati dalle acque di precipitazione e di fusione delle nevi.

Per le ragioni succitate il complesso 1, nel quale è scolpito quasi l'intero territorio comunale di Valgreghentino, è caratterizzato da valori di permeabilità complessivamente bassi - medi ($10^{-6} < K < 10^{-4}$ cm/sec), salvo situazioni locali, in cui la permeabilità può raggiungere valori superiori. Mentre, la fascia di versante sommitale del Monte Crocione – San Genesio, caratterizzata dalla presenza del complesso 2, è caratterizzata da valori di permeabilità complessivamente medi - elevati ($10^{-4} < K < 1$ cm/sec). Localmente sono stati cartografati depositi detritici di varia natura ed estensione; il relativo grado di permeabilità risulta: da molto basso a basso, per i depositi glacio-lacustri, a medio elevato, per le coperture glaciali; elevato per le coperture sciolte (detrito di versante, depositi alluvionali terrazzati, depositi misti alluvionali e di versante).

I valori di permeabilità più bassi, si riscontrano, nei depositi glacio-lacustri che favoriscono il ristagno delle acque di precipitazione, mentre i valori maggiori, si riscontrano negli accumuli gravitativi di versante.

Nel complesso, all'interno del territorio comunale sono presenti sorgenti di modesta portata, che riflettono l'assenza di importanti circuiti sotterranei. In particolare, dove il

basamento roccioso è ricoperto da coltri detritiche e moreniche è possibile la formazione di limitati e superficiali serbatoi idrici (falde sospese) che danno luogo a sorgenti. Le sorgenti captate, con modeste portate, sono ubicate nella valle compresa tra Biglio e Dozio, oltre a quelle poste al confine comunale, in località Serigola.

I pozzi dell'acquedotto comunale sono ubicati sulla destra idrografica del torrente Gregghentino, in località San Carlo e ricadono all'interno della vasta pianura di origine fluvio – glaciale e torrentizia. Il sottosuolo, dell'intera pianura fluvioglaciale, da quanto noto in letteratura geologica e dalle stratigrafie dei pozzi a disposizione, sono costituiti da tre distinte unità:

- a) in superficie, sino ad una profondità di 18-20 m circa, si riscontrano i depositi fluvioglaciali ghiaioso sabbiosi ad elevata permeabilità;
- b) al di sotto di tale unità, sino a 50 m circa di profondità, si rinvengono i depositi limoso argillosi di origine glacio- lacustre, a bassa permeabilità;
- c) substrato roccioso.

La falda freatica è posta di norma a 12-14 m dal p.c. Data la limitata quantità di dati idrogeologici a disposizione nella zona, non è stato possibile ricostruire la superficie piezometrica all'interno del territorio comunale.

6.6 Idraulica

Nella “Carta degli elementi idrografici, idraulici e idrogeologici” (Tav. 2) è stato evidenziato anche il sistema idrografico distinguendo gli spartiacque principali dai secondari e il relativo reticolo idrico di appartenenza.

Il reticolo idrografico presenta, in generale, una densità di drenaggio ed un grado di evoluzione differenziato. Infatti, il reticolo appare ben gerarchizzato e relativamente evoluto nelle zone d'alta quota; appare invece meno gerarchizzato e relativamente meno evoluto verso le quote inferiori. Ciò è in accordo con il generale stato di ringiovanimento regressivo post-glaciale (cioè da valle verso monte). Inoltre per quanto riguarda il centro urbano di Valgrehentino, è opportuno segnalare come il reticolo idrografico superficiale sia stato fortemente alterato dall'uomo a seguito

dell'urbanizzazione dell'area. Si evidenzia anche, la presenza di alcuni vecchi canali agricoli e di regimazione delle acque di precipitazione.

Dal punto di vista idrografico, il territorio di Valgrehentino è caratterizzato principalmente dalla presenza del Torrente Grehentino, che scorre in direzione W-E verso la piana alluvionale del Fiume Adda. Sui versanti prospicienti il centro urbano, sono presenti molteplici aste torrentizie, alcune delle quali molto ramificate e con uno sviluppo in genere inferiore ai 1000 m. Il regime del T. Grehentino e la maggior parte dei corsi d'acqua, sono tipicamente torrentizi, caratterizzati da piene impulsive con forti picchi di portata mantenuti per un relativamente breve periodo di tempo. Gli eventi di piena avvengono con maggiore probabilità nei periodi in cui lo zero termico si trova a quote elevate, durante i quali, le precipitazioni assumono il carattere di pioggia su tutti i bacini. Come già indicato in precedenza, nel suo insieme, il territorio comunale è caratterizzato dalla presenza di un settore di versante perlopiù boscato a media acclività e dalla porzione residenziale ed agricola, debolmente acclive e terrazzata, posta alla base del versante. In particolare, il versante orientale del Monte Crocione - Brianza (889 m. slm) prospiciente l'abitato, è caratterizzato dalla presenza di un substrato roccioso poco permeabile costituito arenarie e marne, che determinano tempi di corrivazione relativamente bassi.

Il bacino idrografico del Torrente Grehentino, considerando la sezione di chiusura posta in corrispondenza del ponte al confine comunale settentrionale con Olginate, presenta una superficie pari a 6,5 kmq.

A	P	L	L _R	D	R	Z	I
6,5 Km ²	9,8 Km	18,2 Km	3,4 Km	2,8 Km ⁻¹	0,82	548 m	166

Figura 8 – Parametri relativi al bacino idrografico del Torrente Grehentino.

A titolo indicativo, considerando le caratteristiche morfologiche, deriva un Tempo di corrivazione con la formula di Giandotti = 0,62 ore, mentre considerando una pioggia massima di 41,4 mm (evento pluviometrico di un'ora registrato nel '63),

la portata di massima piena con la formula di Giandotti risulta = 55,40 mc/sec (l'altezza di pioggia ragguagliata sull'intero bacino di durata eguale al tempo di corrivazione (tc) in ore, corrisponde a 25,67 mm).

Sono stati inoltre considerati i sottobacini, con sezioni di chiusura in corrispondenza di Buttello e di Ospedaletto.

A	P	L	LR	D	R	Z	I
2,1 Km ²	5,1 Km	3,5 Km	1,9 Km	1,66 Km ⁻¹	0,87	603 m	166

Figura 9 – Parametri relativi al bacino idrografico del Torrente Valle dell'Acquarata (Ospedaletto).

Da cui deriva un Tempo di corrivazione = 0,37 ore e la portata di massima piena, risulta = 17,5 mc/sec.

A	P	L	L _R	D	R	Z	I
1,1 Km ²	4,2 Km	2,9 Km	2,5 Km	2,64 Km ⁻¹	1,05	606,5 m	166

Figura 10 – Parametri relativi al bacino idrografico del Torrente con sezione di chiusura a Buttello.

Da cui deriva un Tempo di corrivazione = 0,33 ore e la portata di massima piena, risulta = 9,5 mc/sec.

Dove si sono considerati:

Area totale del bacino (A)

Perimetro del bacino (P)

Lunghezza totale delle aste fluviali (L)

Lunghezza radiale (L_R)

Densità di drenaggio ($D = L/A$)

Rapporto di allungamento ($R = D/L_R$)

Calcolo del tempo di corrivazione con la formula di Giandotti (tc): $4 S^{0,5} + 1,5 L / 0,8 Z^{0,5} = \text{ore}$.

Calcolo portata di max piena con la formula di Giandotti: $Q = I A H Z^{0,5} / 4 A^{0,5} + 1,5 L = \text{mc/sec}$

- H = pioggia ragguagliata sul bacino, di durata eguale al tempo di corrivazione in ore.
- Z = quota media del bacino
- L = lunghezza massima dell'asta principale
- I = coefficiente pari a 166

6.7 Elementi geotecnici

Allo scopo di fornire una prima valutazione orientativa sulle caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione, di interesse ai fini della pianificazione comunale, si è proceduto alla consultazione della documentazione scientifica d'archivio, costituita da indagini geognostiche, geofisiche e prove di laboratorio eseguite da parte di privati ed enti pubblici. Sulla base di questi dati è stata eseguita una caratterizzazione di massima dei principali terreni di fondazione presenti nel territorio comunale di Valgrehentino:

Depositi alluvionali.

Litologia: ghiaie sabbiose con ciottoli poco alterati, di prevalente natura calcarea , sciolti (classe GW/GP – Casagrande, 1948).

Caratteristiche geotecniche

terreni di fondazione: peso di volume naturale (γ) 1800 - 1900 daN/mc; angolo di resistenza al taglio (φ) 30° – 33°; coesione (c') trascurabile.

Depositi detritici di falda o di versante.

Litologia: ciottoli, massi e ghiaie a spigoli vivi di natura prevalentemente calcareo-dolomitica, a matrice sabbiosa (classe GP/GM – Casagrande, 1948).

Caratteristiche geotecniche

terreni di fondazione: peso di volume naturale (γ) 1700 - 1900 daN/mc; angolo di resistenza al taglio (φ) 30° – 32°; coesione (c') trascurabile.

Depositi glacio - lacustri

Litologia: rappresentati da limi sabbiosi o argillosi, relativamente inconsistenti e con intercalazioni sabbiose (classe OL/OH – Casagrande, 1948).

Caratteristiche geotecniche

terreni di fondazione: peso di volume naturale (γ) 1800 - 2000 daN/mc; angolo di resistenza al taglio (φ) 20° – 25° coesione non drenata (c_u) 0,2 – 0,4 daN/cm².

Depositi morenici e fluvio-glaciali indifferenziati

Litologia: poligeniche con clasti sub-arrotondati e con matrice sabbioso-limosa. Sono discretamente consolidati (classe GM/GC – Casagrande, 1948).

Caratteristiche geotecniche

terreni di fondazione: peso di volume naturale (γ) 1900 - 2000 daN/mc; angolo di resistenza al taglio (φ) 33° – 35°; coesione (c') 0,1 – 0,2 daN/cm² (per i livelli cementati).

6.8 Vincoli presenti

La situazione vincolistica del territorio comunale di Valgreghentino è visualizzata nella Tav. 3 (Cartografia dei Vincoli, scala 1:10.000). In particolare, i vincoli sono stati indicati sulla base delle indicazioni contenute nelle norme attuative dell'Art. 57 della L.R. 12/2005 e smi.

Dopo aver preso visione degli strumenti di pianificazione sovracomunale, degli elementi conoscitivi di cui al capitolo 2; nella Tav. 5 sono stati riportati i seguenti vincoli, esistenti sul territorio comunale:

- corso d'acqua del reticolo idrografico principale e relativa fascia di rispetto (Vincoli di polizia idraulica, d.g.r. 25/1/2002, n. 7/7868 e s.m.i.);
- corso d'acqua del reticolo idrografico minore e relativa fascia di rispetto (Vincoli di polizia idraulica, d.g.r. 25/1/2002, n. 7/7868 e s.m.i.);
- vincoli derivati dalla pianificazione di bacino ai sensi della L. 183/89 (PAI) e PGRA (D.G.R. 6738/2017);
- zona di rispetto opere di captazione di acque sorgive destinate al consumo umano (D.Lgs. 152/06 o s.m.i e d.g.r.n. 12693/2003).

6.9 Cartografia di sintesi del territorio comunale: individuazione delle condizioni di pericolosità geologica

Vengono di seguito descritti ed analizzati gli ambiti di pericolosità omogenea, così come individuati nella Cartografia di Sintesi dell'intero territorio comunale (Tav. 4 – scala 1:5.000). In particolare, i poligoni omogenei dal punto di vista della pericolosità, sono stati definiti considerando i seguenti fattori, desunti dall'analisi esplicitata nelle Tavv. 1-2-3.

Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti

Nella cartografia allegata sono stati definiti i poligoni aventi le seguenti caratteristiche:

- corpo di frana attiva (Fa - PAI);
- corpo di frana quiescente (Fq - PAI);
- area potenzialmente soggetta a dinamica gravitativa di versante o con caratteristiche morfologiche, geomeccaniche o geostatiche tali da comportare gravi limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori.
- Area interferente con aree a pericolosità elevata o con caratteristiche morfologiche, geomeccaniche o geostatiche tali da limitare l'utilizzo a scopi edificatori.

Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico e idraulico

- fascia di rispetto del corso d'acqua del reticolo idrografico;
- zona di rispetto opere di captazione di acque sorgive, destinate al consumo umano (D.Lgs. 152/06 o s.m.i e d.g.r.n. 12693/2003).
- Aree interessate da alluvioni frequenti (P3/H) - Aree a pericolosità di esondazione molto elevata (Ee).
- Aree interessate da alluvioni poco frequenti (P2/M) - Aree a pericolosità di esondazione elevata (Eb).
- Aree interessate da alluvioni rare (P1/L) - Aree a pericolosità di esondazione media o moderata (Em).

Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico e idraulico

- Terreni con limitata capacità portante o con bassa soggiacenza della falda acquifera.

7 CLASSI DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA

Dalla valutazione complessiva degli elementi contenuti nella cartografia di sintesi, utilizzando la metodologia contenuta nelle norme attuative dell'art. 57 della L.R. 12/2005, sono state definite le classi di fattibilità geologica del territorio comunale di Valgreghentino, che hanno consentito di redigere la Tav. 5 (Carta di Fattibilità Geologica, alla scala 1:10.000 di tutto il territorio comunale) e le TAVV. 6-N, 6-C e 6-S (Cartografia di Fattibilità geologica area urbana, alla scala 1:2.000).

La legenda della carta della fattibilità geologica comprende, per ciascuna classe, una parte descrittiva delle condizioni limitative generali, comuni a tutte le sottoclassi individuate. Inoltre, in ciascuna classe, sono state individuate alcune sottoclassi, in modo da rendere esplicito, per ciascun poligono omogeneo, il fattore limitativo e le relative norme geologiche da seguire in sede di pianificazione (v. Norme Geologiche di Piano – Elaborato 2).

7.1 Classe 2 (gialla): fattibilità con modeste limitazioni

Aree nelle quali sono state riscontrate modeste limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica delle destinazioni d'uso, che possono essere superate mediante approfondimenti di indagine e accorgimenti tecnico-costruttivi e senza l'esecuzione di opere di difesa. Detti approfondimenti non sostituiscono, anche se possono comprendere, le indagini previste dal D.M. 17 gennaio 2018 "Norme tecniche per le costruzioni". Dette aree, individuate nel settore urbano con colore giallo (sigla 2 – Au), comprendono i terreni caratterizzati da una debole acclività e dotati di mediocri - buone caratteristiche geotecniche o geomeccaniche.

7.2 Classe 3 (arancione): fattibilità con consistenti limitazioni

Aree nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso per le condizioni di pericolosità/vulnerabilità individuate, per il superamento delle quali potrebbero rendersi necessari interventi specifici o opere di difesa, previa esecuzione di indagini e accertamenti geologici. Le indagini e gli approfondimenti prescritti devono essere realizzati prima della progettazione degli interventi in quanto propedeutici alla pianificazione dell'intervento e

alla progettazione stessa. Copia delle indagini effettuate e della relazione geologica di supporto deve essere consegnata, congiuntamente alla restante documentazione, in sede di richiesta del permesso di costruire (l.r. 12/05, art. 38). Gli approfondimenti di cui sopra, non sostituiscono, anche se possono comprendere, le indagini previste dal D.M. 17 gennaio 2018 "Norme tecniche per le costruzioni".

Nel dettaglio sono state differenziate le seguenti sottoclassi:

- sottoclasse 3 Ci: aree interferenti con aree a pericolosità elevata o con caratteristiche morfologiche, geomeccaniche o geostatiche tali da limitare l'utilizzo a scopi edificatori;
- sottoclasse 3 Eb: Aree interessate da alluvioni poco frequenti (P2/M) - Aree a pericolosità di esondazione elevata (Eb - PAI), con norma più restrittiva (art.9 comma 6 delle N.D.A. del PAI);
- sottoclasse 3 Sc: Terreni con limitata capacità portante o con bassa soggiacenza della falda acquifera.

7.3 Classe 4 (rosso): fattibilità con gravi limitazioni

L'alta pericolosità/vulnerabilità comporta gravi limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso. Deve essere esclusa qualsiasi nuova edificazione, se non opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti. Per gli edifici esistenti 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 l.r. 12/05, senza aumento di superficie o volume e senza aumento del carico insediativo. Sono consentite le innovazioni necessarie per l'adeguamento alla normativa antisismica. 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 competente, deve essere allegata apposita relazione geologica e geotecnica che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di grave rischio idrogeologico.

Nello specifico, sono state sono state differenziate le seguenti sottoclassi, indicate con il colore rosso nella cartografia allegata:

- sottoclasse 4 G1: area potenzialmente soggetta a dinamica gravitativa di versante o con caratteristiche morfologiche, geomeccaniche o geostatiche tali da comportare gravi limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori;
- sottoclasse 4 Fa: area di frana attiva (Fa – PAI);
- sottoclasse 4 Fq: area di frana quiescente (Fq – PAI);
- sottoclasse 4 Vpi: Fascia di rispetto dei corsi d'acqua del reticolo idrico.

8 LA CARTA PAI - PGRA

Con la variante delle norme di attuazione del PAI da parte dell'Autorità di Bacino del Fiume Po e la successiva attuazione da parte della Regione Lombardia del Piano di Gestione dei Rischi di Alluvione "PGRA" ai sensi della DGR X/6738 del 19/06/17, viene introdotta la nuova carta PAI – PGRA, che sostanzialmente modifica le precedenti classificazioni delle aree di esondazione (sigle Ee, Eb e Em) e di trasporto solido su conoidi (Ca, Cp e Cn), inserite nei territori montani e già individuate nell'Elaborato 2 del PAI.

In particolare, secondo le nuove classificazioni del PGRA, i comuni oggetto della presente variante risultano inseriti nell'ambito territoriale del Reticolo Secondario Collinare e Montano "RSCM", nel quale vengono perimetrare le aree allagabili secondo i seguenti scenari:

- P3/H classificate come aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti;
- P2/M classificate come aree potenzialmente interessate da alluvioni poco frequenti;
- P1/L classificate come aree potenzialmente interessate da alluvioni rare.

Inoltre, la DGR X/6738 del 19/06/17 stabilisce che le aree esondabili o di conoide già individuate nell'Elaborato 2 del PAI, aggiornato dai comuni a seguito dell'approvazione dei rispettivi PGT, sono disciplinate dalla normativa vigente ai sensi dell'articolo 9, commi da 5 a 9 (aree Ee, Eb, Em, Ca, Cp, Cn) e del Titolo IV per le aree a rischio idrogeologico molto elevato del PAI (normative già inserite nel Piano delle Regole). Mentre per quanto riguarda le aree allagabili che non derivano dall'Elaborato 2 del PAI, esse sono assoggettate alle norme di cui all'articolo 9 delle N.d.A. del PAI, in particolare:

- nelle aree interessate da alluvioni frequenti P3/H, vigono le limitazioni e prescrizioni stabilite dall'art 9, comma 5, per le aree Ee;
- nelle aree interessate da alluvioni poco frequenti P2/M, vigono le limitazioni e prescrizioni stabilite dall'art 9, comma 6, per le aree Eb;
- nelle aree interessate da alluvioni rare P1/L, vigono le limitazioni e prescrizioni stabilite dall'art 9, comma 6bis, per le aree Em.

Per quanto riguarda le restanti tipologie di dissesto presenti nei comuni, permangono le classificazioni e le prescrizioni di cui all'art. 9 e del Titolo IV del PAI, ovvero per le aree di frana (Fa, Fq e Fs) e di valanga (Ve e Vm).

Come indicato già indicato nei capitoli precedenti, il quadro del dissesto PAI vigente e il suo recepimento all'interno dello strumento urbanistico (art.18 della L. 183/1989), è avvenuto nel 2002, durante la Variante del Piano Regolatore Generale Comunale con la stesura della Carta del Quadro del Dissesto Uniformata a quella del PAI ai sensi della DGR 7/7365 del 11/12/2001, redatta dal dott. geol. P. Alborghetti.

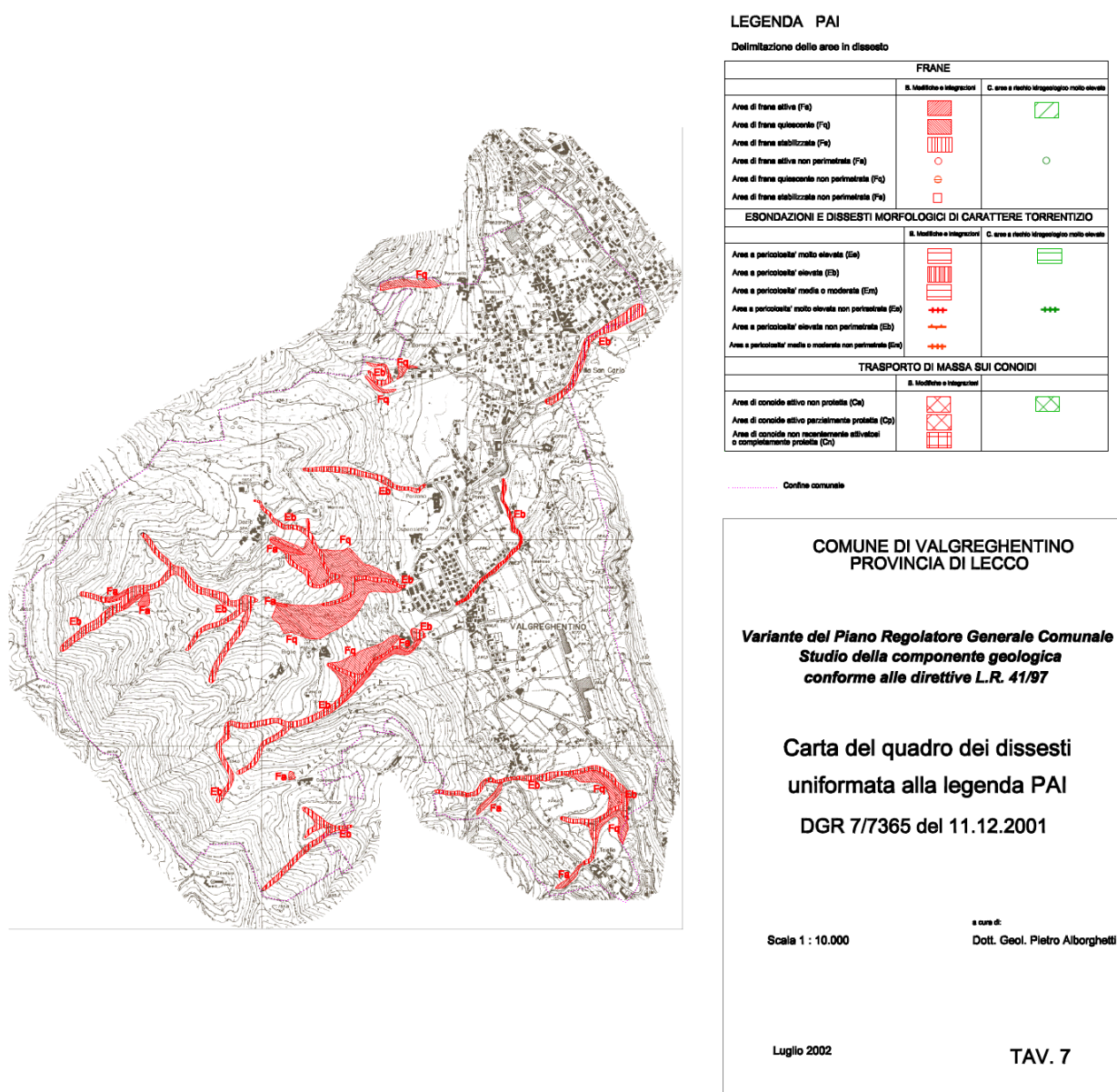


Figura 11 – Stralcio della Carta del quadro del dissesto uniformata a quella del PAI (versione vigente).

Si ricorda inoltre, che nel presente aggiornamento della componente geologica, non vengono richieste modifiche alle perimetrazioni vigenti. Pertanto, per completezza, la TAV. 8 Carta PAI – PGRA (scala 1:10.000) rappresenta il quadro del dissesto vigente secondo la nuova legenda PAI – PGRA.

9 DISPOSIZIONI RELATIVE ALL'EDIFICATO ESISTENTE ESPOSTO AL RISCHIO

Con l'introduzione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni "PGRA" e delle relative mappe della pericolosità e del rischio, si è messo in evidenza la necessità di gestire il rischio delle alluvioni mediante misure coordinate e continuative di prevenzione, protezione, preparazione e ripristino, correlate tra di loro e che devono riguardare sia le nuove trasformazioni che le aree già edificate attraverso gli strumenti pianificatori.

Pertanto, in accordo con la normativa regionale del PGRA per l'ambito territoriale RSCM, le amministrazioni comunali saranno tenute a condurre un'analisi di maggior dettaglio sulle condizioni di pericolosità e di rischio a scala locale, nelle aree contraddistinte dalla classe di rischio R4 (rischio molto elevato), seguendo le metodologie riportate negli Allegati al D.G.R. IX/2616/2011. Tale valutazione ha le seguenti finalità:

- individuare la necessità di mettere in opera interventi locali di riduzione del rischio (della vulnerabilità, dell'esposizione o di entrambe), nonché di ripristino provvisorio delle condizioni di sicurezza degli edifici esistenti e prioritariamente sulle infrastrutture per la gestione dell'emergenza, in particolare centri di coordinamento, aree di emergenza e viabilità di collegamento, così come risultanti dalla pianificazione di emergenza vigente;
- guidare, attraverso idonee prescrizioni costruttive ed edilizie, le ulteriori trasformazioni urbanistiche in modo che non subiscano danni significativi in caso di evento alluvionale;
- individuare le aree ove favorire la delocalizzazione degli insediamenti esistenti anche prevedendo forme di perequazione, compensazione e incentivazione;
- individuare le aree da assoggettare a eventuali piani di demolizione degli insediamenti esistenti e di rinaturalizzazione;
- definire specifici scenari di rischio e relativi modelli d'intervento nel Piano di Emergenza Comunale ai fini della salvaguardia della popolazione esposta al rischio alluvione;

- supportare l'amministrazione stessa nell'individuazione degli ambiti di esclusione dall'applicazione della l.r. 10 marzo 2017, n. 7 "Recupero dei vani e locali seminterrati esistenti" (cfr. art. 4).

Per l'individuazione delle misure di riduzione della vulnerabilità può essere utilizzato come riferimento il documento "edifici in aree a rischio di alluvione come ridurre la vulnerabilità", redatto a cura dell'Autorità di bacino del Fiume Po e dell'Università degli Studi di Pavia (febbraio 2009).

In particolare, per l'attuazione del PGRA, la Regione Lombardia ha pubblicato sul geoportale le aree esposte a rischio alluvione, quest'ultime individuate sulla base delle perimetrazioni PAI vigenti, delle aree classificate come esondazione (aree Ee, Eb, Em), di conoide (Ca, Cp, Cn) o inserite nelle aree a rischio idrogeologico molto elevato (RME ex 267/97). Pertanto, in tali zonazioni del rischio ed in particolare per le R4 individuate all'interno dei territori comunali, permangono le indicazioni sopraindicate, oltre alle limitazioni di pianificazione di bacino vigenti sul territorio (art. 9 del PAI e titolo IV del RME).

Sulla base di quanto rilevato, allo stato attuale non si evidenziano particolari condizioni di rischio di aree edificate e di elementi infrastrutturali strategici o vulnerabili. Infatti, considerando la tipologia del fenomeno, con gestibili tempi di attivazione e con elementi precursori di avviso (bollettini meteo e avvisi di allertamento regionale), si ritiene che la gestione del rischio durante le emergenze risulti fattibile e di facile attuazione.

10 ANALISI DELLA SISMICITA' DEL TERRITORIO E PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE (PSL)

10.1 Introduzione

In seguito all'ordinanza n. 3274 del Presidente del consiglio dei Ministri del 20 marzo 2003, sono stati definiti i primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica. Per quanto riguarda la sismicità dell'area attualmente si devono distinguere le fasi di pianificazione rispetto a quelle di progettazione. In fase di pianificazione si fa riferimento a quanto specificato nella D.G.R. 30 Novembre 2011 n.IX/2616, mentre in fase di progettazione si fa riferimento alle Norme Tecniche di costruzioni D. M. 17/1/2018.

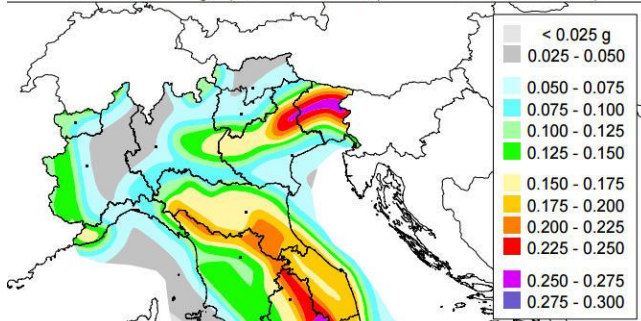
In sintesi, la classificazione nazionale è suddivisa in 4 zone, ciascuna diversificata da un diverso valore dell'accelerazione di picco orizzontale del suolo "ag" con probabilità di superamento del 10% in 50 anni. Nello specifico, nel recepimento della sopraindicata legge nazionale, con la D.G.R. n. VII/14964 del 7 novembre 2003, la Regione Lombardia aveva provveduto all'azzoneamento sismico regionale, classificando il comune di Valgreghentino in Zona Sismica 4 (sismicità molto bassa), con un valore di $ag < 0,05g$. In seguito, con l'aggiornamento sismico regionale di cui alla D.G.R. n. X/2129 dell'11 luglio 2014, il comune di Valgreghentino è stato riclassificato alla Zona Sismica 3 (sismicità bassa), con valore di ag pari a $0,062516g$.

Pertanto, con la riclassificazione dell'azzoneamento sismico comunale, si rende necessario all'aggiornamento della valutazione sismica locale nel rispetto dei criteri regionali, con un'analisi di II livello negli scenari di pericolosità sismica locale, precedentemente individuati nell'analisi di I livello.



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 ($V_{s30} > 800$ m/s, cat.A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005)



Mappa di classificazione sismica dei comuni lombardi

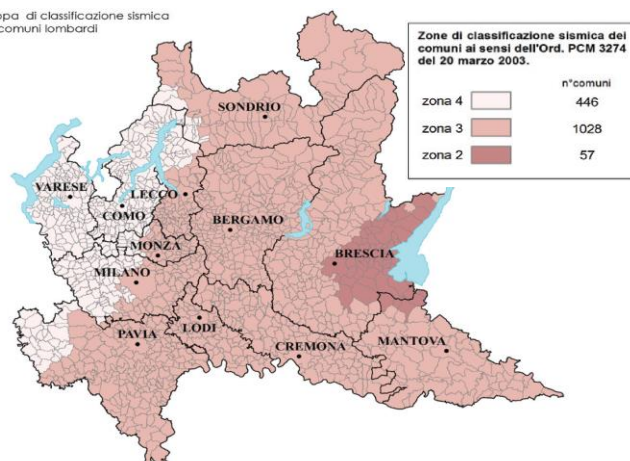


Figura 12 – Stralcio della Mappa di Pericolosità sismica del territorio nazionale (a sx) e azionamento sismico regionale (a dx) secondo l'ultimo aggiornamento.

zona	accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10 % in 50 anni [a_g/g]	accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) [a_g/g]
1	$> 0,25$	0,35
2	0,15-0,25	0,25
3	0,05-0,15	0,15
4	$< 0,05$	0,05

Figura 13 – Tabella riportata nella O.P.C.M. 3274/2003.

10.2 Sismicità del territorio

Come deducibile dall'azionamento regionale sopraindicato, il territorio provinciale lecchese evidenzia una sismicità variabile da molta bassa a bassa. In particolare, la storia sismica provinciale dedotta dal Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15 prodotto dal Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), con una finestra temporale dall'anno 1000 all'anno 2014, riporta eventi sismici piuttosto sporadici e di intensità massima rilevata dell'ordine del V-VI grado della scala Mercalli "MCS". Nello specifico, si evidenzia l'evento del 1887 presso la zona Lago di Annone con un'intensità pari al V grado della MCS, il secondo evento sismico risale al 1918 presso la zona di Erve con un'intensità V grado MCS ed infine, quello del 1983 in Valsassina con un'intensità VI grado MCS.

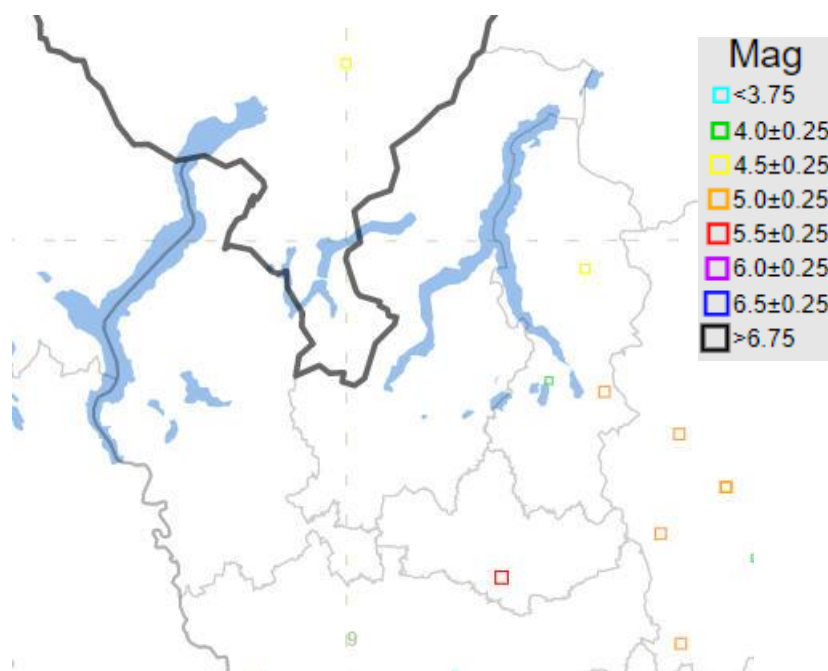


Figura 14 – Ubicazione degli eventi sismici storici sul territorio provinciale lecchese (fonte CPTI15).

Mentre, secondo il Database Macrosismico Italiano DBMI15 redatto sempre dall'INGV, le sorgenti epicentrali degli eventi che hanno prodotto i maggiori effetti per il comune in esame, risultano collocate al di fuori del territorio provinciale e con una intensità macrosismica associata non superiore al IV-V grado della scala Mercalli.

Effetti	In occasione del terremoto del							NMDP	Io	Mw
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale			
NF	1991	11	20	01	54	1	Grigionì, Vaz	468	6	4.70
NF	1995	10	29	13	00	2	Lago d'Iseo	408	5-6	4.35

Figura 15 – Elenco degli eventi macrosismici associati al comune di Valgrehentino (Fonte DBMI15).

Dal punto di vista sismogenetico, secondo l'ultimo aggiornamento sviluppato dell'INGV (Database of Individual Seismogenetic Sources DISS), le sorgenti per terremoti con Magnitudo maggiore di 5.5, risultano ubicate esterne alla Brianza. Tuttavia, in prossimità piana del Adda a sud di Lecco, è presente il margine occidentale della struttura

composita denominata Western S-Alps Internal Thrust. Nello specifico, questa sorgente sismogenetica si estende ad Ovest del lago di Garda tra le città di Brescia (a Est) e Bergamo (a Ovest) ed appartiene al fronte interno del sistema di faglie inverse delle Alpi Giudicarie. Dai cataloghi storici del CPTI, si evidenzia una distribuzione sparsa della sismicità lungo la fascia frontale di questa struttura sismogenetica, con magnitudo Mw non superiore a 5,0 grado.

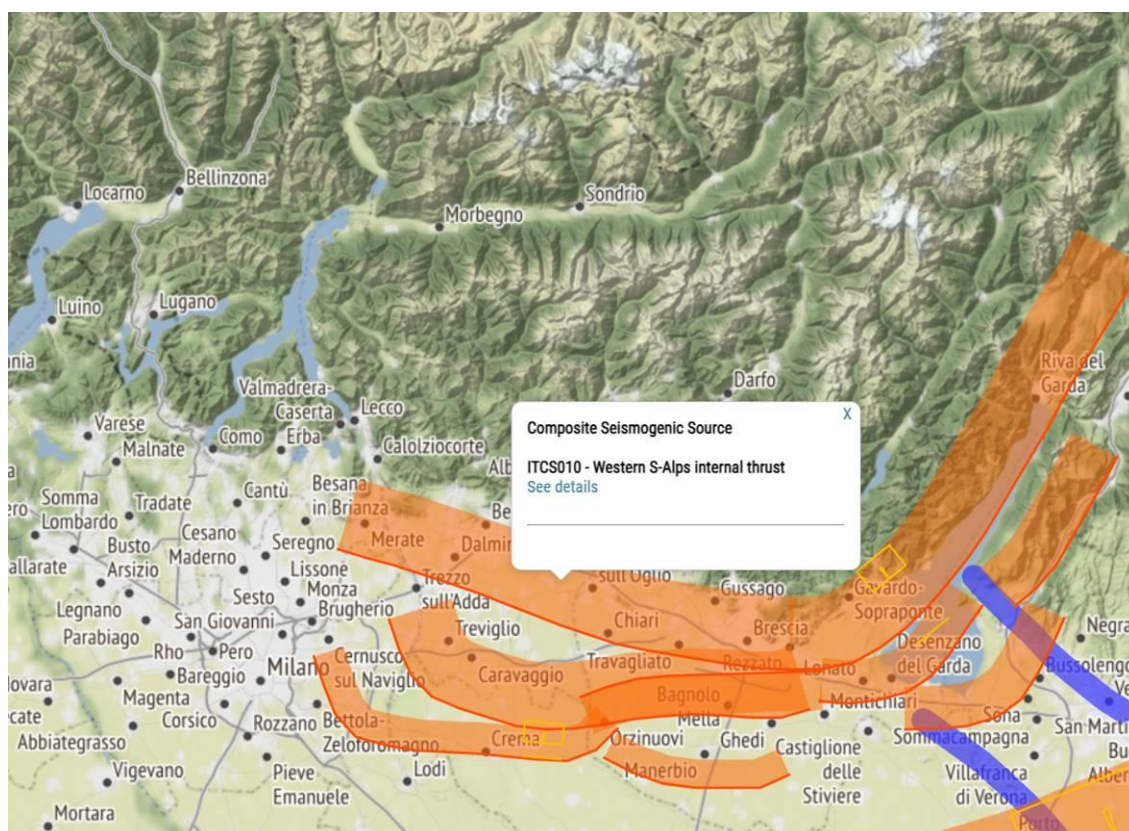


Figura 16 – *Mapa delle sorgenti sismogenetiche (Fonte DISS).*

PARAMETRIC INFORMATION			
Parameter		Quality	Evidence
Min depth [km]	5.0	OD	Based on geological data from various authors.
Max depth [km]	12.0	OD	Based on geological data from various authors.
Strike [deg] min... max	265...295	OD	Based on geological data from various authors.
Dip [deg] min... max	25...35	OD	Based on geological data from various authors.
Rake [deg] min... max	80...100	EJ	Inferred from geological data.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.1000... 0.5000	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Max Magnitude [Mw]	6.9	ER	Estimated from Leonard's (2014) scaling relations.

LD=Literature Data; OD=Original Data; ER=Empirical Relationship; AR=Analytical Relationship; EJ=Expert Judgement

Figura 17 – Parametri che caratterizzano la struttura sismogenetica ITCS010 - Western S-Alps internal thrust.

10.3 Pericolosità Sismica di Base

La pericolosità sismica di base costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche e deve essere descritta con un sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici che in termini fisici - temporali. La pericolosità sismica di base, a sua volta dipende dalle caratteristiche sismologiche dell'area in esame, sulla base, per esempio, delle dimensioni e profondità delle sorgenti sismiche, oltre all'energia e frequenza degli eventi sismici attesi. Pertanto, la pericolosità sismica di base, viene calcolata in maniera probabilistica per una certa regione e per un periodo di tempo, prefissando anche una probabilità di eccedenza dei valori di riferimento. In sintesi, questi valori, quali la velocità, l'accelerazione, l'intensità e le forme spettrali, descrivono in modo matematico-fisico lo scuotimento generato dal terremoto di riferimento, sul suolo rigido oggetto di valutazione.

Nello specifico, sulla base della Mappa di Pericolosità Sismica del Territorio Nazionale sviluppate dall'INGV (All. 1b, O.P.C.M. n. 3519/2006), la pericolosità sismica di base è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa "ag" in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (substrato

rigido con $V_s > 800$ m/sec - Categoria del sottosuolo A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza, nel periodo di riferimento. Pertanto, i valori di accelerazione orizzontale massima ag e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta, vengono definiti sulle Mappe di Pericolosità Sismica del Territorio Nazionale, in corrispondenza dei nodi di un reticolo di riferimento, sufficientemente vicini fra loro e per diverse probabilità di superamento in 50 anni o con diversi periodi di ritorno (Tr).

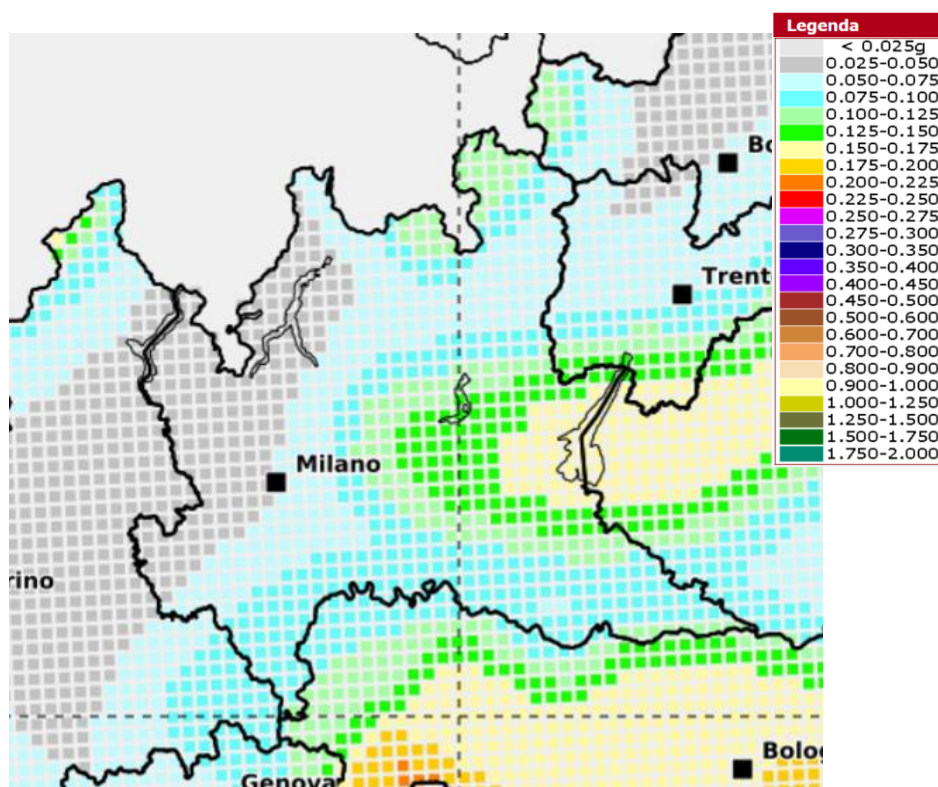


Figura 18 – Mappa di pericolosità sismica della Lombardia (All. 1b, O.P.C.M. n. 3519/2006).

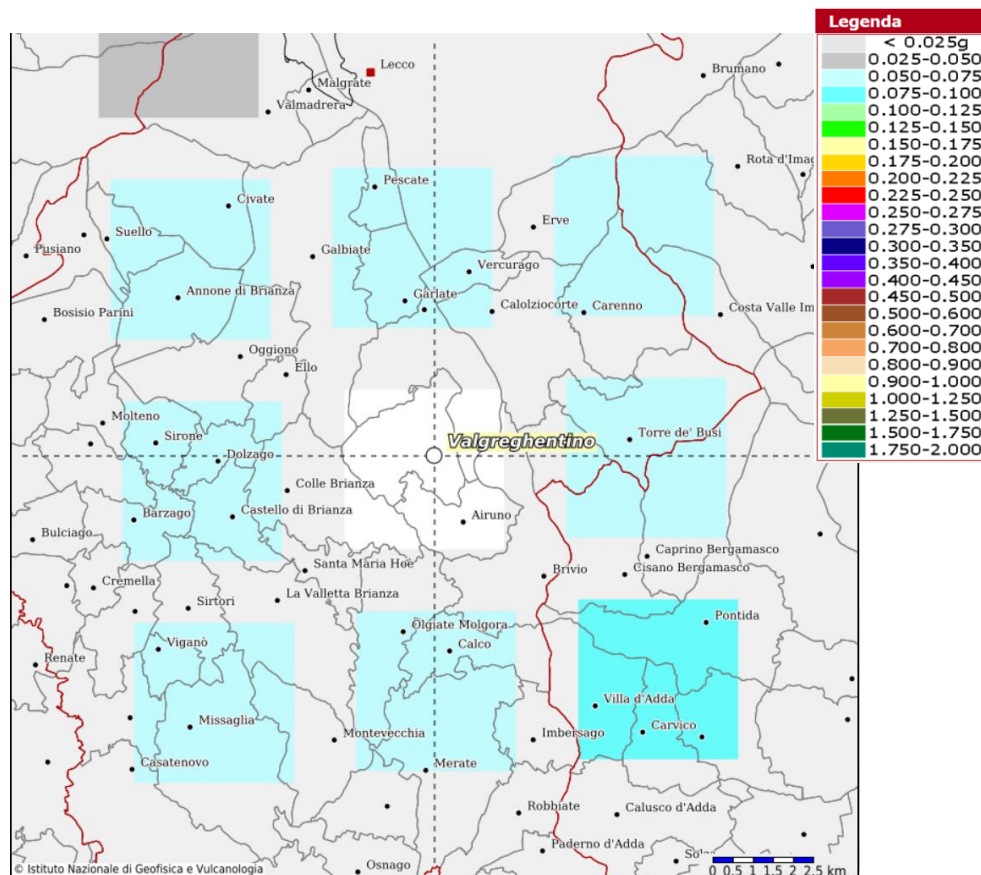


Figura 19 – Reticolo di riferimento per il comune di Valgrehentino, della mappa di pericolosità sismica.

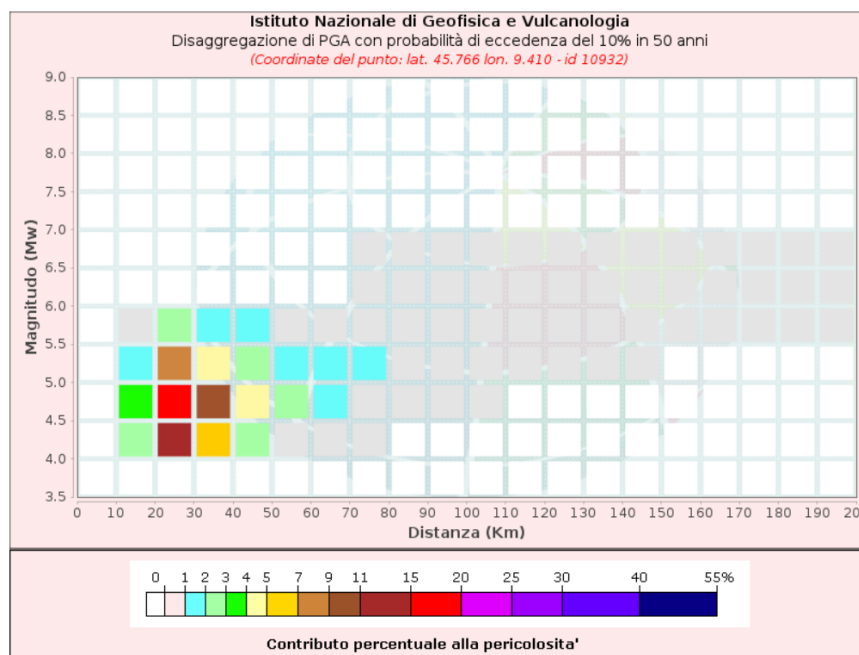


Figura 20 – Disaggregazione dei contributi alla pericolosità per intervalli di magnitudo e distanza epicentrale, riferiti al comune di Valgrehentino.

Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 45.766 lon. 9.410 - id 10932)											
Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	2.9200	3.9600	1.3500	0.3190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	12.5000	18.9000	7.6200	2.0500	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	5.3200	9.5700	4.8400	1.5600	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	2.1200	4.5500	2.8100	1.0600	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.8190	2.2700	1.7600	0.7770	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.2190	1.2600	1.4800	0.8440	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0084	0.4960	1.0700	0.8560	0.2270	0.0349	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.1390	0.7070	0.7830	0.3780	0.0610	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0245	0.3940	0.5900	0.3340	0.0566	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0010	0.2000	0.4630	0.2590	0.0448	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0834	0.3890	0.2110	0.0342	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0214	0.2390	0.1590	0.0268	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0043	0.1240	0.1330	0.0251	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.0693	0.1030	0.0209	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0347	0.0686	0.0149	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0159	0.0435	0.0105	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0067	0.0273	0.0075	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0026	0.0174	0.0055	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0011	0.0380	0.0139	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.89	37.9	1.29

Figura 21 – Tabella della disaggregazione dei contributi alla pericolosità per intervalli di magnitudo e distanza epicentrale, riferiti al comune di Valgrehentino.

Come indicato nella tabella soprastante, il comune di Valgrehentino, è caratterizzato da un valore di *ag* con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suolo compreso tra 0.05g e 0.0750g. Mentre, visionando la disaggregazione dei contributi alla pericolosità, si evidenzia che il terremoto di riferimento, che potrà verificarsi con maggiore probabilità, è caratterizzato da una magnitudo $M_w = 4.89$ ad una distanza di circa 37.9 Km dal comune in esame.

10.4 Pericolosità Sismica Locale

Le condizioni geologiche locali, possono influenzare in occasione di eventi sismici, la pericolosità sismica di base, producendo effetti diversi, quali per esempio l'amplificazione dello sciame sismico. Pertanto, come indicato nelle norme Tecniche delle Costruzioni, durante la fase progettuale, occorrerà valutare questi effetti locali,

distinti in funzione del comportamento dinamico dei terreni e che si differenziano in due gruppi: ovvero quelli di sito o di amplificazione sismica locale e quelli dovuti ad instabilità (effetti cosismici). Nello specifico, gli effetti di instabilità interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento instabile o potenzialmente nei confronti delle sollecitazioni sismiche (esempio attivazioni di frane) e che sono incompatibili con la stabilità delle strutture o per la sicurezza dell'area. Mentre gli effetti di sito o di amplificazione sismica locale, interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento stabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese. In questo caso, tali effetti sono rappresentati dall'insieme delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza, che un moto sismico di riferimento può subire durante l'attraversamento degli strati di terreno sovrastanti alla formazione rocciosa, a causa dell'interazione delle onde sismiche con le condizioni locali.

In particolare, tali effetti si distinguono i due gruppi che possono essere contemporaneamente presenti nello stesso sito, ovvero:

- Effetti di amplificazione topografica: si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie superficiali più o meno articolate e da irregolarità topografiche in generale; tali condizioni favoriscono la focalizzazione delle onde sismiche in prossimità della cresta del rilievo a seguito di fenomeni di riflessione sulla superficie libera e di interazione fra il campo d'onda incidente e quello diffratto. Se l'irregolarità topografica è rappresentata da substrato roccioso (bedrock) si verifica un puro effetto di amplificazione topografica, mentre nel caso di rilievi costituiti da materiali non rocciosi, l'effetto amplificatorio è la risultante dell'interazione (difficilmente separabile) tra l'effetto topografico e quello litologico di seguito descritto;
- Effetti di amplificazione litologica: si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie sepolte (bacini sedimentari, chiusure laterali, corpi lenticolari, eteropie ed interdigitazioni, gradini di faglia ecc.) e da particolari profili stratigrafici costituiti da litologie con determinate proprietà meccaniche. Tali condizioni possono generare esaltazione locale delle azioni sismiche trasmesse dal terreno, fenomeni di risonanza fra onda sismica incidente e modi di vibrare del terreno e fenomeni di doppia risonanza fra periodo fondamentale del moto sismico incidente e modi di vibrare del terreno e della sovrastruttura.

Al fine della valutazione sismica locale, la Regione Lombardia ha predisposto i criteri e le metodologie di studio, ampiamente descritte nell'Allegato 5 della D.G.R. 30 novembre 2011 – n. IX/2616 “Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito in Lombardia finalizzate alla definizione dell'aspetto sismico nei P.G.T.” In sintesi, la metodologia prevede tre livelli di approfondimento con grado di dettaglio crescente, da applicarsi in base della zonazione sismica comunale di appartenenza e degli scenari di pericolosità sismica locale individuati nel territorio, come meglio descritto nei successivi capitoli.

10.5 Pericolosità Sismica Locale di Valgreghentino

L'analisi della sismicità e la redazione della carta della Pericolosità Sismica Locale (PSL) del territorio comunale di Valgreghentino (LC) sono state realizzate in base ai criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica e sismica, di cui alle norme attuative dell'Art. 57 della L.R. 11 marzo 2005, n° 12. In particolare, con l'aggiornamento della zone sismiche in Regione Lombardia (D.g.r. 11 luglio 2014 - n. X/2129), il comune di Valgreghentino è stato riclassificato in Zona 3 dalla precedente Zona 4, pertanto si rende necessario adeguare ed integrare le valutazioni sulla pericolosità sismica locale. Nella fattispecie, è stata applicata la procedura di valutazione di cui all'Allegato 5 delle suddette norme attuative “Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito in Lombardia finalizzate alla definizione dell'aspetto sismico nei Piani di Governo del Territorio”, che prevede, in fase pianificatoria e progettuale, per i comuni classificati sismici di Zona 3, tre livelli di approfondimento, come di seguito sintetizzati:

- 1° livello: riconoscimento delle aree suscettibili di amplificazione sismica sulla base condizioni delle condizioni geologiche locali.
- 2° livello: caratterizzazione semi quantitativa degli effetti di amplificazione attesi negli scenari perimetrati nella carta di pericolosità sismica locale, che fornisce la stima di risposta sismica nei terreni in termini di valore del Fattore di Amplificazione (Fa).
- 3° livello: definizione degli effetti di amplificazione tramite indagini e analisi più approfondite, che permetterà sia la caratterizzazione quantitativa degli effetti di

amplificazione sismica attesi, sia la quantificazione degli effetti di instabilità dei versanti e dei cedimenti e/o liquefazioni

Il primo livello

La valutazione di 1° livello, obbligatorio per tutti i comuni in fase pianificatoria, consiste nell'analisi dei dati contenuti nella cartografia di inquadramento (geologia, geomorfologia, dinamica geomorfologica di dettaglio), che permette all'individuazione degli scenari di pericolosità sismica locale, riportati nella seguente tabella.

Sigla	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2a	Zone con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.)	Cedimenti
Z2b	Zone con depositi granulari fini saturi	Liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc.)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi 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 1 – *Scenari di pericolosità sismica locale (Allegato 5 DGR 9/2616 del 30/11/2011).*

In sintesi, l'analisi consiste in un approccio di tipo qualitativo e costituisce lo studio propedeutico ai successivi livelli di approfondimento. Il metodo, di tipo empirico che trova le basi nella continua e sistematica osservazione diretta degli effetti prodotti dai terremoti, permette l'individuazione delle zone dove i diversi effetti prodotti dall'azione sismica sono, con buona attendibilità, prevedibili, sulla base di osservazioni geologiche e sulla raccolta dei dati disponibili per il territorio in esame. Sulla base dei suddetti

scenari di pericolosità, viene quindi sviluppata la Carta di Pericolosità Sismica Locale “PSL” per l'intero territorio comunale.

Il secondo livello

L'approfondimento di secondo livello, si applica nella fase pianificatoria per i comuni classificati in Zona 3 come quello in esame, per gli scenari di amplificazione topografica PSL Z3 e stratigrafica Z4, individuati nella sopraindicata cartografia PSL, se interferenti con l'urbanizzato e/o con le aree di espansione urbanistica. Mentre, all'interno delle aree classificate come PSL Z1 o Z2 non è necessario l'analisi di 2° livello, in quanto si passa direttamente all'analisi di 3° livello.

Nel caso in esame, si è provveduto mediante indagini geofisiche appositamente eseguite all'interno dell'area urbanizzata, alla caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi negli scenari Z4 (amplificazione stratigrafica) perimetrati nella carta di PSL, che fornisce la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di Amplificazione (Fa).

In sintesi, l'applicazione del 2° livello, consente l'individuazione delle aree in cui la normativa nazionale risulta insufficiente a salvaguardare dagli effetti di amplificazione sismica locale (Fa calcolato superiore a Fa di soglia comunali forniti dal Politecnico di Milano). Pertanto, in tali aree si dovrà procedere alle indagini ed agli approfondimenti di 3° livello o, in alternativa, utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore, come indicato nel seguente schema:

- anziché lo spettro della categoria di suolo B si utilizzerà quello della categoria di suolo C; nel caso in cui la soglia non fosse ancora sufficiente si utilizzerà lo spettro della categoria di suolo D;
- anziché lo spettro della categoria di suolo C si utilizzerà quello della categoria di suolo D;
- anziché lo spettro della categoria di suolo E si utilizzerà quello della categoria di suolo D.

Non è necessaria la valutazione quantitativa al 3° livello di approfondimento dello scenario inerente le zone di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con

caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse (zone Z5), in quanto tale scenario esclude la possibilità di costruzioni a cavallo dei due litotipi. In fase progettuale tale limitazione può essere rimossa qualora si operi in modo tale da avere un terreno di fondazione omogeneo. Eventualmente, nell'impossibilità di ottenere tale condizione, si dovranno prevedere opportuni accorgimenti progettuali atti a garantire la sicurezza dell'edificio.

Il terzo livello

Consiste nel definire degli effetti di amplificazioni tramite indagini e analisi più approfondite, anche sulla banche dati fornite dalla Regione Lombardia. Nello specifico, tale livello si applica in fase progettuale nei seguenti casi:

- nelle aree indagate con il 2° livello quando Fa calcolato risulta maggiore del valore di soglia comunale;
- su tutti gli edifici ricadenti negli scenari PSL caratterizzati da effetti di instabilità (Z1), cedimenti e/o liquefazione (Z2);

Si sottolinea inoltre, che nel caso di sovrapposizione di più scenari sul medesimo ambito territoriale si dovrà procedere con il grado di approfondimento più cautelativo. Gli approfondimenti di 2° e 3° livello non devono essere eseguiti in quelle aree che, per situazioni geologiche, geomorfologiche e ambientali o perché sottoposte a vincolo da particolari normative, siano considerate inedificabili, fermo restando tutti gli obblighi derivanti dall'applicazione di altra normativa specifica.

	Livelli di approfondimento e fasi di applicazione		
	1° livello fase pianificatoria	2° livello fase pianificatoria	3° livello fase progettuale
Zona sismica 2-3	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con urbanizzato e urbanizzabile, ad esclusione delle aree già inedificabili	<ul style="list-style-type: none"> - Nelle aree indagate con il 2° livello quando Fa calcolato > valore soglia comunale; - Nelle zone PSL Z1 e Z2.
Zona sismica 4	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti di nuova previsione (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03)	<ul style="list-style-type: none"> - Nelle aree indagate con il 2° livello quando Fa calcolato > valore soglia comunale; - Nelle zone PSL Z1 e Z2 per edifici strategici e rilevanti.

Tabella 2 – Sintesi degli adempimenti in funzione della zona sismica di appartenenza.

10.5.1 I Livello - La Carta della Pericolosità Sismica Locale (PSL)

Sulla base delle caratteristiche geologiche e geomorfologiche individuate all'interno del territorio comunale e cartografate nelle tavole di inquadramento, è stata sviluppata la Carta di Pericolosità Sismica Locale "PSL" per l'intero territorio comunale in scala 1:5000 (Tav.7). Nello specifico sono stati perimetrati gli scenari di pericolosità sismica locale, in accordo di quanto indicato nei criteri regionali (Tabella 1 dell'allegato 5 DGR 9/2616 del 30/11/2011). In particolare, considerando l'abitato residenziale e quello potenzialmente edificabile posto nel fondovalle, si evidenzia perlopiù la presenza di possibili fenomeni di amplificazione stratigrafica (scenari Z4), di cui si necessita l'approfondimento di 2° livello in fase pianificatoria.

10.5.2 Il Livello di Approfondimento

L'analisi sismica di II livello prevede una caratterizzazione semi quantitativa degli effetti di amplificazione attesi negli scenari individuati nel primo livello e fornisce la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore del Fattore di amplificazione (Fa).

Considerando, che il comune di Valgreghentino è classificato in Zona Sismica 3, si è proceduto con l'approfondimento di secondo livello nelle aree suscettibili di amplificazioni sismiche litologiche (Z4) interferenti con l'urbanizzato e/o con le aree ad espansione urbanistica. Si evidenzia, che non vengono approfondite le aree che, per situazioni geologiche, geomorfologiche e ambientali o perché sottoposte a vincolo da particolari normative, siano considerate inedificabili.

L'approfondimento sismico di II livello è stato eseguito mediante indagini sismiche, appositamente effettuate e di archivio, mediante l'analisi delle onde sismiche superficiali con la tecnica MASW e con quella dei microtremiti con la tecnica HVSR. I risultati e le verifiche, sono riportate nel DOC 3 "Approfondimento sismico di II livello" e tavola cartografica della Pericolosità Sismica Locale in scala 1:2.000 (Tav. 7).

In sintesi, per il periodo di oscillazione compreso tra 0,1-0,5 s, i valori di Fa riferiti alle categorie sottosuolo B, risultano superiori ai valori di soglia indicati dalla Regione

Lombardia, pertanto la normativa nazionale è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti litologici di amplificazione locale per gli edifici bassi e rigidi. Mentre per il periodo di oscillazione compreso tra 0,5-1,5 s, riferibile alle strutture più alte e flessibili, i valori F_a calcolati risultano sempre inferiori ai valori di soglia forniti dalla Regione Lombardia, pertanto la normativa nazionale è sufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti litologici di amplificazione locale. Dall'analisi dei risultati e dalla distribuzione delle prove sismiche, si evidenzia che il F_a è inferiore a 1,5 nella fascia abitata posta ai piedi dei versanti, mentre è compreso tra 1,5-1,7 lungo la piana alluvionale, in cui generalmente gli spessori della copertura sono superiori ai 30 metri. Nella tavola di dettaglio della PSL (TAV 7) è stata quindi suddivisa l'area urbana, con le due fasce di intervallo dei F_a (per il periodo 0,1-0,5 s), tenendo conto sia della litostratigrafia del sottosuolo che della locale morfologia.

Gennaio 2023

dott. Geol. Matteo Lambrugo



In collaborazione con dott. geol. Pietro Alborghetti

INDICE FIGURE E TABELLE

Figure

Figura 1 – Inquadramento territoriale.....	8
Figura 2 – Inquadramento strutturale (CARG foglio Vimercate).....	10
Figura 3 – Stralcio della carta geologica del Carg - foglio Vimercate.	11
Figura 4 – Sezione geologica (CARG foglio Vimercate).	11
Figura 5 – Celle pluviometrica di riferimento per il calcolo delle curve di possibilità pluviometrica elaborate da Arpa Lombardia.	16
Figura 6 – Tabella riepilogativa delle precipitazioni previste per l'area di interesse, comprensiva dei coefficienti idrologici e correttivi utilizzati (rettangolo blu).	17
Figura 7 – Grafico delle L.S.P.P. per la cella pluviometrica di interesse, da cui deriva per un tempo di ritorno di 100 anni, una pioggia intesa di 69,81 mm per un'ora di evento.	18
Figura 8 – Parametri relativi al bacino idrografico del Torrente Greghentino.....	26
Figura 9 – Parametri relativi al bacino idrografico del Torrente Valle dell'Acquarata (Ospedaletto).....	27
Figura 10 – Parametri relativi al bacino idrografico del Torrente con sezione di chiusura a Buttello.	27
Figura 11 – Stralcio della Carta del quadro del dissesto uniformata a quella del PAI (versione vigente).	37
Figura 12 – Stralcio della Mappa di Pericolosità sismica del territorio nazionale (a sx) e azzonamento sismico regionale (a dx) secondo l'ultimo aggiornamento.	42
Figura 13 – Tabella riportata nella O.P.C.M. 3274/2003.	42
Figura 14 – Ubicazione degli eventi sismici storici sul territorio provinciale lecchese (fonte CPTI15).....	43
Figura 15 – Elenco degli eventi macrosismici associati al comune di Valgreghentino (Fonte DBMI15).	43
Figura 16 – Mappa delle sorgenti sismogenetiche (Fonte DISS).	44
Figura 17 – Parametri che caratterizzano la struttura sismogenetica ITCS010 - Western S-Alps internal thrust.....	45
Figura 18 – Mappa di pericolosità sismica della Lombardia (All. 1b, O.P.C.M. n. 3519/2006).	46
Figura 19 – Reticolo di riferimento per il comune di Valgreghentino, della mappa di pericolosità sismica.	47
Figura 20 – Disaggregazione dei contributi alla pericolosità per intervalli di magnitudo e distanza epicentrale, riferiti al comune di Valgreghentino.....	47
Figura 21 – Tabella della disaggregazione dei contributi alla pericolosità per intervalli di magnitudo e distanza epicentrale, riferiti al comune di Valgreghentino.	48

Tabelle

Tabella 1 – Scenari di pericolosità sismica locale (Allegato 5 DGR 9/2616 del 30/11/2011).51
Tabella 2 – Sintesi degli adempimenti in funzione della zona sismica di appartenenza. .. 53