

COMUNE DI VILLA D'ALME'
Provincia di Bergamo

**AGGIORNAMENTO DELLA COMPONENTE
GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL
PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO**
AI SENSI DELLA D.G.R. XI/6314/2022, DELLA D.G.R. XI/6702/2022
E DELLA D.G.R. XI/7564/2022

RELAZIONE ILLUSTRATIVA



A handwritten signature in blue ink that reads 'Corrado Reguzzi'.

DOTT. GEOL. CORRADO REGUZZI

Villa d'Almè (BG), luglio 2024

INDICE

	Pag.
1	1
PREMESSA	1
2	2
CARATTERI METEO-CLIMATICI E NIVOLOGICI	2
2.1	3
PRECIPITAZIONI	
2.1.1	5
Precipitazioni brevi e di forte intensità	
2.2	8
TEMPERATURA	
2.3	9
RADIAZIONE SOLARE	
2.4	10
REGIME DEI GIORNI DI GHIACCIO, GELO E DISGELO	
2.5	10
MANTO NEVOSO	
2.6	11
ANEMOMETRIA	
3	11
ASSETTO STRUTTURALE	11
3.1	11
ASSETTO STRUTTURALE PROVINCIALE	
3.1.1	13
Thrust Orobici	
3.1.2	14
Anticlinali Orobiche	
3.1.3	15
Fascia mediana delle Unità Carbonatiche alloctone e fascia meridionale	
3.1.4	16
La zona collinare a pieghe e sovrascorrimenti	
3.2	16
ASSETTO STRUTTURALE DELL'AREA DI INTERESSE	
4	17
GEOLOGIA	17
4.1	17
CRITERI DI INDAGINE	
4.2	17
DEPOSITI SUPERFICIALI	
4.2.1	17
Conglomerato di Madonna del Castello	
4.2.2	18
Conglomerato del Torrente Gaggio	
4.2.3	18
Supersintema di Almè	
4.2.4	18
Sintema di Brembate	
4.2.5	18
Supersintema della Colma al Piano – Unità di Stabello	
4.2.6	19
Unità di Ponte San Pietro	
4.2.7	19
Supersintema di Palazzago	
4.2.8	20
Sintema del Po – Unità Postglaciale	
4.3	20
SUBSTRATO ROCCIOSO	
4.3.1	20
Formazione dell'Albenza	
4.3.2	21
Calccare di Sedrina	
4.3.3	21
Calccare di Moltrasio	
4.3.4	21
Calccare di Domaro	
4.3.5	22
Formazione di Sogno	
4.3.6	22
Selcifero Lombardo	
4.3.7	23
Maiolica	
4.3.8	23
Marna di Bruntino	
4.3.9	23
Sass de la Luna	
4.3.10	24
Formazione di Sorisole	

	4.3.11 Formazione di Gavarno	24
	4.3.12 Flysch di Pontida	25
5	ELEMENTI DI PEDOLOGIA	25
6	CARATTERI GEOMORFOLOGICI	28
6.1	CRITERI DI INDAGINE	28
6.2	PRINCIPALI AMBITI GEOMORFOLOGICI	29
	6.2.1 Rilievi	29
	6.2.2 Fondovalle del Brembo e aree terrazzate	30
	6.2.3 Fascia di raccordo rilievi-pianura	31
6.3	AREA A MORFOLOGIA CARSICA	31
6.4	FORME, PROCESSI E DEPOSITI	32
	6.4.1 Forme, processi e depositi legati alla gravità	32
	6.4.2 Forme, processi e depositi legati alle acque correnti superficiali	34
	6.4.3 Forme, processi e depositi legati al carsismo	35
	6.4.4 Forme, processi e depositi di origine poligenica	36
	6.4.5 Forme, processi e depositi di origine antropica	37
6.5	ACCLIVITÀ DEI VERSANTI	38
7	IDROGRAFIA	39
7.1	CRITERI DI INDAGINE	39
7.2	RETICOLO IDRICO PRINCIPALE: FIUME BREMBO	40
	7.2.1 Determinazione delle caratteristiche granulometriche dell'alveo	42
	7.2.2 Tendenze evolutive dell'alveo e delle forme fluviali riattivabili	46
	7.2.3 Uso del suolo ed analisi della componente naturale	48
	7.2.4 Dati idrologici	50
	7.2.5 Portate al colmo di piena nelle sezioni di interesse	51
7.3	ALTRI CORSI D'ACQUA AFFERENTI AL RETICOLO IDRICO PRINCIPALE	52
7.4	TORRENTE IMAGNA	52
	7.4.1 Torrente Giongo	53
7.5	RETICOLO IDRICO MINORE	53
	7.5.1 Torrente Gaggio	54
	7.5.2 Torrente Rino	55
	7.5.3 Valle Roncasol	56
	7.5.4 Torrente Scabla	56
	7.5.5 Torrente di via Dante	57
7.6	AREE POTENZIALMENTE INTERESSATE DA CRITICITÀ IDRAULICHE, DEFINITE SU BASE MORFOLOGICA	57
7.7	RISTAGNO	58
7.8	ELEMENTI IDROGRAFICI	59
	7.8.1 Elementi antropici	59
8	IDROGEOLOGIA	61
8.1	CRITERI DI INDAGINE	61

8.2	STRUTTURA IDROGEOLOGICA	61
8.3	PIEZOMETRIA	62
8.4	PERMEABILITÀ	63
8.5	VULNERABILITÀ DELL'ACQUIFERO	63
8.6	FORME, PROCESSI ED ELEMENTI LEGATI ALLA PRESENZA DELLE ACQUE PROFONDE	65
9	ANALISI DEL VIGENTE QUADRO DEL DISSESTO E FASCE FLUVIALI CARTA PAI PGRA	67
9.1	DISSESTI	67
9.2	SINTESI CARTA DEL DISSESTO CON LEGENDA UNIFORMATA PAI	67
9.3	FASCE FLUVIALI	68
	9.3.1 Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) - Fasce PAI	68
9.4	PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI (PGRA)	69
9.5	STUDI IDRAULICI DI DETTAGLIO.	72
10	INDAGINI GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E SISMICHE	77
10.1	CRITERI DI INDAGINE	77
10.2	INDAGINI GEOGNOSTICHE PREGRESSE	77
10.3	INDAGINI GEOGNOSTICHE DI NUOVA ACQUISIZIONE	78
	10.3.1 Prove penetrometriche dinamiche DPSH	78
	10.3.2 Prova sismica multicanale MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)	79
	10.3.3 Prova di sismica passiva HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio)	84
11	QUADRO LITOSTRATIGRAFICO	86
11.1	GENERALITÀ	86
11.2	STRATIGRAFIE DI DETTAGLIO	87
11.3	PARAMETRI GEOTECNICI DI MASSIMA ATTRIBUITI AI DEPOSITI SUPERFICIALI	91
12	ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA	93
12.1	ZONA SISMICA DI APPARTENENZA	93
12.2	SISMICITÀ STORICA	93
12.3	PROCEDURA REGIONALE PER LA VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE	98
	12.3.1 Metodologia di lavoro	101
12.4	ANALISI SISMICA DI 1° LIVELLO	101
	12.4.1 Carta della pericolosità sismica locale (PSL)	101
12.5	ANALISI SISMICA DI 2° LIVELLO	104
	12.5.1 Effetti di amplificazione morfologica – Scenario Z3	105
	12.5.2 Effetti di amplificazione litologica – Scenario Z4	112
12.6	CARTA DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE NELL'INTERVALLO 0,1÷0,5 S	131
12.7	CARTA DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE NELL'INTERVALLO 0,5÷1,5 S	132
13	VINCOLI ESISTENTI	134
13.1	QUADRO DEL DISSESTO	134
13.2	PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO – DELIMITAZIONE FASCE FLUVIALI	134
13.3	VINCOLI DI POLIZIA IDRAULICA	134
13.4	AREE DI SALVAGUARDIA DELLE CAPTAZIONI DELLE ACQUE DESTINATE AL CONSUMO UMANO – AREE DI TUTELA ASSOLUTA E DI RISPETTO	135
	13.4.1 Acque asservite alla rete acquedottistica	135
	13.4.2 Acque minerali naturali	135
13.5	VINCOLI DERIVANTI DAL PTR	137
13.6	VINCOLI DERIVANTI DAL PROGRAMMA DI TUTELA E USO DELLE ACQUE – PTUA 2016	137

14	SINTESI DEI VINCOLI DI PERTINENZA GEOLOGICA	138
14.1	CRITERI	138
14.2	AREE PERICOLOSE DAL PUNTO DI VISTA DELL'INSTABILITÀ DEI VERSANTI - "V"	139
14.3	AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDROGEOLOGICO - "IDR"	140
14.4	AREE CHE PRESENTANO SCADENTI CARATTERISTICHE GEOTECNICHE - "G"	140
14.5	AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDRAULICO - "I"	141
15	CARTA DEL DISSESTO CON LEGENDA UNIFORMATA PAI E PGRA	144
16	FATTIBILITÀ GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO	145
16.1	CRITERI DI ATTRIBUZIONE DELLE CLASSI DI FATTIBILITÀ	146
17	NORME GEOLOGICHE DI PIANO	147
17.1	INDIRIZZI GENERALI	147
17.2	PRESCRIZIONI DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA	148
	17.2.1 Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti (sigla: "V")	148
	17.2.2 Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico (sigla: "ldr")	152
	17.2.3 Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche (sigla: "G")	153
	17.2.4 Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico (sigla: "I")	153
	17.2.5 Classe 1 - Fattibilità senza particolari limitazioni	165
17.3	PRESCRIZIONI SISMICHE	165
	17.3.1 Indirizzi generali	165
	17.3.2 Prescrizioni relative agli ambiti di amplificazione sismica locale	166
18	ALLEGATI	168
19	ELABORATI CARTOGRAFICI	168

1 **PREMESSA**

Il presente documento costituisce l'aggiornamento della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio comunale di Villa d'Almè (BG), redatto ai sensi della d.g.r. 6134/2022 "Modifiche ai criteri e indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57 della legge 11 marzo 2005, n. 12 approvati con d.g.r. 2616/2011 e integrati con d.g.r. 6738/2017" e della d.g.r. 6702/2022.

Lo studio geologico vigente, redatto dallo scrivente, è stato adottato con Delibera di Consiglio Comunale n.23 del 19.07.2012, successivamente approvato con Delibera di Consiglio Comunale n.4 del 03.01.2013 e divenuto efficace con la pubblicazione sul BURL n.31, Serie Avvisi e Concorsi del 31 luglio 2013.

Con Deliberazioni consiliari n. 3 del 25.03.2014 e n. 29 del 18.09.2014, il comune di Villa d'Almè ha adottato ed approvato la prima variante al piano regolatore, inerente esclusivamente il piano dei servizi ed il piano delle regole, divenuta efficace con la pubblicazione sul B.U.R.L. n. 4, Serie Avvisi e Concorsi del 21.01.2015.

L'aggiornamento dello studio geologico ha seguito lo schema metodologico individuato dalla d.g.r. VIII/2616 del 2011, suddividendo le attività in quattro fasi:

- inquadramento con revisione della cartografia di base;
- analisi di dettaglio dei fattori di rischio presenti sul territorio comunale;
- sintesi e valutazione degli elementi tecnici ritenuti vincolanti per l'uso e la trasformazione d'uso del territorio e finale;
- proposta di zonizzazione del territorio in quattro classi di fattibilità geologica per le azioni di piano, accompagnata da specifiche norme geologiche di piano.

In particolare, nella fase di analisi è stato aggiornato lo studio della pericolosità sismica in relazione alla nuova classificazione attribuita al territorio comunale - zona sismica 3 - dalla d.g.r. 11.07.2014 n. X/2129, rispetto a quella considerata nello studio geologico precedente (zona sismica 4); coerentemente con quanto

previsto dalla d.g.r. 2616/2011, è stata effettuata la revisione della carta di pericolosità sismica locale ed è stato predisposto l'approfondimento sismico di II livello di cui all'Allegato 5 della suddetta delibera di giunta regionale.

Sono state recepite le aree allagabili del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) con stesura della carta PAI-PGRA come previsto dalla d.g.r. 6738/2017 ed aggiornata la carta dei vincoli di carattere geologico, idraulico e idrogeologico (quadro del dissesto PAI-PGRA, polizia idraulica e aree di salvaguardia delle captazioni idropotabili).

In data 18 gennaio 2024 sono state trasmesse da ARPA Lombardia le osservazioni post-adozione ai sensi dell'art. 13 comma 6 della L.R. 12/05 e s.m.i. relative alla variante generale al Piano di Governo del Territorio (Variante n. 2) del Comune di Villa d'Almé, adottata con deliberazione di C.C. n. 28 del 14.11.2023.

In data 11 marzo 2024 è stato emesso dalla Provincia di Bergamo il parere favorevole condizionato di compatibilità con il PTCP del nuovo PGT rispetto ai temi prescrittivi-prevalenti di cui all'art. 18 della L.R. 12/2005.

Si prende pertanto atto dei pareri degli Enti competenti e si procede all'aggiornamento dello studio adottato. Il presente documento e gli elaborati cartografici allegati, costituiscono lo studio completo della componente geologica a supporto dello strumento urbanistico comunale, aggiornato in ottemperanza alle prescrizioni pervenute.

FASE DI INQUADRAMENTO

2 CARATTERI METEO-CLIMATICI E NIVOLOGICI

I dati meteo-climatici sono stati estrapolati dall'archivio dei dati meteorologici di ARPA Lombardia, utilizzando stazioni significative per caratteristiche morfometriche e vicinanza al territorio comunale di Villa d'Almé, con disponibilità di registrazioni recenti.

Il territorio comunale di Villa d'Almé è situato a ridosso degli ultimi rilievi collinari, allo sbocco della Valle Brembana.

Il clima del territorio può essere inquadrato come "temperato subcontinentale" (Pinna 1970), tipico della pianura, delle grandi vallate alpine, del margine prealpino e della regione dei laghi.

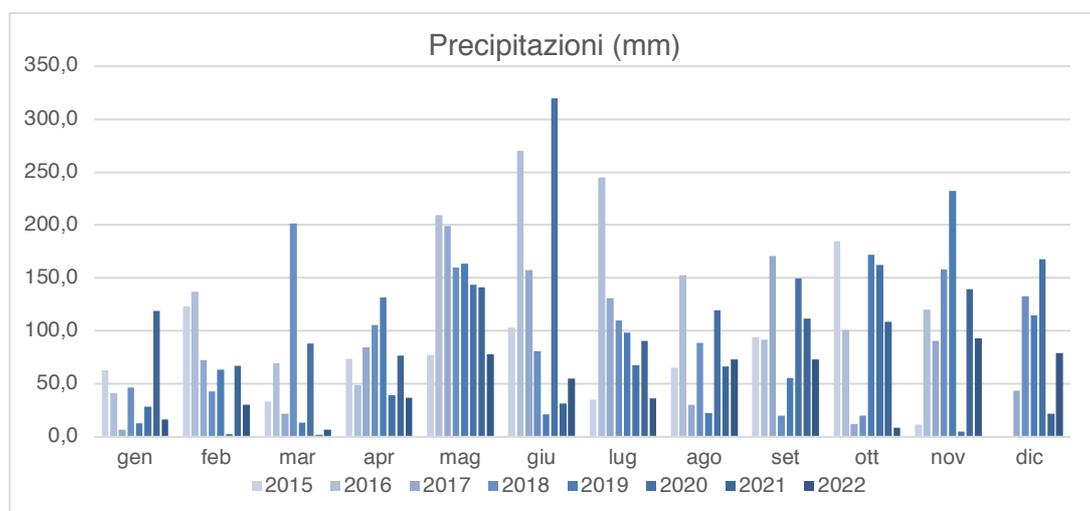
Secondo la classificazione fitoclimatica del Pavari, il territorio appartiene alla zona del "Castanetum", sottozona calda, del primo tipo, ovvero senza siccità estiva. L'attribuzione alla sottozona calda è in relazione alla temperatura media mensile del mese più freddo che è maggiore di 0°.

2.1 Precipitazioni

I dati di precipitazione sono stati estrapolati dall'archivio dei dati meteorologici di ARPA Lombardia.

Per l'area di interesse sono disponibili serie sito-specifiche per la presenza della stazione di rilevamento meteorologico ubicata sul territorio comunale di Bergamo via Goisis, i cui dati sono stati confrontati con le misurazioni della stazione di Brembilla (sita in area collinare a quote altimetriche più elevate), per il periodo 2015-2022.

I valori di precipitazione cumulata annuale sono stati prossimi a 1.000 mm/anno per la stazione di Bergamo tra gli anni 2016-2021; precipitazioni meno abbondanti sono state registrate nel 2015 e nel 2022, con un minimo nel 2022 inferiore a 600 mm/anno.



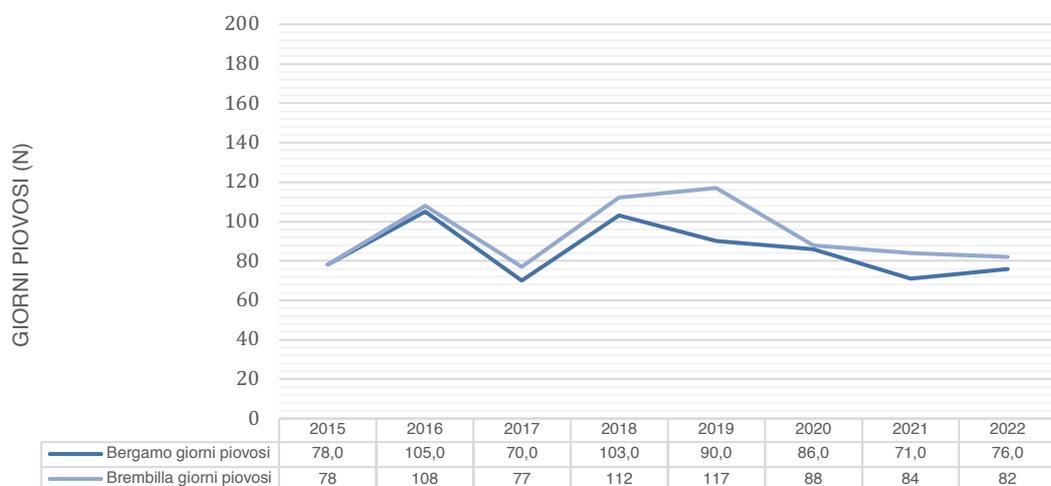
Precipitazioni cumulate mensili (mm). Stazione di Bergamo v. Goisis (2015-2022)

Il medesimo andamento generale è stato osservato anche presso la stazione di Brembilla, con valori cumulati maggiori, prossimi o superiori a 1.400 mm/annui tra il 2016 ed il 2021, con il quantitativo minimo registrato, inferiore a 1.000 mm/anno, nel 2022.



Precipitazioni cumulate annuali (mm). Stazioni di Bergamo v. Goisis e Brembilla (2015-2022)

Il calcolo del numero medio mensile dei giorni piovosi per il periodo 2015-2022, indica la presenza di un picco primaverile (maggio). Durante l'anno la media dei giorni piovosi (giorno nel quale la precipitazione assume un valore uguale o superiore ad 1 mm) è di 85gg per la stazione di Bergamo e 93 per quella di Brembilla.



Giorni piovosi (n). Stazioni di Bergamo v. Goisis e Brembilla (2015-2022)

2.1.1 Precipitazioni brevi e di forte intensità

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

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

Per la caratterizzazione degli eventi di breve durata e di forte intensità nell'area comunale, si sono utilizzati i parametri a ed n pubblicati dal Sistema informativo idrologico (SIDRO) di Arpa Lombardia e da questa determinati interpolando i parametri a ed n ricavati dai dati storici delle altezze di pioggia massima (1-24 ore).

La relazione statistica che lega l'altezza delle precipitazioni h in mm alla durata d in ore ed al tempo di ritorno T in anni (linea segnalatrice di possibilità pluviometrica - LSPP), è data dalla seguente espressione:

$$h_T = a_1 \cdot w_T \cdot d^n$$

dove i parametri a ed n , funzione di T , sono stimati sulla base delle serie storiche di dati disponibili. Attraverso il valore w_T sono implementati i valori dei parametri e dei quantili della distribuzione GEV (α , k ed ε), che permettono la determinazione dell'altezza di pioggia per i vari tempi di ritorno. Nello specifico, il parametro a_1 è il coefficiente di scala della linea segnalatrice, pari al valore atteso dell'altezza di pioggia massima annuale per la durata di riferimento; α è un parametro di scala; k un parametro di forma e ε è un parametro di posizione.

Il quantile regolarizzato w_T è funzione dei parametri statistici sopra indicati α , ε , k della distribuzione GEV (Generalized Extreme Values) e si calcola secondo la seguente formula

$$w_T = \varepsilon + (\alpha/k)[1 - (\ln(T/(T-1)))^k]$$

Si riportano di seguito i parametri a_1 , n , α , k ed ε per eventi della durata superiore a 1 ora, per ciascuna delle singole celle che interessano le aree urbanizzate e urbanizzabili del territorio comunale di Villa d'Almé (l'intera Lombardia è stata suddivisa in celle quadrate di lato pari a 1 km per ognuna delle quali sono stati definiti i parametri a_1 , n , α , k ed ε).

a_1	30,33
n	0,3023
α	0,3035
k	-0,004
ε	0,8235

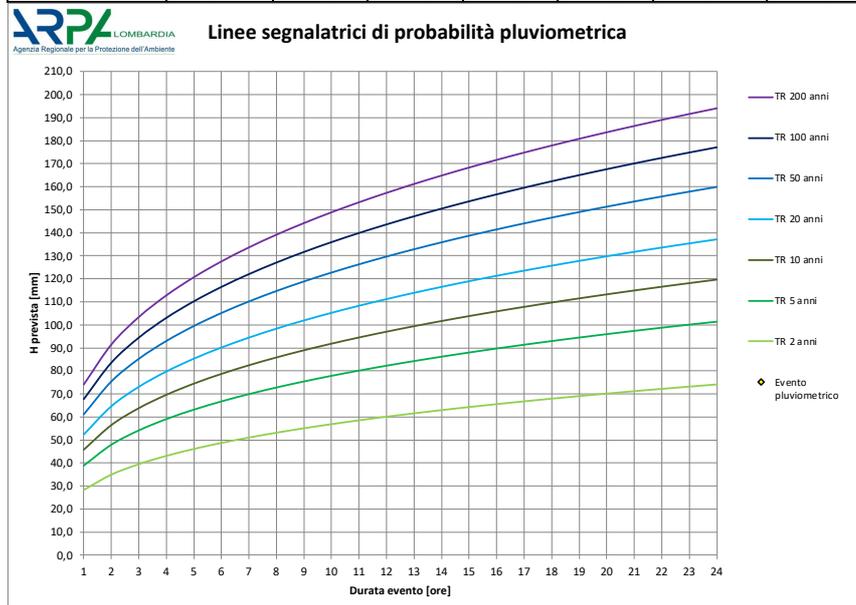
Distribuzione delle celle per la definizione dei parametri a_1 , n , α , k ed ε per eventi di durata superiore all'ora

Applicando la metodologia precedentemente esposta si calcolano i coefficienti w_T al variare del tempo di ritorno, considerando i parametri medi a_1 , n , α , k ed ε .

T_r	2	5	10	20	50	100	200
w_T	0,93482	1,28010	1,50957	1,73033	2,01703	2,23257	2,44792

Da cui risultano le seguenti altezze di pioggia oraria h (mm).

Durata (ore)	Tr 2	Tr 5	Tr 10	Tr 20	Tr 50	Tr 100	Tr 200
1	28,4	38,8	45,8	52,5	61,2	67,7	74,2
2	35,0	47,9	56,5	64,7	75,4	83,5	91,6
3	39,5	54,1	63,8	73,2	85,3	94,4	103,5
4	43,1	59,0	69,6	79,8	93,0	103,0	112,9
5	46,1	63,2	74,5	85,4	99,5	110,1	120,8
6	48,7	66,7	78,7	90,2	105,2	116,4	127,6
7	51,1	69,9	82,5	94,5	110,2	121,9	133,7
8	53,2	72,8	85,8	98,4	114,7	127,0	139,2
9	55,1	75,4	89,0	102,0	118,9	131,6	144,3
10	56,9	77,9	91,8	105,3	122,7	135,8	148,9
11	58,5	80,2	94,5	108,3	126,3	139,8	153,3
12	60,1	82,3	97,0	111,2	129,7	143,5	157,4
13	61,6	84,3	99,4	114,0	132,8	147,0	161,2
14	63,0	86,2	101,7	116,5	135,8	150,4	164,9
15	64,3	88,0	103,8	119,0	138,7	153,5	168,3
16	65,6	89,8	105,9	121,3	141,4	156,6	171,7
17	66,8	91,4	107,8	123,6	144,1	159,5	174,8
18	67,9	93,0	109,7	125,7	146,6	162,2	177,9
19	69,1	94,6	111,5	127,8	149,0	164,9	180,8
20	70,1	96,0	113,2	129,8	151,3	167,5	183,6
21	71,2	97,5	114,9	131,7	153,6	170,0	186,4
22	72,2	98,8	116,6	133,6	155,7	172,4	189,0
23	73,2	100,2	118,1	135,4	157,8	174,7	191,6
24	74,1	101,5	119,7	137,2	159,9	177,0	194,0



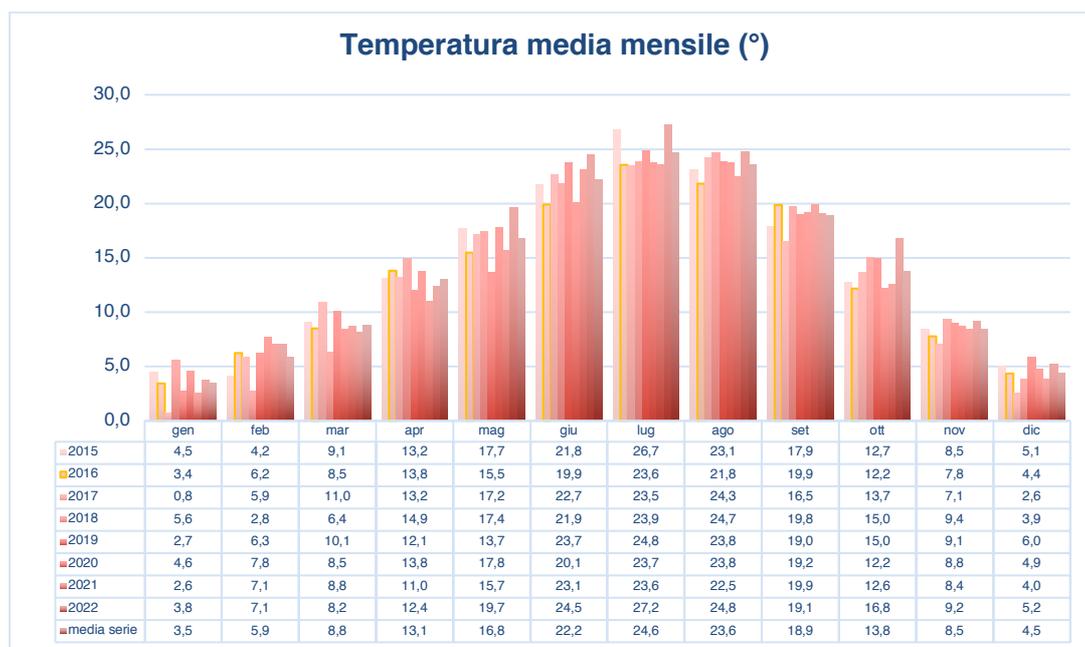
Linee segnalatrici di possibilità pluviometrica per il territorio di Villa d'Almé

La caratterizzazione degli eventi meteorici brevi ed intensi appare molto importante considerando le caratteristiche dei corsi d'acqua caratterizzati da aste fluviali di ridotte dimensioni e bacini di alimentazione arealmente poco estesi, che sono quelli che maggiormente risentono di precipitazioni brevi ed intense: i bacini montani di piccole dimensioni hanno infatti caratteristiche tali da comportare una risposta pressoché immediata all'impulso di pioggia; ciò si traduce in un trasferimento in alveo di quasi tutte le piogge che cascano sui bacini con tempi molto brevi.

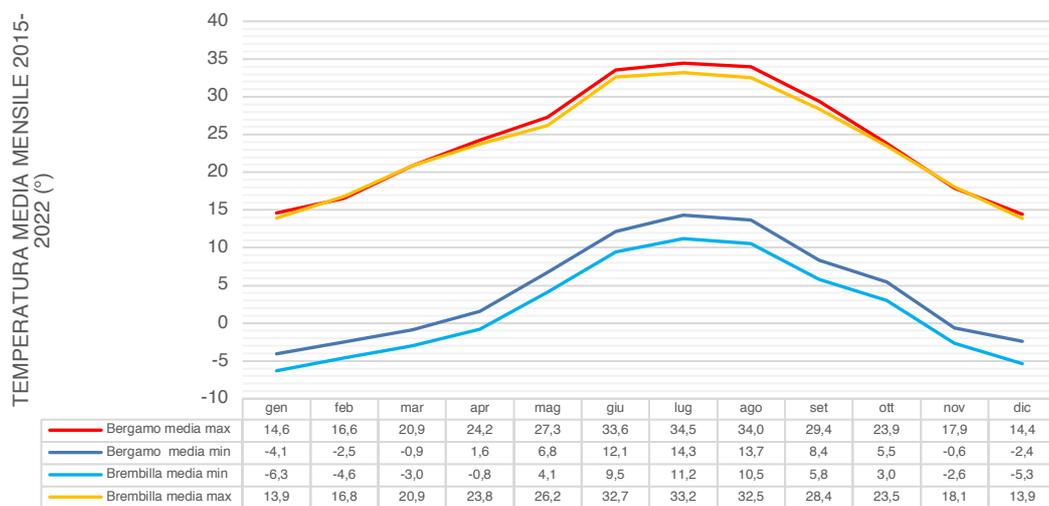
2.2 Temperatura

La stazione da cui sono stati mutuati ed elaborati i dati termometrici è quella di Bergamo via Goisis, rappresentativa delle temperature dell'area di interesse sia per vicinanza geografica sia per le analoghe caratteristiche morfologiche del territorio. Le osservazioni riguardano il periodo dal 2015 al 2022.

La temperatura media annua risulta di 13,7°C con un'escursione termica media di 19,3°C tra i mesi più caldi (giugno-agosto) ed i più freddi (dicembre-febbraio); i valori medi delle minime si attestano su una temperatura di circa 4,5°C ed i medi massimi sui 23,5°C.



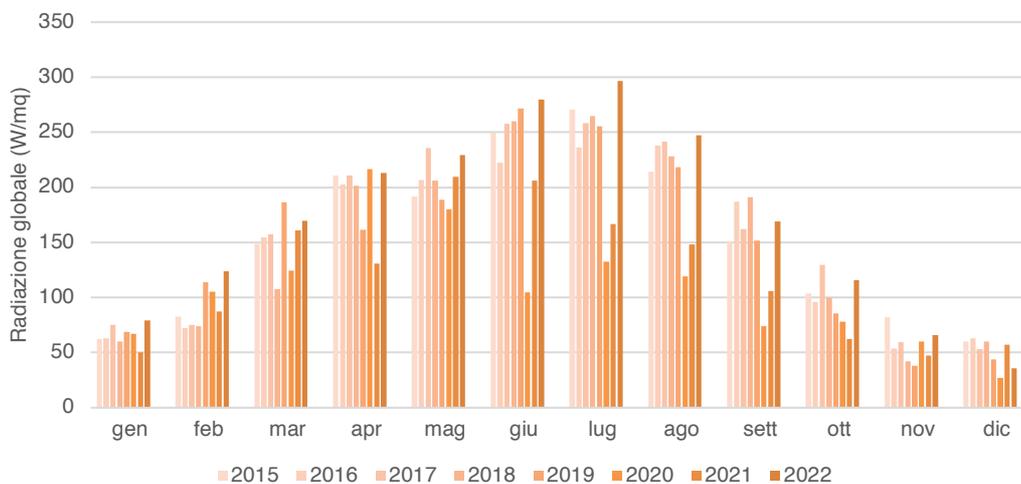
I dati di cui sopra sono stati confrontati con quelli registrati alla stazione di Brembilla; dal grafico sotto riportato, si evidenzia uno scostamento negativo nelle temperature medie massime registrate dalle stazioni di Brembilla rispetto Bergamo compreso tra 1°-2°; lo scostamento delle temperature medie minime è invece piuttosto costante, prossimo a circa 3°.



2.3 Radiazione solare

La stazione meteorologica di Bergamo via Goisis è dotata di un sensore di misurazione dell'insolazione globale (piranometro); le rilevazioni della radiazione solare elaborate per la serie annuali 2015-2022, mostrano valori massimi nel periodo estivo (radiazione solare media prossima a 1.733 W/m²) con massimi estivi e minimi nel periodo invernale, conformemente all'andamento dell'illuminazione solare.

L'umidità relativa media giornaliera, valutata sulla serie di riferimento, è pari a circa il 73%.



Radiazione globale. Stazione di Bergamo via Goisis (2015/2022)

2.4 Regime dei giorni di ghiaccio, gelo e disgelo

Disponendo di rilevazioni giornaliere per la serie annuale 2015-2022 - stazione di Brembilla, sono stati elaborati i dati per l'individuazione dei giorni di ghiaccio, intesi come giorni in cui la temperatura massima è inferiore a 0°C.

I dati elaborati indicano come i giorni di ghiaccio abbiano caratterizzato, nel periodo considerato, esclusivamente i mesi di gennaio e febbraio, con una percentuale di giornate mediamente pari al 6% per gennaio ed all'1% per febbraio.

Il regime dei giorni di ghiaccio, gelo e disgelo è inoltre influenzato dalla morfologia del territorio: lungo i versanti esposti in direzione prevalente settentrionale, la limitata insolazione dei mesi invernali favorisce la formazione di ghiaccio.

2.5 Manto nevoso

Per il Comune di Villa d'Almé non sono disponibili dati nivologici specifici; le elaborazioni effettuate si basano su rilevazioni del manto nevoso registrate nella Stazione meteorologica di Bergamo (350 m s.l.m.), per la quale si dispone di un trentennio di osservazioni.

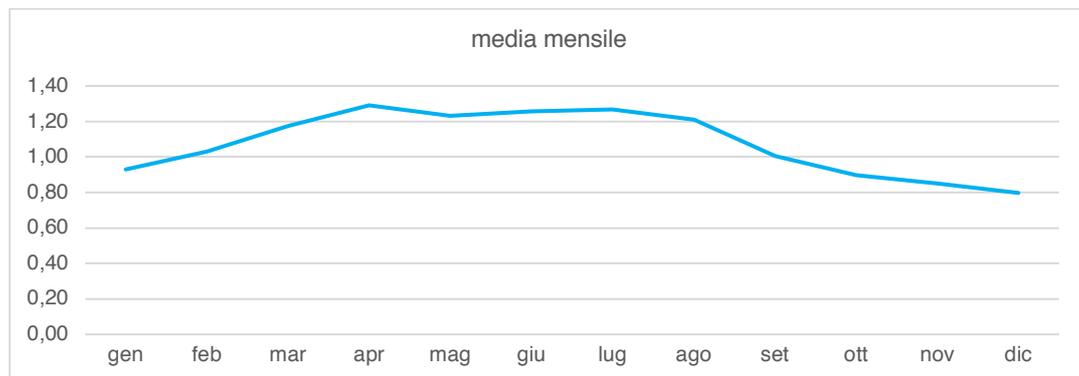
L'analisi del fenomeno rimane puramente indicativa sia per la mancanza di dati sistematici in un numero sufficiente di località, sia per la variabilità del contenuto di acqua nella neve alle diverse quote.

Nella stazione di riferimento, i valori massimi di altezza media del manto nevoso al suolo vengono registrati nel bimestre gennaio-febbraio con valori non superiori a 10 cm. Sono mediamente 18 i giorni dell'anno con terreno coperto dalla neve.

2.6 Anemometria

I venti sono prevalentemente di origine termica (brezze) con direzione di provenienza prevalente dai quadranti compresi tra NNW e SW, con una componente significativa da SE.

I dati elaborati sulla serie 2015-2022 – stazione di Bergamo via Goisis, indicano un valore medio della velocità del vento pari 1,1 m/s, con valori maggiori nei mesi primaverili ed estivi (aprile- agosto). Il massimo valore medio orario misurato è stato registrato nel mese di ottobre 2018 ed è pari a 10,8 m/s.



Velocità del vento – valori medi mensili. Stazione di Bergamo (2015-2022)

FASE DI ANALISI

3 ASSETTO STRUTTURALE

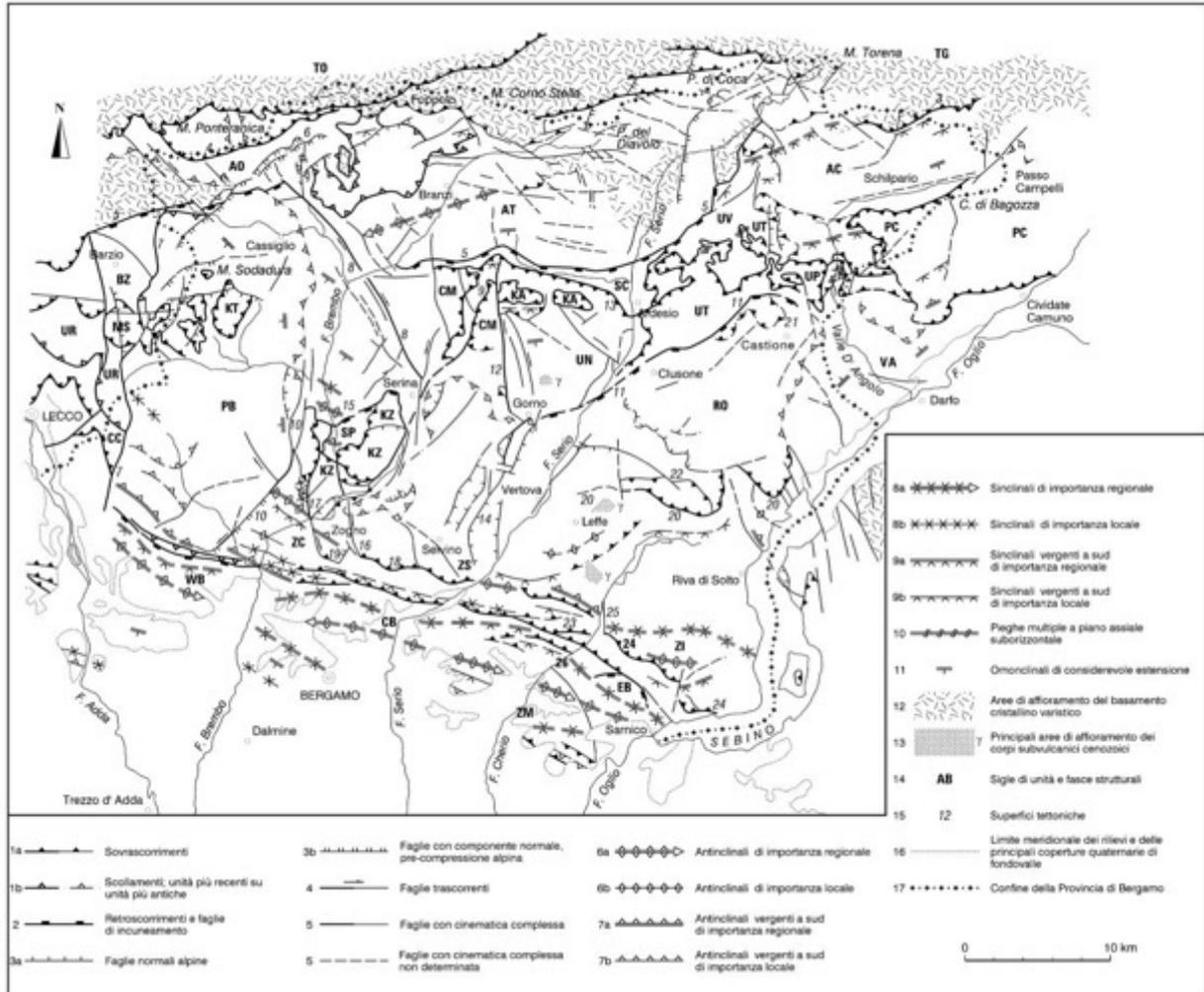
3.1 Assetto strutturale provinciale

Il territorio provinciale appartiene al Sudalpino, che rappresenta il settore di catena alpina posto a sud della Linea Insubrica. Il Sudalpino orobico si configura come una fascia di rilievi interessati da pieghe e sovrascorrimenti disposti in

direzione circa est-ovest; i sovrascorrimenti hanno coinvolto il basamento cristallino e la copertura sedimentaria non metamorfica estesa dal Carbonifero al Cretacico, producendo un progressivo ribassamento da nord a sud dei corpi rocciosi più antichi, dai 3.000 m delle Alpi Orobic agli oltre 10 km di profondità al di sotto della Pianura Padana.

Gli attuali tratti strutturali salienti della catena sono dovuti alle fasi compressive alpine, che hanno prodotto una catena a pieghe e thrust pellicolari in assenza di significativi episodi di metamorfismo.

Le maggiori unità strutturali presenti nel territorio provinciale sono rappresentate di seguito e sinteticamente descritte a partire dalle più settentrionali.



3.1.1 Thrust Orobici

I Thrust Orobici, e le relative scaglie basali, ricoprono verso sud un'area con assetto piuttosto complesso, tradizionalmente denominata zona delle Anticlinali Orobiche.

Da un punto di vista areale interessano marginalmente il territorio provinciale, in quanto le superfici di scorrimento che li delimitano alla base emergono sul versante bergamasco del crinale orobico nel settore più occidentale della provincia, ma rimangono prevalentemente sul versante valtellinese ad Est del monte Corno Stella.

L'alloctono è formato in gran parte da rocce del basamento metamorfico; lembi di coperture sedimentarie permiane costituiscono scaglie tettoniche che sottolineano le superfici di scorrimento, o costituiscono coperture di estensione limitata aderenti al basamento stesso e traslate solidalmente con esso durante le fasi compressive alpine.

Le unità di basamento costituiscono la porzione sommitale dell'edificio a thrust orobico e richiamano, con il loro assetto embricato, la geometria delle altre fasce strutturali più meridionali e geometricamente sottostanti.

Le superfici di scorrimento vengono tradizionalmente designate in letteratura con il nome di Linea Orobica: si tratta di un fascio di linee in parte vicarianti, talora en échelon che configurano nel loro complesso un trend regionale Est-Ovest fino al Passo del Sellero, oltre il quale la traccia principale devia verso ENE, assumendo il nome di Linea della Gallinera.

3.1.2 Anticlinali Orobiche

Si tratta di una triade di "anticlinali" con andamento en-échelon destro che, nel loro insieme, delineano una fascia con orientazione est-ovest formante il settore più settentrionale del territorio provinciale, delimitato a nord dal fronte dei sovrascorrimenti orobici e a sud da un fascio di faglie noto in letteratura come Linea Valtorta-Valcanale.

La linea Valtorta-Valcanale è caratterizzata da un piano di faglia, immergente verso sud, a tetto del quale si accavalla una serie di anticlinali che coinvolgono unità litologiche di età triassica ed hanno asse orientato circa E-O. Nel settore più occidentale del bacino di alimentazione del fiume Brembo (zona di Foppolo), le anticlinali presentano un assetto complesso, assumendo un andamento a sovrascorrimenti embricati, esposto tra i Passi di San Simone e di Porcile.

Sulle maggiori vette delle Orobiche, in corrispondenza delle grandi pieghe anticlinali, affiorano le rocce sedimentarie permotriassiche, litologicamente rappresentate da conglomerati, arenarie, siltiti, tufi stratificati oltre ad ignimbriti e porfidi quarziferi mentre, nelle incisioni vallive, affiora il basamento.

3.1.3 Fascia mediana delle Unità Carbonatiche alloctone e fascia meridionale

Nel settore centrale delle Prealpi Orobiche, a sud della Linea Valtorta-Valcanale (linea 5), si sviluppa la fascia delle unità triassiche: si tratta di unità strutturali separate da faglie e sovrascorrimenti caratterizzata da una duplice o triplice ripetizione della sequenza carbonatica triassica (unità carbonatiche alloctone). Tale zona strutturale viene indicata con la denominazione "Unità alloctone inferiori e parautoctono" da Jadoul & Rossi (1982).

La zona del parautoctono è pertanto delimitata a nord dalla linea Valtorta – Valcanale e, verso sud, dal fronte meridionale della dolomia principale, ben esposto in località Zogno.

L'assetto strutturale è dato dalla sovrapposizione di elementi tettonici di copertura, separati da piani di sovrascorrimento impostati in corrispondenza di orizzonti litologici meno competenti (argilliti e gessi): la principale caratteristica di tale zona, nella porzione settentrionale, è costituita da una successione di sovrascorrimenti embricati costituiti da unità triassiche, compresi tra due principali livelli di scollamento, rappresentati dalla Carniola di Bovegno e dai gessi di San Giovanni Bianco. Le linee di scollamento si presentano perlopiù sudvergenti: la geometria d'insieme rappresenta una serie di embrici immergenti verso la pianura. A nord la successione di sovrascorrimenti descritti ricopre il fianco meridionale delle anticlinali orobiche; a sud la zona è ricoperta, con un contatto suborizzontale debolmente vergente a sud, dalla Dolomia Principale.

I litotipi affioranti nel settore descritto sono stati coinvolti in sovrascorrimenti e piegamenti a carattere regionale; anche la Dolomia Principale è stata interessata da raddoppi tettonici, esposti nella porzione medio-bassa della Valle Brembana. A causa della notevole rigidità, la Dolomia Principale è segmentata da sistemi di faglie trascorrenti orientati principalmente da NE-SO fino a NO-SE (in località Selvino e San Pellegrino Terme-Zogno).

I tipi litologici maggiormente rappresentati nell'intero settore sono riconducibili ad una sedimentazione marina di piattaforma carbonatica e bacini intrapiattaforma: affiorano nella zona dolomie, calcari e calcari marnoso, argillosi; la presenza di ambienti formazionali deltizi, poco profondi, è documentata da depositi terrigeni ed evaporitici.

La zona del Parautoctono lascia spazio, verso sud, ad un'area a pieghe sudvergenti e faglie con asse orientato in direzione O-E che coinvolge formazioni giurassiche e cretache prevalentemente costituite da calcari, marne, argilliti e selci, tipiche di ambienti di sedimentazione marini profondi. Questa zona occupa una vasta fascia estesa in senso E-W dalle Valli Imagna e Taleggio sino al Lago d'Iseo, attraverso le medie valli brembana e seriana.

3.1.4 La zona collinare a pieghe e sovrascorrimenti

A sud della Flessura Pedemontana, i criteri collinari cretacei si raccordano alla pianura alluvionale; i lineamenti strutturali a carattere regionale sono caratterizzati da pieghe e sovrascorrimenti sud-vergenti con direzioni medie comprese tra E-W e N110°.

3.2 Assetto strutturale dell'area di interesse

Il territorio comunale di Villa d'Almè si inserisce nel settore di fondovalle brembano, comparto meridionale (definito a partire da sud di Zogno): esso è caratterizzato da una serie di ampi piegamenti, con direttrici prevalenti N130°, che coinvolgono tutta la successione compresa tra il Calcare di Zu e la Maiolica; essi si raccordano, verso SE, con analoghi piegamenti che interessano la successione giurassico - cretaca della fascia pedemontana.

Verso nord ed est la successione della bassa Val Brembana si raccorda con la Dolomia Principale del monte Zucco di S. Pellegrino tramite la faglia trascorrente destra della Val Carubbo, o con la Dolomia Principale della Corna Bianca – monte Podona.

In questa successione piegata rivestono importanza regionale le due anticlinali asimmetriche del monte Ubiale – Canto Alto e di Clanezzo – Villa d'Almè.

Queste strutture presentano, verso oriente, una tendenza a rovesciarsi e risultano interrotte dallo sciame di dislocazioni del Canto Basso e della faglia Roncola – Catremerio – monte Molinasco.

4 GEOLOGIA

4.1 Criteri di indagine

La carta geologica (Tav. 1) è stata compilata per tutto il territorio comunale facendo riferimento alla cartografia CARG, implementata con rilievi sul terreno e con i dati disponibili, forniti dall'Amministrazione comunale.

Le formazioni rocciose ed i depositi superficiali sono stati descritti mantenendo la suddivisione e le denominazioni istituite nel Foglio097 Vimercate redatto in scala 1:50.000.

4.2 Depositi superficiali

4.2.1 Conglomerato di Madonna del Castello

L'unità è composta da conglomerati costituiti da ghiaie a supporto di matrice arenacea, con ciottoli subarrotondati di dimensioni centimetriche prevalenti, che formano letti mal definiti con spessori non superiori al metro. Si alternano con arenarie conglomeratiche organizzate in strati decimetrici. I depositi presentano una evidente stratificazione incrociata planare, con inclinazioni comprese, mediamente tra 10-20°.

In subordine: lenti di sedimenti fini con microfauna (sabbie e limi, con livelli limosi e limoso argillosi), scarsamente o non cementati; negli affioramenti più distali si osservano arenarie a sottile clinostratificazione e alternanze di limi e argille a stratificazione sottile, suborizzontale.

I depositi sono interessati da una forte cementazione. L'età del Conglomerato di Madonna del Castello è Gelasiano.

Il Conglomerato di Madonna del Castello struttura i terrazzi che formano il livello modale della pianura allo sbocco della Val Brembana (sia in riva destra che sinistra). Tale unità affiora sporadicamente lungo le scarpate che delimitano via Dante.

4.2.2 Conglomerato del Torrente Gaggio

Conglomerati costituiti da ghiaie a prevalente supporto clastico, ben cementate (depositi fluviali). Clasti a petrografia quasi esclusivamente calcarea, provenienti da bacini strettamente locali. Età Gelasiano-Calabriano.

Il Conglomerato del torrente Gaggio affiora esclusivamente in corrispondenza della forra del torrente Gaggio, a sud di via Ventolosa.

4.2.3 Supersintema di Almè

Trattasi di depositi fluvioglaciali costituiti da ghiaie a supporto di matrice e clastico; nella matrice in genere prevale la componente limosa e argillosa; localmente può assumere importanza la frazione sabbiosa. Ciottoli arrotondati, centimetrici e decimetrici. L'età di tale unità è Pleistocene medio.

Il Supersintema di Almè affiora tra Villa d'Almè e Almè fino alla Brughiera, tra via Mazzini, via Roma e via Alcide de Gasperi.

4.2.4 Sintema di Brembate

L'unità è costituita da depositi fluvioglaciali: ghiaie a supporto clastico, con matrice prevalentemente limoso argillosa, con frazione sabbiosa variabile; il sintema di Brembate è ascrivibile al Pleistocene medio.

L'unità affiora in corrispondenza della fascia esterna del terrazzo su cui si colloca il centro abitato di Villa d'Almè, a ovest della SS470 (zona di via Campius-via Boccaline-via Mazzi).

4.2.5 Supersintema della Colma al Piano – Unità di Stabello

È costituita da ghiaie a supporto clastico con ciottoli ben arrotondati di dimensione massima 40 cm, spesso discoidali in abbondante matrice sabbiosa. L'alterazione è ben marcata nei primi metri, con decarbonatazione totale anche dei ciottoli decimetrici; la matrice sabbiosa risulta pressoché interamente argillificata. Sono inalterati i clasti silicei, mentre i ciottoli di Verrucano Lombardo presentano un cortex di alterazione molto friabile. Si ritiene che tale unità sia ascrivibile al Pleistocene medio.

L'unità è presente in corrispondenza del terrazzo di Campana, nella parte settentrionale del territorio comunale.

4.2.6 Unità di Ponte San Pietro

L'unità è costituita da depositi fluvioglaciali: ghiaie a supporto clastico con matrice sabbiosa e sabbioso limosa, carbonatica. Ciottoli prevalentemente arrotondati, spesso discoidali, con dimensioni prevalenti tra 2 e 10 cm e diametro massimo osservato di 45 cm. Alla sommità delle ghiaie possono essere presenti spessori pluridecimetrici (fino ad oltre 1 m) di limi a diffusi ciottoli arrotondati. Prevale una grossolana stratificazione suborizzontale o, molto raramente, incrociata planare; discontinue lenti e livelli sabbioso ghiaiosi e pelitici. Localmente compare una debole e irregolare cementazione, che può interessare spessori metrici di ghiaie. L'unità in base alla posizione occupata viene assegnata al Pleistocene medio-Pleistocene superiore.

L'unità caratterizza una ristretta fascia dalla scarpata che delimita il terrazzo fluviale di via Mazzi e un'area a S del terrazzo di via Campius.

4.2.7 Supersintema di Palazzago

Il supersintema di Palazzago è costituito, principalmente, da depositi colluviali e loessico-colluviali: trattasi di sedimenti fini (da limi argillosi a sabbie) pedogenizzati, massivi o grossolanamente clinostratificati, a contenuto clastico variabile. La sovrapposizione di numerosi episodi colluviali ha generato spesse coltri di copertura sui versanti e alla loro base; i limiti dei differenti episodi sono indicati da orizzonti clastici discreti o da variazioni pedologiche. Sia la tessitura sia la composizione petrografica dei clasti è fortemente condizionata dalla litologia del substrato roccioso locale, costituito nella maggior parte dei casi dalle formazioni terrigene cretache e dalla successione calcareo selcifera giurassica; in misura assai minore si rinvengono elementi clastici extrabacinali, rimaneggiati dai depositi fluvioglaciali e fluviali più antichi. Il Supersintema di Palazzago comprende sedimenti di età compresa tra il Gelasiano e il Pleistocene superiore.

Tali depositi costituiscono i versanti in destra della valle incisa dal torrente Gaggio, tra San Mauro e via Ventolosa; la piana del torrente Rino e la fascia collinare

che la delimita in destra il bacino idrografico, fino allo sbocco nell'area urbanizzata delle località di Ronco alto e Ronco basso.

4.2.8 Sintema del Po – Unità Postglaciale

Depositi alluvionali costituiti da ghiaie a ciottoli e blocchi con matrice sabbiosa, sabbie anche con ciottoli, ghiaie ben selezionate. Le ghiaie sono in prevalenza a supporto clastico e ciottoli ben arrotondati; ovviamente nei corsi d'acqua minori e nelle aree di alimentazione la maturità tessiturale del sedimento è minore. In questi depositi, organizzati in corpi sia lenticolari che stratoidi, si osservano strutture sedimentarie dovute all'azione di corrente, quali ciottoli embricati, laminazioni oblique a basso angolo, laminazione incrociata. I clasti rispecchiano i litotipi affioranti nel bacino a monte.

I depositi alluvionali dell'Unità Postglaciale sono presenti lungo il fondovalle inciso dal fiume Brembo e in corrispondenza della piana circostante (loc. Ghiaie al Brembo, zona di via Fonderia).

4.3 Substrato roccioso

La serie stratigrafica del substrato roccioso costituente l'ossatura del territorio comunale ha un'età compresa tra il Giurassico inferiore ed il Cretacico superiore.

Le formazioni del Giurassico inferiore-medio sono caratterizzate da litotipi prevalentemente calcarei; le unità del Giurassico superiore sono costituite in prevalenza da selci ed alternanze selcifero/marnose (Gruppo del Selcifero Lombardo).

Seguono le unità marnoso-argillose e marnoso-calcaree a stratificazione sottile, di età cretacica.

Di seguito vengono brevemente descritte le unità stratigrafiche presenti (in successione dalla più antica alla più recente).

4.3.1 Formazione dell'Albenza

Tale formazione corrisponde alla tradizionale Dolomia a Conchodon. Trattasi di calcareniti associate a calcari micritici di colore grigio-nocciola chiaro,

organizzati in strati mal definiti e talora in banchi amalgamati, di spessore plurimetrico. Attribuzione cronologica: Hettangiano inferiore.

La Formazione dell'Albenza affiora in corrispondenza delle scarpate in sinistra idrografica del fiume Brembo, in località Casino, lungo la SS470 della Valle Brembana.

4.3.2 Calcare di Sedrina

Il Calcare di Sedrina è costituito da una successione di calcari bioclastici, talora dolomitizzati, calcari oolitici e calcari marnosi, con liste e noduli di selce, a stratificazione sottile o media, piano-parallela o ondulata. Lo spessore della formazione non supera i 130 m. L'unità risulta molto ricca di fossili che consentono di attribuire il Calcare di Sedrina all'Hettangiano.

Il Calcare di Sedrina affiora lungo il versante occidentale del Monte Bastia, a monte della SS470 della Valle Brembana, tra le località Ca' dell'Ora e Casino.

4.3.3 Calcare di Moltrasio

Il Calcare di Moltrasio è costituito da 5 litozone, sovrapposte verticalmente e giustapposte lateralmente: litozona 1 delle breccie liassiche; litozona 2 dei calcari e dolomie massive; litozona 3 costituita da calcari marnosi comprendente la litozona 1 e 2; litozona 4 calcarenitico-marnosa e litozona 5 costituita da calcari selciferi microcristallini.

In particolare le breccie liassiche sono rappresentate da corpi di breccia e megabreccia a supporto clastico, che vanno a riempire tasche lenticolari. Il Calcare di Moltrasio è in genere attribuito al Liassico.

Il Calcare di Moltrasio è presente lungo una ristretta fascia che attraversa il versante occidentale e settentrionale del Monte Bastia, a monte della SS470 della Valle Brembana, tra le località Ca' dell'Ora, Casino e Campana.

4.3.4 Calcare di Domaro

Calcari marnoso selciferi con interstrati marnoso argillosi di colore grigio chiaro, ocra o verdognolo. Lo spessore di tale unità varia tra 150 a quasi 250 m. in

base alle associazioni paleontologiche rinvenute, il Calcarea di Domaro è ascrivibile al Pliensbachiano.

Il Calcarea di Domaro affiora lungo il versante occidentale e settentrionale del Monte Bastia, tra le località Ventolosa e Campana.

4.3.5 Formazione di Sogno

La Formazione di Sogno è costituita da argilliti, marne e calcari marnosi grigi e rossi che passano verso l'alto a calcilutiti e marne con noduli di selce. Presente un livello di black shale nella parte inferiore della formazione. Lo spessore massimo della Formazione di Sogno è di 150 m circa; la base della formazione è ascrivibile al Toarciano mentre il limite superiore è da attribuire al Bajociano.

Tale unità affiora lungo una sottile fascia che corre lungo i versanti del Monte Bastia.

4.3.6 Selcifero Lombardo

Le Radiolariti del Selcifero Lombardo appartengono insieme al Rosso ad Aptici al gruppo del Selcifero Lombardo. Il Selcifero Lombardo attraversa in una sottile fascia i versanti del Monte Bastia, seguendo l'andamento della sottostante unità (Formazione di Sogno).

Radiolariti del Selcifero Lombardo

Le Radiolariti sono costituite da selci a stratificazione centimetrica e decimetrica, piano parallela o piano ondulata, con interstrati argillosi; il colore è bruno, grigio scuro o verde scuro fino ad un passaggio verso l'alto a colori nei toni bruno-violacei fino a rosso mattone. Lo spessore delle Radiolariti varia tra 20 e 50 m. L'età delle Radiolariti è Bajociano inferiore-Kimmeridgiano.

Rosso ad Aptici

Successione di marne e marne calcaree o calcari marnosi, talora debolmente silicei, rosati, rosso mattone o grigi, sottilmente stratificati, con poca selce in noduli o liste. Lo spessore del Rosso ad Aptici varia tra 10 e 35 m; l'età è Kimmeridgiano-Titoniano.

4.3.7 Maiolica

La Maiolica è costituita da una successione piuttosto monotona di calcilutiti bianche, grigio chiare o crema, in strati sottili e medi, piano-paralleli o ondulati, con bioturbazioni sparse, a liste e noduli di selce, cui si alternano in proporzioni variabili interstrati marnosi o argillosi, centimetrici, omogenei o laminati, spesso ricchi in materia organica, che possono costituire livelli di black shale. La Maiolica presenta uno spessore variabile da 100 a 250 m. L'età è Titoniano superiore-Aptiano inferiore.

La Maiolica affiora estesamente lungo il versante NE del Monte Bastia, andando ad interessare parte dei pendii di San Mauro e della sponda destra della valle del torrente Gaggio.

4.3.8 Marna di Bruntino

La Marna di Bruntino è costituita da una successione di argilliti varicolori, marne, siltiti ed areniti fini torbiditiche, con locali intercalazioni di corpi conglomeratici lenticolari, sviluppata su spessori variabili da 70 a 120 metri circa; lo spessore dell'unità varia da 70-80 m a 120 m. In base alla biostratigrafia, la Marna di Bruntino è ascrivibile all'Aptiano inferiore-Albiano superiore.

La Marna di Bruntino affiora lungo una fascia di media ampiezza estesa tra il Monte Bastia e Giacoma, orientata all'incirca in direzione N-S; verso nord scende verso la Valle del Giongo mentre verso sud attraversa i versanti tra le località Belvedere, Piazzola e Ca' dell'Orto.

4.3.9 Sass de la Luna

Il Sass de la Luna è costituito da due litozone: litozona inferiore costituita da una successione di marne e marne calcaree grigie o grigio-brune, localmente rossastre, potente da 10 a 60-80 m; litozona superiore costituita in prevalenza da calcari marnosi potente 200 m. L'età del Sass de la Luna è ascrivibile all'Albiano superiore.

Il Sass de la Luna affiora lungo i versanti del Monte Giacoma e del Monte dei Giubilini; costituisce inoltre l'ossatura del dosso di via Ripa.

4.3.10 Formazione di Sorisole

Con questa denominazione si intende un intervallo stratigrafico molto complesso ed articolato del Cenomaniano che, nell'area in esame, si sviluppa alla sommità del Sass de la Luna, in corrispondenza del versante orientale del Monte Giacomina e in una ristretta fascia che circonda il Monte dei Giubilini. Lo spessore raggiunge il valore massimo di 140 m nella località tipo. Le litozone presenti nel territorio di Villa d'Almè sono:

Banco caotico I

Calcarei micritici a struttura caotica abbracciati la facies delle torbiditi sottili.

Marne Rosse

Marne rosse e calcari marnosi.

Torbiditi sottili

Alternanza di arenarie medie e fini e peliti e di calcareniti fini e calcilutiti spesso silicee.

4.3.11 Formazione di Gavarno

Si tratta di una formazione prevalentemente pelitica suddivisa nei due membri delle peliti nere e delle peliti rosse, presenti in corrispondenza del Monte dei Giubilini.

Membro delle Peliti nere

Argilliti nere talora molto ricche di materia organica intercalate con marne grigie e torbiditi fini siltoso-arenitiche a stratificazione piano parallela. Il Membro delle peliti nere è datato Cenomaniano sommitale-Turoniano inferiore.

Membro delle Peliti rosse

Il membro delle peliti rosse comprende una successione di argilliti con subordinati livelli arenacei a stratificazione sottile e orizzonti calcilutitici normalmente silicizzati. Tale unità è datata Turoniano inferiore-Turoniano medio.

4.3.12 Flysch di Pontida

Il flysch di Pontida è costituito da alternanze marnose-arenacee a stratificazione da sottile a spessa, cui si alternano strati e banchi calcareo-marnosi spessi fino ad alcuni metri, talora gradati e con base conglomeratica. Lo spessore è di difficile valutazione a causa delle coperture superficiali e dell'assetto tettonico. Le microfane presenti consentono di attribuire il Flysch di Pontida al Turoniano medio-superiore.

Il Flysch di Pontida costituisce i rilievi collinari in destra idrografica del torrente Rino, tra Ronco Basso e la Brughiera di Almè; è presente inoltre in corrispondenza della sommità del Monte dei Giubilini e lungo la parte superiore del versante settentrionale.

5 ELEMENTI DI PEDOLOGIA

La carta pedologica fornisce informazioni utili al fine di valutare l'idoneità di un territorio ad essere utilizzato per le diverse attività umane (agricole, insediative, ricreative, industriali): per tale motivo essa si presenta come strumento fondamentale per la gestione e la pianificazione del territorio.

Gli indicatori di qualità dei suoli sono parametri che descrivono le proprietà chimiche, fisiche e idrologiche dei suoli di maggiore interesse per la rappresentazione cartografica e l'interpretazione a fini applicativi.

Le tipologie di suolo individuate all'interno del territorio comunale di Villa d'Almé (la cui perimetrazione è individuata nell'elaborato grafico di seguito riportato), sono state estrapolate dalla Carta dei Suoli contenuta nel Geoportale della Lombardia, così come riportate nella banca dati LOSAN dell'ERSAF; si descrivono brevemente le unità individuate:

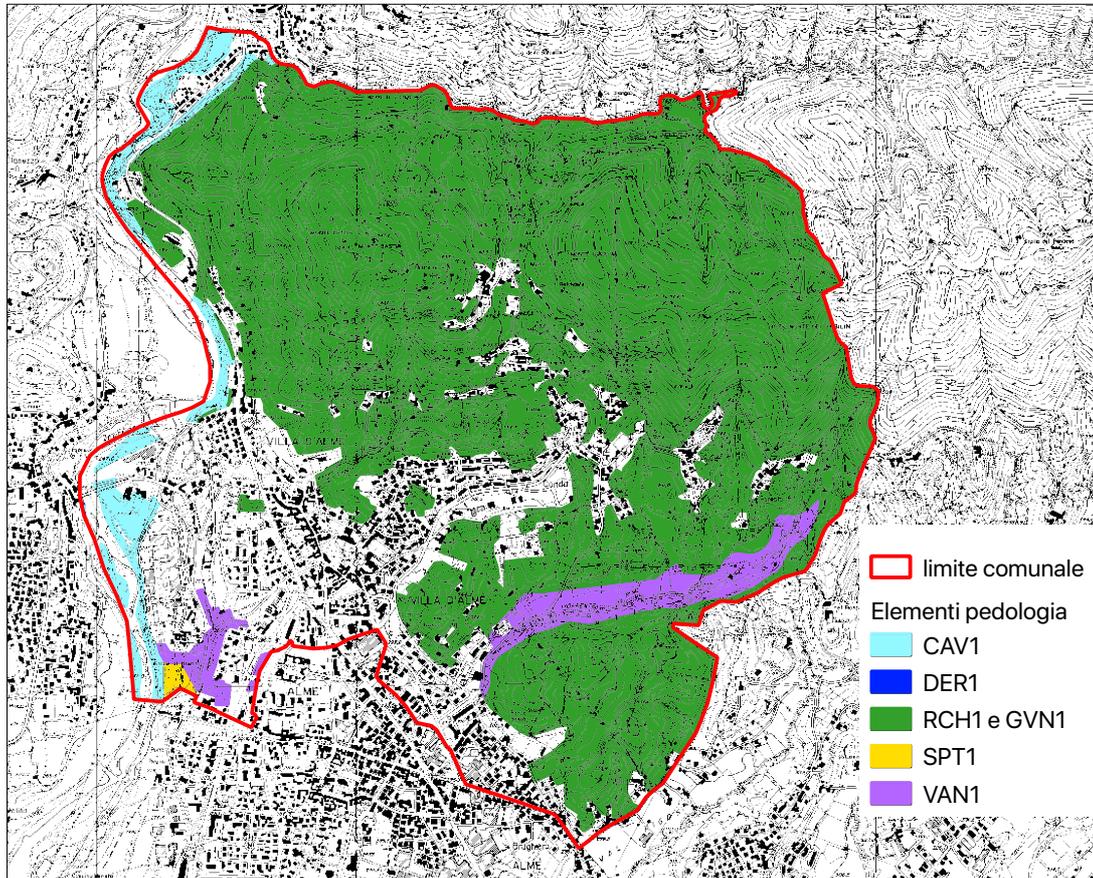
- **CAV1:** Il pedopaesaggio è quello delle piane alluvionali inondabili con dinamica prevalentemente deposizionale con quota media di 238 m s.l.m. e pendenza media del 1,4% costituite da sedimenti recenti od attuali su superfici adiacenti ai corsi d'acqua ed isole fluviali inondabili durante gli eventi di piena ordinaria con suoli sviluppatasi su depositi ghiaiosi a matrice limoso sabbiosa. L'uso del suolo prevalente è costituito da cereali tipo mais con presenza di incolti. I suoli CAV1 sono sottili limitati dal substrato ghiaioso-

sabbioso; hanno tessitura da moderatamente grossolana a grossolana con scheletro comune, subalcalini, saturi, molto calcarei, con drenaggio moderatamente rapido e permeabilità moderatamente elevata. Tale unità caratterizza la piana incisa dal fiume Brembo.

- **DER1**: il pedopaesaggio di riferimento è quello delle valli alluvionali, dove si ritrovano sulle superfici terrazzate costituite da alluvioni antiche e medie, stabili, con quota media di 233 m s.l.m. e pendenza media del 1,7%. Sono stati riconosciuti sulle alluvioni antiche del fiume Brembo, ricchi in scheletro carbonatico, su substrato costituito da ghiaie e ciottoli in matrice limosa, calcareo e di origine fluviale. L'utilizzazione prevalente del suolo è il seminativo avvicendato, con dominanza del frumento, con presenza anche di prati avvicendati e lembi di boschi cedui di robinia. I suoli DER1 sono molto profondi su substrato ciottoloso calcareo con scheletro da comune a frequente in superficie e da comune ad abbondante in profondità, tessitura media in superficie e da media a moderatamente fine in profondità, reazione da neutra a subalcalina in superficie e da subalcalina ad alcalina in profondità, saturazione molto alta, drenaggio buono e permeabilità moderata. Tale unità è presente nella piana del fiume Brembo, al confine con Almenno san Salvatore.
- **RCH1 e GVN1**: il pedopaesaggio è quello dei rilievi montuosi delle Alpi e Prealpi lombarde caratterizzati da substrato roccioso e affioramenti litoidi con versanti con pendenze da elevate a estremamente elevate (in media del 42%), quota media di 435 m s.l.m. con soprassuolo a bosco di latifoglie termofile e con suoli sviluppatisi su substrati costituiti da flysch dolomie e calcari, conglomerati arenacei e subordinamente marnosi. L'uso del suolo prevalente è costituito da boschi cedui e pascoli. I suoli RCH1 sono profondi per scheletro molto abbondante, con scheletro comune in superficie e molto abbondante in profondità, con tessitura media, reazione da subacida a neutra, saturazione alta; sono non calcarei e presentano drenaggio buono e permeabilità moderata. I suoli GVN1 sono profondi, con scheletro assente o scarso, tessitura da media a moderatamente grossolana, reazione acida, saturazione alta; sono non calcarei, con drenaggio buono e permeabilità

moderatamente bassa. Tale unità caratterizza le aree collinari e montuose del territorio comunale.

- **SPT1**: si trova nel pedopaesaggio dei rilievi isolati appartenenti a lembi di terrazzi antichi risparmiati dall'erosione ed è localizzata sui terrazzi intermedi rissiani con quota media di 287 m s.l.m. e pendenza media del 1,7%; è presente in alcune parti del terrazzo fluvioglaciale intermedio, caratterizzate da una copertura limoso-argillosa sovrastante substrati limoso sabbiosi con ghiaia, non calcarei. L'utilizzazione prevalente del suolo è il prato avvicendato ed il seminativo. I suoli SPT1 sono profondi o molto profondi su substrato ghiaioso, con scheletro scarso in superficie, da frequente ad abbondante in profondità, tessitura media, non calcarei con reazione subalcalina in superficie e alcalina in profondità, saturazione bassa, drenaggio buono e permeabilità moderata. L'unità affiora in una ristretta fascia nella parte meridionale della piana delle Ghiaie.
- **VAN1**: il pedopaesaggio è quello delle valli a fondo piatto e piane intermontane dei fondovalle montani di origine alluvionale con pendenze basse o nulle, spesso interessate da una falda sottosuperficiale con suoli sviluppatasi su depositi fini, con quota media di 294 m s.l.m. e pendenza media del 1,2%. Gli usi del suolo sono prati permanenti, vigneti, incolti. I suoli VAN1 sono moderatamente profondi, limitati da falda, privi di scheletro, a tessitura moderatamente fine, reazione da neutra ad alcalina, saturazione alta. Sono suoli non calcarei, con AWC moderata, con drenaggio lento e permeabilità moderatamente bassa. L'unità è presente nella piana del torrente Rino e nella zona tra via Mazzi e via Gotti.



Estratto da carta dei suoli ERSAF Regione Lombardia

6 CARATTERI GEOMORFOLOGICI

6.1 Criteri di indagine

L'indagine geomorfologica si è svolta sulla base di uno specifico rilievo di terreno, supportato dalle rappresentazioni cartografiche disponibili. La compilazione della carta geomorfologica di tutto il territorio comunale è stata effettuata alla scala 1:5.000 (Tav. 2).

La morfologia del territorio è il risultato della combinazione di diversi fattori geologici (litologia e tettonica), di fattori climatici (precipitazioni, temperature, umidità), di agenti di modellamento superficiale (acque libere e incanalate, forza di gravità, cicli di gelo e disgelo) e di una significativa azione antropica.

Per buona parte delle forme riscontrate sul territorio è stato individuato il processo morfogenetico che le ha determinate e che, ancor oggi, le regola (fenomeni gravitativi, erosionali legati alle acque superficiali, etc.); una parte degli elementi morfologici sono stati classificati come poligenici perché controllati da più agenti concomitanti.

Gli elementi geomorfologici sono individuati mediante specifici elementi grafici (puntuali, lineari e areali); sono riportate anche le opere di consolidamento realizzate in seguito ad interventi di sistemazione del territorio.

6.2 Principali ambiti geomorfologici

6.2.1 Rilievi

I rilievi che caratterizzano la zona settentrionale del territorio di Villa d'Almè, nella valle del Giongo, le zone dei Monti Bastia, Giacoma e dei Giubilini, sono prevalentemente rocciosi, con pendenze generalmente elevate e suoli poco sviluppati o assenti; tuttavia situazioni analoghe, seppure di estensione più contenuta, si riscontrano anche lungo il versante sinistro del torrente Gaggio e lungo la sponda del Fiume Brembo.

La morfologia dei versanti è controllata dalle caratteristiche litologiche della roccia (competenza, erodibilità) e dal suo assetto strutturale (giacitura della stratificazione, stato di fratturazione della roccia).

In questo contesto agiscono efficacemente i cicli di gelo e di disgelo, la forza disgregante delle radici, la forza di gravità: azioni che si manifestano con distacchi di blocchi dagli orli di scarpate rocciose.

Di non secondaria importanza in queste situazioni è il contributo dell'azione erosiva delle acque superficiali e della loro infiltrazione.

Nelle zone collinari altimetricamente meno elevate del comune di Villa d'Almè, in parte modificate dall'intervento antropico, sono presenti dei versanti ricoperti prevalentemente da terreni sciolti di origine eluvio-colluviale, per i quali l'agente di accumulo è principalmente la forza di gravità, oltre alla disgregazione in posto del substrato roccioso locale, per lo più rappresentato da rocce "tenere".

Questi versanti sono in genere stabili su basse pendenze (minori di 30°), mentre man mano aumenta la pendenza ed il contenuto argilloso del sedimento, si manifestano soliflussi, piccole erosioni e solcature di ruscellamenti.

6.2.2 Fondovalle del Brembo e aree terrazzate

In tale settore ricade sia l'ambito fluviale del Brembo sia la piana circostante terrazzata di origine alluvionale e fluvioglaciale. Essa è caratterizzata da ordini di terrazzamenti che si sviluppano parallelamente al fiume Brembo e che denotano la sua azione erosiva nel tempo. Il dislivello massimo fra il terrazzo più elevato e l'alveo del Brembo è di circa 40 m, in quanto si passa dalla quota topografica di 285 m s.l.m. a 240 m s.l.m.

La presenza di un terrazzo alluvionale è testimoniata a sua volta dall'orlo e dalla scarpata che lo separa dal terrazzo contiguo: non sempre questi passaggi sono così visibili, talora restano soltanto frammenti di orli a causa delle modifiche antropiche succedutesi nel tempo.

Gli orli dei terrazzi si sviluppano in direzione nord-sud e all'interno del territorio comunale si identifica un ordine di linee di terrazzamento delimitante la porzione più esterna (definita livello fondamentale della pianura) dalla piana fluviale, tramite una scarpata di dislivello di circa 38 m. All'interno di tale scarpata è visibile un altro terrazzamento che ha un dislivello di circa 8 m dalla piana fluviale.

Un secondo ordine di terrazzamenti, meno visibili, è presente all'interno della piana alluvionale recente e separa l'area di alveo attivo dalla piana più prossima al fiume e talora interessata da fenomeni esondivi.

Geomorfologia di dettaglio dell'asta fluviale del Brembo

L'analisi morfologica di dettaglio evidenzia una sostanziale differenza fra il tratto iniziale del Brembo nel territorio comunale di Villa d'Almé (fino all'altezza di via Ventolosa) in località Casino e il successivo tratto fino al confine con Almè (considerando unicamente la sponda idrografica sinistra):

- Primo tratto: il fiume scorre molto incassato rispetto al piano campagna circostante con dislivelli di almeno 40 m, determinati da una scarpata acclive impostata nel substrato roccioso; la piana fluviale in questo tratto corrisponde all'alveo attivo del fiume stesso. È presente soltanto un ristretto

terrazzo alluvionale (località Fonderia) leggermente rialzato rispetto alla quota di normale deflusso delle acque. L'andamento del talweg è pressoché N-S con una morfologia sinuosa in cui si evidenzia, in particolare, la presenza di una curvatura in località Casino, determinata dal controllo strutturale operato dal substrato roccioso.

- Secondo tratto: a partire dalla curva in corrispondenza del ponte per Almenno San Salvatore, il Brembo inizia il suo decorso nella pianura bergamasca. Esso, infatti assume non più un andamento sinuoso ma di tipo "braided". Questa differente morfologia è determinata dal passaggio dalla zona collinare-montuosa, dove l'azione erosiva delle acque è preponderante su quella deposizionale, a quella di pianura, dove esso ha potuto divagare costruendo le piane alluvionali adiacenti.

6.2.3 Fascia di raccordo rilievi-pianura

Tale fascia corrisponde alla zona debolmente terrazzata ed ondulata delle piane dei torrenti Rino, Gaggio e Rigos e dei versanti a debole acclività prospicienti i rilievi veri e propri.

Attualmente queste aree risultano intensamente urbanizzate, tanto che la loro originaria morfologia è sovente mascherata. Data la natura dei terreni presenti e il contesto morfologico, il territorio risulta interessato da locali fenomeni di soliflusso per opere delle acque superficiali che possono evolvere nel tempo a dissesti gravitativi (frane).

6.3 Area a morfologia carsica

Si tratta di aree localizzate lungo il versante nord-orientale e meridionale del Monte Bastia e lungo la Valle del Giongo, con forme ondulate e depressioni a contorno prevalentemente circolare (doline) e grotte.

Le aree caratterizzate da carsismo epigeo non sono particolarmente stabili, proprio per la presenza di depressioni nella superficie topografiche che sottendono la presenza di cavità sotterranee (carsismo ipogeo) e che possono dar luogo a fenomeni di crollo.

Si tratta di punti sensibili per l'infiltrazione delle acque di dilavamento superficiale.

Le cavità più estese e significative conosciute, individuate all'interno di tali aree carsiche, sono la Tamba di Val Giongo e la Giubilea, impostate rispettivamente nelle formazioni della Maiolica e del Sass de la Luna.

6.4 Forme, processi e depositi

6.4.1 Forme, processi e depositi legati alla gravità

Sono state individuate le forme, i depositi e i processi legati alla gravità che si riconoscono sui versanti del territorio comunale.

Si riportano di seguito gli elementi cartografati.

Aree soggette a crollo di massi

Si tratta di aree soggette a fenomeni di crollo di blocchi rocciosi, individuate sul versante settentrionale del Monte Bastia in località Casino e Campana, e sul versante settentrionale del Monte Giacoma verso la Valle del Giongo.

Tali perimetrazioni sono riportate nella carta del dissesto con legenda uniformata a quella del PAI come aree in frana, il cui grado di attività è stato valutato "attivo" (Fa).

Potenziale distacco di blocchi disarticolati

Sono stati indicati i punti di possibile distacco di blocchi isolati da pareti rocciose; tale fenomeno è favorito dalla fratturazione del bedrock, dall'azione meccanica della vegetazione e dalla conformazione morfologica del versante (acclività).

Tale problematica è stata evidenziata lungo il versante in sinistra della valle del Rino, lungo la scarpata sul Brembo e in corrispondenza delle pareti rocciose del Monte Bastia in località Campana.

Area di frana attiva non fedelmente cartografabile

Sono movimenti di piccoli volumi di terra o roccia, principalmente scivolamenti che coinvolgono, singolarmente, limitate porzioni areali. Tali elementi puntuali

sono riportati nella carta del dissesto con legenda uniformata a quella del PAI come aree di frana attiva non fedelmente cartografabili.

Aree caratterizzate da media suscettività al dissesto (scivolamenti gravitativi superficiali di piccola entità)

Zona sita in corrispondenza della testata del torrente Gaggio, in località Belvedere e Piazzola, è potenzialmente sede di fenomeni gravitativi superficiali di piccola entità, in relazione all'elevata acclività del versante, connessa con la presenza di depositi superficiali fini limoso argillosi di spessore significativo.

Orlo di scarpata di degradazione attivo

Si evidenziano con tale simbologia i cambiamenti di pendenza dei versanti e i cigli dei depositi fluvioglaciali e/o eluvio-colluviali dove è più frequente l'azione della forza di gravità. Alcuni di essi sono in retrogressione pertanto possono nel tempo causare il distacco di blocchi. Essi sono presenti lungo il Brembo e in alcuni tratti sul versante del Monte Bastia. Sono stati cartografati con la medesima simbologia anche gli orli di frana attivi che sono stati osservati lungo la cresta rocciosa del Monte Bastia (versante occidentale), in alcuni tratti lungo il Rino e lungo il versante occidentale del Monte Giacoma.

Orlo di scarpata di degradazione inattivo

Si tratta dei medesimi fenomeni evidenziati in precedenza ma che mostrano uno stato di attività non recente ma che possono comunque nel tempo riattivarsi.

Riguardano molti orli che caratterizzano in particolare i rilievi collinari più meridionali del comune.

Soliflusso e creep

Si tratta di piccoli movimenti caratterizzanti la coltre superficiale, determinati dalla presenza di terreno scadente su pendii generalmente da mediamente a molto acclivi. La zona maggiormente interessata da tali fenomeni è il versante fra la località Piazzola e Colle.

6.4.2 Forme, processi e depositi legati alle acque correnti superficiali

Nel territorio di Villa d'Almè il reticolo idrografico principale è rappresentato dal fiume Brembo mentre quello minore è costituito da corsi d'acqua non molto sviluppati, con aste che raggiungono al massimo il terzo ordine di gerarchizzazione.

I corsi d'acqua secondari hanno un carattere torrentizio. Gli alvei sono impostati nel bedrock lungo i versanti dei rilievi, denotando una prevalente azione erosiva dell'acqua; scorrono invece entro sedimenti granulari, sciolti in corrispondenza del territorio pianeggiante.

Le vallecole che solcano i versanti sono caratterizzate da un fondovalle abbastanza inciso, spesso con forma a V; talora sono stati individuati orli in erosione, ma nella maggior parte dei casi si tratta di orli valutati come quiescenti: pur non presentando evidenze di erosioni in atto, la loro vicinanza con il corso d'acqua li fa considerare riattivabili.

Lungo i versanti sono visibili fenomeni legati allo scorrimento incanalato delle acque superficiali, in taluni casi con possibile trasporto di materiale, generalmente fine.

Si descrivono di seguito gli elementi cartografati.

Orlo di erosione fluviale attivo

Corrispondono agli orli delle scarpate presenti lungo i principali corsi d'acqua (Giongo, Rino); tali scarpate si sono formate a seguito dell'azione erosiva dei torrenti stessi, i quali in molti punti continuano la loro attività erosiva.

In sponda sinistra del fiume Brembo in località Ghiaie, la cui stabilità è fortemente compromessa per la decisa azione erosiva delle acque.

Ruscellamento diffuso

Si tratta di solcature del terreno causate dallo scorrimento disordinato delle acque superficiali. Lungo alcuni tratti di versante a medio-bassa acclività caratterizzati da morfologia concava, sono stati individuati fenomeni di scorrimento di acqua superficiale non incanalata in caso di eventi meteorici di forte intensità. Sono forme che si accentuano dove la copertura vegetale è assente. Interessano in modo particolare la fascia collinare meno acclive del comune e alcuni tratti dei versanti del Monte Bastia e Giacoma.

Le acque non incanalate sono generalmente recapitate a valle in corpi idrici recettori afferenti al reticolo idrico minore.

Ruscellamento concentrato

Si tratta di fenomeni che avvengono in corrispondenza di acque incanalate in alvei ad elevata pendenza; le acque agiscono aumentando la solcatura del thalweg con conseguente possibilità di instabilizzare le scarpate laterali; in taluni casi si verifica il trasporto di materiale solido verso gli sbocchi dei torrenti.

Colamento rapido (quiescente)

Trattasi di elementi lineari, classificati come quiescenti, presenti lungo i corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrico minore.

Gli alvei che caratterizzano il territorio comunale sono per lo più impostati in roccia: l'elemento lineare è stato segnalato in presenza di rocce deboli o consistenti coperture eluvio-colluviali, anche in assenza di conoidi a valle dove, generalmente, le morfologie originarie sono mascherate dalla presenza di una importante antropizzazione.

6.4.3 Forme, processi e depositi legati al carsismo

Morfologie legate a fenomeni di dissoluzione carsica sono variamente presenti sul territorio comunale di Villa d'Almé e caratterizzano aree con substrato appartenente alle formazioni del Sass de la Luna e della Maiolica.

Significativo, anche arealmente, il fenomeno carsico sia superficiale che di profondità presente in Val Giongo e lungo il versante settentrionale del Monte Giacomo.

Grotta

Sono state cartografate le principali grotte esistenti sul territorio comunale; il Catasto Speleologico Lombardo – Progetto Tu.Pa.Ca. ne identifica e classifica 11, come riportato nella seguente tabella.

N°	NOME	LOCALITÀ	SVILUPPO REALE (m)	DISLIVELLO TOTALE (m)
1216	Cavernetta a Ventulosa	Strada Provinciale	6	2
1080	Tamba di Val Giongo	Valle del Giongo	300	65
3725	Büs de la Volp	Ca' dell'Orto	34	5
7447	Büs de la Volp de la Fossera	Fossera	29	4,5
7434	Büs del Tass de la Fossera	Fossera	24	3
7433	Flegias	Valletta minore tra Monte Giacomina e Monte dei Giubili	28	8
7357	Acquaröl		10	1
7356	Gemellina K		12	2
7355	Gemellina C		13	3
7202	Giubilea	Val Giongo	640	49
7135	Lacca di San Mauro	San Mauro	338	81

Dolina

Sono depressioni a contorno subcircolare-ellittica e sezione conica, corrispondenti a inghiottitoi carsici; tali forme derivano dalla dissoluzione di rocce carbonatiche per azione delle acque circolanti nel sottosuolo. Doline sono presenti sul versante settentrionale del Monte Bastia.

6.4.4 Forme, processi e depositi di origine poligenica

Sotto questa voce sono state raggruppate le forme la cui origine è riconducibile a più processi morfodinamici interagenti tra loro.

Principali linee di crinale

Sono indicate le principali linee di crinale, coincidenti con gli spartiacque superficiali.

Orlo di scarpata poligenica

Si tratta di cambi di pendenza formati a seguito del controllo strutturale accentuati da disomogeneità litologiche accoppiate a favorevoli condizioni giaciture e, talora, all'azione antropica, in parte obliterate dai processi di weathering.

6.4.5 Forme, processi e depositi di origine antropica

Sono state mappate le opere di difesa idraulica, i punti di possibile ostruzione del naturale deflusso dei corsi d'acqua, i riporti di materiale quando per estensione hanno assunto anche un significato morfologico.

Sono stati individuati gli orli di origine antropica, le opere di consolidamento e di protezione dei versanti.

Consolidamento parete con sbritz beton

Si tratta di sistemazioni di pareti rocciose soggette al distacco di blocchi; in tal caso il consolidamento è stato effettuato mediante la tecnica dello sbritz beton (cemento spruzzato) armato di rete metallica. È visibile nei pressi della località Casino sul versante verso monte della strada provinciale.

Rete paramassi

Sono opere di protezione a ridosso di pareti rocciose che presentano distacco di blocchi; si osservano lungo la strada provinciale della Valle Brembana.

Rete passiva debris flow

Lungo alcune valli del versante occidentale del Monte Bastia, sono state installate delle reti passive debris flow nell'ambito del progetto di sistemazione idrogeologica della strada denominata Giro del Monte.

Protezione spondale longitudinale

Sono opere di difesa delle sponde fluviali dall'erosione; sono presenti lungo il corso del Brembo nella porzione meridionale del territorio comunale di Villa d'Almé.

Discarica

Si tratta di punti in cui si rinvencono scarichi incontrollati di rifiuti o materiale inerte.

6.5 Acclività dei versanti

È stata effettuata un'analisi digitale del terreno da cui è stata derivata l'andamento morfometrico dei versanti (pendenza) del territorio comunale. L'utilizzo in ambiente GIS del modello digitale del terreno regionale (DTM) permette una ricostruzione piuttosto dettagliata dell'andamento della superficie topografica del territorio comunale, rappresentata da un modello ombreggiato a più colori, rappresentativo di varie classi di pendenza.

Si analizzano di seguito le classi di pendenza individuate, in funzione dei processi geomorfici che possono svilupparsi e dell'utilizzo del territorio.

- classe 1 acclività < 10°

L'abitato di Villa d'Almé, il fondovalle inciso dal fiume Brembo e la piana fluviale terrazzata circostante, le piane dei torrenti Rino, Gaggio e Rigos, si collocano in ambiti a bassa acclività, generalmente inferiore a 10°; in tali settori si possono verificare difficoltà di drenaggio superficiale delle acque di dilavamento superficiale; in generale trattasi di aree morfologicamente stabili.

- classe 2 acclività compresa tra 10° e 20°

All'interno di tale classe ricade il settore collinare-montano che caratterizza il territorio comunale di Villa d'Almé. In tale classe ricadono anche le scarpate che delimitano i diversi terrazzi di origine alluvionale e fluvioglaciale del fiume Brembo.

Parte dell'area urbanizzata si sviluppa lungo i versanti dei rilievi interposti tra le piane dei torrenti Gaggio, Rino e Rigos, caratterizzati dalla presenza di coperture eluvio-colluviali di spessore variabile che ricoprono il substrato roccioso locale. Pur essendo modesta la pendenza dei versanti, è possibile che localmente possano verificarsi fenomeni di erosione e/o di ruscellamento con conseguente innesco di dissesti gravitativi in corrispondenza delle pendenze più elevate.

- classe 3 acclività compresa tra 20° e 30°

Lungo i versanti orientali del Monte Bastia e del Monte Giacoma, i versanti presentano un'acclività tra i 20° e i 30°, caratterizzati da depositi sciolti di spessore modesto su un substrato roccioso subaffiorante; in tale classe ricadono alcune porzioni delle scarpate che separano i terrazzi di origine alluvionale e fluvioglaciale del fiume Brembo. Entro questi valori di pendenza possono verificarsi fenomeni di soliflusso nella copertura superficiale che possono evolvere in fenomeni di franamento.

- classe 4 acclività compresa tra 30° e 40°

Si tratta dei versanti vergenti a W e a N del Monte Bastia e del Monte Giacomina, per lo più boscati e impervi. Il substrato è in genere subaffiorante/affiorante; lo stato di fratturazione della roccia può determinare precarie condizioni di stabilità, per la tendenza all'instaurarsi di fenomeni gravitativi nell'ammasso roccioso (crolli) in presenza di pendenze elevate. Fenomeni di crollo sono stati individuati lungo il versante a monte della SS470 della Valle Brembana nel tratto tra Ca' dell'Ora e Campana.

- classe 5 acclività > 40°

Pendenze oltre i 40° sono individuabili lungo i versanti rocciosi che digradano dal versante ovest del Monte Bastia e del Monte Giacomina, e nella Valle del Giongo. Si tratta di aree non interessate dall'urbanizzazione, ma che possono interferire con le infrastrutture viarie esistenti, come segnalato per le aree ricadenti nella classe 4 di pendenza. Frequente è la presenza di pareti in roccia con orli di scarpata netti e persistenti, in cui è spiccata la tendenza ai processi gravitativi quali frane di crollo. Nelle aree descritte sono stati localmente individuati tratti subverticali.

7 IDROGRAFIA

7.1 Criteri di indagine

Gli elementi idrografici del territorio comunale sono riportati nella Tav. 3, redatta alla scala 1:5.000.

La rete idrografica principale è rappresentata dal fiume Brembo che delimita il territorio comunale verso ovest e dal torrente Giongo, verso nord; sono presenti inoltre alcuni corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrico minore (torrente Gaggio, Rino, Scabla) che incidono la fascia collinare che circonda l'abitato di Villa d'Almé.

L'individuazione dei corsi d'acqua è stata ripresa dallo studio per l'individuazione del Reticolo Idrico Minore comunale.

Nell'elaborato cartografico sono localizzati i pozzi, le sorgenti, la rete di approvvigionamento idrico e quella fognaria; sono evidenziati alcuni elementi antropici connessi ai corsi d'acqua: le difese spondali ed i tratti di torrente incanalato.

Sono state individuate le aree di esondazione del Brembo e riportati i risultati di uno studio idraulico realizzato nel centro edificato, in località Ghiaie ai sensi dell'Allegato 4 della d.g.r. 2616/2011; sono state valutate inoltre le aree di esondazione dei torrenti appartenenti al reticolo idrico minore.

7.2 Reticolo idrico principale: fiume Brembo

Il tracciato del fiume Brembo caratterizza la porzione occidentale della Provincia di Bergamo; il corso d'acqua si sviluppa dall'alta Valle Brembana fino alla confluenza nell'Adda, a monte di Vaprio d'Adda; il bacino di alimentazione del fiume ha una estensione di 945 km², pari a circa il 35% dell'estensione del territorio provinciale.

Il Brembo trae origine dalla catena occidentale dalle Prealpi Orobie, all'incirca compresa fra il Pizzo dei Tre Signori (2554 m s.l.m.) ad ovest ed il Pizzo del Diavolo di Tenda (2914 m s.l.m.) ad est, più alta quota del bacino.

La parte alpina del Brembo è costituita da una rete di canali di drenaggio sviluppati lungo la massima pendenza dei versanti, organizzati in almeno 4 rami principali, denominati indistintamente "Brembo", con l'aggiunta del toponimo relativo al paese di riferimento (Brembo di Mezzoldo, di Averara, di Valleve, di Carona).

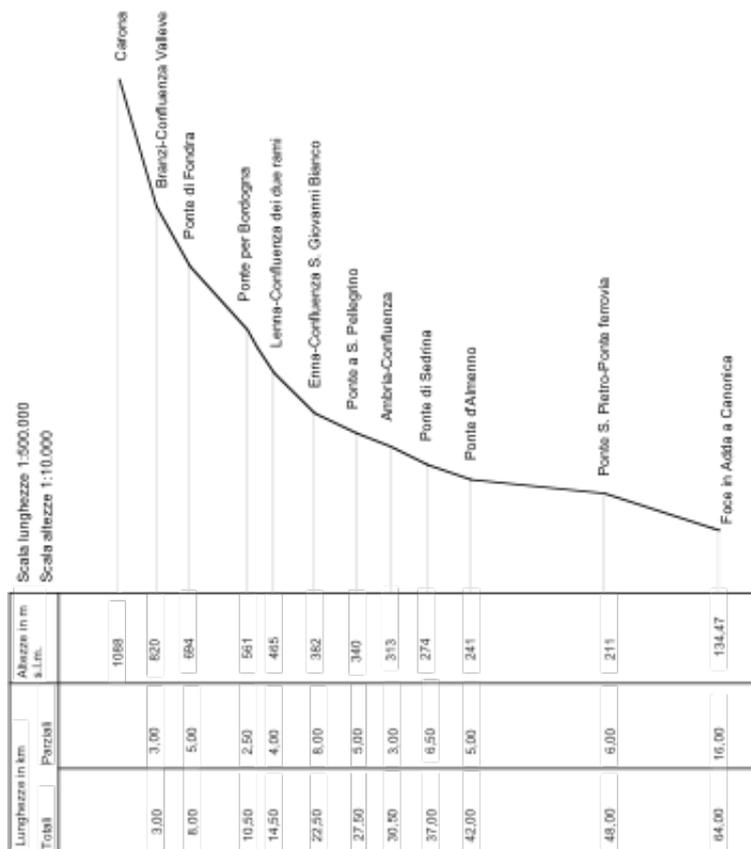
Nei tratti della Media e Bassa Valle Brembana, il Brembo riceve le acque di alcuni importanti affluenti, tra cui il torrente Parina in Comune di Camerata Cornello, il torrente Enna, affluente di destra in Comune di San Giovanni Bianco, il torrente Ambria confluisce nel fiume Brembo a monte dell'abitato di Zogno, mentre nei Comuni di Brembilla e Villa d'Almé confluiscono nel Brembo le acque dei torrenti Brembilla ed Imagna.

A valle di Villa d'Almé, nel tratto fino all'Adda, i principali affluenti del Brembo sono i torrenti Lesina, Dordo e Quisa.

L'andamento del solco principale di fondovalle presenta un profilo altimetrico suddivisibile in diversi tratti. Come è possibile osservare dall'analisi del profilo successivamente riportato, la pendenza della porzione di pianura compresa tra la confluenza in Adda (km 68+700) ed il ponte di collegamento tra gli abitati di Villa d'Almé ed Almenno San Salvatore (km 48+000), è dello 0,54% mentre per il tratto

successivo, montano, compreso tra il ponte di Villa d'Almé ed il Comune di San Giovanni Bianco (km 28+000), la pendenza media del fondo è dello 0,65%. Nella porzione compresa tra San Giovanni Bianco fino a Camerata Cornello (km 25+400), si osserva un aumento della pendenza del fondo che raggiunge il valore di 1,7%, nel tratto superiore, fino a Scalvino, si osserva una diminuzione della pendenza allo 0,74% ed un progressivo aumento, mediamente corrispondente ad una pendenza dell'1,5%, nel tratto successivo. Le pendenze dell'alveo sono state desunte a partire dai dati del rilievo effettuato dal Magistrato per il Po nel corso dell'anno 1992, integrati con le successive misurazioni della campagna 2002/2003.

Lo schema del profilo longitudinale del Brembo tra Carona e Canonica d'Adda è successivamente riportato:



profilo longitudinale del fiume Brembo – pelo dell'acqua

Il tracciato del fiume Brembo può essere diviso in due tratti omogenei principali, montano e di pianura, in relazione alle caratteristiche morfologiche del territorio in cui si inserisce. In particolare nella porzione di pianura possono essere individuati diversi ambiti, con caratteristiche morfometriche e profili dell'alveo simili. L'area di studio si inserisce nel tratto tra Filago (km 62+150) e Villa d'Almé (km 47+460); la zona si inserisce in un contesto pianeggiante pur costituendo l'area di passaggio alla zona di monte.

Il corso d'acqua nel tratto di interesse ha un andamento monocursale e sono presenti opere di protezione longitudinale (località Ghiaie di Villa d'Almé) ed opere trasversali, traverse fluviali, realizzate a monte dell'area di studio e briglie, esistenti a valle.

L'alveo si presenta ampio, l'estensione dell'alveo di piena è prossima ai 150 m nella zona di interesse, mediamente compresa tra 100÷200 m in un intorno significativo della stessa. Sono localmente presenti barre fluviali alimentate dagli apporti di materiale da monte; sono stati evidenziali possibili fenomeni erosivi localizzati al piede della scarpata del terrazzo più interno: si evidenzia a tale proposito che, lungo parte del tratto di studio, per una lunghezza di circa 170 m, sono state realizzate gabbionate finalizzate alla difesa di una porzione di sponda sinistra.

A monte il fiume Brembo assume i caratteri di corso montano, con larghezza del full bank ridotta a 40÷70 m ove sono assenti i fenomeni erosivi delle scarpate spesso in roccia ed i sedimenti che si depositano lungo l'alveo derivano principalmente dagli apporti dei principali affluenti.

7.2.1 Determinazione delle caratteristiche granulometriche dell'alveo

Con il supporto dei dati forniti dall'Autorità di Bacino del Fiume Po, riportati nello "Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Brembo nel tratto da Lenna alla confluenza in Adda", viene successivamente fornita la descrizione quantitativa delle caratteristiche granulometriche dell'alveo del fiume Brembo nella porzione di interesse, differenziate tra sedimenti prelevati lungo le sponde incise e fondo alveo.

La caratterizzazione granulometrica dell'area consente di effettuare valutazioni sul trasporto solido e sul bilancio delle volumetrie di materiale movimentabile, nonché di individuare possibili fenomeni erosivi lungo le sponde.

Metodologia

I dati granulometrici disponibili per il tratto di interesse, sono stati ricavati da un'indagine diretta effettuata nel corso dell'anno 2002 sull'alveo del fiume Brembo. Il materiale è stato prelevato dal fondo alveo e dalle sponde, in corrispondenza della sezione di rilievo topografico "MagisPo 1992" individuata con la sigla 041_02, ubicata in località Cà Quasso del Comune di Villa d'Almé. Complessivamente, in corrispondenza della sezione indicata, trasversalmente all'alveo, sono stati prelevati ed analizzati n. 7 campioni di terreno.

Il campionamento è stato effettuato con tecniche diverse, in relazione alle caratteristiche granulometriche dell'area di prelievo: è stato realizzato un campionamento semplice ove la granulometria dei ciottoli si presentava inferiore ai 10 cm, un campionamento con setacciatura preliminare in sito nel caso di sedimenti grossolani, con una percentuale considerevole di ciottoli aventi diametro maggiore di 10 cm. È stata utilizzata una griglia di campionamento regolare, a maglie quadrate con lato pari al diametro massimo dei clasti individuati all'interno dell'area di prelievo, utilizzata per la misura diretta in sito delle dimensioni dei ciottoli. Quest'ultimo metodo si applica in presenza di pezzatura media del materiale dell'ordine dei 10 cm; ai fini della verifica del rapporto tra sedimento superficiale e materiale sottostante, la metodologia di campionamento prevede il prelievo dei sedimenti al di sotto dello strato superficiale.

Per il campionamento dei depositi in alveo è stato utilizzato apposito campionatore a benna.

Caratteristiche granulometriche

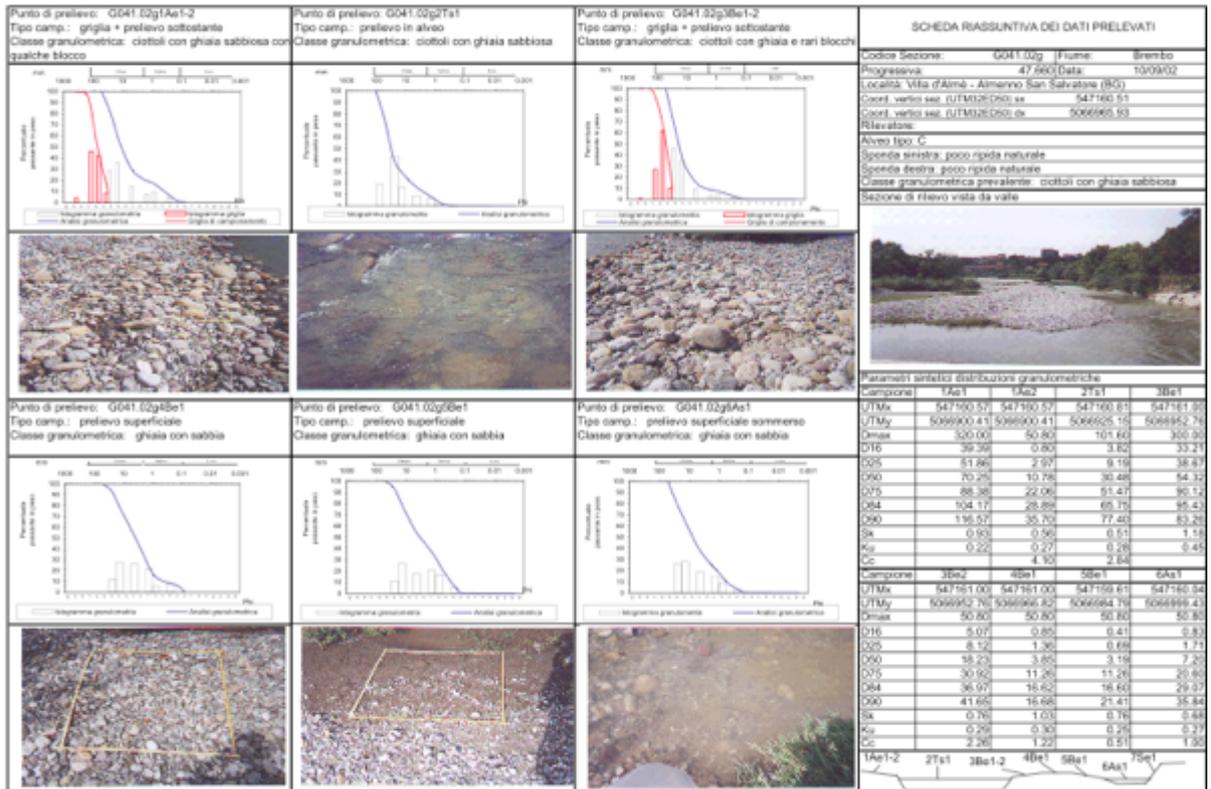
Lungo il tratto di monte del fiume Brembo, fino all'area oggetto del presente studio, il trasporto solido e le caratteristiche granulometriche dei sedimenti rinvenibili lungo l'alveo sono fortemente dipendenti dalle pendenze del fondo e dalla portata liquida, con presenza di materiale più grossolano a monte. Alla naturale distribuzione dei sedimenti lungo l'asta fluviale, si sovrappongono alcuni importanti fattori sia

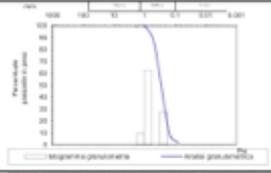
naturali sia antropici che possono alterare o modificare la distribuzione granulometrica sopra schematizzata. Importanti variazioni della distribuzione dei depositi sciolti sono legate alla presenza di tributari del fiume Brembo nonché all'esistenza di opere idrauliche trasversali, che influenzano le modalità deposizionali, favorendo l'accumulo di materiali fini a monte delle stesse.

Nel tratto di studio i dati disponibili evidenziano la presenza di sedimenti prevalenti sabbiosi in sponda destra; verso l'alveo (porzione destra) aumenta la frazione grossolana, ove anche l'analisi effettuata in tale ambito indica la presenza di ghiaia con sabbia. Lungo l'alveo attivo prevalgono nettamente i ciottoli, sia all'interno sia all'esterno dell'alveo di magra: tale caratteristica è riscontrabile lungo tutta l'asta a monte della zona di interesse; banchi di sabbia e ghiaia sono localmente presenti all'interno dell'alveo attivo. In sponda sinistra sono presenti depositi sabbiosi; nell'area di studio, per un tratto significativo, sono visibili le opere di difesa idraulica descritte nel paragrafo precedente.

I campionamenti dalla porzione d'alveo in destra idrografica e dalla barra fluviale sono stati effettuati con la metodologia della griglia regolare: è stato individuato uno strato definito "corazzato", ovvero costituito da ciottoli e ghiaie, direttamente al di sotto del quale (ad una profondità pari al diametro medio dei clasti superficiali), si ha un progressivo aumento della frazione sabbiosa unitamente a ghiaie e ciottoli di minori dimensioni.

Si riporta successivamente la scheda riassuntiva dei dati rinvenuti in Comune di Villa d'Almé, zona Ghiaie.



Punto di prelievo: G041.02g75e1 Tipo camp.: prelievo superficiale Classe granulometrica: sabbia	Punto di prelievo: Tipo camp.: Classe granulometrica:	Punto di prelievo: Tipo camp.: Classe granulometrica:	SCHEDA RIASSUNTIVA DEI DATI PRELEVATI
			Codice Sezione: G041.02g Fiume: Brembo Progressiva: 47.860 Data: 10/09/02 Località: Villa d'Almé - Almetto San Salvatore (BG) Coord. vertice est. UTM(2011) ea: 547190.51 Coord. vertice sud. UTM(2011) es: 5066965.93 Rilevatore: Alveo tipo: C Sponda sinistra: poco ripida naturale Sponda destra: poco ripida naturale Classe granulometrica prevalente: ciottoli con ghiaia sabbiosa Sezione di rilievo vista da valle
			
Punto di prelievo: Tipo camp.: Classe granulometrica:	Punto di prelievo: Tipo camp.: Classe granulometrica:	Punto di prelievo: Tipo camp.: Classe granulometrica:	Parametri sintetici distribuzioni granulometriche Campione: 75e1 UTMx: 547190.51 UTMy: 5067008.96 Dmax: 2 D16: 0.17 D25: 0.19 D50: 0.28 D75: 0.41 D84: 0.48 D90: 0.58 Sk: 1.00 Ku: 0.26 Cc: 0.86 Campione: UTMx: UTMy: Dmax: D16: D25: D50: D75: D84: D90: Sk: Ku: Cc: 1Ae1-2 2Ts1 3Se1-3 4Se1 5Ba1 6As1 75e1

Si evidenzia che i campioni prelevati sono stati univocamente individuati riportando:

Le coordinate di riferimento della zona di prelievo;

- il numero progressivo del campione prelevato, dalla sinistra idrografica verso destra;
- il punto di prelievo e la tipologia di prelievo, ovvero sponda (S), alveo (A), barra (B), canale principale (I), emerso (e), sommerso (s);
- i campioni superficiali (1) e sottostanti il primo strato (2).

7.2.2 Tendenze evolutive dell'alveo e delle forme fluviali riattivabili

La tendenza evolutiva dell'alveo, nel tratto omogeneo di interesse, è stata valutata a partire dalle modifiche geometriche e morfologiche subite dall'alveo, anche in relazione ad eventuali interventi antropici eseguiti. Tali valutazioni derivano dall'analisi della documentazione cartografica esistente a partire dal 1881 (anno di pubblicazione delle prime tavolette IGM) e dalle foto aeree disponibili.

Evoluzione planimetrica

Il fiume Brembo a monte del territorio comunale di Villa d'Almé rientra nella porzione definita come "tratto omogeneo di monte" ove la valle Brembana assume la conformazione tipica degli ambiti fluviali montani con profilo a "V". Il corso d'acqua si presenta piuttosto incassato; l'alveo, generalmente stretto, è stabile, non sono state evidenziate sostanziali variazioni dell'andamento del thalweg o della conformazione dell'alveo.

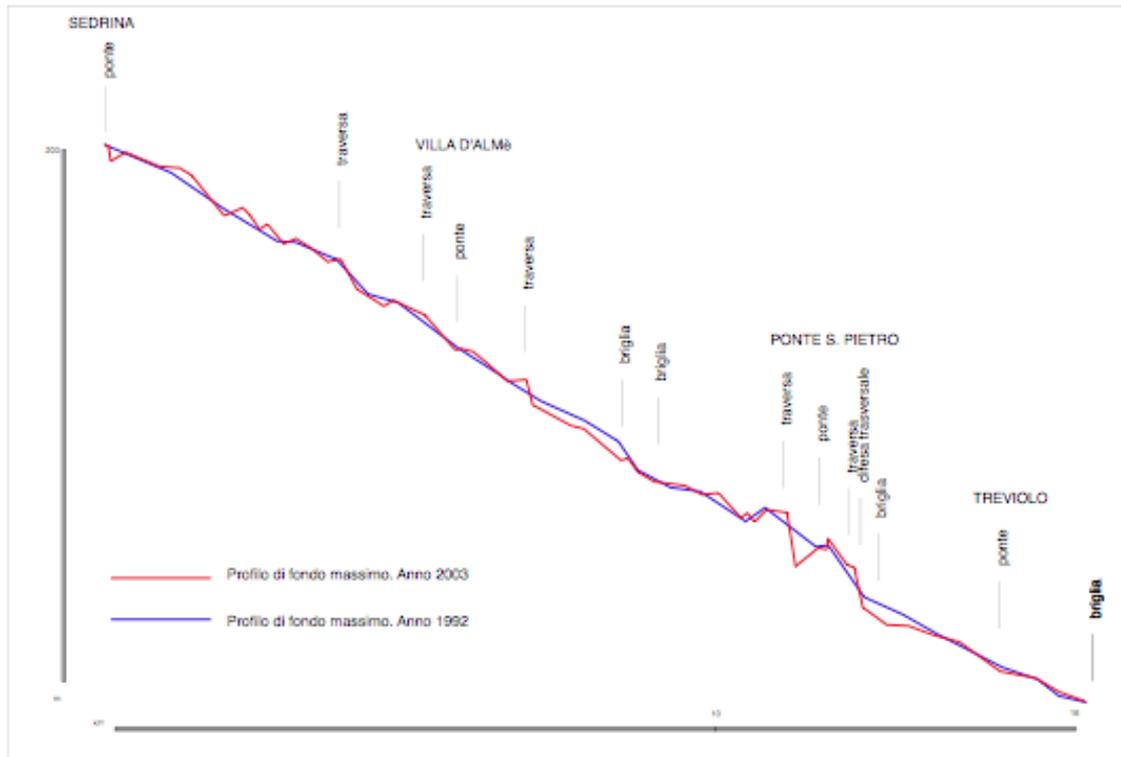
Nel tratto direttamente a monte del Comune di Villa d'Almé non si rilevano fenomeni erosivi significativi; si esclude la riattivazione di forme relitte ove lo spazio di mobilità funzionale coincide in gran parte con l'alveo di piena ordinaria attuale, ad eccezione di alcune limitate porzioni in corrispondenza di brevi tratti in destra o sinistra idrografica caratterizzati dalla presenza di piccole piane potenzialmente occupabili dal corso d'acqua.

La zona di studio rientra nella zona omogenea di pianura, ubicata direttamente a valle dell'area omogenea montana. In particolare nel tratto compreso tra Villa d'Almé e Ponte San Pietro, l'alveo presentava, fino agli anni '80, carattere di pluricursalità con tendenza alla progressiva riduzione fino all'attuale alveo monocursale.

Nel tratto a valle di Almenno San Salvatore, in località Colombaia è possibile il verificarsi di fenomeni erosivi in sponda destra, con arretramento della stessa ipotizzato in 60÷70 m nel lungo periodo. Lo spazio di mobilità funzionale in questo tratto coincide con l'attuale alveo in destra orografica mentre in sinistra si ha una situazione analoga a quella registrata a monte dell'abitato di Villa d'Almé.

Modifiche altimetriche

Il confronto tra le sezioni trasversali effettuate sul fiume Brembo, con particolare riferimento al tratto di interesse, evidenziano una sostanziale stabilità nel periodo 1992/2003, ove i profili di fondo massimi risultano confrontabili tra loro.



7.2.3 Uso del suolo ed analisi della componente naturale

Vegetazione

I fattori che maggiormente influenzano le tipologie vegetazionali riscontrate lungo l'asta del fiume Brembo, nel tratto di interesse, sono legati alle caratteristiche dell'alveo ed al suo gradiente idrico. La maggiore estensione del letto del fiume favorisce la biodiversità, permettendo l'instaurarsi di specie pioniere e stabilizzate in continua evoluzione; la distribuzione vegetazionale è inoltre legata all'evoluzione temporale degli eventi di piena. La composizione e la struttura delle cenosi sono inoltre fortemente influenzate dagli interventi antropici.

In particolare nel tratto prealpino del fiume Brembo (fino al territorio di Villa d'Almé, a monte dell'area di interesse), a partire dall'alveo attivo, la vegetazione è caratterizzata da formazioni arbustive (*salix eleagnos* e *salix purpurea*), a copertura rada e discontinua, in grado di insediarsi su sedimenti alluvionali; formazioni arboree a dominanza di *ostrya carpinifolia* caratterizzano i versanti soleggiate mentre specie

legate a microclimi tipici di forra, umidi, a prevalenza di tilia cordata, sono tipici dei pendii settentrionali.

Nel tratto immediatamente successivo, di valle, si evidenziano formazioni erbacee pioniere a copertura rada, che si insediano su sedimenti alluvionali poco sopra il livello di piena ordinaria del fiume Brembo, all'interno dell'alveo attivo; le formazioni arbustive, caratterizzate prevalentemente da salici arbustivi, sono presenti lungo le isole e barre fluviali di maggiori dimensioni e lungo i terrazzi fluviali più interni, prossimi all'alveo. Formazioni arboree a dominanza di salix alba sono visibili nei tratti pianeggianti caratterizzati dalla presenza di digitazioni laterali dell'alveo, con depositi prevalentemente limosi, su aree spesso inondate. Spostandosi verso i terrazzi più elevati, sommersi solo in caso di eventi di piena eccezionale, compaiono le formazioni arboree ripariali aperte e degradate, a dominanza di robinia pseudoacacia e populus nigra.

Sponda destra

Nella porzione territoriale presa in esame (dall'abitato di Ubiale-Clanezzo fino a valle di località Ghiaie in comune di Villa d'Almé), le formazioni naturali sono costituite prevalentemente da piccoli nuclei di saliceti arbustivi di greto, in associazione con formazioni degradate di salix alba e populus nigra, poste a quote leggermente superiori.

Lungo i versanti maggiormente acclivi presenti nel tratto tra i comuni di Sedrino e Villa d'Almé, si individuano coperture arboree a dominanza di ostrya carpinifolia e fraxinus ornus, tipici dei versanti freschi, alternati a quercus pubescens prevalenti sui pendii sud-vergenti, maggiormente assolati e caldi.

Le formazioni naturali appaiono frammentate in relazione all'espansione antropica verificatasi lungo l'alveo.

Sponda sinistra

In analogia con la sponda destra, le formazioni riparie sono costituite da piccoli nuclei di saliceti arbustivi di greto cui sono frequentemente associate formazioni degradate a salix alba e populus nigra.

Sui versanti acclivi si individuano formazioni il cui corteggio flogistico mostra una condizione di passaggio da specie tipiche di versanti nord-vergenti (ostrya

carpinifolia e fraxinus ornus) a formazioni caratteristiche di versanti maggiormente assolati (quercus pubescens).

Uso del suolo

L'analisi dell'uso del suolo evidenzia una condizione di organizzazione del territorio prevalentemente naturale nel tratto a monte dell'abitato di Villa d'Almé: le fasce fluviali sono infatti costituite da sponde a media ed elevata acclività ove è trascurabile lo sfruttamento antropico.

Segni di alterazione del territorio sono più marcati nella porzione meridionale dell'abitato di Villa d'Almé, determinata principalmente dalle modifiche subite dalle aree a stretto contatto con la fascia riparia fluviale, a seguito dell'espansione di impianti industriali e nuclei residenziali.

Sponda destra

La sponda destra del fiume Brembo nel tratto di interesse è caratterizzata da un uso complesso, misto tra residenziale, produttivo e naturale. Aree boscate sono presenti sul territorio comunale di Ubiale-Clanezzo; verso sud sono invece prevalenti insediamenti produttivi. Le formazioni naturali sono poi presenti in nuclei isolati, in prossimità dell'alveo attivo tra i Comuni di Almenno San Salvatore e San Bartolomeo.

Sponda sinistra

Nel tratto di monte le formazioni naturali sono presenti con nuclei significativi, più frammentati rispetto alla situazione osservata in sponda destra. Un maggiore impatto antropico è evidente nella porzione meridionale, ove si individuano gli insediamenti residenziali e produttivi di Villa d'Almé.

7.2.4 Dati idrologici

Lungo l'asta del Fiume Brembo ha operato con una buona continuità la stazione idrometrica di misura di Ponte Briolo, posta in corrispondenza della località Briolo, in prossimità dell'abitato di Brembate di Sopra. Il bacino imbrifero sotteso ha un'estensione di circa 765 km², con un'altitudine massima di 2.914 m s.l.m., l'altezza media del bacino è pari a circa 1.140 m s.l.m.

La serie storica disponibile ed utilizzata, si compone delle osservazioni dei massimi annuali della portata al colmo per il periodo dal 1950 al 1977, escluso il 1974, per un totale di 26 anni di osservazione. Successivamente anche tale serie è stata validata e ne sono state effettuate ampie integrazioni in base alle informazioni rese disponibili dalla raccolta dei tracciati idrometrografici delle principali piene verificatesi durante il periodo di osservazione.

Il regime dei deflussi del fiume Brembo, nella porzione a monte del Comune di Villa d'Almé, segue con una certa congruità quello delle precipitazioni: è infatti caratterizzato da un minimo principale nel periodo invernale ed uno secondario estivo e da due massimi, primaverile ed autunnale. Le perdite annue sono scarse, pari al 19.7% dell'afflusso, calcolate sulla base delle serie pluridecennali disponibili presso la stazione idrometrica del Ponte di Briolo. Le osservazioni sul lungo periodo evidenziano un guadagno apparente nel trimestre gennaio-marzo con deflussi superiori agli afflussi di circa 12 mm: tale situazione è probabilmente riconducibile agli apporti dagli invasi presenti in alta valle Brembana, regimati ed interessati da rilascio programmato nel periodo indicato.

7.2.5 Portate al colmo di piena nelle sezioni di interesse

Per la valutazione delle aree esondabili nella zona di interesse, sono stati considerati i dati di massima piena calcolati per tempi di ritorno di 200 anni, a partire dai dati disponibili e riportati nello studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Brembo nel tratto da Lenna alla confluenza in Adda, alle diverse sezioni di misura.

La portata media annua nel trentennio 1940-1970 è stata di 31 m³/s, tale portata scende fino a 8 m³/s, mediamente, nei periodi di magra; dalle registrazioni disponibili si ricavano valori delle portate al colmo delle massime onde di piena annuali compresi tra 206 e 908 m³/sec.

In particolare per il calcolo della portata alla stazione di chiusura in località Ponte di Briolo, gli idrogrammi di livello delle onde di piena campionate sono stati trasformati in idrogrammi di portata. Le serie pubblicate sono state integrate con le

informazioni esumibili dalla raccolta dati sugli idrogrammi di piena storici (previo accurato controllo dell'attendibilità degli stessi) e da quella svolta con specifico riferimento alle portate massime annuali.

Nella valutazione delle condizioni di rischio idraulico in località Ghiaie del Comune di Villa d'Almé, sono stati cautelativamente utilizzati i valori di portata al colmo con tempo di ritorno pari a 200 anni calcolati nel capitolo "definizione delle portate di piena di riferimento" parte integrante dello "Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Brembo nel tratto da Lenna alla confluenza in Adda". Il confronto tra le stime delle portate al colmo ottenute nel citato studio e quelle adottate nell'ambito del PAI, evidenzia infatti alcune differenze: le portate del PAI risultano sistematicamente inferiori con scarti che tendono ad accentuarsi all'aumentare del tempo di ritorno. In particolare per la sezione al Ponte di Briolo, le portate PAI risultano inferiori a quelle utilizzate nel presente lavoro del 29%, per tempi di ritorno di 200 anni, come risulta dalla seguente tabella.

Fiume Brembo – Ponte di Briolo. Stime regionali delle portate al colmo con $Tr = 200$ anni	
Dati PAI	Studio di fattibilità della sistemazione idraulica
1130 m ³ /s	1594 m ³ /s

Gli inviluppi delle quote del pelo libero e le caratteristiche idrauliche della corrente, hanno permesso di calcolare la quota del pelo libero dell'acqua alle diverse progressive, lungo l'asta del fiume Brembo.

7.3 Altri corsi d'acqua afferenti al reticolo idrico principale

7.4 Torrente Imagna

Il torrente Imagna è un affluente di destra del fiume Brembo, scorre lungo il confine tra i territori di Ubiale e Clanezzo e confluisce nel Brembo in località Ponte di Clanezzo.

Il torrente Imagna regola il sistema della rete di deflusso delle acque superficiali della Valle Imagna; è caratterizzato da un alveo mediamente inciso, delimitato da scarpate a medio-elevata acclività. Sono numerosi gli affluenti del torrente Imagna, caratterizzati prevalentemente da corsi d'acqua con alvei a V caratterizzati da

un regime torrentizio con portate variabili, direttamente correlabili con gli eventi meteorologici.

Nell'ultimo tratto del suo corso, l'Imagna scorre in direzione SudEst, con andamento sinuoso ed è caratterizzato da un alveo piuttosto ampio, delimitato da scarpate stabili, impostate in versanti in roccia.

7.4.1 Torrente Giongo

Il torrente Giongo, affluente in sinistra idrografica del Fiume Brembo, scorre lungo il confine settentrionale del comune di Villa d'Almé; esso si origina dai versanti occidentali del Canto Alto e del Monte Lumbric e percorre tutto il territorio comunale con direzione E-O.

Nel comune di Villa d'Almé esso drena l'acqua proveniente dai versanti settentrionali del Monte Bastia e del Monte Giacoma; l'alveo risulta incassato nel substrato roccioso con morfologia quasi meandriforme nel primo tratto per poi rettificarsi fino alla sua immissione nel Brembo.

I tributari di primo ordine del torrente Giongo hanno direzione perpendicolare allo stesso e parallela fra di loro; le ramificazioni di secondo ordine sono pressoché rettilinee con ramificazioni subperpendicolari. Lo scorrimento nel tratto terminale è spesso condizionato dalle opere di regimazione realizzate nel tempo.

7.5 Reticolo idrico minore

Il presente documento di aggiornamento della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, ha recepito il Reticolo Idrico Minore individuato sul territorio di Villa d'Almé, adottato con D.C.C. n. 4 del 26.01.2006 ed approvato con D.C.C. n. 22 del 30.05.2006 a seguito di parere favorevole della Regione Lombardia - sede territoriale di Bergamo. Si riporta di seguito una breve descrizione della rete idrografica afferente al reticolo idrico minore comunale e delle eventuali aree di esondazione e/o criticità legate alla dinamica idraulica del corso d'acqua stesso.

Criteri di individuazione

L'individuazione del reticolo idrico minore è stata condotta tenendo come riferimento le indicazioni riportate nella D.G.R. n. 7/7868 - allegato B e successive modifiche ed integrazioni, individuando tutti i "corsi idrici superficiali", ad esclusione di quelli già definiti come Reticolo Principale. Sono stati inseriti i corsi d'acqua che rispondono ad almeno uno dei seguenti criteri:

- sono indicati come demaniali nelle carte catastali o in base a normative vigenti;
- sono stati oggetto di interventi di sistemazione idraulica con finanziamenti pubblici;
- siano interessati da derivazioni d'acqua;
- sono rappresentati come corsi d'acqua dalle cartografie ufficiali (IGM, CTR).

Tali criteri sono stati applicati al contesto territoriale di Villa d'Almè e riconsiderati in funzione delle caratteristiche morfologiche del territorio, del contenuto ambientale ed urbanistico, considerando anche canali di deflusso che comportano interferenze con il tessuto urbanizzato e delle finalità di polizia idraulica prefissate dalla normativa vigente.

I corsi d'acqua individuati come appartenenti al reticolo idrico minore, sono stati univocamente identificati attribuendo agli stessi una numerazione progressiva assegnata a partire dal corso d'acqua ricettore, organizzata seguendo un criterio di gerarchizzazione che ha contemplato come canale di drenaggio più importante il più lungo (riportata sulle tavole grafiche parte integrante del documento recante "Individuazione del Reticolo Idrico Minore" - Comune di Villa d'Almè).

Sul reticolo idrico minore è stata effettuata la delimitazione delle fasce di rispetto dei corsi d'acqua (all'interno delle quali sono regolamentate le attività soggette ad autorizzazione o vietate. Le fasce sono riportate nelle carte dei vincoli, di sintesi e di fattibilità geologica per le azioni di piano allegate al presente documento.

7.5.1 Torrente Gaggio

Il torrente Gaggio, affluente in sinistra idrografica del fiume Brembo, scorre all'interno dell'abitato di Villa d'Almè nella porzione di territorio fra le località Corida e Ventolosa. Nasce dai versanti meridionali del Monte Bastia ed in parte del Monte

Giacoma. Il suo bacino idrografico ha un'estensione limitata la cui quota massima è 597 m s.l.m.; si configura come corso d'acqua vero e proprio a partire dalla località Colle dove percorre il territorio con andamento NE-SW fino alle prime case della località Gaggio (quota 290,9 m s.l.m.): da qui il torrente è intubato e incanalato fino alla sua immissione nel Brembo nella zona del Linificio.

Gli affluenti secondari del Gaggio sono sviluppati solamente in destra idrografica, lungo il versante meridionale del Monte Bastia e hanno direzione perpendicolare all'asta principale e ramificazioni di secondo ordine subparallele. Il loro decorso è condizionato dalla litologia presente sui versanti: i tratti impostati sui versanti più acclivi risultano più definiti, pressoché rettilinei, con fondo a V e poco incisi; i tratti impostati nei depositi superficiali, più erodibili, sono più incassati con scarpate in materiale sciolto in condizioni di precaria stabilità.

7.5.2 Torrente Rino

Il torrente Rino, affluente in sinistra idrografica del fiume Brembo, scorre all'interno dell'abitato di Villa d'Almè nella porzione di territorio fra le località Ronco Alto e Ronco Basso.

Esso si origina dai versanti meridionali del Monte dei Giubilini e del Monte Giacoma, percorre il territorio con andamento NE-SW fino alle prime abitazioni della località Ronco Alto, dove è incanalato (da quota 295,7 m s.l.m.) fino al confine con Almè: da qui il torrente è intubato e coperto, attraversa il centro di Almè fino all'immissione nel Brembo.

L'asta del torrente Rino, nel primo tratto, ha un andamento prevalentemente da nord a sud e dalla zona di Foresto curva fino a dirigersi verso ovest.

I suoi tributari secondari sono sviluppati soprattutto in destra idrografica con direzione perpendicolare all'asta principale e ramificazioni di secondo ordine subparallele.

La morfologia del talweg è condizionata dalle caratteristiche litologiche dei terreni presenti lungo il suo percorso: i tratti iniziali, lungo i versanti più acclivi, sono pressoché rettilinei con aste ben definite, fondo a V, impostate in roccia; man mano la morfologia si addolcisce ed i versanti sono costituiti da spessori importanti di

depositi sciolti, l'andamento delle aste fluviali si articola, si generano delle scarpate più incise e talora in condizioni di precaria stabilità.

7.5.3 Valle Roncasol

La valle Roncasol è sede di un corso d'acqua a carattere temporaneo, individuato sulla cartografia ufficiale esclusivamente per il tratto di monte, a partire dalla località Piazzola per un tratto avente sviluppo longitudinale pari a circa 200 m.

La porzione immediatamente successiva, intubata, non è riportata sulle mappe catastali né morfologicamente individuata sulla Carta Tecnica Regionale di riferimento; tale tratto ha una lunghezza pari a circa 320 m e prosegue, verso valle, fino alla confluenza con il torrente Gaggio.

Lungo il tratto d'alveo individuato sulla cartografia ufficiale, a quota 380 m s.l.m., in data 06 aprile 1982 la Regione Lombardia – Uffici del Genio Civile ha autorizzato in sanatoria il prolungamento di una porzione d'alveo intubata per una lunghezza complessiva di 20 m, realizzata mediante posa in opera di un manufatto in cemento con diametro pari a 100 cm.

Verso valle (porzione catastalmente e morfologicamente non individuata sulla cartografia ufficiale e in sito), la tubazione si raccorda con un secondo tratto in cemento con diametro di 50 cm che, scorrendo sotto l'abitato in località Bruntino, convoglia le acque della Valle Roncasol fino alla confluenza con il torrente Gaggio.

A monte della confluenza, alla quota di 360 m s.l.m., il corso d'acqua scorre a cielo aperto.

7.5.4 Torrente Scabla

Si origina dai versanti collinari retrostanti la località Ronco Basso in comune di Villa d'Almè. Percorre nel suo sedime naturale il primo tratto (circa 600 m) fino all'altezza del campo sportivo di Villa d'Almè, da cui è intubato per tutto il rimanente tratto.

Entra nel Comune di Almè, attraversando via Pradelle, poi prosegue fino all'incrocio di via Campofiori, lungo cui scorre parallelamente, fino all'immissione nel torrente Rino all'altezza dell'incrocio con via Marconi.

Il tracciato dell'alveo naturale del torrente Scabla non è morfologicamente riconoscibile a valle di via Ronco Basso, ove il deflusso delle acque di scorrimento superficiale in caso di piogge intense è controllato dalla presenza di strade edifici e muri perimetrali.

7.5.5 Torrente di via Dante

Nel centro edificato del Comune di Villa d'Almé è stato individuato il tracciato e segnalato cartograficamente, un corso d'acqua attualmente intubato con decorso che si sviluppa lungo l'attuale via Dante e che, in alcuni tratti, non coincide con l'area demaniale indicata sulle mappe catastali. L'imbocco a monte dell'area intubata non emerge a piano campagna: tale tratto non può essere considerato corso d'acqua in quanto non raccoglie le acque di scorrimento superficiale ma viene utilizzato con la finalità di garantire lo smaltimento delle acque provenienti da aree impermeabilizzate (strade e piazzali).

L'attuale situazione morfologica evidenzia l'assenza di un bacino di alimentazione a monte.

7.6 Aree potenzialmente interessate da criticità idrauliche, definite su base morfologica

Aree potenzialmente interessate da fenomeni di espansione delle acque in seguito al verificarsi di fenomeni di tracimazione localizzata od ostruzione dei corsi d'acqua in occasione di fenomeni meteorici intensi e trasporto solido.

Torrente Giongo

Trattasi di limitate porzioni areali esterne alle zone urbanizzate posizionale lungo il fondovalle in loc. Ca Giongo, in corrispondenza della confluenza del torrente con i tributari che nascono dai versanti settentrionali dei Monti dei Giubilini e Giacomina.

Torrente Gaggio

In corrispondenza dell'incrocio tra via Gaggio e via S. Faustino è stata individuata un'area di possibile ostruzione in occasione di eventi meteorici eccezionali,

immediatamente a valle del punto in cui il corso d'acqua è stato intubato; una seconda zona di potenziale tracimazione è stata individuata in via Boccaline per la presenza di un tratto d'alveo con muro spondale in destra idrografica probabilmente insufficiente al contenimento di portate elevate.

Torrente Rino

Lungo il corso del torrente Rino sono possibili fenomeni di tracimazione in occasione di eventi meteorici eccezionali che coinvolgono una porzione della piana posta in destra idrografica; in questa fascia le acque potrebbero coinvolgere alcune porzioni di territorio edificate nel tratto a valle dell'attraversamento stradale di via Gnera. In tale tratto il torrente subisce un cambiamento di direzione con una curva netta in corrispondenza dell'attraversamento di via nera realizzato con posa di due tubi al di sotto della sede stradale.

Si segnala un possibile punto di ostruzione in corrispondenza dell'attraversamento stradale di via Ronco Alto.

A valle di via Aldo Moro è stata perimetrata un'area di potenziale tracimazione in occasione di eventi meteorici eccezionali, estesa a coinvolgere alcuni edifici su via Don Milani, al confine con il comune di Almè.

Torrente Scabla

Il torrente Scabla ha un bacino idrografico di limitata estensione: ciò presuppone un afflusso idrico di piccola entità, ma in occasione di eventi meteorici brevi e intensi esso può tracimare a monte dell'attraversamento di via Ronco Basso, interessando una porzione dell'abitato compresa tra via Pascoli e via Aldo Moro.

7.7 Ristagno

In alcune porzioni del territorio comunale sono stati evidenziati problemi di difficoltà di smaltimento delle acque meteoriche con conseguenti fenomeni di ristagno idrico. Questi fenomeni sono stati evidenziati in particolare nel pianoro urbanizzato a monte di via Donizetti e lungo alcuni tratti di versante a bassa acclività presenti in destra idrografica del torrente Rino.

Si tratta generalmente di aree leggermente concave e caratterizzate da terreni poco permeabili, in corrispondenza delle quali si possono verificare problemi di accumulo d'acqua meteorica, soprattutto in occasione di eventi meteorici brevi e intensi. Tali fenomeni sono temporanei, di limitata estensione areale e di modesta rilevanza geotecnica.

7.8 Elementi idrografici

Punti di possibile ostruzione e tracimazione

Si tratta di punti in cui si verificano restringimenti della sezione di deflusso degli alvei per cause naturali o antropiche, in corrispondenza dei quali possono verificarsi fenomeni di esondazione per tracimazione delle acque incanalate lungo il reticolo idrografico.

Direzione di propagazione della corrente esondante

In corrispondenza dei punti di possibile tracimazione sono state individuate le direzioni di possibile propagazione della corrente esondante, in funzione dell'andamento topografico del territorio.

Principali bacini idrografici

Per i principali corsi d'acqua insistenti sul territorio comunale, è stato perimetrato il limite del bacino idrografico che coincide spesso con le principali linee di crinale.

7.8.1 Elementi antropici

Sbarramento fluviale

Sono opere di regimazione idraulica poste trasversalmente alla direzione del corso d'acqua; sono presenti lungo il Brembo.

Derivazioni di acque superficiali sul fiume Brembo

Il fiume Brembo sul territorio comunale di Villa d'Almé è derivato per due brevi tratti: nella porzione nord-occidentale del Comune, in loc. Casino e, verso sud-

ovest, in località Ghiaie.

Il canale di monte deriva le acque del Brembo a sud di località Campana, in corrispondenza del ponte pedonale per Clanezzo e le restituisce al corso d'acqua principale circa 800 m a valle. All'inizio del canale è presente una traversa in alveo, per assicurare l'ingresso dell'acqua; una paratoia regolabile limita la portata alla effettiva sezione del canale.

Il canale di valle deriva le acque del fiume Brembo in località Ghiaie di Villa d'Almé; in corrispondenza dell'imbocco del canale è presente una traversa in alveo per favorire l'ingresso dell'acqua nel canale ed una paratia di regimazione. Dopo un tratto di 70 m, l'acqua viene poi ripartita tra il canale principale, che deriva l'acqua all'interno del Linificio e Canapificio Nazionale, ed un ramo dello stesso che riporta parte delle acque al Fiume Brembo.

A seguito della D.G.R. n. 9/2762 del 22.12.2011, successivamente sostituita integralmente dalla D.G.R. n. 9/4287 del 25.10.2012 che prevede l'esclusione dei canali privati dal Reticolo Idrico Minore, è stato effettuato un aggiornamento del Reticolo Idrico Minore comunale. Tale aggiornamento, redatto conformemente alla normativa vigente ed in seguito a specifica comunicazione presentata allo STER di Bergamo competente per territorio in data 23.07.2012, prevede esclusivamente lo stralcio dei due canali privati (posti a sud di Campana ed in località Ghiaie) di derivazione industriale e delle relative fasce di rispetto.

Opere di difesa spondale

Sono state mappate le opere di difesa spondale e sistemazione idraulica presenti lungo i corsi d'acqua.

Rete acquedottistica

E' indicata la rete di distribuzione acquedottistica (linee principali): sono riportati i tracciati dei canali a cielo aperto ed intubati ed i bacini di accumulo.

Rete fognaria

È indicata la rete fognaria comunale così come riportata nello strato informativo fornito da Uniacque.

Scarico autorizzato

Si tratta di scarichi autorizzati, civili o produttivi, in corso d'acqua superficiale.

8 IDROGEOLOGIA

8.1 Criteri di indagine

L'analisi idrogeologica del sottosuolo è stata condotta utilizzando i dati storici disponibili ed analizzando i depositi superficiali ed il substrato affioranti sul territorio comunale, anche in relazione alle caratteristiche strutturali ed ai sistemi di fratturazione che interessano alcune aree del territorio.

8.2 Struttura idrogeologica

La struttura idrogeologica nel territorio di Villa d'Almé è condizionata dai rilievi prospicienti l'area pianeggiante: i depositi pleistocenici di origine prevalentemente fluvio-glaciale e fluviale poggiano su un substrato roccioso di età cretacea, la cui morfologia ha condizionato la sedimentazione. Tali depositi sono stati successivamente incisi dai corsi d'acqua che attualmente attraversano il territorio.

Per analizzare meglio la struttura idrogeologica sono state effettuate due sezioni idrogeologiche realizzate tenendo conto delle stratigrafie dei pozzi esistenti.

Dall'analisi delle sezioni si desume che:

- la struttura idrogeologica principale è determinata dai depositi fluviali e fluvio-glaciali del Brembo;
- la struttura idrogeologica dei principali corsi d'acqua secondari è indipendente dalla struttura del fiume principale;
- in entrambi i casi gli acquiferi sono vincolati lateralmente dalla presenza del substrato roccioso;
- il sistema idrogeologico del Brembo è caratterizzato dalla presenza di un primo acquiclude, di tipo freatico, individuabile nei depositi alluvionali affioranti e un secondo livello acquifero ridotto in spessore, di tipo artesiano, compreso fra il substrato roccioso e uno strato argilloso di notevole entità.

La ricarica dell'acquifero avviene per infiltrazione diretta dai terreni circostanti, trattandosi di materiale grossolano discontinuamente ricoperto da terreno limoso.

- nelle valli secondarie l'andamento del tetto del substrato roccioso è articolato localmente per la presenza di morfologie sepolte (tipo paleocanyon) suturate da depositi argillosi e ghiaioso-conglomeratici; la ricarica dell'acquifero in tali casi dipende dall'andamento del substrato roccioso nelle strutture sepolte e dalla geometria dei depositi superficiali. La ricarica dell'acquifero avviene per infiltrazione diretta dalle formazioni rocciose di monte, trattandosi di litotipi a permeabilità secondaria elevata (connessa con il sistema di fratturazione e con i fenomeni di carsificazione). Lo spessore dell'acquifero (artesiano) è in stretta relazione con la morfologia sepolta in cui si sono impostate le valli secondarie.

8.3 Piezometria

Non si ritiene significativo realizzare una carta delle isopiezometriche considerando i livelli freatici rinvenuti nei pozzi presenti sul territorio comunale in quanto, come visibile nelle sezioni idrogeologiche, i bacini idrogeologici sono indipendenti fra loro.

I pozzi ubicati in località Ghiaie sono legati alla struttura idrogeologica creata dai sedimenti del fiume Brembo, mentre il pozzo di Foresto II è totalmente sviluppato in roccia. Il pozzo di Ronco Basso mostra una situazione simile a quella indagata anche se la morfologia sepolta (paleocanyon) è più evidente; infatti il substrato roccioso in tal caso è stato rinvenuto ad una profondità di circa 60 m.

Analizzando comunque i livelli piezometrici relativi ai soli pozzi ubicati nei pressi del fiume Brembo si evince che:

- la soggiacenza della falda è circa 1,5 m;
- il fiume Brembo è un limite idrogeologico, infatti i livelli piezometrici sono in linea con la quota topografica dell'alveo, ciò consente di definire un'azione alimentante del fiume verso l'acquifero di subalveo;
- allontanandosi dall'alveo è possibile invece che esso venga alimentato da infiltrazioni dirette da monte tramite i depositi fluvioglaciali;

- l'andamento della superficie piezometrica ha presumibilmente una direzione all'incirca N-S con andamento parallelo al corso d'acqua;
- l'andamento della superficie piezometrica è condizionato lateralmente dalla presenza del substrato roccioso.

8.4 Permeabilità

Alle varie unità litologiche individuate all'interno del territorio comunale corrispondono diverse classi di permeabilità, valutate sulla base delle caratteristiche geologiche e strutturali per il substrato roccioso, e granulometriche per i depositi superficiali. Sono state quindi definite n. 4 classi di permeabilità, per le quali è stato attribuito un range di variazione della conducibilità idraulica (permeabilità).

- Terreni con permeabilità per porosità da elevata a buona ($k \geq 10^{-2}$ m/s): depositi alluvionali grossolani del Brembo e conglomerati presenti lungo le scarpate che delimitano le aree terrazzate;
- Terreni con permeabilità per porosità da media a bassa (10^{-5} m/s $< k \leq 10^{-4}$ m/s): depositi presenti il margine esterno del terrazzo su cui si sviluppa il centro edificato del comune: trattasi dei depositi appartenenti all'Unità di Brembate, al supersistema della Colma al Piano e del sistema di Brembate;
- Terreni con permeabilità per porosità da bassa a molto bassa (10^{-7} m/s $\leq k \leq 10^{-5}$ m/s): depositi appartenenti al Supersistema di Palazzago e di Almè.
- Rocce con permeabilità per fratturazione da buona a media (10^{-5} m/s $\leq k \leq 10^{-3}$ m/s): substrato roccioso carbonatico (Calcere di Domaro, Moltrasio, Sedrina, Maiolica, Sass de la Luna, Formazione di Sogno e dell'Albenza);
- Rocce con permeabilità per fratturazione da bassa a molto bassa (10^{-7} m/s $\leq k \leq 10^{-5}$ m/s): substrato roccioso cretacico.

8.5 Vulnerabilità dell'acquifero

La vulnerabilità intrinseca dell'acquifero esprime la caratteristica con cui un inquinante generico riesce a raggiungere un acquifero.

Sul territorio comunale di Villa d'Almé non sono presenti sorgenti captate; i versanti caratterizzati da emergenze idriche non captate (individuata cartograficamente), hanno una struttura idrogeologica come schematizzato:

- Lungo i versanti, la circolazione idrica si sviluppa nel substrato roccioso carbonatico (calcereo e calcereo marnoso) e, in subordine, nei depositi superficiali;
- la circolazione in roccia è possibile per una significativa fessurazione del substrato roccioso, determinata dalla stratificazione e dalla presenza di sistemi di fratturazione che rappresentano spesso delle linee di drenaggio preferenziale;
- i depositi superficiali possono essere sede di falde superficiali, con alimentazione ridotta, a copertura di rocce a bassa permeabilità anche secondaria;
- in prossimità del fiume Brembo, in località Ghiaie, l'acquifero è maggiormente produttivo e contenuto nel materasso alluvionale.

Il grado di vulnerabilità dipende essenzialmente da vari fattori:

Permeabilità della zona non satura: la protezione della falda è condizionata dalla permeabilità, primaria e secondaria, dell'ammasso roccioso, dallo spessore e dalla permeabilità di eventuali depositi superficiali e dalla presenza di suoli argillosi. I versanti che caratterizzano l'abitato di Villa d'Almé sono principalmente costituiti da un substrato roccioso calcereo-marnoso (permeabilità intrinseca media), ricoperto da depositi eluvio-colluviali o di versante generalmente con spessori variabili. Tale situazione garantisce comunque una discreta protezione della falda (vulnerabilità medio-bassa). La porzione di territorio di fondovalle è costituita da depositi di versante e coperture fini, limoso-argillose, che offrono discrete garanzie di protezione (vulnerabilità medio-bassa). L'area di pertinenza fluviale, costituita da depositi ghiaiosi senza terreni di copertura, risulta quella maggiormente vulnerabile (vulnerabilità medio-alta).

Soggiacenza della falda: i valori di soggiacenza sono valutabili solo nel settore di competenza del Brembo avendo a disposizione i dati relativi ai pozzi presenti in tale area: il livello freatico è circa 1,5 m.

Caratteristiche idrogeologiche dell'acquicluda: l'acquifero freatico (considerando quello principale del Brembo) possiede permeabilità elevata ma è vincolato a letto da depositi argillosi che impediscono eventuali diffusioni di inquinanti; gli orizzonti acquiferi dei sistemi idrogeologici delle valli minori sono generalmente contenuti da orizzonti argillosi che ne garantiscono la protezione.

Presenza di corpi idrici superficiali: in corrispondenza della piana alluvionale del Brembo, il grado di vulnerabilità è elevato a causa della funzione alimentante del fiume rispetto all'acquifero.

8.6 Forme, processi ed elementi legati alla presenza delle acque profonde

Sorgente non captata

Sono segnalate con apposita simbologia, le emergenze idriche naturali, non captate.

Captazioni abbandonate

Sono riportate le captazioni abbandonate, ubicate sul versante settentrionale del Monte dei Giubilini.

Sorgenti ad uso potabile - fonti di approvvigionamento idrico pubbliche

Sul territorio comunale insistono n. 2 pozzi pubblici asserviti all'acquedotto, entrambi ubicati in località Ghiaie.

Captazioni idrominerali

Sul territorio comunale sono attualmente presenti n. 2 captazioni idriche autorizzate per l'imbottigliamento e la vendita di acque minerali naturali, commercializzate dalla Fonti Prealpi S.p.A. con le denominazioni di acqua minerale naturale Sorgente Orobica e acqua minerale naturale Fonte Prealpi.

Trattasi di due pozzi, entrambi ubicati in località Ghiaie del comune di Villa d'Almé.

Area in concessione mineraria

È stata perimetrata per opportuna conoscenza la perimetrazione dell'area in concessione mineraria "Monte dei Giubilini" rilasciata alla società Fonte Prealpi Spa, entro la quale ricadono le emergenze idriche riconosciute ed autorizzate come acque minerali naturali.

9 ANALISI DEL VIGENTE QUADRO DEL DISSESTO E FASCE FLUVIALI CARTA PAI PGRA

La d.g.r. n. X/6738 del 19.06.2017 – Disposizioni regionali concernenti l'attuazione del Piano di Gestione dei Rischi di Alluvione (PGRA) nel settore urbanistico, prevede il recepimento delle mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni di cui al PGRA e il quadro conoscitivo vigente del PAI, in sede di attuazione degli strumenti pianificatori comunali.

9.1 Dissesti

Nel corso delle indagini condotte per la definizione delle caratteristiche geologico – geomorfologiche del territorio comunale è stato confermato il quadro del dissesto riportato nella vigente “Carta dei dissesti con legenda PAI”.

Localmente sono stati effettuati interventi di sistemazione e consolidamento dei versanti (strada del giro del Monte) che hanno consentito di migliorare le condizioni generali di stabilità dei versanti: gli elementi di dissesto sono stati mantenuti, in quanto trattasi di aree di frana di limitata estensione (per lo più frane non fedelmente cartografabili), a conferma della fragilità generale del pendio.

9.2 Sintesi carta del dissesto con legenda uniformata PAI

I dissesti attivi, quiescenti o stabilizzati, morfologicamente significativi e fedelmente cartografabili alla scala di lavoro, sono stati inseriti nella carta del dissesto con legenda uniformata PAI, secondo lo schema riportato nella tabella seguente:

tipologia di dissesto	pericolosità	Dissesto con legenda uniformata PAI
Aree soggette a crollo di massi	H3-H5	Fa – frana attiva
Frana attiva non fedelmente cartografabile	H3-H5	Fa – frana attiva non perimetrata

9.3 Fasce fluviali

9.3.1 Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) - Fasce PAI

Il fiume Brembo è sottoposto ai vincoli introdotti dal “Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico - Delimitazione delle fasce fluviali”, adottato con Deliberazione n. 18 del 26/4/2001 del Comitato istituzionale dell’Autorità di Bacino ed approvato con D.P.C.M. in data 24.05.20001, per la presenza di fasce fluviali di possibile esondazione, identificate utilizzando i seguenti criteri:

- Fascia A: alveo sede della piena, calcolata con tempo di ritorno di 20 anni, ove fluisce almeno l'80% di tale portata, ovvero costituita dall'insieme delle forme fluviali riattivabili durante la piena. All'esterno di tale fascia la velocità della corrente deve essere minore o uguale a 0.4 m/s (criterio prevalente nei corsi d'acqua mono o pluricursali);
- Fascia B: fascia di esondazione (piena con tempo di ritorno di 200 anni) estesa al territorio con quota topografica corrispondente al livello idrico della piena di riferimento, ovvero sino alle opere idrauliche esistenti o programmate (fascia B di progetto), dimensionate per la stessa portata.
- Fascia C: aree di inondazione per piena catastrofica delimitate sulla base della piena con un tempo di ritorno di 500 anni.

Le fasce PAI, definite dall'Autorità di Bacino del Fiume Po nel 2001, interessano e vincolano alcune porzioni territoriali lungo il corso del fiume Brembo.

Fascia A

La fascia A interessa per lo più l'asta fluviale del fiume Brembo per tutto il tratto settentrionale del territorio, ove i limiti esterni di fascia A e fascia B coincidono; verso sud la fascia A si estende a comprendere parte della località Ghiaie e a zona immediatamente a valle di Via Gotti.

Fascia B

Il limite esterno di fascia B coincide con il limite di fascia A fino a ridosso con il confine con Almé (a sud del territorio comunale di Villa d'Almé) dove la fascia

B è individuata su una porzione areale di limitata estensione é, a sud di località Ghiaie.

Fascia C

La fascia C corrisponde ad un'area a sviluppo continuo in sinistra idrografica che diparte dal confine nord del territorio comunale e comprende la frazione di Campana, la piana in località Fonderia; il versante e la piana a valle di Via Ventolosa e l'area compresa fra Via Boccaline e Via Gotti.

9.4 Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA)

Il Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) è lo strumento operativo previsto dalla legge italiana, per individuare e programmare le azioni necessarie a ridurre le conseguenze negative delle alluvioni per la salute umana, il territorio, i beni, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche e sociali (d.lgs. n. 49 del 2010), in attuazione della Direttiva Europea 2007/60/CE, "Direttiva Alluvioni".

Il PGRA (PGRA 2015) è stato adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Po con delibera n. 4 del 17 dicembre 2015 e definitivamente approvato con d.p.c.m. del 27 ottobre 2016; la prima revisione per il periodo 2022-2027 è stata adottata dalla Conferenza Istituzionale Permanente dell'Autorità di bacino distrettuale del Fiume Po con deliberazione n. 3 del 29 dicembre 2020 e approvata con deliberazione n. 5 del 20 dicembre 2021.

Il PGRA contiene la mappatura delle aree allagabili, classificate sulla base dei seguenti scenari di pericolosità:

- aree P3 (scenario H): alta probabilità – alluvioni frequenti con $Tr=20-50$ anni;
- aree P2 (scenario M): media probabilità – alluvioni poco frequenti con $Tr=100-200$ anni;
- aree P1 (scenario L): bassa probabilità – rare con $Tr=500$ anni.

Le mappe identificano ambiti territoriali omogenei distinti per caratteristiche ed importanza del reticolo idrografico, per la tipologia e la gravità dei processi di alluvioni prevalenti ad esso associati:

- Reticolo idrografico principale (RP);

- Reticolo idrografico secondario collinare e montano (RSCM);
- Reticolo idrografico secondario di pianura artificiale (RSP);
- Aree costiere lacuali (ACL).

Le mappe del rischio di alluvioni indicano le potenziali conseguenze negative derivanti dell'evento alluvionale.

La sintesi dei diversi scenari di inondazione individuati dal PGRA ed il confronto con le aree PAI è di seguito schematizzata:

direttiva alluvioni		pericolosità	Ambiti territoriali				
scenario	Tr (anni)	classe	RP	RSP	ACL	ACM	RSCM (legenda PAI)
			Tempi di ritorno (anni)				Tipologia dissesto
Elevata probabilità di alluvioni - H	20-50 frequente	P3 elevata	10-20	Fino a 50	15	10	Ee, Ca, RME
Media probabilità di alluvioni - M	100-200 poco frequente	P2 media	100-200	50-200	100	100	Eb, Cp
Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi - L	> 500 o massimo storico registrato raro	P1 bassa	500		storico registrato	>100	Em, Cn

Con la DGR X/6738/2017 la Regione Lombardia ha approvato le disposizioni concernenti l'attuazione del PGRA in ambito regionale. In particolare viene evidenziata la necessità di individuare, attraverso la sovrapposizione tra il nuovo quadro conoscitivo derivante dal PGRA e quelli propri del PAI e dello strumento urbanistico comunale vigente (comprensivo di eventuali studi di dettaglio), le aree allagabili, le norme che ne regolamentano l'uso garantendo la tutela di persone e beni.

La DGR X/6378 assimila le aree esondabili alle fasce PAI, secondo il seguente schema:

- le aree P3/H del "PGRA" alla Fascia A PAI;
- le aree P2/M del "PGRA" alla Fascia B PAI;
- le aree P1/L del "PGRA" alla Fascia C PAI.

In particolare:

- nelle aree interessate da alluvioni frequenti (aree P3/H), si applicano le limitazioni e prescrizioni previste per la Fascia A dalle norme di cui al “Titolo II – Norme per le fasce fluviali”, delle NdA del PAI;
- nelle aree interessate da alluvioni poco frequenti (aree P2/M), si applicano le limitazioni e prescrizioni previste per la Fascia B dalle norme del “Titolo II – Norme per le fasce fluviali”, delle NdA del PAI;
- nelle aree interessate da alluvioni rare (aree P1/L), si applicano le disposizioni di cui all’art. 31 delle NdA del PAI.

Gli scenari H, M e L individuati lungo l’asta del fiume Brembo nel territorio comunale di Villa d’Almé, hanno buona corrispondenza con le fasce fluviali del PAI, ad eccezione di alcuni locali scostamenti.

Elevata probabilità di alluvioni H

L’area a classe di pericolosità elevata interessa per lo più l’asta fluviale del fiume Brembo, alveo di piena ordinaria e comprende talora alcune porzioni areali a ridosso del corso d’acqua, rilevate rispetto allo stesso.

L’area ad elevata pericolosità P3 e la fascia A sono per lo più coincidenti a partire dal confine settentrionale del territorio comunale e fino a località Ghiaie, ad eccezione di lievi scostamenti, nei tratti in cui il limite esterno di fascia A e B coincidono e comprendono un areale più esteso dell’area ad elevata probabilità di esondazione - tratto settentrionale tra le località Campana e Fonderia; e nei tratti in cui il limite esterno di fascia A e B coincidono e comprendono un areale meno esteso dell’area ad elevata probabilità di esondazione - breve tratto areale in corrispondenza dell’abitato di località Fonderia.

A sud dell’abitato, in località Ghiaie, i limiti esterni di fascia A e B comprendono la zona industriale dell’ex linificio, estendendosi maggiormente rispetto all’area P3/H individuata dal PGRA che individua l’alveo attivo del fiume Brembo.

Media probabilità di alluvioni M

Le aree a media probabilità di alluvioni – M sono individuate da PRGA in sinistra idrografica del Brembo ed individuano una stretta fascia perimetrale all’alveo attivo.

Nella porzione più meridionale del territorio comunale, in località Ghiaie, la delimitazione dell'area a scenario M è molto vasta ed interessa le abitazioni ubicate immediatamente a valle del ponte per Almenno San Salvatore, l'intera area industriale dell'ex linificio e la fascia areale a verde, sede dei pozzi idrominerali eserciti dalla Fonti Prealpi S.r.l.

Scarsa probabilità di alluvioni L

Le aree a bassa pericolosità P1/L, volta ad individuare le aree allagabili in caso di eventi di piena con carattere di eccezionalità ($Tr=500$ anni), sono più ampie rispetto all'asta fluviale ed interessano sia porzioni di versanti non edificati, sia aree urbanizzate. Tali zone, ben coincidenti con la fascia C del PAI, comprendono la frazione di Campana, la piana in località Fonderia; il versante e la piana a valle di Via Ventolosa e l'area compresa fra Via Boccaline e Via Gotti.

9.5 Studi idraulici di dettaglio.

Per incarico dell'Amministrazione comunale, nel febbraio 2008 è stato effettuato dallo scrivente e dallo Studio di Ingegneria Bosi e Associati, uno studio di supporto alla valutazione del rischio idraulico secondo le metodologie di cui all'Allegato 4 dei criteri attuativi della l.r. 12/05, per l'area sita in località Ghiaie. La zona, occupata in buona parte dallo storico insediamento industriale del Linificio Canapificio Nazionale, è perimetrata all'interno del centro edificato del Comune di Villa d'Almé ed è inserita in fascia A e, parzialmente, in fascia B del PAI.

Ai sensi dell'art. 39 delle NTA del PAI, recante "Interventi urbanistici e indirizzi alla pianificazione urbanistica" qualora all'interno dei centri edificati ricadano aree comprese nelle Fasce A e/o B, l'Amministrazione comunale è tenuta a valutare, d'intesa con l'autorità regionale o provinciale competente in materia urbanistica, le condizioni di rischio, provvedendo, qualora necessario, a modificare lo strumento urbanistico al fine di minimizzare tali condizioni di rischio.

Lo studio è stato opportunamente esteso a ricomprendere il bacino idrogeologico del fiume Brembo: gli elementi conoscitivi di carattere geologico-ambientale ed idrogeologico sono stati definiti sulla base di studi esistenti e di rilievi di dettaglio

eseguiti in zona; i dati idraulici sono stati desunti dal “Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico - Delimitazione delle fasce fluviali”, approvato con Deliberazione n. 18 del 26/4/2001 e dal successivo “Studio di fattibilità della sistemazione idraulica: del fiume Adda nel tratto da Olginate alla confluenza in Po; del fiume Brembo nel tratto da Lenna alla confluenza in Adda; del fiume Serio nel tratto da Parre alla confluenza in Adda” redatto dalle Società MWH, Binini, CCI, Geodes, RATI su incarico dell'Autorità di Bacino del fiume Po.

Lo studio si compone di due parti: nella prima sono stati individuati e descritti i lineamenti generali della porzione di bacino idrografico a monte dell'area di interesse, definendone i principali aspetti fisiografici, morfologici, geologici e strutturali, idrografici e climatici. Particolare attenzione è stata posta nell'esame delle caratteristiche idrologiche della zona, fondamentali per la successiva fase di elaborazione del reale grado di rischio in località Ghiaie del Comune di Villa d'Almé.

L'acquisizione dei dati di base si è sviluppata a partire dalla ricerca bibliografica per proseguire con rilievi direttamente sul terreno. Lo studio ha previsto una prima fase di inquadramento territoriale dell'area, con descrizione delle caratteristiche generali del bacino idrografico e di dettaglio dell'area di interesse; sono stati riportati i dati relativi alle portate di piena ed al trasporto solido (ripresi dallo Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Brembo nel tratto da Lenna alla confluenza in Adda), le valutazioni idrauliche, le perimetrazioni delle aree esondabili e le conseguenti valutazioni di compatibilità idraulica.

La corografia generale del bacino idrografico del fiume Brembo è stata effettuata sulla base topografica in scala 1:50.000; la cartografia di inquadramento dell'area, in un intorno significativo della stessa, è stata redatta su base C.T.R. restituita alla scala 1:5.000; l'individuazione delle aree esondabili e degli interventi di progetto è stata effettuata sul rilievo topografico in scala 1:1.000 e sulle relative sezioni, realizzate con interasse di circa 80 m a copertura del tratto di interesse. Le sezioni sono state posizionate sulla medesima traccia delle sezioni riportate dal PAI (individuate con le sigle 41 01, 41, 40 01, 40 e 39), riferendo le quote al sistema regionale; per garantire un maggiore dettaglio, tra le sezioni sopra indicate sono state realizzate ulteriori 5 sezioni topografiche.

I livelli idrici al colmo delle sezioni per tempi di ritorno $Tr=200$ anni, sono stati calcolati nello Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Brembo, nel tratto di interesse, per le sezioni considerate. La modellizzazione idraulica tiene conto delle caratteristiche morfometriche delle aree di interesse, degli apporti idrici da parte di corsi d'acqua tributari, dei caratteri morfologici, litologici ed idraulici del tratto di fiume considerato.

Lo studio idraulico, attualmente recepito nel PGT vigente, ha portato alla individuazione di zone potenzialmente allagabili direttamente ed indirettamente in caso di piena con tempi di ritorno di 200 anni.

Individuazione aree esondabili ($Tr=200$ anni)

La valutazione del rischio idraulico per l'area di studio ha permesso di verificare le superfici potenzialmente allagabili considerando piene straordinarie con tempi di ritorno pari a 200 anni nelle condizioni morfologiche e topografiche attualmente riscontrate nella zona di interesse, in un intorno significativo della stessa.

Il calcolo dei livelli di massima piena ricavati per le sezioni di interesse (Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Brembo nel tratto da Lenna alla confluenza in Adda) ha permesso di evidenziare, a partire da un rilievo topografico dettagliato, le superfici potenzialmente soggette ad allagamento.

Dal ponte di collegamento tra gli abitati di Villa d'Almé ed Almenno San Salvatore, un reale rischio di esondazione è stato individuato in un'area verde, caratterizzata da una quota digradante verso valle, dalla quota di 247 m s.l.m. a 246 m s.l.m., che, verso est, si raccorda ad una zona residenziale edificata, tramite una scarpata. La zona a verde è in buona parte soggetta ad esondazione diretta da monte per eventi calcolati con tempi di ritorno pari a 200 anni; l'area edificata (località Casella) risulta protetta.

A valle del tratto descritto, il fiume Brembo riceve le acque dello scolmatore del canale di alimentazione della centrale elettrica del Linificio e Canapificio Nazionale (derivata a monte), unitamente alle acque provenienti dal torrente Gaggio: il possibile innalzamento del livello idrico del fiume Brembo causa un'inversione della direzione di flusso dall'alveo verso l'interno, a risalire per un tratto lungo il canale ed il letto del torrente Gaggio: il fenomeno di rigurgito delle acque può causare

l'allagamento di una ristretta porzione di territorio a monte dello stesso, fino alle quote di 246,2 m s.l.m.

La porzione areale sede dell'insediamento industriale (Linificio Canapificio Nazionale) non è soggetta ad allagamenti in caso di eventi di piena con $Tr=200$ anni: le acque si mantengono al limite esterno dell'area produttiva, il franco tra il livello idrico e la quota topografica della zona è talora ridotto, comunque dell'ordine di alcuni decimetri.

La parte meridionale della zona di studio, in prossimità del confine comunale con Almé, può essere soggetta ad allagamenti.

Il lavoro di valutazione di compatibilità idraulica delle previsioni urbanistiche e delle proposte di uso del suolo nelle aree a rischio idraulico, ha individuato planimetricamente, in scala 1:1.000, le aree non soggette ad allagamento, individuando le zone ove le quote del terreno garantiscono un franco di +50 cm, +70 cm e +100 cm rispetto alla quota del livello di piena calcolato con $Tr=200$ anni.

I criteri di cui all'allegato 4 della L.R. 12/2005 non prevedono l'applicazione di un grado di pericolosità in assenza di fenomeni esondivi; pur in assenza di condizioni di pericolosità è stata cautelativamente attribuita una classe di rischio R3 a tutte le aree non sottoposte a fenomeni esondivi, indipendentemente dal franco misurato.

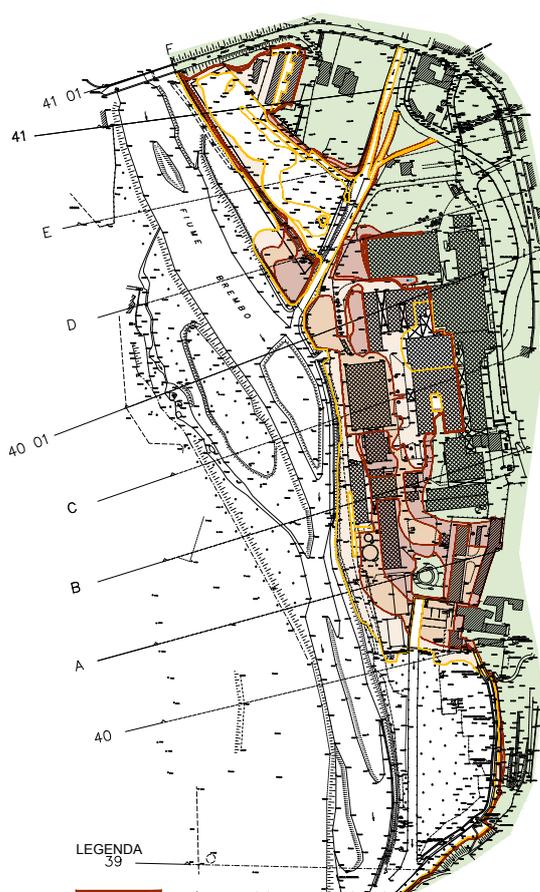
Alle superfici potenzialmente soggette ad allagamenti, che per altezza media dell'acqua attesa e velocità della stessa sarebbero rientrate in classe di pericolosità moderata, è stata cautelativamente attribuita una classe di rischio R4.

Alle aree idraulicamente verificate in caso di eventi di piena calcolata con tempo di ritorno di 200 anni ed ubicate in posizione protetta per posizione o quota altimetrica, non è stato attribuito alcun grado di rischio.

Sulla base della perimetrazione delle aree sottoposte a rischio idraulico individuate dal predetto studio, è stata progettata e realizzata un'arginatura finalizzata a garantire un franco di sicurezza tra la massima quota idrica calcolata per eventi piena del fiume Brembo con $Tr=200$ anni e le aree sottese di località Ghiaie, sottoposte a classe di rischio R3. L'opera di difesa spondale è stata realizzata e certificata come da Certificato di Regolare Esecuzione redatto dal direttore lavori Ing. Giovanni

Bosi e sottoscritto in data 05.08.2011 dall'impresa appaltatrice F.lli Rota Nodari S.p.A. e dal Responsabile Unico Procedimento del Comune di Villa d'Almé.

La perimetrazione del grado di rischio idraulico (R3 ed R4), rivista in seguito alla realizzazione dell'opera di difesa spondale, è stata recepita nella variante del 2012 del PGT comunale.



LEGENDA

39

-  Area con quota terreno compresa tra quota livello di piena con Tr = 200 anni + 50cm e quota livello di piena con Tr = 200 anni + 70cm
-  Area con quota terreno compresa tra quota livello di piena con Tr = 200 anni + 70 cm e quota livello di piena con Tr = 200 anni + 100cm
-  Area con quota terreno compresa tra quota livello di piena con Tr = 200 anni + 100cm e quota livello di piena con Tr = 200 anni + 130cm
-  Area con quota terreno superiore a livello di piena con Tr = 200 anni + 100cm

Quote terreno sopra il livello di piena (Tr=200)



LEGENDA

39

-  Area livello di rischio 4
-  Area livello di rischio 3

Carta del rischio idraulico

10 INDAGINI GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E SISMICHE

10.1 Criteri di indagine

La valutazione delle caratteristiche geotecniche e geomeccaniche dei depositi superficiali e del substrato roccioso è stata effettuata sulla base di indagini in sito effettuate dallo scrivente all'interno del territorio comunale, unitamente ad altre campagne di indagine fornite dall'ufficio tecnico comunale, a supporto di interventi edilizi pubblici e privati.

Per gli approfondimenti sismici previsti nel presente studio, sono stati raccolti, informatizzati ed analizzati tutti i dati di sottosuolo disponibili, ritenuti significativi.

Le indagini in sito di nuova acquisizione consistono in:

- n. 9 prove penetrometriche dinamiche DPSH;
- n. 7 profili di sismica multicanale (MASW) con associate n. 7 indagini di sismica passiva con metodologia HVSR.

L'ubicazione delle nuove indagini ha tenuto conto della distribuzione dei dati delle indagini già disponibili, oltre che della conformazione geologica e geomorfologica del territorio comunale.

La localizzazione delle indagini è riportata nella Tav. 4.

I dati a disposizione sono stati utilizzati per definire le unità del sottosuolo, sia qualitativamente (granulometrie e litologie) che quantitativamente, attribuendo dei parametri geotecnici di prima caratterizzazione (tramite un range di valori). Tali valutazioni sono da ritenersi orientative, da verificare per ciascun sito interessato da qualsiasi progetto.

10.2 Indagini geognostiche pregresse

I dati geognostici esistenti, censiti a livello comunale, si riferiscono a:

- n. 87 prove penetrometriche dinamiche superpesanti DPSH;
- n. 2 prove penetrometriche dinamiche medie DPM;
- n. 5 prove penetrometriche dinamiche leggere DPL;
- n. 4 sondaggi a carotaggio continuo;
- prove in foro tipo SPT;

- rilievi geologici-geomeccanici;
- n. 7 stendimenti sismici MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves);
- n. 1 stendimento sismico ReMi (Refraction Microtremor);
- n. 1 prospezione di sismica a rifrazione;
- n. 14 indagine di sismica passiva HVSR (Horizontal to Vertical Spectrum Ratio).

10.3 Indagini geognostiche di nuova acquisizione

Sono state effettuate nuove indagini geognostiche per ricostruire nel dettaglio l'assetto litostratigrafico, geotecnico e geofisico del terreno da utilizzare nei diversi livelli di analisi sismica (spessore e litologia delle coperture, caratteristiche geotecniche, ricostruzione dell'andamento delle onde di taglio Vs, determinazione della $V_{s,eq}$).

Le indagini sono state localizzate in aree scarsamente indagate, con la finalità di infittire la maglia dei dati geognostici disponibili e di individuare zone omogenee dal punto di vista litostratigrafico e geotecnico.

10.3.1 Prove penetrometriche dinamiche DPSH

Strumentazione utilizzata e ubicazione delle prove

L'attrezzatura con cui sono state eseguite le prove penetrometriche dinamiche (standard DPSH - ISSMFE) ha le seguenti caratteristiche:

- peso del maglio: 63,5 kg
- altezza di caduta: 75 cm
- lunghezza aste: 1,0 m
- diametro aste: 32 mm
- diametro della punta conica: 50,5 mm
- angolo della punta: 90°
- penetrazione standard: 20 cm

La resistenza all'avanzamento della punta e le relative profondità sono registrate durante l'indagine. Durante l'esecuzione delle prove è stato controllato che le aste girassero liberamente durante l'avanzamento e non presentassero punti di

attrito con le pareti del foro. Lo 0,0 di ciascuna prova corrisponde alla quota del piano campagna presente nel punto di indagine; i dati ed i grafici delle prove sono riportati in allegato, l'ubicazione e la profondità raggiunte sono di seguito schematizzate:

n. prova penetrometrica dinamica DPSH	Località	Profondità di indagine (m da p.c.)
PP1	Caserma Carabinieri	5,0
PP2	Via Roma	3,4
PP3	Via Ronco Basso	7,6
PP4	Via Gnera	8,6
PP5	Via Donizetti	10,6
PP6	Via Ripa	3,2
PP7	Linificio	3,0
PP8	Via Sigismondi	8,2
PP9	Via Mazzi	6,0

10.3.2 Prova sismica multicanale MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)

Ubicazione e caratteristiche geometriche degli stendimenti

Gli stendimenti MASW eseguiti presentano le seguenti caratteristiche:

Stendimento	Località	Lunghezza stendimento (m)	n. geofoni	Distanza intergeofonica (m)	Off-sets sorgenti (da ciascun estremo) (m)	
					Lato g1	Lato g24
MASW1	Caserma Carabinieri	46	24	2	5	10
MASW2	Via Roma	46	24	2	2	10
MASW3	Via Ronco Basso	46	24	2	2	10
MASW4	Via Gnera	46	24	2	2	10
MASW5	Via Donizetti	46	24	2	2	10
MASW6	Via Ripa	46	24	2	2	10
MASW7	Linificio	46	24	2	2	10

Metodologia

Nella maggior parte delle indagini sismiche per le quali si utilizzano le onde compressive, più di due terzi dell'energia sismica totale generata viene trasmessa

nella forma di onde di Rayleigh, la componente principale delle onde superficiali. Ipotizzando una variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale ha una diversa velocità di propagazione (chiamata velocità di fase) che, a sua volta, corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda per ciascuna frequenza che si propaga. Questa proprietà si chiama dispersione.

Sebbene le onde superficiali siano considerate rumore per le indagini sismiche che utilizzano le onde di corpo (riflessione e rifrazione), la loro proprietà dispersiva può essere utilizzata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali.

La costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio (V_s), ottenuto dall'analisi delle onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh è una delle pratiche più comuni per utilizzare le proprietà dispersive delle onde superficiali. Questo tipo di analisi fornisce i parametri fondamentali comunemente utilizzati per valutare la rigidità superficiale, una proprietà critica per molti studi geotecnici.

L'intero processo comprende tre passi successivi: L'acquisizione delle onde superficiali (ground roll), la costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza) e l'inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle V_s .

Per ottenere un profilo V_s bisogna produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarlo minimizzando il rumore. Una molteplicità di tecniche diverse è stata utilizzata nel tempo per ricavare la curva di dispersione, ciascuna con i suoi vantaggi e svantaggi.

L'inversione della curva di dispersione viene realizzata iterativamente, utilizzando la curva di dispersione misurata come riferimento sia per la modellizzazione diretta che per la procedura ai minimi quadrati.

Dei valori approssimati per il rapporto di Poisson e per la densità sono necessari per ottenere il profilo verticale V_s dalla curva di dispersione e vengono solitamente stimati utilizzando misure prese in loco o valutando le tipologie dei materiali.

Quando si generano le onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh, vengono generate anche una molteplicità di tipi diversi di onde. Fra queste le onde di corpo, le onde superficiali non piane, le onde riverberate (back

scattered) dalle disomogeneità superficiali, il rumore ambientale e quello imputabile alle attività umane.

Le onde di corpo sono in vario modo riconoscibili in un sismogramma multicanale. Quelle rifratte e riflesse sono il risultato dell'interazione fra le onde e l'impedenza acustica (il contrasto di velocità) fra le superfici di discontinuità, mentre le onde di corpo dirette viaggiano, come è implicito nel nome, direttamente dalla sorgente ai ricevitori (geofoni).

Le onde che si propagano a breve distanza dalla sorgente sono sempre onde superficiali. Queste onde, in prossimità della sorgente, seguono un complicato comportamento non lineare e non possono essere trattate come onde piane.

Le onde superficiali riverberate (back scattered) possono essere prevalenti in un sismogramma multicanale se in prossimità delle misure sono presenti discontinuità orizzontali quali fondazioni e muri di contenimento. Le ampiezze relative di ciascuna tipologia di rumore generalmente cambiano con la frequenza e la distanza dalla sorgente. Ciascun rumore, inoltre, ha diverse velocità e proprietà di attenuazione che possono essere identificate sulla registrazione multicanale grazie all'utilizzo di modelli di coerenza e in base ai tempi di arrivo e all'ampiezza di ciascuno.

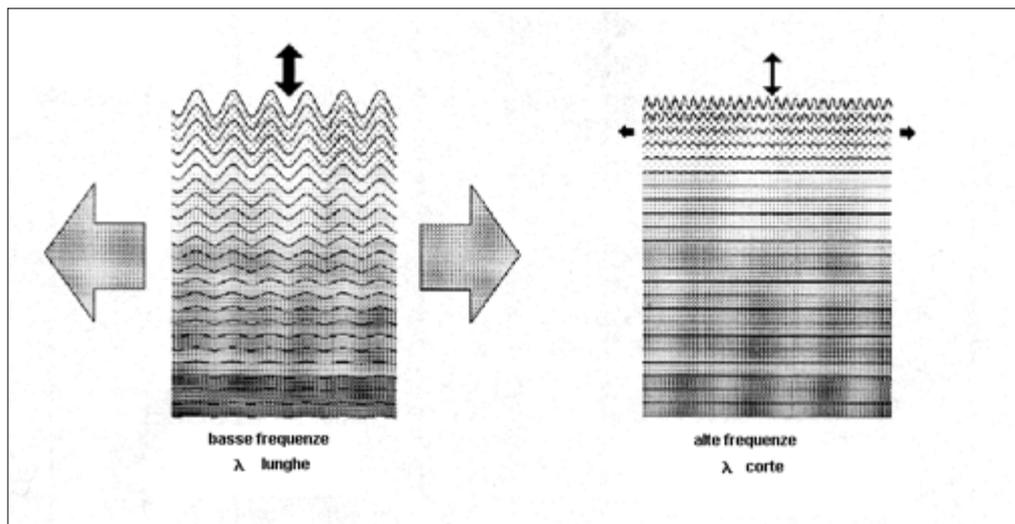
La scomposizione di un campo di onde registrate in un formato a frequenza variabile consente l'identificazione della maggior parte del rumore, analizzando la fase e la frequenza dipendentemente dalla distanza dalla sorgente.

La scomposizione può essere quindi utilizzata in associazione con la registrazione multicanale per minimizzare il rumore durante l'acquisizione. La scelta dei parametri di elaborazione così come del miglior intervallo di frequenza per il calcolo della velocità di fase, può essere fatto con maggiore accuratezza utilizzando dei sismogrammi multicanale. Una volta scomposto il sismogramma, una opportuna misura di coerenza applicata nel tempo e nel dominio della frequenza può essere utilizzata per calcolare la velocità di fase rispetto alla frequenza.

La velocità di fase e la frequenza sono le due variabili (x ; y), il cui legame costituisce la curva di dispersione. È anche possibile determinare l'accuratezza del calcolo della curva di dispersione analizzando la pendenza lineare di ciascuna componente di frequenza delle onde superficiali in un singolo sismogramma. In questo caso MASW permette la miglior registrazione e separazione ad ampia banda ed

elevati rapporti S/N. Un buon rapporto S/N assicura accuratezza nel calcolo della curva di dispersione, mentre l'ampiezza di banda migliora la risoluzione e la possibile profondità di indagine del profilo Vs di inversione.

Le onde di superficie sono facilmente generate da una sorgente sismica quale, ad esempio, una mazza battente. La configurazione base di campo e la routine di acquisizione per la procedura MASW sono generalmente le stesse utilizzate in una convenzionale indagine a riflessione (CMP). Però alcune regole operative per MASW sono incompatibili con l'ottimizzazione della riflessione. Questa similitudine permette di ottenere, con la procedura MASW, delle sezioni superficiali di velocità che possono essere utilizzate per accurate correzioni statiche dei profili a riflessione. MASW può essere efficace con anche solo dodici canali di registrazione collegati a geofoni singoli a bassa frequenza (<10Hz).



L'illustrazione mostra le proprietà di dispersione delle onde di superficie.

Le componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori), sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione, mentre le componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte), hanno meno energia e una penetrazione superficiale. Grazie a queste proprietà, una metodologia che utilizzi le onde superficiali può fornire informazioni sulle variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità.

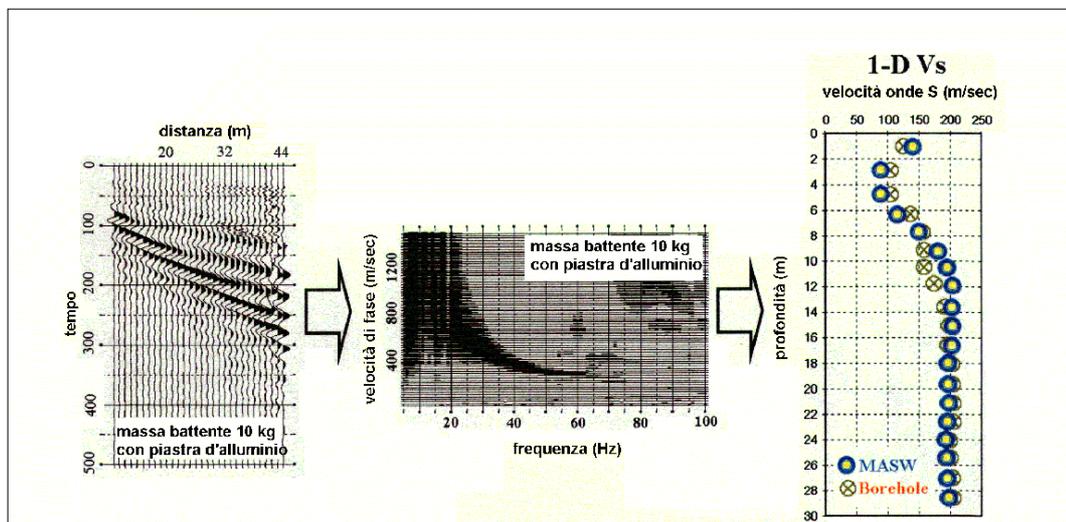
La velocità delle onde S (V_s) è il fattore dominante che governa le caratteristiche della dispersione.

La strumentazione utilizzata è costituita da:

- un sismografo BR24 24 canali;
- 24 geofoni a 4.5Hz con offset pari a 2 m;
- una mazza da 5 Kg.

Il principale vantaggio di un metodo di registrazione multicanale è la capacità di riconoscimento dei diversi comportamenti, che consente di identificare ed estrarre il segnale utile dall'insieme di varie e differenti tipologie di onde sismiche.

Quando un impatto è applicato sulla superficie del terreno, tutte queste onde vengono simultaneamente generate con differenti proprietà di attenuazione, velocità e contenuti spettrali. Queste proprietà sono individualmente identificabili in una registrazione multicanale e lo stadio successivo del processo fornisce grande versatilità nell'estrazione delle informazioni utili.



La procedura MASW può sintetizzarsi in tre stadi distinti:

- acquisizione dei dati di campo;
- estrazione della curva di dispersione;

- inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs (profilo 1-D) che descrive la variazione di Vs con la profondità. Con una curva di colore rosso è stato tracciato il valore di Vs progressiva. Dalla curva si può quindi ricavare il valore di Vs10, Vs20 e così via, e quindi anche il valore di Vs30, quest'ultimo ovviamente alla profondità 30.

Calcolo $V_{s,eq}$

A fronte del profilo delle Vs ricavato mediante lo stendimento sismico MASW, si ricava il valore della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ definita dall'espressione:

$$V_{s,eq} = H / (\sum_{i=1, N} h_i / V_i)$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (m/s) dello strato i – esimo, per un totale di N strati, e H è la profondità del substrato definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzato da Vs non inferiore a 800 m/s. Si precisa che nel caso del territorio di Villa d'Almè, il bedrock è in parte costituito da rocce tenere (marne, argilliti, siltiti, calcari marnosi in alternanza con marne), caratterizzate da valori di Vs inferiori a 800 m/s, mediamente compresi tra 500 e 700 m/s; tuttavia, tali formazioni manifestano comportamento da bedrock sismico anche in caso di Vs < 800 m/s, visto che in genere il contrasto di impedenza sismica tra copertura e bedrock è significativo.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro V_{s30} , ottenuto ponendo $H = 30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

10.3.3 Prova di sismica passiva HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio)

Ciascuna prova è stata effettuata a circa metà degli stendimenti MASW effettuati sul territorio comunale. Il rumore sismico è stato registrato in genere per almeno 20 minuti in condizioni di assenza di vento e pioggia.

I risultati ottenuti dalla prova sono riportati nei successivi paragrafi.

Metodologia

La metodologia sismica HVSR (Horizontal to Vertical Spectrum Ratio) misura il rumore sismico ambientale che è presente ovunque sulla superficie terrestre, ed è prodotto dai fenomeni naturali (onde oceaniche, microterremoti, vento) e dall'attività antropica.

Il rumore sismico ambientale viene anche chiamato microtremore in quanto costituito da oscillazioni di piccolissima ampiezza se confrontate con quelle associate ai terremoti.

La denominazione di sismica passiva dipende dal fatto che il rumore non viene generato artificialmente, come nelle energizzazioni della sismica attiva, ma è presente naturalmente.

In qualsiasi luogo pianeggiante sono sempre presenti delle vibrazioni associate alle onde oceaniche con dei picchi a 0,14 e 0,07 Hz. A questo comportamento spettrale di "fondo", sempre presente in varia forma, e soggetto a scarsissima attenuazione, si sovrappongono le sorgenti locali dovute alle attività antropiche (traffico, macchinari, ecc..) e naturali. L'effetto di queste sorgenti locali è soggetto ad attenuazioni quanto maggiori all'aumentare della frequenza e dovute all'assorbimento anelastico associato all'attrito interno delle rocce e dei terreni.

La metodologia HVSR è stata introdotta da Nakamura (1989) per la determinazione delle frequenze di risonanza dei terreni e la stima dell'amplificazione sismica locale, elementi di grande utilità per l'ingegneria sismica.

La frequenza fondamentale di risonanza (F) dello strato di terreno n è data dalla formula:

$$F_n = V_s / 4 h$$

in cui V_s è la velocità media delle onde S nello strato N ed h è lo spessore.

Teoricamente questo effetto è sommabile cosicché la curva HVSR mostra come massimi relativi le frequenze di risonanza dei vari strati. Questo, insieme ad una stima delle velocità, è in grado di fornire previsioni sullo spessore h degli strati.

Viceversa, nota la stratigrafia è teoricamente possibile fornire una valutazione approssimativa della velocità delle onde S nei singoli strati.

I risultati (grafici) visibili in allegato, sono stati ottenuti mediante impiego di un geofono triassiale ed elaborati con software dedicato; il segnale dei velocimetri

(3) è acquisito in sito per un tempo t , e digitalizzato a 16 bit con due linee di preamplificatori. Per ciascuna delle 3 componenti del moto, il software esegue le seguenti elaborazioni:

- divide il tracciato acquisito in finestre di lunghezza L (in questo lavoro generalmente 26 s);
- elimina il trend da ciascuna finestra;
- fa il “pad” di ciascuna finestra con degli zero;
- calcola la trasformata di Fourier (FFT) per ciascuna finestra;
- calcola lo spettro di ampiezza per ciascuna finestra;
- liscia lo spettro di ogni finestra secondo opportuno smoothing;
- calcola il rapporto spettrale HVSR ad ogni frequenza, per ciascuna finestra. La funzione HVSR finale è data dalle media degli HVSR di ciascuna finestra.

11 QUADRO LITOSTRATIGRAFICO

11.1 Generalità

La struttura litostatigrafica del territorio comunale di Villa d'Almé si caratterizza per la presenza di depositi superficiali sciolti ricoprenti il substrato roccioso: sui versanti gli spessori dei depositi variano da pochi metri nei tratti più acclivi, fino a diversi metri in corrispondenza dove la pendenza del profilo del pendio si attenua; sul fondovalle gli spessori sono mediamente maggiori, ma caratterizzati da elevata variabilità.

I depositi alluvionali a comportamento granulare che caratterizzano il fondovalle inciso dal fiume Brembo e le aree terrazzate adiacenti, sono costituiti in prevalenza da ghiaia e sabbia, talora con matrice fine anche abbondante; in corrispondenza delle scarpate delle aree terrazzate, si osservano limitati affioramenti di conglomerato.

Lungo i versanti sono presenti coperture eluvio-colluviali a comportamento coesivo, in spessori molto variabili a seconda dell'andamento della superficie sepolta del substrato roccioso locale.

All'interno dell'area edificata sono presenti localmente terreni di riporto utilizzati per terrapieni o per livellamenti del piano campagna.

Il substrato roccioso si caratterizza per la presenza prevalente di calcari marnosi e calcari nella parte NW del territorio comunale, per poi passare a marne, peliti, argilliti, calcareniti e arenarie verso E-SE.

11.2 Stratigrafie di dettaglio

Di seguito si riportano alcune descrizioni stratigrafiche ricavate dai dati lito-stratigrafici e geotecnici di nuova acquisizione e forniti dall'amministrazione comunale, scegliendo le indagini più rappresentative per la caratterizzazione del territorio.

I siti i cui dati stratigrafici e geotecnici sono stati utilizzati nelle analisi sismiche di 2° livello previste dai criteri regionali sono stati numerati in ordine progressivo (Sito 1÷13).

Le risultanze delle indagini geofisiche effettuate all'interno del territorio comunale sono riportate al successivo capitolo 12.

Per ciascun punto di indagine (la cui ubicazione è individuata negli elaborati cartografici – Tav. 4) si riporta una sintetica descrizione del sottosuolo investigato.

Caserma Carabinieri – Sito 1

Tipologia di indagine: prove penetrometriche dinamiche DPSH

Da p.c. a -5,0 m ghiaie e ciottoli con matrice sabbioso-limosa, ben addensate ($N_{DPSH} > 20$); la prova è stata interrotta per rifiuto strumentale alla profondità di 5,0 m

Via Roma – Sito 2

Tipologia di indagine: prove penetrometriche dinamiche DPSH

Da p.c. a -3,2 m limo prevalente con subordinata della ghiaia ($N_{DPSH} = 5\div 9$); la prova è stata interrotta per rifiuto strumentale alla profondità di 3,2 m

Via Ronco Basso – Sito 3

Tipologia di indagine: prove penetrometriche dinamiche DPSH

Da p.c. a -1,0 m sabbia e ghiaia ($N_{DPSH} > 20$)

da -1,0 m a -3,0 m	limo argilloso poco addensato ($N_{DPSH} = 4\div 6$)
da -3,0 m a -5,4 m	limo argilloso ghiaioso ben addensato ($N_{DPSH} = 17\div 21$)
da -5,4 m a -7,6 m	limo argilloso ghiaioso ad elevata consistenza ($N_{DPSH} > 20$)

Via Gnera – Sito 4

Tipologia di indagine: prove penetrometriche dinamiche DPSH

Da p.c. a -0,8 m	sabbia e ghiaia ($N_{DPSH} = 10\div 30$)
da -0,8 m a -4,2 m	limo argilloso poco addensato ($N_{DPSH} = 0\div 4$)
da -4,2 m a -5,0 m	limo argilloso ghiaioso mediamente addensato ($N_{DPSH} = 10\div 11$)
da -5,0 m a -7,2 m	limo argilloso ghiaioso ben addensato ($N_{DPSH} = 18\div 20$)

via Donizetti – Sito 5

Tipologia di indagine: prove penetrometriche dinamiche DPSH

Da p.c. a -1,0 m	sabbia e ghiaia ($N_{DPSH} = 20$)
da -1,0 m a -6,6 m	limo sabbioso argilloso poco addensato ($N_{DPSH} = 5\div 7$)
da -6,6 m a -10,6 m	limo sabbioso argilloso ghiaioso con un grado di addensamento discreto ($N_{DPSH} = 12\div 18$)

Via Ripa – Sito 6

Tipologia di indagine: prove penetrometriche dinamiche DPSH

Da p.c. a -3,0 m	limo argilloso con ghiaia da poco a mediamente addensato ($N_{DPSH} = 5\div 12$); la prova è stata interrotta per rifiuto strumentale alla profondità di 3,0 m
------------------	--

Linificio – Sito 7

Tipologia di indagine: prove penetrometriche dinamiche DPSH

Da p.c. a -3,0 m	ghiaia e sabbia ben addensata ($N_{DPSH} > 20$)
------------------	---

Via Sigismondi

Tipologia di indagine: prove penetrometriche dinamiche DPSH

Da p.c. a -3,0 m	limo e ghiaia ($N_{DPSH} = 7\div 9$)
da -3,0 m a -8,0 m	ghiaia con limo sabbioso argilloso ben addensato ($N_{DPSH} = 20\div 40$); la prova è stata sospesa alla profondità di 8,0 m per rifiuto strumentale

Via Mazzi

Tipologia di indagine: prove penetrometriche dinamiche DPSH

Da p.c. a -1,0 m	sabbia e ghiaia ($N_{DPSH} = 4\div 7$)
da -1,0 m a -6,0 m	ghiaia con limo e sabbia ben addensato ($N_{DPSH} = 15\div 35$); la prova è stata interrotta per rifiuto strumentale alla profondità di 6,0 m

Via Valli – Sito 8

Tipologia di indagine: prove penetrometriche dinamiche DPSH

Da p.c. a -1,2 m	limo e argilla soffice ($N_{DPSH} = 0\div 2$)
da -1,2 m a -7,2÷12,2 m	limo sabbioso argilloso mediamente addensato ($N_{DPSH} = 7\div 12$)
da -7,2÷12,2 m	probabile substrato roccioso (N_{DPSH} a rifiuto)

Via Repubblica – Sito 9

Tipologia di indagine: prove penetrometriche dinamiche DPSH

Da p.c. a -1,4 m	limo e argilla soffice ($N_{DPSH} = 1\div 3$)
da -1,4 m a -5,0 m	limo mediamente addensato ($N_{DPSH} = 7\div 12$)
da -5,0 m a -6,6 m	limo e ghiaia ben addensato – probabile cappellaccio d'alterazione del substrato roccioso ($N_{DPSH} = 22\div 25$)
da -6,6 m	probabile substrato roccioso (N_{DPSH} a rifiuto)

Via Foresto I – Sito 10

Tipologia di indagine: prove penetrometriche dinamiche DPSH e DPL

Da p.c. a -3,0÷6,0 m	limo e argilla soffice ($N_{DPSH} = 2\div 7$)
----------------------	---

da -3,0÷6,0 m probabile substrato roccioso (N_{DPSH} a rifiuto)

P.zza Carboni – Sito 11

Tipologia di indagine: prove penetrometriche dinamiche DPSH

Da p.c. a -1,8 m limo e limo sabbioso soffice ($N_{DPSH} = 2÷5$)
da -1,8 m a -2,4 m sabbia limosa da poco a mediamente addensata
($N_{DPSH} = 7÷9$)
da -2,4 m a -3,2 m sabbia e ghiaia mediamente addensata ($N_{DPSH} = 10÷13$)
da -3,2 m ghiaia compatta ($N_{DPSH} = 50$)

Via F.lli Calvi – Sito 12

Tipologia di indagine: prove penetrometriche dinamiche DPSH

Da p.c. a -0,8÷2,8 m limo e sabbia poco addensato ($N_{DPSH} = 4÷7$)
da -0,8÷2,8 m ghiaia e ciottoli, compatta, anche con cementazione ($N_{DPSH} = 15÷30$ e rifiuto)

Via Gaggio – Sito 13

Tipologia di indagine: prove penetrometriche dinamiche DPSH

Da p.c. a -2,0 m limo e argilla poco addensato ($N_{DPSH} = 0÷4$)
da -2,0 m a 2,6÷4,2 m limo e frammenti litici mediamente addensato
($N_{DPSH} = 8÷12$)
da -2,0 m e da 2,6÷4,2 m probabile substrato roccioso (N_{DPSH} a rifiuto)

Via Gotti

Tipologia di indagine: prove penetrometriche dinamiche DPSH e sondaggi a carotaggio continuo

Da p.c. a -9,5 m ghiaia sabbiosa con blocchi sparsi ben addensata ($N_{SPT} > 50$)
da -9,5 m a 15,0 m ghiaia con sabbia e sabbia ghiaiosa debolmente limosa compatta

Via Campana

Tipologia di indagine: prove penetrometriche dinamiche DPSH e DPM

Da p.c. a -0,9÷1,2 m limo argilloso debolmente sabbioso con frammenti litici ($N_{DPSH} = 1\div3$)

da -0,9÷1,2 m a -2,4÷2,7 m sabbia ghiaiosa e limosa moderatamente adensata ($N_{DPSH} = 7\div16$)

da -2,4÷2,7 m a -3,9 m ghiaia sabbiosa debolmente limosa a tratti cementata ($N_{DPSH} = 23\div50$)

11.3 Parametri geotecnici di massima attribuiti ai depositi superficiali

I terreni sono stati classificati sulla base dei principali parametri geotecnici quali il peso di volume secco, l'angolo d'attrito e il modulo elastico. La presenza di acqua nei terreni a comportamento coesivo può comportare un peggioramento delle caratteristiche di resistenza dei materiali. Trattasi di parametri indicativi, per un inquadramento preliminare delle caratteristiche geotecniche dei terreni presenti sul territorio comunale.

Sono state distinte le seguenti unità litotecniche:

- Ghiaia e sabbia contenente ciottoli a supporto granulare; consistenza medio-buona.

Peso di volume naturale: $\gamma = 18 \div 19,5 \text{ kN/m}^3$

Angolo di attrito drenato $\phi' = 30^\circ \div 36^\circ$

Modulo elastico $E_s = 11.400 \div 29.800 \text{ kPa}$

- Ghiaia e ciottoli, cementata (conglomerato); consistenza elevata.

Peso di volume naturale: $\gamma = 19 \div 19,5 \text{ kN/m}^3$

Angolo di attrito drenato $\phi' = 41^\circ \div 43^\circ$

Modulo elastico $E_s = 75.800 \div 85.300 \text{ kPa}$

- Ghiaia in matrice limosa o sabbioso-limosa; consistenza medio-buona.

Peso di volume naturale: $\gamma = 17 \div 18 \text{ kN/m}^3$

Angolo di attrito drenato $\phi' = 30^\circ \div 33^\circ$

Modulo elastico $E_s = 10.600 \div 22.200 \text{ kPa}$

- Sabbia e ghiaia con ciottoli fortemente alterati con matrice limosa o sab-bioso-limosa; consistenza media.

Peso di volume naturale: $\gamma = 17 \div 17,5 \text{ kN/m}^3$

Angolo di attrito drenato $\phi' = 28^\circ \div 30^\circ$

Modulo elastico $E_s = 8.400 \div 10.000 \text{ kPa}$

- Limo argilloso; consistenza da nulla-scarso a media.

Peso di volume secco $\gamma_d = 16 \div 17,5 \text{ kN/m}^3$

Angolo di attrito drenato $\phi' = 24^\circ \div 28^\circ$

Modulo elastico $E_s = 5.300 \div 8.400 \text{ kPa}$

12 ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA

12.1 Zona sismica di appartenenza

La Giunta regionale, con propria deliberazione (n. 2129 dell'11 luglio 2014) in linea con le disposizioni ministeriali, ha rideterminato il livello di classificazione sismica dei comuni lombardi portando i Comuni in Zona 4 alla Zona 3 e quelli in Zona 3 alla Zona 2. Con D.g.r. n. 2489 del 10 ottobre 2014 si è differito di un anno l'entrata in vigore per l'adeguamento del D.p.r. 380/2001; al fine di allineare la nuova zonazione con la l.r. 33/2015 n. X/4144 del 8 ottobre 2015, si è ulteriormente spostato il termine per l'entrata in vigore della nuova classificazione sismica regionale. La nuova classificazione è entrata in vigore solo il 10 aprile 2016 contemporaneamente all'uscita dalla D.g.r. 5001 del 30 marzo 2016 – Linee di indirizzo e coordinamento delle funzioni trasferite.

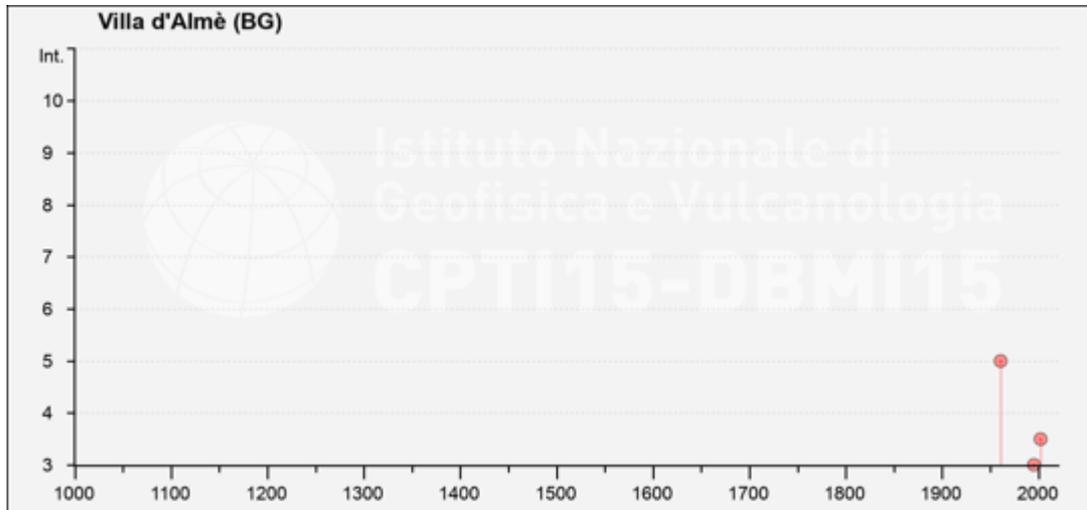
A fronte della suddetta zonazione, il Comune di Villa d'Almé è stato riclassificato in zona sismica 3, con un valore di $a_{g\max}$ uguale a 0,098343; il presente studio aggiorna pertanto l'analisi sismica secondo la nuova classificazione attribuita al territorio comunale, rispetto a quella dello studio geologico precedente (zona 4).

12.2 Sismicità storica

I dati riferiti alla sismicità storica per il territorio di Villa d'Almé sono stati estratti dal Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15 v4.0 pubblicato nel 2022) redatto dall'Istituto Nazionale Geofisica e Vulcanologia (INGV) nella finestra temporale 1000-2020.

Dall'analisi dei dati sotto riportati, emerge che l'area in esame e l'ambito della bergamasca, in generale, sono caratterizzati da eventi sismici piuttosto sporadici e di magnitudo mai superiore a 5; gli eventi più intensi, si localizzano soprattutto verso la parte orientale della provincia di Bergamo (verso il lago d'Iseo) e lungo la fascia delle Prealpi bergamasche.

Si riportano di seguito gli eventi sismici a partire dal 1000 al 2020.



Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5	1961	11	23	01	12	0	Prealpi bergamasche	119	6-7	4.86
NF	1991	11	20	01	54	1	Grigioni, Vaz	468	6	4.70
3	1995	10	29	13	00	2	Lago d'Iseo	408	5-6	4.35
3-4	2002	11	13	10	48	0	Franciacorta	768	5	4.21

NMDP è il numero di Microseismic Data Point

Io è l'intensità epicentrale

Mw è la magnitudo momento

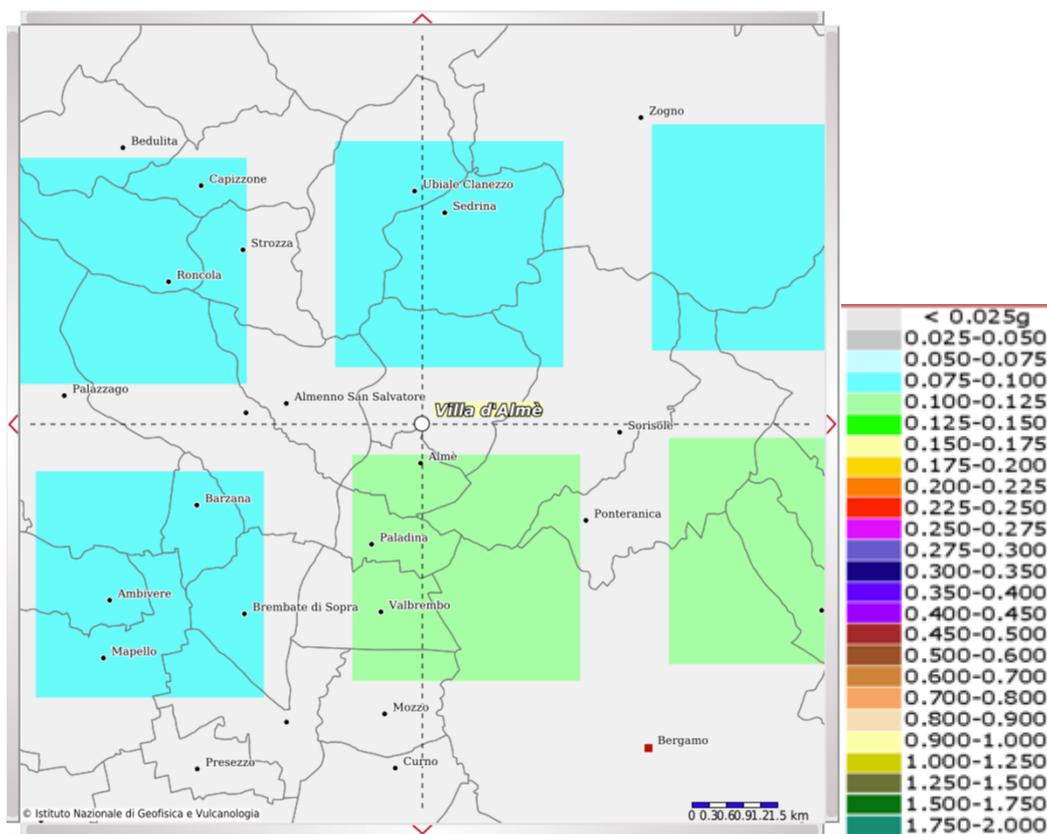
Storia sismica di Villa d'Almé estratta dal CPT115 v4.0

Per ottenere ulteriori elementi di riferimento in merito al sisma di riferimento per il Comune di Villa d'Almé, è stata considerata anche la mappa di pericolosità sismica redatta dall'INGV per l'intero territorio nazionale; tale mappa tramite la disaggregazione della pericolosità sismica, consente di valutare i contributi che diverse sorgenti sismogenetiche poste a distanza definita R e capaci di generare terremoti di magnitudo M, determinano sulla pericolosità del sito.

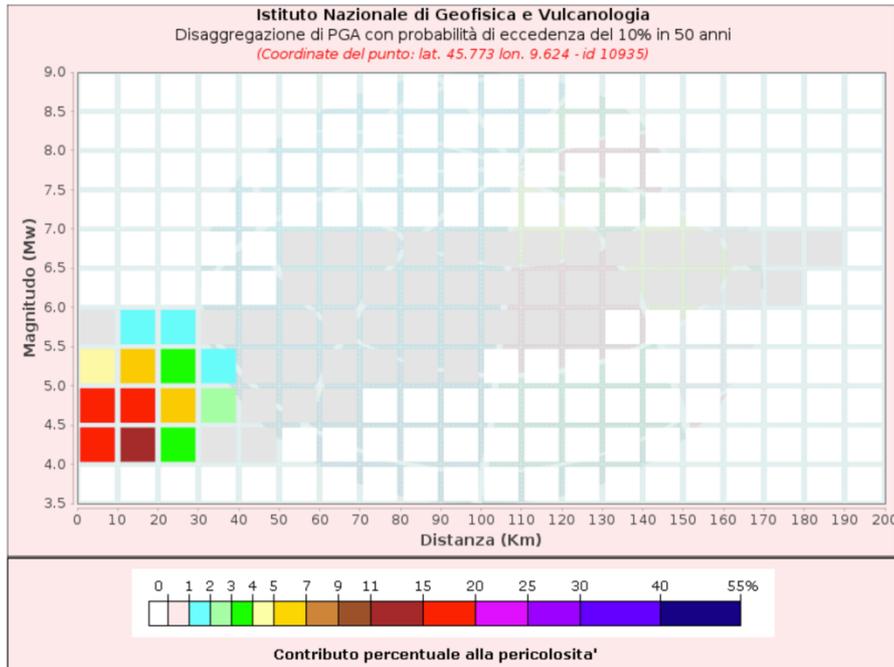
L'analisi è stata condotta facendo riferimento ai nodi di una griglia che ha suddiviso tutto il territorio nazionale, per ognuno dei quali sono a disposizione i valori disaggregati del valore di ag con probabilità di eccedenza del 10% nell'arco di 50 anni. Attraverso l'inserimento delle coordinate del sito è possibile evidenziare la mappa di pericolosità nell'ambito indagato ed i relativi nodi di riferimento. Si fornisce il valore di PGA specifico per il sito, calcolato come media ponderata tra i 4 nodi; si

fornisce inoltre il terremoto che domina lo scenario di pericolosità, inteso come l'evento di magnitudo M a distanza R che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito stesso.

Per l'ambito territoriale in esame la mappa di disaggregazione – riportata sotto in stralcio – indica valori di a_g di riferimento compresi tra 0,075 a 0,125 per l'intero territorio comunale, con un sisma tra 4,5 e 5 di magnitudo a distanza di 0-20 km (probabilità tra il 15-25 %), considerando le due celle di riferimento (id 10935-11157).



Pericolosità sismica MPS04-S1



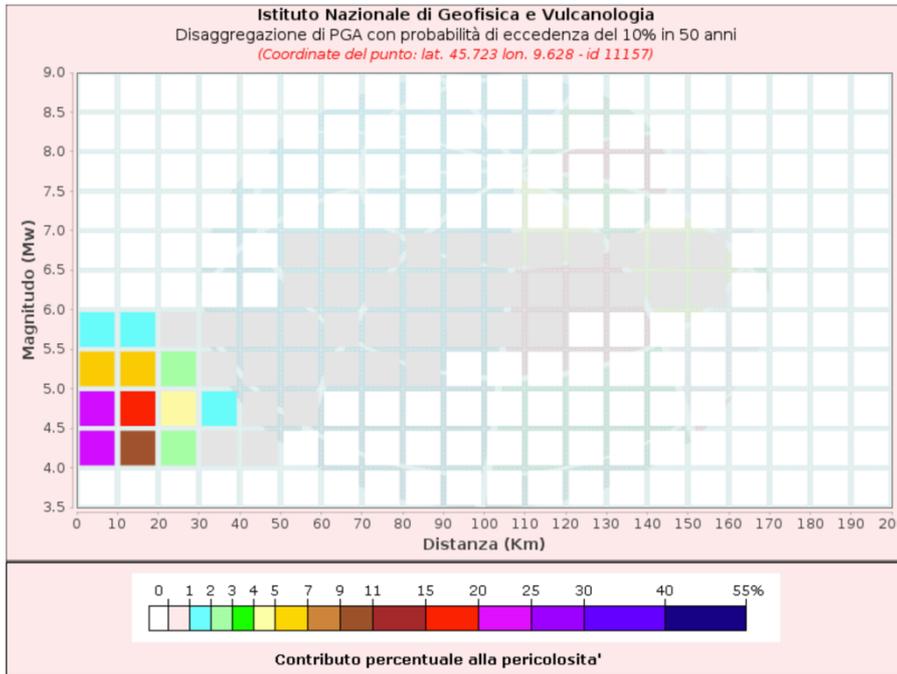
Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni
 (Coordinate del punto: lat. 45.773 lon. 9.624 - id 10935)

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	15.5000	17.3000	4.5700	0.9020	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	11.8000	17.1000	6.5200	1.6900	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	3.6500	6.8800	3.7000	1.2600	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.8160	2.1100	1.5300	0.6440	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0826	0.6130	0.6770	0.3560	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.1210	0.3570	0.2690	0.0047	0.0008	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0079	0.1680	0.2660	0.1650	0.0287	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0496	0.1690	0.1430	0.0267	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0083	0.0861	0.0948	0.0190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.0362	0.0602	0.0130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0119	0.0365	0.0086	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0035	0.0215	0.0056	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006	0.0121	0.0037	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0061	0.0025	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0027	0.0014	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0011	0.0008	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0006	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0007	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi

Magnitudo	Distanza	Epsilon
4,76	15,6	0,608

Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10 % in 50 anni – cella id 10935



Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni
 (Coordinate del punto: lat. 45.723 lon. 9.628 - id 11157)

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	20.8000	23.5000	6.3600	1.2800	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	10.1000	15.3000	6.2100	1.6900	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	2.1900	4.4400	2.5900	0.9380	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.3270	1.0800	0.9020	0.4120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0055	0.2330	0.3600	0.2050	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0205	0.1470	0.1420	0.0360	0.0063	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0506	0.1300	0.1050	0.0194	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0084	0.0709	0.0798	0.0159	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0290	0.0510	0.0110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0090	0.0306	0.0073	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0022	0.0171	0.0046	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0089	0.0029	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0041	0.0018	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0016	0.0010	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi

Magnitudo	Distanza	Epsilon
4,74	12.1	0.461

Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10 % in 50 anni – cella id 11157

12.3 Procedura regionale per la valutazione della pericolosità sismica locale

La metodologia regionale per la valutazione della pericolosità sismica locale (PSL) prevede tre livelli di approfondimento con grado di dettaglio in ordine crescente: solo i primi due livelli sono obbligatori in fase di pianificazione (secondo la tabella sotto riportata, in funzione della zona sismica di appartenenza); il terzo livello di approfondimento è obbligatorio in fase di progettazione sia quando con il 2° livello si dimostra l'inadeguatezza della normativa sismica nazionale per gli scenari di pericolosità sismica locale caratterizzati da effetti di amplificazione, sia per gli scenari di pericolosità sismica locale caratterizzati da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazione.

Il 2° livello di approfondimento potrà essere implementato tramite la realizzazione di nuove schede che ampliaranno il campo di applicazione delle procedure.

La procedura messa a punto fa riferimento ad una sismicità di base caratterizzata da un periodo di ritorno di 475 anni (probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) e può essere implementata considerando altri periodi di ritorno.

Alla luce di tali indicazioni, per il Comune di Villa d'Almé, appartenente alla zona sismica 3, si è proceduto ad aggiornare la carta di pericolosità sismica locale esistente (1° livello) ed applicare il secondo livello per le zone di PSL Z3 e Z4 interferenti con l'urbanizzato o con le aree di futura espansione urbanistica, alla luce delle nuove indagini geognostiche e geofisiche effettuate.

Si sottolinea che gli approfondimenti di 2° e 3° livello non devono essere eseguiti in quelle aree che, per situazioni geologiche, morfologiche 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.

Zona sismica	1° livello fase pianificatoria	2° livello fase pianificatoria	3° livello fase progettuale
2 e 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 dove Fa calcolato è > rispetto al valore soglia comunale; nelle PSL Z1 e Z2
4	obbligatorio	nelle zone PSL Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti di nuova previsione (d.d.u.o. n. 19904/03) fermo restando la facoltà dei comuni di estenderlo anche ad altre categorie di edifici	<ul style="list-style-type: none"> nelle aree indagate con il 2° livello dove Fa calcolato è > rispetto al valore soglia comunale; nelle PSL Z1 e Z2 solo per edifici strategici e rilevanti

In conformità con quanto stabilito dall'Allegato 5 della D.g.r. 30.11.2011 n. IX/2616 "Aggiornamento dei criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della legge regionale 11 marzo 2005 n. 12, approvati con d.g.r. 22.12.2005 n. 8/1566 e successivamente modificati con d.g.r. 28.05.2008 n. 8/7374", l'analisi e la valutazione degli effetti sismici di sito vengono codificate a livello procedurale mediante tre diversi livelli di approfondimento con grado di dettaglio in ordine crescente:

- il **primo livello** consiste nell'individuazione delle aree di possibile amplificazione sismica sulla base dei dati già riportati nella cartografia di inquadramento (carta geologica, geomorfologica) e nella successiva redazione della carta della pericolosità sismica locale (PSL), aggiornata secondo gli scenari indicati nella tabella di seguito riportata e alla luce dei nuovi dati geognostici disponibili.

<i>Sigla</i>	<i>SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE</i>	<i>EFFETTI</i>
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

- il **secondo livello** consiste nella determinazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi nelle aree perimetrate nella carta di pericolosità sismica locale; tale analisi fornisce la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore del fattore di amplificazione (Fa).
- il **terzo livello** consiste nell'analisi quantitativa degli effetti di amplificazione sismica; tale livello si applica in fase progettuale nei seguenti casi: a) quando, a seguito dell'analisi di secondo livello, il valore di Fa calcolato (FAC) è superiore al Fa soglia (FAS) stabilito per ciascun comune dalla Regione Lombardia; b) in presenza di aree caratterizzate da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazioni (PSL Z1 e Z2). Non è necessaria la valutazione quantitativa al 3° livello di approfondimento per lo scenario Z5 in quanto tale scenario esclude la possibilità di costruzioni a cavallo tra due litotipi. In fase progettuale tale limitazione può essere rimossa qualora si operi in modo tale da avere un terreno di fondazione omogeneo; nell'impossibilità di attuare tale condizione, si dovranno prevedere opportuni accorgimenti progettuali atti a garantire la sicurezza dell'edificio.

12.3.1 Metodologia di lavoro

L'analisi della componente sismica è stata redatta ai sensi dell'Allegato 5 della d.g.r. 30.11.2011 n. IX/2616; in adempimento alle specifiche tecniche riportate nella suddetta d.g.r., è stata rivalutata la carta di pericolosità sismica locale contenuta nello studio geologico facente parte del PGT comunale previgente, alla luce di nuovi dati geognostici e della variazione della tabella degli scenari di pericolosità sismica locale relativamente allo scenario Z2. Si è proceduto pertanto all'analisi della sismicità del territorio applicando la procedura di 1° livello, in relazione alle caratteristiche geologiche e geomorfologiche del territorio riportate nella cartografia di inquadramento dello studio geologico.

Successivamente è stata applicata l'analisi di 2° livello secondo le procedure regionali, considerando i modelli geotecnici e geofisici elaborati sulla base delle indagini geognostiche e geofisiche riportate nel presente studio, in modo da fornire una carta dei fattori di amplificazione (FAC) per i periodi di 0,1-0,5 s e di 0,5-1,5 s.

12.4 Analisi sismica di 1° livello

Come precedentemente indicato l'analisi di primo livello consiste in un approccio di tipo qualitativo e costituisce la base dalla quale partire per i successivi livelli di approfondimento sismico. In questa fase di analisi sono stati utilizzati tutti i dati di natura geologica, geomorfologica, geotecnica e idrogeologica disponibili, nonché le diverse cartografie tematiche d'inquadramento dello studio geologico precedente.

Sulla base delle informazioni acquisite, si è proceduto all'aggiornamento della carta della pericolosità sismica locale (PSL) in scala 1:5.000 (Tav. 5) in cui sono riportati i diversi scenari di pericolosità sismica così come indicati nella tabella 1 – Scenari di pericolosità sismica locale, dell'Allegato n. 5 della d.g.r. 30.11.2011 n. IX/2616.

12.4.1 Carta della pericolosità sismica locale (PSL)

La carta di pericolosità sismica locale riporta quindi le perimetrazioni dei diversi scenari di pericolosità sismica proposti dall'Allegato 5 della d.g.r. n. IX/2616 del 30.11.2011.

Effetti di instabilità

Gli scenari di pericolosità sismica in grado di determinare effetti di instabilità individuati all'interno del territorio comunale di Villa d'Almé, sono:

- **Z1a – Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi:** trattasi di aree individuate negli elaborati cartografici della dinamica geomorfologica e del dissesto (carta PAI-PGRA), caratterizzate da fenomeni di crollo e distacco di blocchi rocciosi, localizzate lungo i versanti del Monte Bastia e del Monte Giacoma, nella porzione montuosa del territorio comunale.
- **Z1c – Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana:** dai rilievi geomorfologici effettuati, emerge la presenza di alcune aree potenzialmente franose per crolli lungo i versanti in località Campana, Casino, Ca' dell'Ora, oltre ad una zona soggetta a scivolamenti in località Belvedere e Piazzola che, a seguito di un evento sismico, potrebbero dar luogo e fenomeni di instabilità.

Effetti di cedimenti e/o liquefazioni

All'interno del territorio comunale di Villa d'Almé è presente lo scenario di pericolosità sismica Z2a in grado di determinare effetti di cedimento del terreno.

- **Z2a – Zona con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, etc):** dalla carta geologica, geomorfologica e litotecnica emerge la presenza di un'area subpianeggiante caratterizzata dalla presenza di terreni fini, in spessori metrici; si tratta della piana fluviale del torrente Rino, comprensiva di una zona verde e di un'area edificata.

Effetti di amplificazione topografica

Gli scenari di pericolosità sismica in grado di determinare effetti di amplificazione topografica individuati all'interno del territorio comunale di Villa d'Almé, sono:

- **Z3a – Zona di ciglio $H > 10$ m:** all'interno del territorio comunale sono stati individuate le scarpate sia di origine naturale che antropica suscettibili di amplificazione topografica; sono stati individuati utilizzando come base

cartografica l'aerofotogrammetrico comunale in scala 1:2.000 unitamente al modello digitale del terreno regionale DTM. Sono presenti lungo il confine occidentale del territorio comunale, in corrispondenza degli orli di scarpata presenti lungo l'asta fluviale del fiume Brembo e rappresentati nelle porzioni inferiori dei versanti e delimitano le incisioni vallive. Zone di ciglio sono inoltre diffuse sul territorio comunale, in corrispondenza delle porzioni esterne dei dossi e degli orli dei terrazzi addossati ai versanti.

- **Z3b – Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo:** rientrano in questo scenario le aree caratterizzate da irregolarità morfologiche, quali crinali principali e secondari interessati da edificazione e/o interferenti con l'abitato; per l'individuazione degli elementi lineari dello scenario Z3b ci si è basati sull'analisi della cartografia disponibile (Carta Tecnica Regionale - scala 1:10.000 e aerofotogrammetrico comunale - scala 1:2.000) e sulla carta geomorfologica allegata al presente studio. A fronte delle analisi topografiche e morfologiche condotte, nella carta di pericolosità sismica locale sono stati individuati alcuni tratti delle zone di spartiacque principale, caratterizzate dal crinale del Monte Bastia, Monte Giacomina e Monte dei Giubilini. Sul territorio sono inoltre diffuse creste, prevalentemente arrotondate, delineate in corrispondenza della sommità dei rilievi collinari che circondano le piane incise dai torrenti Gaggio, Rino e Rigos.

Effetti di amplificazione litologica

- **Z4a – Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi:** tale scenario interessa buona parte dell'area urbanizzata del comune di Villa d'Almé, caratterizzata da una morfologia digradante verso ovest-sudovest, dove sono presenti in prevalenza depositi di origine fluvioglaciale e alluvionale.
- **Z4d – Zona con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale:** rientrano in tale scenario le aree con depositi eluvio-colluviali individuati in corrispondenza delle aree pianeggianti e a debole pendenza interposte tra i rilievi collinari presenti nella porzione orientale del territorio comunale.

Effetti dovuti a comportamento differenziale

All'interno del territorio comunale di Villa d'Almé non sono pertanto presenti gli scenari di pericolosità sismica Z5 in grado di determinare comportamenti geomeccanici differenziali.

12.5 Analisi sismica di 2° livello

L'analisi sismica di 2° livello si applica a tutti gli scenari qualitativi suscettibili di amplificazioni sismiche appartenenti agli scenari Z3 (soggetti ad amplificazioni morfologiche Z3) e Z4 (soggetti ad amplificazioni litologiche) individuati nella carta di pericolosità sismica locale (PSL).

Tale approfondimento non è stato eseguito per le aree a pericolosità sismica locale caratterizzate da effetti di instabilità (scenari Z1a e Z1c). Per tali aree infatti la normativa prevede direttamente il passaggio all'analisi di 3° livello, o l'esclusione dalla possibilità di edificazione.

La procedura semplificata 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 (F_a); gli studi sono condotti con metodi quantitativi semplificati, tramite abachi, validi per la valutazione delle amplificazioni litologiche e morfologiche e sono utilizzati per zonare l'area urbanizzata e urbanizzabile in funzione del valore del fattore di amplificazione.

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

La procedura di 2° 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 $0,1 \div 0,5$ s.

12.5.1 Effetti di amplificazione morfologica – Scenario Z3

L'analisi morfologica di 2° livello ha definito le possibili condizioni di amplificazione topografica individuate all'interno del territorio di Villa d'Almé.

Metodologia

La valutazione degli effetti di amplificazione topografica è stata effettuata nel rispetto delle procedure indicate nell'All. 5 della d.g.r. IX/2616/2011, utilizzando la base aerofotogrammetrica comunale e il DTM regionale per estrapolare le sezioni rappresentative dell'andamento orografico del terreno in corrispondenza degli scenari Z3a e Z3b individuati nella carta PSL; l'utilizzo del DTM regionale ha consentito inoltre di estrarre l'acclività dei versanti del territorio comunale.

Sono state tracciate n. 45 sezioni topografiche per lo scenario Z3a e n. 21 sezioni per lo scenario Z3b, ortogonali ai versanti e agli elementi morfologici di interesse, costituiti da materiali con valori delle onde di taglio V_s superiori a 800 m/s o laddove le V_s con velocità inferiore a 800 m/s siano riconducibili alla presenza di substrato geologico terziario, con significativo contrasto di impedenza tra substrato-copertura. Il substrato terziario con $V_s < 800$ m/s manifesta un comportamento da bedrock sismico nell'ambito delle verifiche topografiche di 2° livello.

Sono stati esclusi da tale analisi gli orli di scarpata cartografati nella carta di pericolosità sismica locale come scenari suscettibili a instabilità (scenari Z1), in quanto la normativa prevede l'applicazione diretta del 3° livello di approfondimento.

Per ciascuna sezione sono stati estrapolati i principali parametri geometrici, a seconda che si tratti di una scarpata (scenario Z3a) o di una cresta rocciosa e/o cocuzzolo (scenario Z3b), da utilizzare nelle schede di valutazione regionali (tabelle sotto riportate); si rimanda alla Tav. 6 per l'ubicazione delle sezioni esaminate e alla Tavv. 8a-8b per le sezioni verificate.

Scenario	Parametri geometrici
Z3a – Zona di scarpata rocciosa	Altezza del fronte (H)
	Inclinazione del fronte principale (α)
	Inclinazione del fronte superiore (β)

Scenario	Parametri geometrici
Z3b – Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo	Larghezza alla base del rilievo (L)
	Larghezza in cresta del rilievo (l)
	Dislivello altimetrico massimo (H) e dislivello minimo (h) dei versanti
	Inclinazione dei fronti (α_1 e α_2)
	Inclinazione dei fronti superiori (β_1 e β_2)

In funzione delle suddette caratteristiche geometriche, mediante i criteri di riconoscimento riportati nelle schede in allegato, si verifica che gli elementi morfologici individuati siano effettivamente soggetti a fenomeni di amplificazione topografica, distinguendo diverse tipologie di scarpata (in contropendenza, ideale, in pendenza) e di cresta (arrotondata, appuntita).

Mediante le correlazioni delle schede di valutazione morfologica, è stato determinato il corrispondente valore del Fattore di amplificazione (Fa) per ciascuna scarpata/cresta esaminata, approssimato alla prima cifra decimale.

Analisi effettuate

Si riportano di seguito i risultati dei valori di Fa calcolati (FAC) per gli elementi morfologici appartenenti agli scenari Z3a e Z3b individuati all'interno del territorio comunale di Villa d'Almé e riportati nella carta PSL, interferenti con l'urbanizzato e l'urbanizzabile, ad esclusione delle aree inedificabili.

Localmente, sono state considerate alcune sezioni morfologiche poste in aree di versante non edificate, per verificarne la suscettività ai fenomeni di amplificazione topografica vista la vicinanza all'abitato.

Scenario Z3a						
Sezione	Dislivello altimetrico massimo (H)	Inclinazione fronte principale α (°)	Inclinazione fronte superiore β (°)	Tipologia	Classe altimetrica	Fattore di amplificazione di sito ($FAC_{0,1-0,5 s}$)
1	37	47	0	Scarpata ideale	20<H≤40	1,2
2	35	35	0	Scarpata ideale	20<H≤40	1,2
3	13	34	0	Scarpata ideale	10<H≤20	1,1
4	14	65	0	Scarpata ideale	10<H≤20	1,1
5	43	65	0	Scarpata ideale	H>40	1,2
6	38	36	0	Scarpata ideale	20<H≤40	1,2
7	35	50	0	Scarpata ideale	20<H≤40	1,2
8	15	19	0	Pendio	-	-
9	28	25	0	Scarpata ideale	20<H≤40	1,2
10	16	31	0	Scarpata ideale	10<H≤20	1,1
11	12	57	0	Scarpata ideale	10<H≤20	1,1
12	24	50	0	Scarpata ideale	20<H≤40	1,2
13	17	21	5	Pendio	-	-
14	13	38	4	Scarpata in pendenza	10<H≤20	1,1
15	20	29	17	Scarpata ideale	10<H≤20	1,1
16	34	18	0	Scarpata ideale	20<H≤40	1,2
17	37	28	0	Scarpata ideale	20<H≤40	1,2
18	39	34	0	Scarpata ideale	20<H≤40	1,2
19	20	25	0	Scarpata ideale	10<H≤20	1,1
20	29	30	0	Scarpata ideale	20<H≤40	1,2
21	16	28	0	Scarpata ideale	10<H≤20	1,1
22	18	25	4	Scarpata in pendenza	10<H≤20	1,1
23	44	24	0	Scarpata ideale	H>40	1,2
24	16	19	0	Scarpata ideale	10<H≤20	1,1
25	12	22	0	Scarpata ideale	10<H≤20	1,1
26	20	13	0	Scarpata ideale	10<H≤20	1,1
27	21	23	23	Scarpata ideale	20<H≤40	1,2
28	20	39	7	Scarpata in pendenza	10<H≤20	1,1
29	15	25	0	Scarpata ideale	10<H≤20	1,1
30	13	26	8	Pendio	-	-
31	24	34	0	Scarpata ideale	20<H≤40	1,2
32	26	20	0	Scarpata ideale	20<H≤40	1,2
33	18	26	0	Scarpata ideale	10<H≤20	1,1
34	16	14	5	Pendio	-	-
35	22	22	0	Scarpata ideale	20<H≤40	1,2
36	13	26	0	Scarpata ideale	10<H≤20	1,1
37	18	24	0	Scarpata ideale	10<H≤20	1,1

38	23	24	0	Scarpata ideale	20<H≤40	1,2
39	16	15	4	Pendio	-	-
40	18	14	0	Scarpata ideale	10<H≤20	1,1
41	26	13	0	Scarpata ideale	20<H≤40	1,2
42	18	22	0	Scarpata ideale	10<H≤20	1,1
43	30	20	6	Pendio	-	-
44	27	19	0	Scarpata ideale	20<H≤40	1,2
45	32	20	0	Scarpata ideale	20<H≤40	1,2

Scenario Z3b								
Sezione	Dislivello altimetrico massimo (H)	Larghezza alla base del rilievo (L)	H/L	Fattore di amplificazione di sito (FAC _{0,1-0,5 s})				
				CRESTE APPUNTITE				CRESTE ARROTONDATE
				L>350	250<L<350	150<L<250	L<150	
1	38	254	0,1	-	-	-	-	1,1
2	34	245	0,1	-	-	-	-	1,1
3	24	103	0,2	-	-	-	-	1,1
4	26	216	0,1	-	-	1,1	-	-
5	25	126	0,2	-	-	-	1,1	-
6	20	135	0,1	-	-	-	1,1	-
7	24	132	0,2	-	-	-	1,1	-
8	14	60	0,2	-	-	-	-	1,1
9	21	165	0,1	-	-	-	1,1	-
10	38	219	0,2	-	-	1,1	-	-
11	Non soddisfa i criteri di riconoscimento			-	-	-	-	-
12	13	77	0,2	-	-	-	-	1,1
13	18	163	0,1	-	-	-	-	1,1
14	14	102	0,1	-	-	-	1,1	-
15	23	162	0,1	-	-	-	-	1,1
16	50	296	0,2	-	1,2	-	-	-
17	Non soddisfa i criteri di riconoscimento			-	-	-	-	-
18	29	191	0,2	-	-	1,1	-	-
19	31	220	0,1	-	-	1,1	-	-
20	24	186	0,1	-	-	1,1	-	-

Per la distribuzione areale dei valori di Fa, come richiesto dalla normativa regionale, si è proceduto ad attribuire il valore di Fa ottenuto all'area corrispondente alla larghezza in cresta (l) o al cocuzzolo, mentre tale valore è stato scalato in modo lineare fino al valore unitario alla base di ciascun versante. Per le scarpate il valore

di Fa calcolato coincide con il ciglio del fronte principale e all'interno dell'area di influenza, il valore viene scalato fino al valore unitario ai margini dell'area d'influenza stessa; a valle, tale valore è stato scalato in modo lineare fino al valore unitario alla base del fronte principale.

Le aree di Fa così definite sono state riportate nelle Tavv. 8a e 8b.

La valutazione del grado di protezione, per ambedue gli scenari (zona di scarpata e zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo), viene effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando i valori di Fa ottenuti dalle schede di valutazione con il valore soglia (S_T) delle Norme Tecniche per le Costruzioni. Tale valore S_T rappresenta il valore oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.

Categoria topografica	Caratteristiche della superficie topografica	Coefficiente di amplificazione topografica S_T
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi con inclinazione media $i \leq 15^\circ$	1,0
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$	1,2
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	1,2
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i \geq 30^\circ$	1,4

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 corrispondente: la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione morfologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa;
- il valore di Fa è superiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione

morfologica e quindi è necessario effettuare analisi più approfondite (3° livello) in fase di progettazione edilizia.

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 più approfondite (3° livello) in fase di progettazione edilizia.

Risultati scenario Z3a

Le tipologie di scarpate analizzate, rispondenti ai criteri di riconoscimento previsti dall'abaco regionale per lo scenario Z3a (scarpata ideale, scarpata in pendenza), presentano valori di F_a ($FAC_{0,1-0,5 s}$) inferiori ai valori di soglia (S_T) indicati dalla normativa vigente, come riportato nella seguente tabella.

La normativa vigente risulta pertanto sufficientemente cautelativa rispetto ai fenomeni di potenziale amplificazione topografica.

Sez.	Fattore di amplificazione di sito (FAC _{0,1±0,5 s})	Area di influenza (m)	Valori soglia del fattore di amplificazione (D.M. 14.01.2018)		Esito verifica
			CATEGORIA TOPOGRAFICA	COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA S _T ±0,1	
1	1,2	28	T2	1,2	OK
2	1,2	27	T2	1,2	OK
3	1,1	13	T2	1,2	OK
4	1,1	14	T2	1,2	OK
5	1,2	29	T2	1,2	OK
6	1,2	28,5	T2	1,2	OK
7	1,2	26	T2	1,2	OK
9	1,2	21	T2	1,2	OK
10	1,1	16	T2	1,2	OK
11	1,1	12	T2	1,2	OK
12	1,2	18	T2	1,2	OK
14	1,1	13	T2	1,2	OK
15	1,1	20	T2	1,2	OK
16	1,2	25,5	T2	1,2	OK
17	1,2	28	T2	1,2	OK
18	1,2	29	T2	1,2	OK
19	1,1	20	T2	1,2	OK
20	1,2	22	T2	1,2	OK
21	1,1	16	T2	1,2	OK
22	1,1	18	T2	1,2	OK
23	1,2	29	T2	1,2	OK
24	1,1	16	T2	1,2	OK
25	1,1	12	T2	1,2	OK
26	1,1	20	T1	1,1	OK
27	1,2	16	T2	1,2	OK
28	1,1	20	T2	1,2	OK
29	1,1	15	T2	1,2	OK
31	1,2	18	T2	1,2	OK
32	1,2	19,5	T2	1,2	OK
33	1,1	18	T2	1,2	OK
35	1,2	16,5	T2	1,2	OK
36	1,1	13	T2	1,2	OK
37	1,1	18	T2	1,2	OK
38	1,2	17	T2	1,2	OK
40	1,1	18	T1	1,1	OK
41	1,2	19,5	T1	1,1	OK
42	1,1	18	T2	1,2	OK
44	1,2	20	T2	1,2	OK
45	1,2	24	T2	1,2	OK

Risultati scenario Z3b

Dalle analisi effettuate, risulta che per tutte le aree di cresta i valori stimati di F_a ($FAC_{0,1-0,5s}$) sono inferiori ai valori di soglia (S_T) indicati dalla normativa vigente, come riportato nella seguente tabella.

La normativa vigente risulta pertanto sufficientemente cautelativa rispetto ai fenomeni di potenziale amplificazione topografica.

Sez.	Fattore di amplificazione di sito ($FAC_{0,1-0,5s}$)	Valori soglia del fattore di amplificazione (D.M. 14.01.2018)		Esito verifica
		CATEGORIA TOPOGRAFICA	COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA $S_T \pm 0,1$	
1	1,1	T3	1,2	OK
2	1,1	T3	1,2	OK
3	1,1	T3	1,2	OK
4	1,1	T3	1,2	OK
5	1,1	T3	1,2	OK
6	1,1	T3	1,2	OK
7	1,1	T3	1,2	OK
9	1,1	T3	1,2	OK
10	1,1	T3	1,2	OK
12	1,1	T3	1,2	OK
13	1,1	T3	1,2	OK
14	1,1	T3	1,2	OK
15	1,1	T3	1,2	OK
16	1,2	T3	1,2	OK
18	1,1	T3	1,2	OK
19	1,1	T3	1,2	OK
20	1,1	T3	1,2	OK

12.5.2 Effetti di amplificazione litologica – Scenario Z4

Metodologia

La valutazione delle amplificazioni litologiche richiede i seguenti dati:

- litologia prevalente del terreno;
- profilo stratigrafico del terreno;
- andamento delle Vs con la profondità, fino a valori pari o superiori a 800 m/s; in mancanza del raggiungimento del bedrock sismico con le indagini ($V_s > 800$ m/s), è possibile ipotizzare un opportuno gradiente di Vs con

la profondità sulla base dei dati ottenuti dall'indagine, tale da raggiungere il valore di 800 m/s; si precisa che il territorio di Villa d'Almé è in parte caratterizzato dalla presenza di bedrock di età terziaria con valori di V_s inferiori a 800 m/s: visto i risultati delle indagini HVSR che mostrano significativi contrasti di impedenza al passaggio copertura-substrato e i dati geolitologici di sito, tali materiali sono stati considerati a tutti gli effetti bedrock sismico;

- spessore e velocità delle V_s di ciascuno strato;
- modello geofisico e geotecnico del terreno nei punti rappresentativi su cui fare l'analisi.

Sulla base di alcuni parametri litostratigrafici e geotecnici, si individua la litologia prevalente presente nell'ambito territoriale considerato e per questa si sceglie la relativa scheda di valutazione regionale di riferimento: n. 1 scheda per le litologie prevalentemente ghiaiose; n. 2 schede per le litologie prevalentemente limoso-argillose (tipo 1 e 2), n. 2 schede per le litologie prevalentemente limoso-sabbiose (tipo 1 e 2); n. 1 scheda per le litologie prevalentemente sabbiose.

A ciascuno dei dati stratigrafici, geotecnici e geofisici utilizzata nella procedura di 2° livello deve essere assegnato un grado di attendibilità, secondo la tabella:

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 (V_s)	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)

Individuata la scheda di riferimento, è necessario verificarne la validità in base all'andamento dei valori delle V_s con la profondità; in particolare, si dovrà verificare l'andamento delle V_s con la profondità partendo dalla scheda 1; nel caso in cui non fosse verificata la validità per valori inferiori ai 600 m/s, si passerà all'utilizzo della scheda tipo 2.

In presenza di una litologia non contemplata dalle 6 schede di valutazione, si potrà utilizzare la scheda di valutazione che presenta l'andamento delle V_s con la

profondità più simile a quella riscontrata nell'indagine. 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.

All'interno della scheda viene scelta, in funzione della velocità e dello spessore dello strato superficiale, la curva più appropriata per la valutazione del fattore di amplificazione nell'intervallo 0,1÷0,5 s (n. 3 curve e relative formule) e 0,5÷1,5 s (n. 1 curva e relativa formula). Qualora lo strato superficiale abbia una profondità inferiore a 4 m, si utilizzerà, per la scelta della curva, lo strato superficiale equivalente a cui si assegna un valore di Vs calcolato come media pesata del valore di Vs degli strati superficiali la cui somma supera i 4 m di spessore.

Le formule rappresentative di ciascuna curva sono funzione del periodo proprio del sito (T), calcolato considerando la stratigrafia del terreno fino alla profondità in cui il valore di Vs è uguale o superiore a 800 m/s; la formula per il calcolo del periodo T è la seguente:

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

dove Vs_i e h_i sono rispettivamente la velocità e lo spessore di ciascuno strato.

Il fattore di amplificazione calcolato (FAC) applicando le suddette schede e approssimato alla prima cifra decimale, viene poi confrontato con il valore soglia (FAS), con una variabilità ±0,1, fornito dalla banca dati della Regione Lombardia per ciascun Comune, al variare delle categorie di suolo (categoria B, C, D, E ai sensi del D.M. 17.01.2018) e nei due intervalli 0,1÷0,5 s e 0,5÷1,5 s.

Il valore soglia (FAS) rappresenta il valore oltre il quale lo spettro di risposta proposto dalla normativa vigente risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione sismica del sito.

La Regione Lombardia indica per il territorio di Villa d'Almé i seguenti valori soglia (FAS) per il periodo $0,1 \div 0,5$ s e per il periodo $0,5 \div 1,5$ s.

VILLA D'ALMÉ	Categoria di suolo ai sensi del D.M. 17.01.2018			
	B	C	D	E
FAS _{0,1÷0,5 s}	1,4	1,8	2,2	2,0
FAS _{0,5÷1,5 s}	1,7	2,4	4,2	3,1

L'elaborazione dei dati disponibili ed il confronto con i valori soglia possono portare alle situazioni indicate:

- $FAC \leq FAS$: la normativa vigente è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa;
- $FAC > FAS$: la normativa vigente è da considerarsi insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi è necessario passare al 3° livello di approfondimento sismico in fase progettuale o utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore.

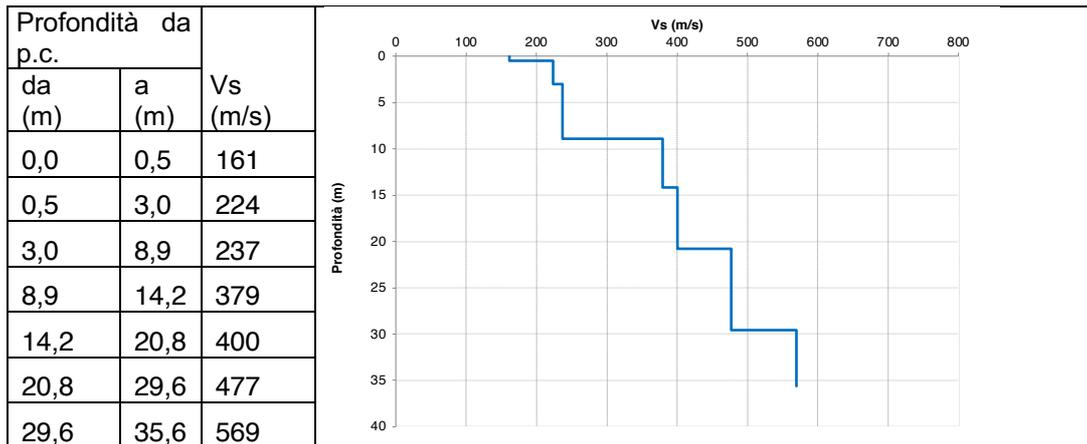
Risultati indagini geofisiche di nuova acquisizione

MASW1 – Caserma Carabinieri

Dal p.c. a 9 m circa di profondità orizzonte lento con valori di Vs mediamente pari a 220 m/s; da 9 a 21 m circa di profondità sono presenti terreni a supporto granulare ben addensati con valori di Vs che si attestano tra 380 e 400 m/s.

Oltre i 21 m circa di profondità, lo stato di addensamento della ghiaia aumenta gradualmente con la profondità, con valori di Vs compresi tra 477 e 570 m/s circa. Per le profondità investigate non è stato individuato il bedrock sismico ($V_s > 800$ m/s).

La prova HVSR ha individuato un picco chiaro e ampio a 5,8 Hz, compatibile con il passaggio tra la copertura sciolta e la ghiaia compatta intorno ai 9 m di profondità.

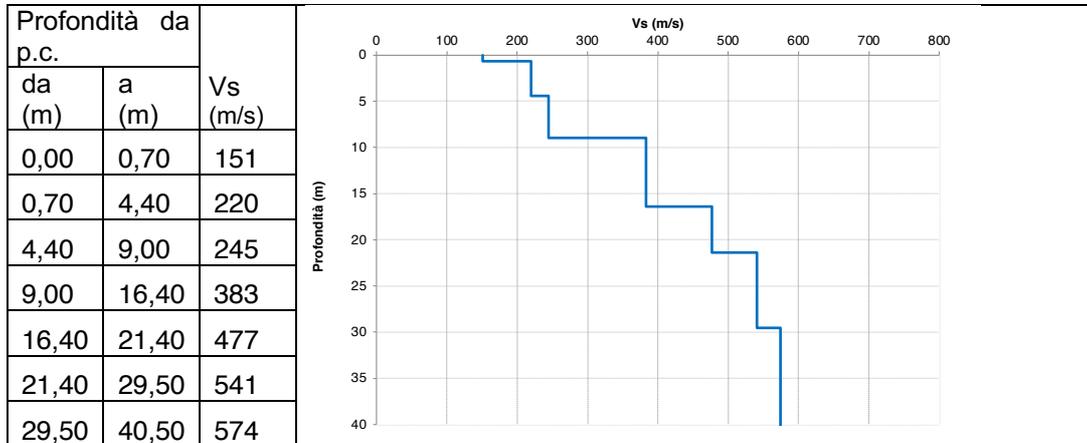


MASW2 – via Roma

Dall'elaborazione della curva di dispersione emerge la presenza dei seguenti sismostrati: strato mediamente addensato dal p.c. alla profondità di 9,0 m, con valori di Vs compresi tra 220 e 245 m/s; da 9,0 a 16,5 m circa, i valori di velocità delle onde di taglio aumentano leggermente, con Vs intorno ai 380 m/s.

Oltre i 16,5 m circa di profondità, si osserva un aumento dei valori di Vs, mediamente pari a 540 m/s; trattasi di terreni granulari addensati. Non è stato individuato il bedrock sismico ($V_s > 800$ m/s).

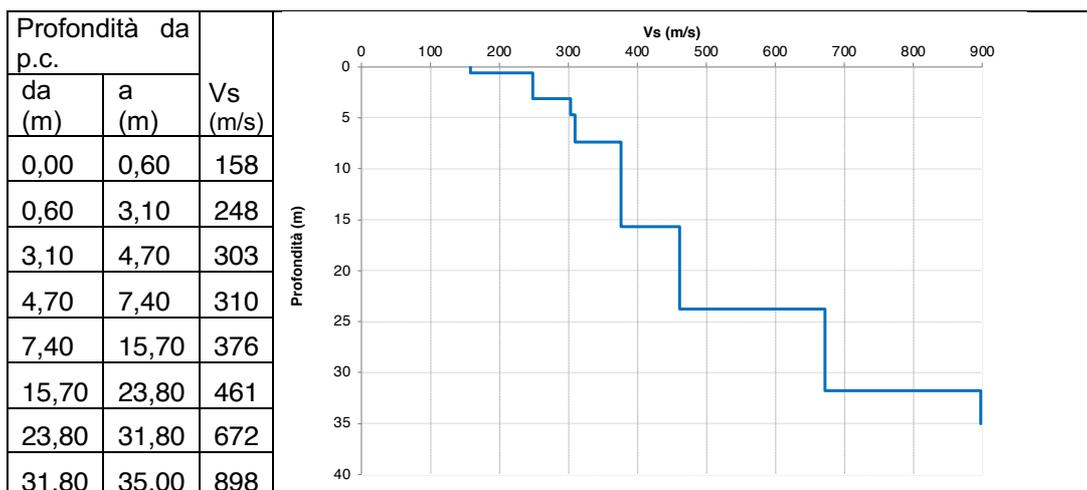
La prova HVSR ha individuato un picco chiaro e ampio alla frequenza di 6,3 Hz compatibile con il probabile top delle ghiaie compatte individuato a 9,0 m di profondità.



MASW3 – via Ronco Basso

Presente strato mediamente addensato dal p.c. alla profondità di 3,0 m, con valori di Vs pari a 250 m/s; da 3,0 a 7,5 m, lo stato di addensamento aumenta leggermente con valori di Vs che si attestano intorno a 310 m/s; al di sotto dei 7,5 m, fino ai 24,0 m circa, si registra un graduale aumento dei valori di velocità delle onde di taglio, con Vs da 370 a 460 m/s. Dai 24 m, i valori di Vs aumentano bruscamente (Vs = 670 m/s) fino a oltre 800 m/s a partire dalla profondità di 32 m.

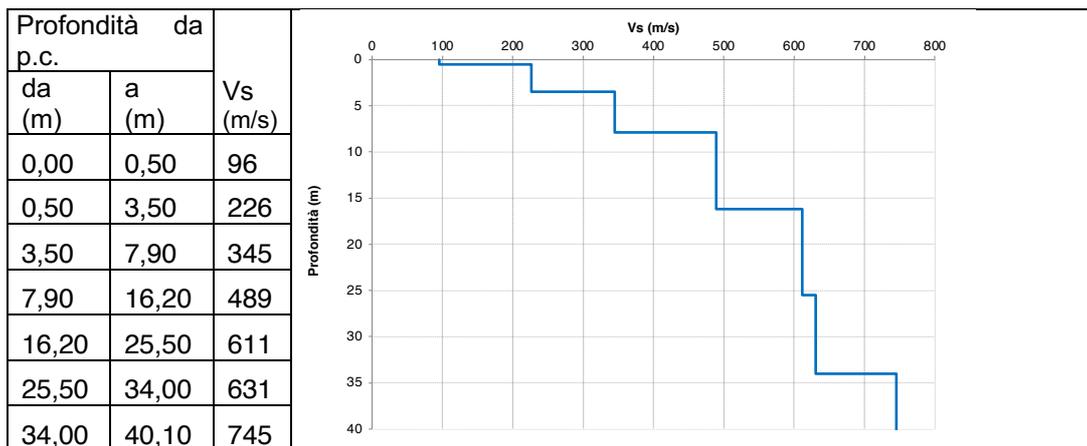
La curva della prova HVSR individua un picco debole a circa 3 Hz, associato ad una probabile interfaccia alla profondità di 24 m circa, riconducibile al passaggio copertura superficiale-bedrock.



MASW4 – via Gnera

Da p.c. alla profondità di 3,5 m, sismostrato mediamente addensato con valori di Vs intorno a 220 m/s; segue, per uno spessore di 4,5 m, un terreno con valori di Vs pari a 345 m/s; da 8 m a 16 m circa, si registra un brusco aumento della velocità delle onde di taglio ($V_s = 490$ m/s), legato probabilmente al top alterato del sottostante substrato roccioso. Dai 16 m ai 40 m, i valori di Vs si attestano tra 611 e 745 m/s, per la presenza del substrato roccioso terziario, tenero.

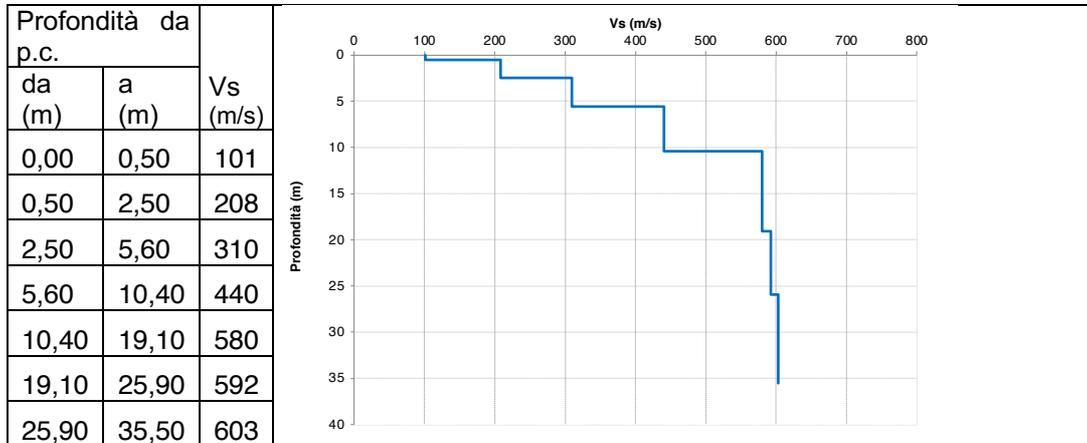
La prova HVSR individua un picco a bassa frequenza (2,9 Hz), associato ad un'interfaccia profonda dove il bedrock diventa più veloce; il passaggio tra la copertura sciolta e il bedrock avviene alla profondità di 8 m dal p.c. (substrato roccioso terziario con comportamento da bedrock sismico anche se non raggiunge valori di $V_s > 800$ m/s).



MASW5 – via Donizetti

Copertura superficiale scarsamente addensata dal p.c. alla profondità di 2,5 m, con valori di Vs intorno a 210 m/s; da 2,5 a 10,5 m circa di profondità si ha un incremento dei valori di Vs, per la presenza di terreni mediamente addensati ($310 < V_s < 440$ m/s). Oltre la velocità delle onde di taglio aumenta a valori che oscillano intorno ai 600 m/s. Tale andamento si riscontra fino a 35 m di profondità. Trattasi del bedrock tenero.

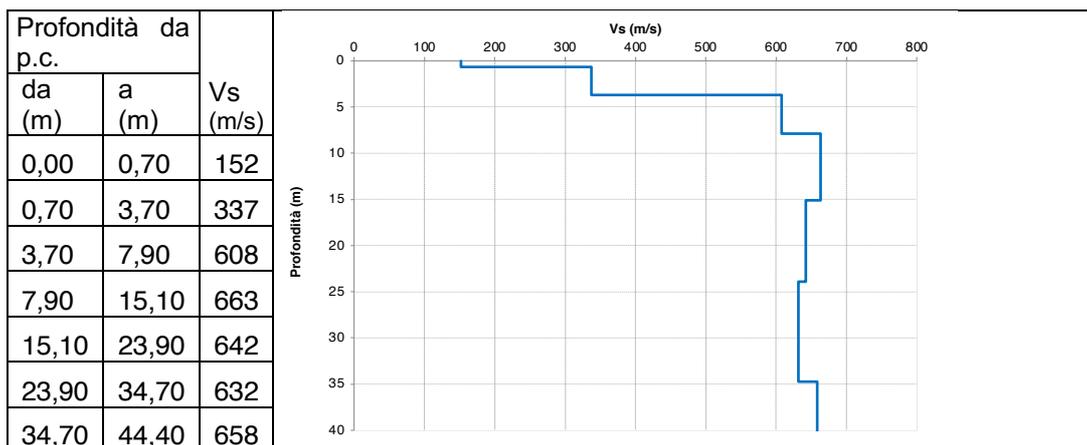
Dalla curva HVSR emergono picchi di natura antropica/industriale.



MASW6 – via Ripa

Dal p.c. fino alla profondità di 4,0 m circa è presente un terreno mediamente addensato, con valori di Vs intorno a 340 m/s; oltre, tale profondità le Vs crescono bruscamente con valori che variano da 610 a 660 m/s; tale materiale, riconducibile al substrato roccioso locale (come riscontrato dalla prova penetrometrica dinamica n. 6), manifesta un comportamento da bedrock sismico anche se caratterizzato da Vs con velocità inferiori a 800 m/s.

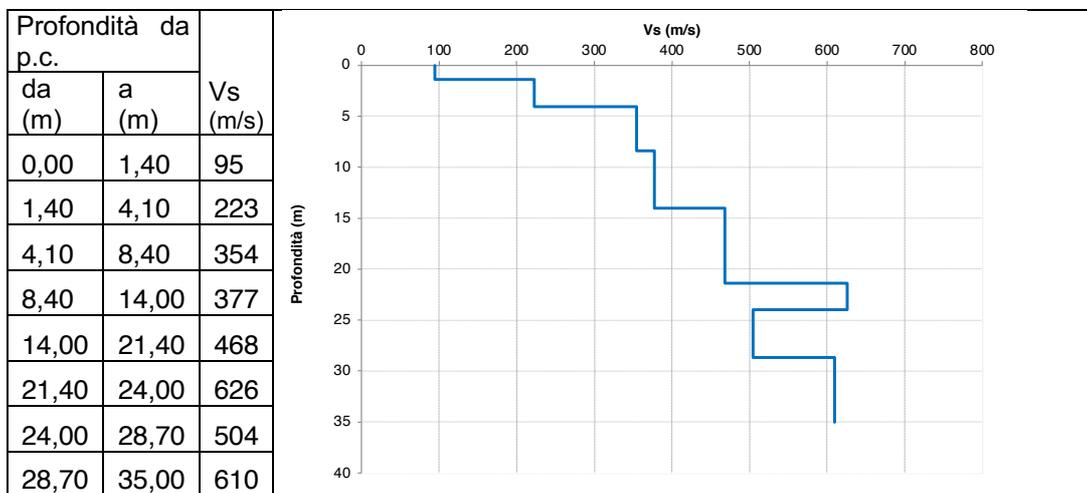
La curva HVSR individua due deboli picchi a circa 5,1 Hz e a bassissima frequenza (interfaccia molto profonda, oltre i 30 m da p.c.).



MASW7 – Linificio

È presente un sismostrato superficiale, rinvenuto dal p.c. fino alla profondità di 4,0 m mediamente addensato, con valori di Vs pari a 220 m/s; da 4,0 a 21,5 m

circa di profondità, la velocità delle onde di taglio cresce rapidamente e si attesta intorno tra 350 e 470 m/s, per la presenza di ghiaie addensate. Oltre i 21,5 m di profondità, fino a 24 m, si registrano valori di Vs pari a 626 m/s (probabile conglomerato). Da 24 a 35 m di profondità, si registrano valori tra 500 e 610 m/s: non si escludono alternanze di ghiaie e conglomerato. La curva HVSR mostra due picchi, a circa 14,2 Hz (interfaccia a circa 4 m di profondità) e a bassissima frequenza (interfaccia molto profonda, oltre i 30 m da p.c.).

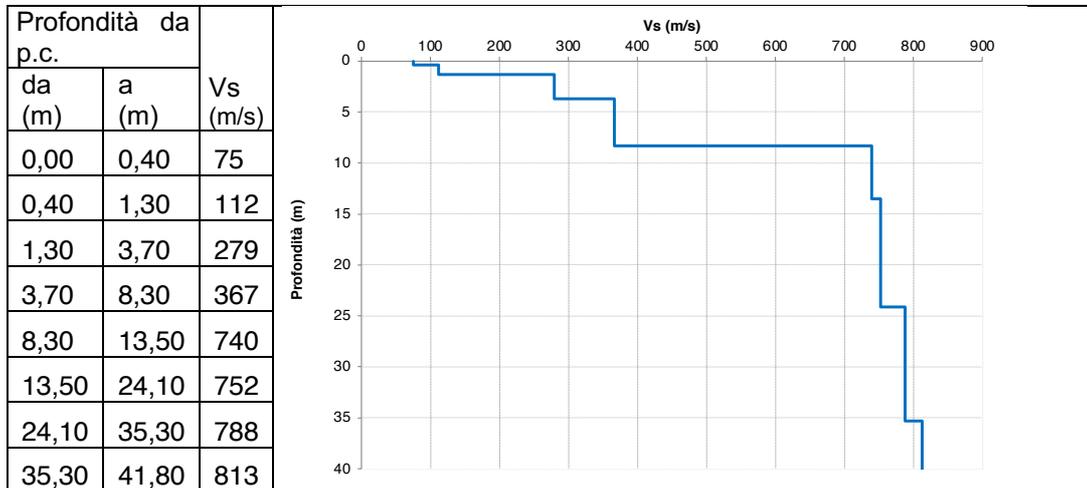


Risultati indagini geofisiche pregresse

Tra le informazioni geofisiche pregresse disponibili, sono state scelte n. 6 indagini sismiche effettuate all'interno del territorio comunale, le cui risultanze sono state ritenute valide ed applicabili nell'analisi sismica di 2° livello nella presente fase di pianificazione territoriale.

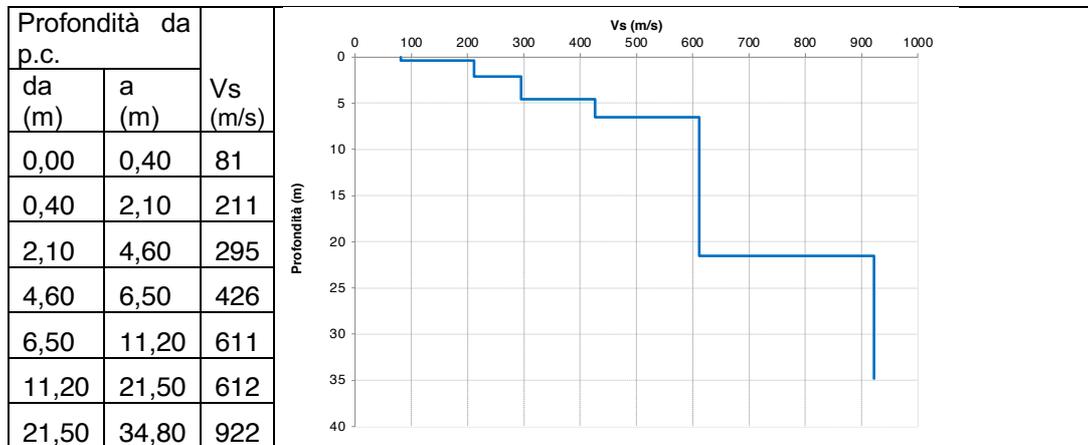
Via Valli

Dal p.c. fino alla profondità di 8,0 m circa con valori di Vs compresi tra 279 e 367 m/s: trattasi di terreni da mediamente a ben addensati; alla base di tale sismostrato, si registra un brusco aumento delle Vs, con valori compresi tra 740 e 788 m/s, fino a oltre 800 m/s a partire dai 35 m di profondità; trattasi di orizzonti veloci, con buona probabilità riconducibili al substrato roccioso locale. La curva HVSR mostra un chiaro picco alla frequenza di 11 Hz, riconducibile all'interfaccia copertura superficiale-bedrock individuata a 8,0 m circa di profondità.



Via Repubblica

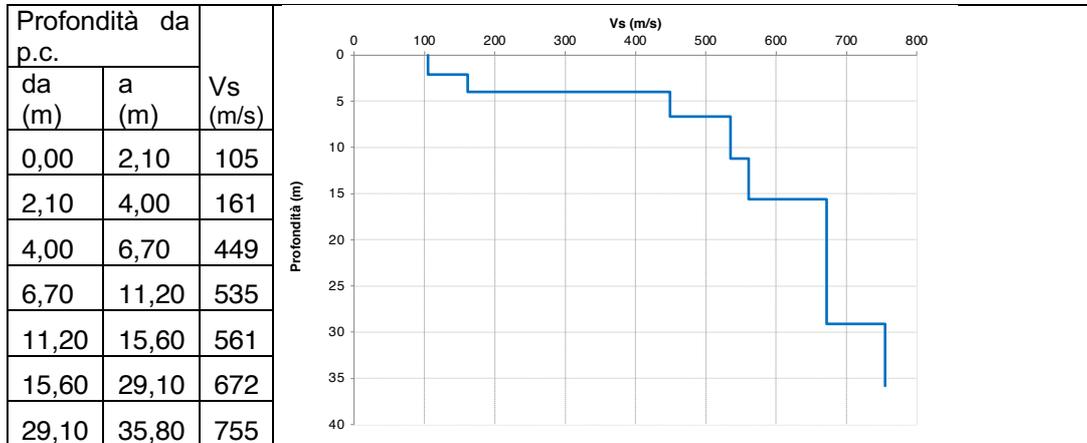
Il profilo sismostratigrafico individua entro i primi 4,5 m circa di profondità valori di Vs da bassi a medi ($211 < V_s < 295$ m/s); segue un orizzonte avente uno spessore di 2,0 m circa con un valore di Vs pari a 426 m/s circa: trattasi di terreni ghiaiosi addensati; al di sotto della base di tale sismostrato, a partire dalla profondità di 6,5 m, si registra un brusco aumento di velocità delle Vs, con valori pari a 610 m/s circa per uno spessore di 15,0 m circa (trattasi probabilmente del substrato roccioso terziario, fratturato e alterato), seguito Vs superiori a 800 m/s (bedrock compatto dai 21,5 m di profondità). La prova HVSR associata alla MASW non ha individuato picchi significativi alle frequenze di interesse ingegneristico.



Via Foresto I

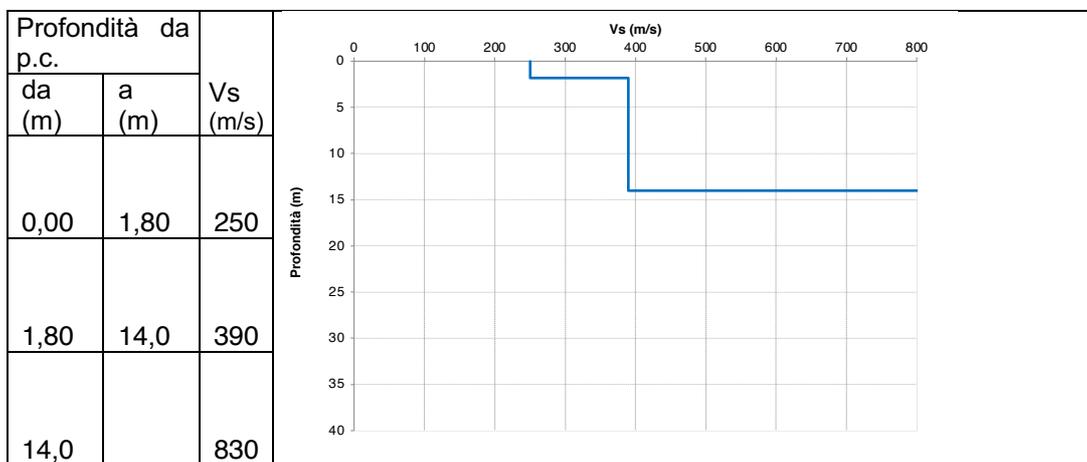
Entro i primi 4,0 m di profondità il valore di propagazione delle onde di taglio varia tra 100 e 160 m/s, riconducibile a terreni scarsamente addensati; segue un sottile orizzonte rinvenuto fino alla profondità di 6,7 m con un valore di Vs superiore, pari a 449 m/s: trattasi di terreni mediamente addensati; da 6,7 m a 15,6 m di profondità, la velocità delle Vs varia tra 535 e 561 m/s, per poi passare a valori superiori (672-755 m/s) nei restanti 20 m circa di profondità; trattasi con buona probabilità del substrato roccioso locale terziario.

La prova HVSR evidenzia un picco a 10 Hz compatibile con il top del bedrock sismico individuato a 6,7 m di profondità dal p.c.



P.zza Carboni

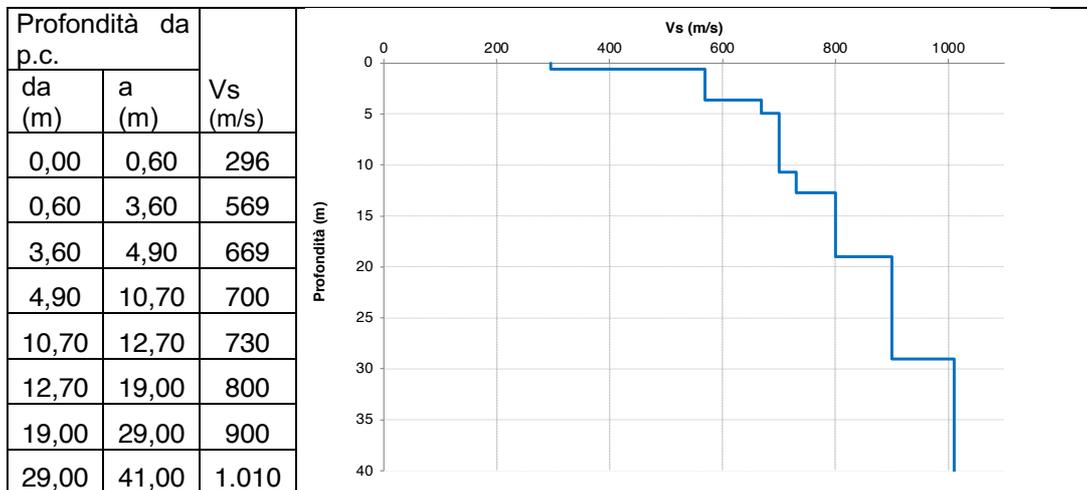
Il profilo sismostratigrafico ricavato dalla prova ReMi effettuata in sito individua entro i 2 m circa di profondità, la presenza di terreni mediamente addensati, con Vs pari a 250 m/s, seguito da terreni ben addensati fino ai 14 m di profondità (Vs = 390 m/s). Oltre, la velocità delle onde di taglio è superiore a 800 m/s. la curva HVSR individua un picco alla frequenza di 6,9 Hz.



Via F.lli Calvi

Il profilo sismostratigrafico mostra valori di Vs molto elevati fin dai primi metri di profondità, con Vs > 650 m/s a partire da 3,6 m dal p.c. Oltre i 13 m circa di profondità, si registrano valori di Vs superiori a 800 m/s.

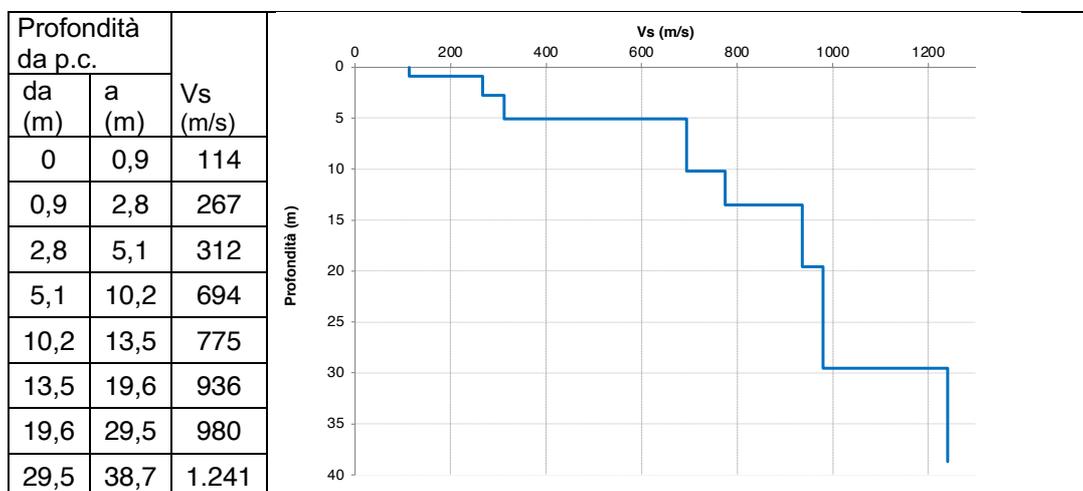
La curva HVSR risulta piuttosto piatta, senza individuare picchi di frequenza significativi.



Via Gaggio

Entro i primi 3,0 m circa di profondità il valore di propagazione delle onde di taglio è compreso tra 114 e 267 m, riconducibile a terreni da poco a mediamente addensati; segue un sottile orizzonte con un valore di Vs superiore, pari a 312 m/s, attraversato fino alla profondità di 5,1 m; trattasi di terreni mediamente addensati; a maggiore profondità, la velocità delle Vs è superiore a 700 m/s circa, per poi passare a oltre 900 m/s al di sotto dei 13,5 m circa di profondità; trattasi di strati molto veloci, riconducibili al substrato roccioso locale costituito da una successione di calcari e marne.

La curva HVSR mostra un picco alla frequenza di 10,5 Hz.



Attendibilità dei dati utilizzati

Viene di seguito riportato il livello di attendibilità dei dati litologici, stratigrafici e geofisici per ciascuno dei siti verificati nell'analisi sismica di 2° livello.

Località	Attendibilità		
	Dati litologici	Dati stratigrafici (spessori)	Dati geofisici (Vs)
Caserma Carabinieri	Alta	Media	Alta
Via Roma	Alta	Media	Alta
Via Ronco Basso	Alta	Media	Alta
Via Gnera	Alta	Media	Alta
Via Donizetti	Alta	Media	Alta
Via Ripa	Alta	Media	Alta
Linificio	Alta	Media	Alta
Via Valli	Alta	Media	Alta
Via Repubblica	Alta	Media	Alta
via Foresto I	Alta	Media	Alta
P.zza Carboni	Alta	Alta	Alta
Via F.lli Calvi	Alta	Media	Alta
Via Gaggio	Alta	Media	Alta

Definizione della categoria di suolo

La determinazione del valore di $V_{s_{eq}}$ dalle indagini geofisiche di nuova acquisizione e dalle indagini pregresse effettuate all'interno del territorio comunale, consente di definire la categoria di suolo secondo la Tab. 3.2.II del D.M. 17.01.2018 di seguito riportata.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Tab. 3.2.II NTC 2018

Indagini di nuova acquisizione			
Indagine geofisica	Località	V_{seq} (m/s)	Categoria di suolo ai sensi del D.M. 17.01.2018
MASW1	Caserma Carabinieri	338	C
MASW2	Via Roma	351	C
MASW3	Via Ronco Basso	353	E
MASW4	Via Gnera	253	E
MASW5	Via Donizetti	293	E
MASW6	Via Ripa	274	E
MASW7	Linificio	352	C

Indagini pregresse			
Indagine geofisica	Località	V_{seq} (m/s)	Categoria di suolo ai sensi del D.M. 17.01.2018
MASW	Via Valli	241	E
MASW	Via Repubblica	251	E
MASW	via Foresto I	211	E
ReMi	P.zza Carboni	366	B
MASW	Via F.lli Calvi	744	B
MASW	Via Gaggio	228	E

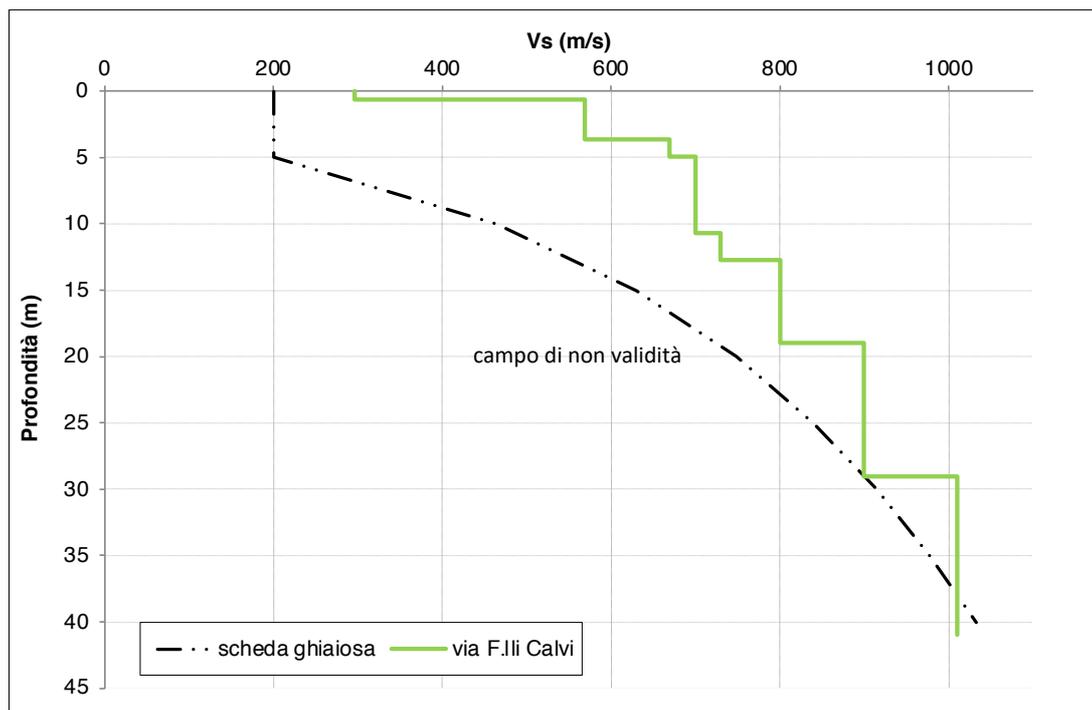
Scheda litologica di riferimento

A fronte del profilo delle Vs elaborato per ciascuna indagine geofisica disponibile, unitamente alla zonizzazione litostratigrafica effettuata a livello comunale, emerge che le schede di valutazione regionali utilizzate, sono:

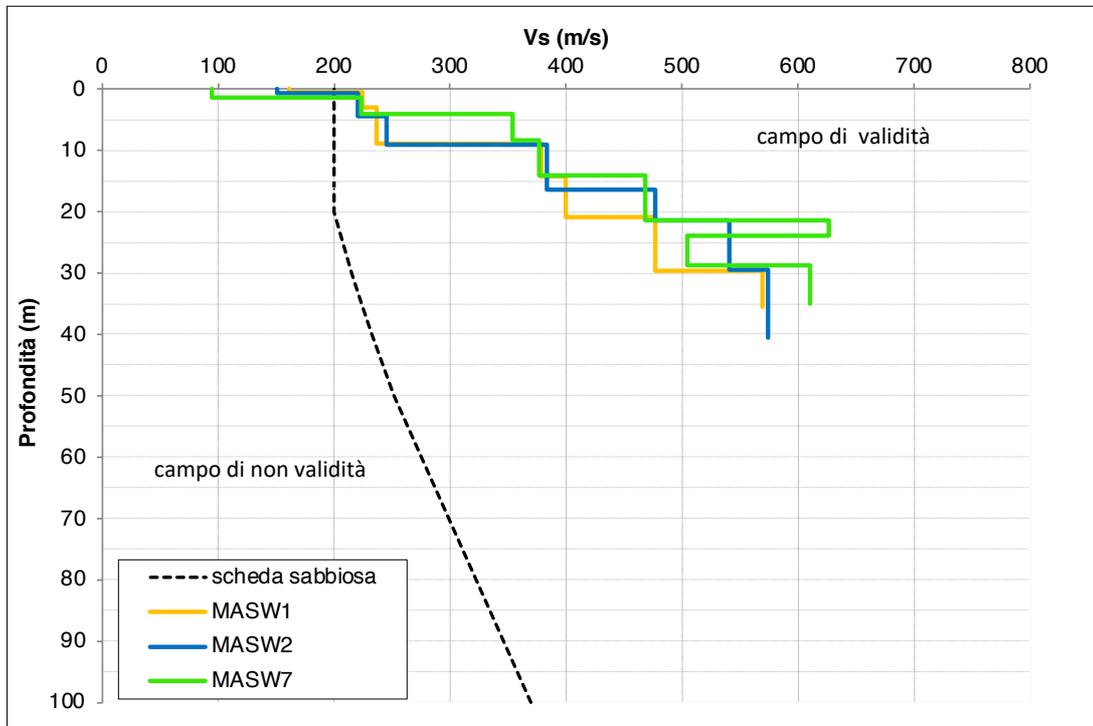
- scheda ghiaiosa (GH);
- scheda sabbiosa (SA);
- scheda limoso-argillosa tipo 1 (LA1);
- scheda limoso-argillosa tipo 2 (LA2);
- scheda limoso-sabbiosa tipo 1 (LS1);
- scheda limoso-sabbiosa tipo 2 (LS2).

Si riportano in allegato gli abachi di calcolo.

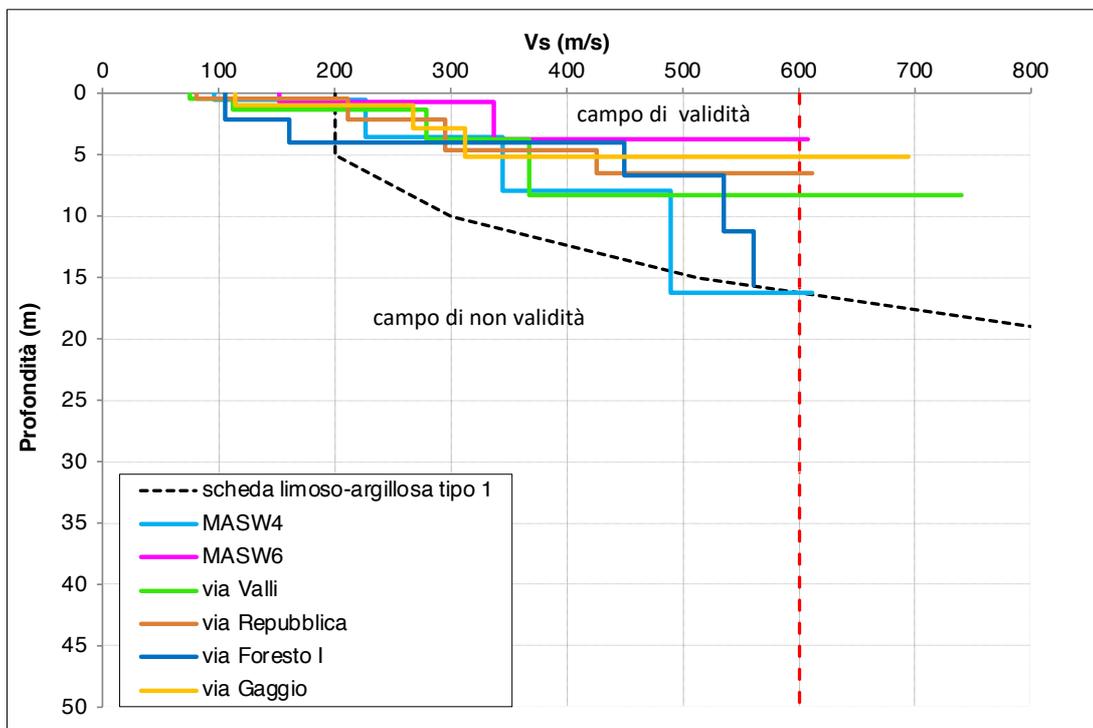
Nei grafici seguenti è visibile il profilo di velocità delle onde di taglio V_s estrapolato dalle indagini geofisiche di riferimento e la curva rappresentativa del limite di validità di ciascuna scheda.



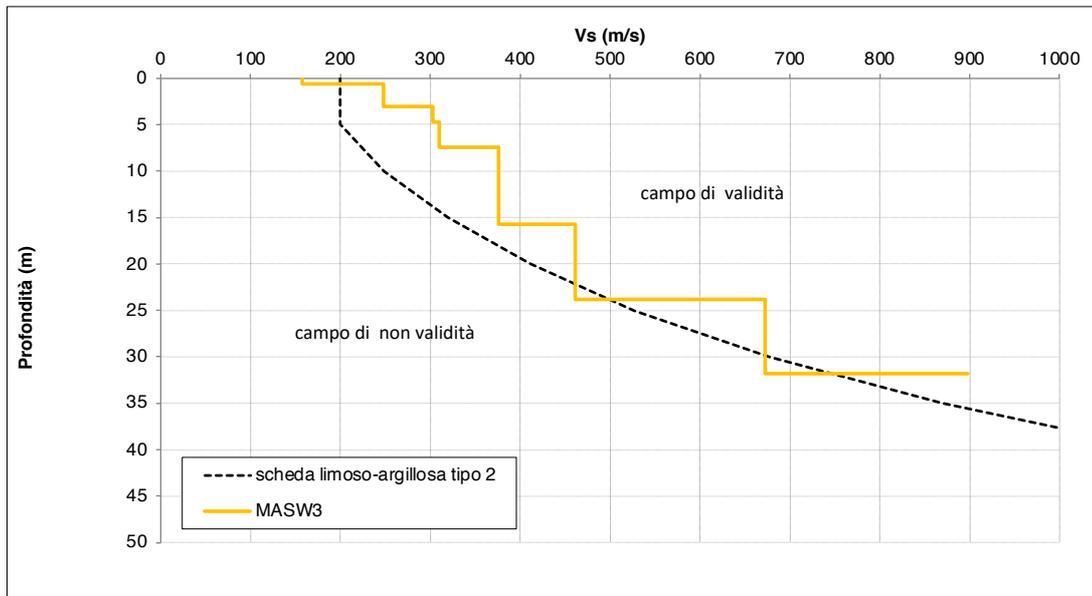
Andamento delle V_s desunte dalle indagini geofisiche di riferimento rispetto alla curva rappresentativa della scheda ghiaiosa



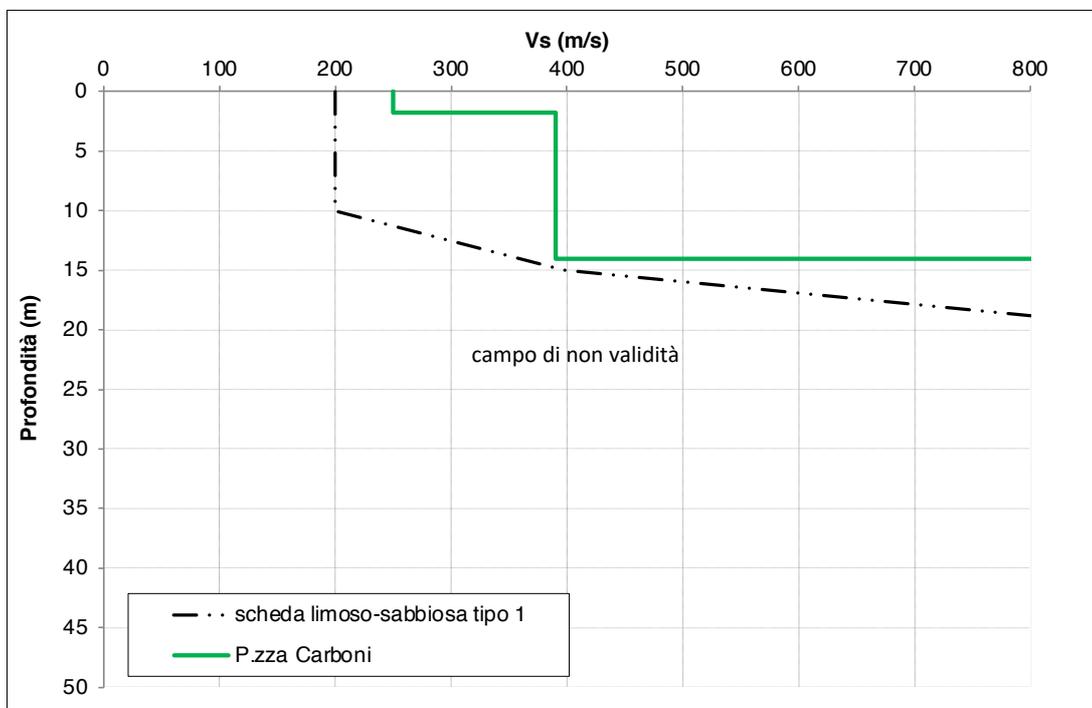
Andamento delle Vs desunte dalle indagini geofisiche di riferimento rispetto alla curva rappresentativa della scheda sabbiosa



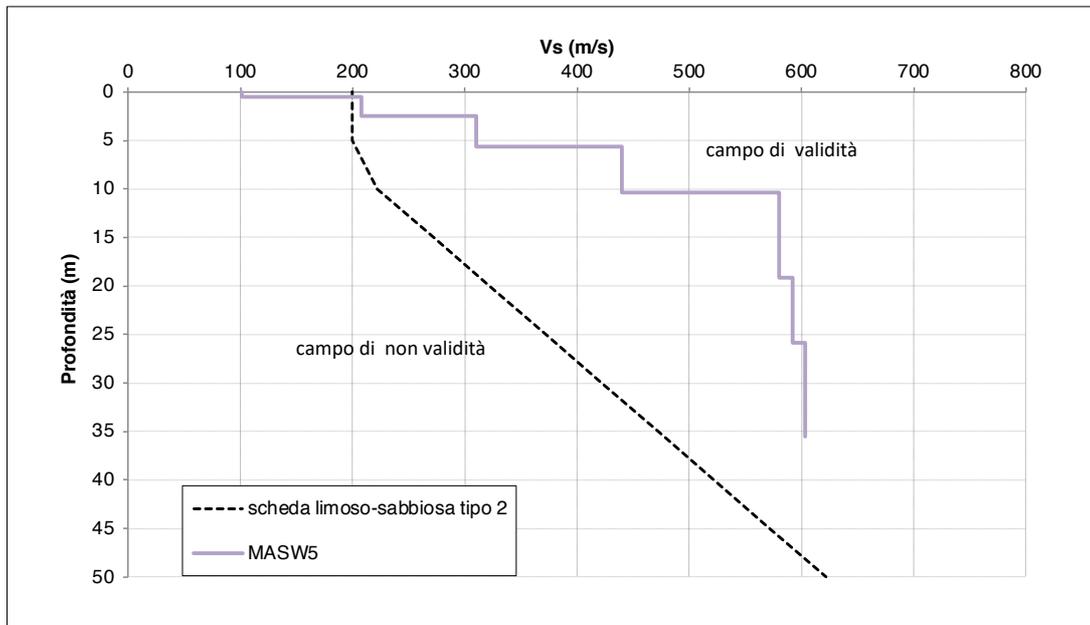
Andamento delle Vs desunte dalle indagini geofisiche di riferimento rispetto alla curva rappresentativa della scheda limoso-argillosa tipo 1



Andamento delle Vs desunte dalle indagini geofisiche di riferimento rispetto alla curva rappresentativa della scheda limoso-argillosa tipo 2



Andamento delle Vs desunte dalle indagini geofisiche di riferimento rispetto alla curva rappresentativa della scheda limoso-sabbiosa tipo 1



Andamento delle Vs desunte dalle indagini geofisiche di riferimento rispetto alla curva rappresentativa della scheda limoso-sabbiosa tipo 2

Calcolo del fattore di amplificazione – FAC

Per ciascuna area investigata, è stato calcolato il periodo T considerando la stratigrafia del terreno fino alla profondità in cui il valore di Vs è uguale o superiore a 800 m/s o come già detto in precedenza, laddove le Vs con velocità inferiore a 800 m/s siano riconducibili alla presenza di substrato geologico terziario; il valore di Vs dello strato superficiale è stato considerato con uno spessore non inferiore ai 4 m, come riportato nell'Allegato 5.

Si riportano di seguito i valori di Vs relativi allo strato superficiale, il periodo T, la tipologia di scheda litologica e la curva dell'abaco utilizzata per il calcolo del fattore di amplificazione (FAC).

Sito	Località	Cat. Suolo NTC2018	Vs strato sup. (m/s)	Periodo T	Scheda di valutazione	Curva abaco	FAC _{0,1+0,5}	FAC _{0,5+1,5}
1	Caserma Carabinieri	C	227	0,48	SA	2	1,5	1,8
2	Via Roma	C	205	0,44	SA	2	1,6	1,7
3	Via Ronco Basso	E	245	0,25	LA2	2	1,7	1,3
4	Via Gnera	E	253	0,11	LA1	2	1,3	1,0
5	Via Donizetti	E	228	0,12	LS2	2	1,4	1,0
6	Via Ripa	E	387	0,05	LA1	3	1,0	1,0
7	Linificio	C	153	0,37	SA	2	1,7	1,6
8	Via Valli	E	168	0,11	LA1	1	1,4	1,0
9	Via Repubblica	E	214	0,09	LA1	2	1,2	1,0
10	via Foresto I	E	126	0,10	LA1	2	1,3	1,0
11	P.zza Carboni	B	364	0,15	LS1	3	1,3	1,1
12	Via F.lli Calvi	B	493	0,03	GH	3	1,0	1,0
13	Via Gaggio	E	228	0,08	LA1	2	1,2	1,0

12.6 Carta dei fattori di amplificazione nell'intervallo 0,1÷0,5 s

Nella carta dei fattori di amplificazione per l'intervallo 0,1÷0,5 s (Tav. 7a) è stata effettuata una zonizzazione del territorio comunale (urbanizzato ed aree di futura espansione urbanistica) sulla base dei fattori di amplificazione desunti dall'analisi di 2° livello.

Non si esclude che localmente le condizioni litostratigrafiche possano essere differenti rispetto a quelle considerate, determinando fattori di amplificazione diversi da quelli proposti.

I poligoni definiti secondo tale classificazione sono stati sovrapposti alla carta di fattibilità geologica.

Si riportano di seguito i risultati ottenuti.

ANALISI SISMICA II LIVELLO – AMPLIFICAZIONI LITOLOGICHE 0,1-0,5 s					
Sito	Località	Categoria di suolo	FAC_{0,1+0,5 s}	FAS_{0,1+0,5 s} (±0,1)	Confronto tra FAC e FAS
1	Caserma Carabinieri	C	1,5	1,8	Verifica soddisfatta
2	Via Roma	C	1,6	2,0	Verifica soddisfatta
3	Via Ronco Basso	E	1,7	2,0	Verifica soddisfatta
4	Via Gnera	E	1,3	2,0	Verifica soddisfatta
5	Via Donizetti	E	1,4	2,0	Verifica soddisfatta
6	Via Ripa	E	1,0	2,0	Verifica soddisfatta
7	Linificio	C	1,7	1,8	Verifica soddisfatta
8	Via Valli	E	1,4	2,0	Verifica soddisfatta
9	Via Repubblica	E	1,2	2,0	Verifica soddisfatta
10	via Foresto I	E	1,3	2,0	Verifica soddisfatta
11	P.zza Carboni	B	1,3	1,4	Verifica soddisfatta
12	Via F.lli Calvi	B	1,0	1,4	Verifica soddisfatta
13	Via Gaggio	E	1,2	2,0	Verifica soddisfatta

12.7 Carta dei fattori di amplificazione nell'intervallo 0,5÷1,5 s

Nella carta dei fattori di amplificazione per l'intervallo 0,5÷1,5 s (Tav. 7b) è stata effettuata una zonizzazione del territorio comunale (urbanizzato ed aree di futura espansione urbanistica) sulla base dei fattori di amplificazione desunti dall'analisi di 2° livello.

Non si esclude che localmente le condizioni litostratigrafiche possano essere differenti rispetto a quelle considerate, determinando fattori di amplificazioni diversi da quelli proposti.

I poligoni definiti secondo tale classificazione sono stati sovrapposti alla carta di fattibilità geologica, distinguendo quelli con FAC superiore al valore soglia comunale (FAS) da quelli con FAC minore, così come previsto dalla normativa vigente.

Si riportano di seguito i risultati ottenuti.

ANALISI SISMICA II LIVELLO – AMPLIFICAZIONI LITOLOGICHE 0,5-1,5 s					
Sito	Località	Categoria di suolo	FAC_{0,5+1,5 s}	FAS_{0,5+1,5 s} (±0,1)	Confronto tra FAC e FAS
1	Caserma Carabinieri	C	1,8	2,4	Verifica soddisfatta
2	Via Roma	C	1,7	2,4	Verifica soddisfatta
3	Via Ronco Basso	E	1,3	3,1	Verifica soddisfatta
4	Via Gnera	E	1,0	3,1	Verifica soddisfatta
5	Via Donizetti	E	1,0	3,1	Verifica soddisfatta
6	Via Ripa	E	1,0	3,1	Verifica soddisfatta
7	Linificio	C	1,6	2,4	Verifica soddisfatta
8	Via Valli	E	1,0	3,1	Verifica soddisfatta
9	Via Repubblica	E	1,0	3,1	Verifica soddisfatta
10	via Foresto I	E	1,0	3,1	Verifica soddisfatta
11	P.zza Carboni	B	1,1	1,7	Verifica soddisfatta
12	Via F.lli Calvi	B	1,0	1,7	Verifica soddisfatta
13	Via Gaggio	E	1,0	3,1	Verifica soddisfatta

FASE DI SINTESI/VALUTAZIONE

13 VINCOLI ESISTENTI

La carta dei vincoli (Tav. 9) è stata redatta su tutto il territorio comunale in scala 1:5.000 utilizzando l'aerofotogrammetrico comunale e riportando i vincoli esistenti, secondo le indicazioni di cui ai criteri attuativi della L.R. 12/05.

13.1 Quadro del dissesto

Nella carta dei vincoli viene indicato il quadro del dissesto proposto in aggiornamento al vigente con il presente studio, come meglio specificato nel paragrafo "Carta PAI-PGRA" (capitolo 9).

Il quadro del dissesto comprende fenomeni legati a crolli e frane oltre a fenomeni esondivi sull'asta del fiume Brembo.

Il presente studio non ha apportato modifiche al quadro del dissesto vigente.

13.2 Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico – Delimitazione fasce fluviali

Sono state riportate le fasce fluviali del fiume Brembo definite dal PAI, approvato con d.p.c.m. 24 maggio 2001: sono individuati le aree ed i limiti esterni delle fasce A, B e C presenti sul territorio comunale.

13.3 Vincoli di polizia idraulica

Sulla carta dei vincoli sono individuate le fasce di rispetto dai corsi d'acqua perimetrate ai sensi della normativa vigente per il Reticolo Idrico Principale e definite nel Reticolo Idrico Minore comunale vigente (si rimanda al regolamento contenuto nello studio per l'individuazione del Reticolo Idrico Minore per la normativa da attuare per gli interventi sui corsi d'acqua).

Il tracciato del tratto terminale del corso d'acqua BG001-7, in località San Mauro, è stato riportato nella posizione già individuata nel vigente Reticolo Idrico

Minore vigente, senza la rettifica del tracciato individuata negli elaborati datati novembre 2023 (Tav. 3 e 9).

Per introdurre le modifiche proposte al RIM, verrà avviato specifico iter con redazione del nuovo Documento di Polizia Idraulica (DPI), compilato secondo i criteri della recente d.g.r. 1615 del 18.12.23 (Allegato D).

Un'eventuale revisione del tracciamento delle fasce di rispetto del fiume Brembo appartenente al Reticolo Idrico Principale, a seguito di idonei approfondimenti, è demandata all'aggiornamento del DPI comunale.

13.4 Aree di salvaguardia delle captazioni delle acque destinate al consumo umano – aree di tutela assoluta e di rispetto

13.4.1 Acque asservite alla rete acquedottistica

Per le captazioni ad uso idropotabile presenti nel territorio di Villa d'Almé sono state riportate le zone di tutela assoluta e rispetto ai sensi dell'art. 94 del D.Lgs. 152/2006; la zona di tutela assoluta è definita da un cerchio di pari a 10 m, mentre la zona di rispetto è definita da un cerchio di raggio pari a 200 m, entrambi tracciati dalla bocca del pozzo. È stata tracciata la zona di rispetto e di tutela assoluta di una sorgente ubicata in Comune di Sorisole (sorgente Valle del Fico) in quanto ricadono parzialmente anche in Comune di Villa d'Almé.

13.4.2 Acque minerali naturali

Sul territorio comunale di Villa d'Almé è un'area di concessione mineraria "Fonti Prealpi" all'interno della quale insistono due captazioni di acqua minerale naturale denominate Prealpi e Orobica.

La carta dei vincoli recepisce e riporta per entrambe le emergenze idriche le aree di tutela assoluta e rispetto, come normativamente previste. In assenza di indicazioni specifiche, per entrambe le emergenze la zona di tutela assoluta è stata rappresentata con un'area circolare con di raggio pari a 10 m; le zone di rispetto sono state individuate con criterio geometrico per le emergenze (area con raggio di 200 m attorno alla captazione).

L'utilizzo delle aree di salvaguardia delle acque destinate al consumo umano (sia idropotabili sia minerali naturali), è disciplinato come segue dall'art.94 del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.:

- La zona di tutela assoluta è costituita dall'area immediatamente circostante le captazioni o derivazioni: essa, in caso di acque sotterranee e, ove possibile, per le acque superficiali, deve avere un'estensione di almeno dieci metri di raggio dal punto di captazione, deve essere adeguatamente protetta e dev'essere adibita esclusivamente a opere di captazione o presa e ad infrastrutture di servizio.
- La zona di rispetto è costituita dalla porzione di territorio circostante la zona di tutela assoluta da sottoporre a vincoli e destinazioni d'uso tali da tutelare qualitativamente e quantitativamente la risorsa idrica captata e può essere suddivisa in zona di rispetto ristretta e zona di rispetto allargata, in relazione alla tipologia dell'opera di presa o captazione e alla situazione locale di vulnerabilità e rischio della risorsa. In particolare, nella zona di rispetto sono vietati l'insediamento dei seguenti centri di pericolo e lo svolgimento delle seguenti attività:
 - a) dispersione di fanghi e acque reflue, anche se depurati;
 - b) accumulo di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi;
 - c) spandimento di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi, salvo che l'impiego di tali sostanze sia effettuato sulla base delle indicazioni di uno specifico piano di utilizzazione che tenga conto della natura dei suoli, delle colture compatibili, delle tecniche agronomiche impiegate e della vulnerabilità delle risorse idriche;
 - d) dispersione nel sottosuolo di acque meteoriche proveniente da piazzali e strade;
 - e) aree cimiteriali;
 - f) apertura di cave che possono essere in connessione con la falda;
 - g) apertura di pozzi ad eccezione di quelli che estraggono acque destinate al consumo umano e di quelli finalizzati alla variazione dell'estrazione ed alla protezione delle caratteristiche quali-quantitative della risorsa idrica;
 - h) gestione di rifiuti;
 - i) stoccaggio di prodotti ovvero, sostanze chimiche pericolose e sostanze radioattive;

- j) centri di raccolta, demolizione e rottamazione di autoveicoli;
- k) pozzi perdenti;
- l) pascolo e stabulazione di bestiame che ecceda i 170 chilogrammi per ettaro di azoto presente negli effluenti, al netto delle perdite di stoccaggio e distribuzione. É comunque vietata la stabulazione di bestiame nella zona di rispetto ristretta.

Per gli insediamenti o le attività di cui sopra, preesistenti, ove possibile, e comunque ad eccezione delle aree cimiteriali, sono adottate le misure per il loro allontanamento; in ogni caso deve essere garantita la loro messa in sicurezza. Entro centottanta giorni dalla data di entrata in vigore della parte terza del presente decreto le regioni e le province autonome disciplinano, all'interno delle zone di rispetto, le seguenti strutture o attività:

1. fognature;
2. edilizia residenziale e relative opere di urbanizzazione;
3. opere viarie, ferroviarie e in genere infrastrutture di servizio;
4. pratiche agronomiche e contenuti dei piani di utilizzazione di cui alla lettera c) di cui sopra.

13.5 Vincoli derivanti dal PTR

La normativa definisce che debbano essere identificati i perimetri delle infrastrutture strategiche di interesse regionale (vasche di laminazione) 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.

Non vi sono previsioni in ambito comunale sulla base dell'aggiornamento del PTR avvenuto con DGR IX/2616/2011.

13.6 Vincoli derivanti dal Programma di Tutela e Uso delle Acque – PTUA 2016

A seguito della adozione del nuovo Programma di Tutela e Uso delle Acque (effettuata con Deliberazione n. 6862 del 12 luglio 2017) e dell'espressione del parere vincolante di competenza dell'Autorità di Bacino distrettuale del Fiume Po, è

stato approvato definitivamente il PTUA di Regione Lombardia, con Delibera n. 6990 del 31 luglio 2017, che sostituisce il PTUA approvato nel 2006.

Le attività di studio effettuate nell'ambito della revisione del PTUA hanno permesso una ridelimitazione e riclassificazione dei corpi Idrici negli ambiti di pianura e fondovalle del territorio lombardo. Sono quindi state identificate 3 idrostrutture principali di seguito elencate dall'alto verso il basso:

Idrostruttura Sotterranea Superficiale (ISS), sede dell'acquifero libero;

Idrostruttura Sotterranea Intermedia (ISI), sede di acquiferi da semiconfinati a confinati;

Idrostruttura Sotterranea Profonda (ISP), sede di acquiferi confinati.

Dalla consultazione degli elaborati cartografici del PTUA, emerge che il territorio comunale in esame ricade all'interno dell'area di ricarica dell'Idrostruttura Sotterranea Intermedia (ISI), normata secondo quanto previsto dall'art. 94 del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.

14 SINTESI DEI VINCOLI DI PERTINENZA GEOLOGICA

14.1 Criteri

Alla luce delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche riscontrate, tenendo conto dei vincoli che condizionano il territorio, è stata redatta la carta di sintesi alla scala 1:5.000, estesa all'intero territorio comunale (Tav. 12).

La Carta di sintesi degli elementi di tecnici riporta le aree omogenee dal punto di vista della pericolosità/vulnerabilità mediante l'individuazione di poligoni che definiscono omogenee porzioni di territorio caratterizzate da pericolosità geologica e geotecnica e vulnerabilità idraulica ed idrogeologica.

Per la delimitazione di tali aree sono stati seguiti i criteri indicati nella direttiva regionale, adattandoli alla realtà comunale integrata con specifiche classificazioni non contemplate nella direttiva stessa.

La sintesi degli elementi di pregiudizio riguardo l'attuazione degli interventi edilizi o di trasformazione d'uso del suolo considerati sono relative ai seguenti ambiti di pericolosità/vulnerabilità:

- Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti (comprendendo sia aree interessate da fenomeni già avvenuti, delimitabili sulla base di evidenze di terreno o di dati storici, sia aree potenzialmente interessate dai fenomeni);
- Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico;
- Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche;
- Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico.

Con riferimento alla casistica riportata nella sezione 2.2 della DGR IX/2616/2011, i paragrafi seguenti riportano gli elementi di pericolosità/vulnerabilità presenti sul territorio comunale e sintetizzati nella carta di sintesi.

14.2 Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti - "V"

Sono state individuate le aree che presentano problematiche, accertate o potenziali, di instabilità lungo i versanti; sono state riconosciute le seguenti aree omogenee:

- Aree di frana attiva (Fa): sono aree perimetrare nella carta del dissesto e recepite come aggiornamento della carta del dissesto PAI-PGRA; trattasi di zone localizzate potenzialmente interessate da crolli, franamenti superficiali e scivolamenti rotazionali/traslativi o dalla ripresa di movimenti avvenuti nel passato. In tale classe sono state comprese porzioni di versanti che caratterizzano il territorio comunale di Villa d'Almé.
- Aree caratterizzate da media suscettività al dissesto per potenziali distacchi, ribaltamenti e/o arresto di blocchi rocciosi disarticolati: individuano versanti o porzioni di versante ad elevata acclività che non presentano indizi di attività ma la cui conformazione morfologica e la presenza di substrato affiorante, talora fratturato, sono fattori predisponenti al possibile crollo.
- Aree a pericolosità potenziale per scivolamenti e/o legate ad orientazione sfavorevole della stratificazione in roccia debole, su pendio a media-elevata acclività: comprendono parte dei versanti che costituiscono il territorio comunale di Villa d'Almé. Trattasi di aree a media/elevata acclività, in presenza di roccia affiorante o sub-affiorante con scarse caratteristiche

geomeccaniche o con copertura superficiale (depositi sciolti) con spessore significativo.

- Aree a pericolosità potenziale per franosità superficiale diffusa: corrispondono a versanti a media e bassa acclività, caratterizzati dalla presenza di depositi sciolti, in spessori fino a metrici, potenziale sede di scivolamenti superficiali.
- Aree su pendio a media-bassa acclività: corrispondono ai crinali ed alle porzioni di versante meno acclivi, in corrispondenza delle quali sorgono le principali frazioni del Comune di Villa d'Almé. Trattasi di aree in assenza di particolari indizi di dissesto o attività.

14.3 Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico - “Idr”

- Aree interessate da carsismo superficiale e/o poco profondo: individuano la presenza di morfologie legate a fenomeni di carsismo superficiale (doline) con associato sistema carsico poco profondo che favorisce una rapida infiltrazione delle acque superficiali nel sottosuolo.

14.4 Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche - “G”

Sono state individuate le seguenti problematiche:

- Aree con riporti di materiale, aree colmate: sono localmente presenti con estensione limitata su diverse aree del territorio comunale.
- Aree a granulometria prevalente fine, con limitata capacità portante: si tratta di aree a bassa acclività con presenza di sono spessori variabili, di ordine plurimetrico, di materiale sciolto con scadenti caratteristiche geotecniche, che ne possono limitare l'uso.
- Aree di possibile ristagno: sono state individuate alcune zone di possibile ristagno idrico in occasione di eventi meteorici importanti.

14.5 Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico - "I"

Sono state individuate le aree che presentano problematiche, accertate o potenziali, di vulnerabilità dal punto di vista idraulico; sono state riconosciute le seguenti aree omogenee:

- Fascia A definita dal PAI: è stata riportata la perimetrazione della Fascia A, come definita dall'Autorità di Bacino del Fiume Po.
- Aree P3/H del PGR: le aree interessate da alluvioni frequenti con Tr 20-50 anni comprendono per lo più l'asta fluviale del fiume Brembo, alveo di piena ordinaria con alcune porzioni areali a ridosso del corso d'acqua, rilevate rispetto allo stesso.
- Fascia B definita dal PAI: è stata riportata la perimetrazione della Fascia B, come definita dall'Autorità di Bacino del Fiume Po; la fascia B sul territorio comunale è stata individuata su una porzione areale di limitata estensione nella parte meridionale del territorio di Villa d'Almé, in prossimità con il confine comunale di Almé, a sud di località Ghiaie.
- Aree P2/M del PGR: le aree interessate da alluvioni poco frequenti con Tr 100-200. Le aree a media probabilità di alluvioni – M sono individuate da PRGA in sinistra idrografica del Brembo ed individuano una stretta fascia perimetrale all'alveo attivo. Nella porzione più meridionale del territorio comunale, in località Ghiaie, la delimitazione dell'area a scenario M è molto vasta ed interessa le abitazioni ubicate immediatamente a valle del ponte per Almenno San Salvatore, l'intera area industriale dell'ex linificio e la fascia areale a verde, sede dei pozzi idrominerali eserciti dalla Fonti Prealpi S.r.l.
- Aree ricadenti all'interno delle fasce PAI perimetrate nel centro edificato sulle quali, in seguito a studio idraulico, è stata attribuita una classe di rischio R3 - quote del terreno superiori al livello di piena con Tr=200 anni, con franco inferiore a 100 cm: le risultanze dell'analisi del rischio idraulico hanno evidenziato l'assenza di fenomeni esondivi in caso di piena con tempi di ritorno di 200 anni nella zona industriale di località Ghiaie, perimetrata all'interno della fascia A del PAI. In particolare lo studio ha permesso di

individuare le zone non soggette ad allagamento ove la differenza tra le quote topografiche ed il livello di massima piena è inferiore a 100 cm; tali aree sono state graficamente individuate e differenziate dalle zone che garantiscono un franco superiore al metro.

- Aree ricadenti all'interno delle fasce PAI perimetrare nel centro edificato sulle quali, in seguito a studio idraulico, è stata attribuita una classe di rischio R3 - quote del terreno superiori al livello di piena con $Tr=200$ anni, con franco uguale o superiore a 100 cm: le risultanze dell'analisi del rischio idraulico hanno evidenziato l'assenza di fenomeni esondivi in caso di piena con tempi di ritorno di 200 anni nella zona industriale di località Ghiaie, perimetrata all'interno della fascia A del PAI.

In particolare lo studio idraulico e la successiva realizzazione di un tratto di arginatura in sponda idrografica sinistra (Certificato di regolare esecuzione del 05.08.2011), hanno permesso di perimetrare le aree ove è garantito un franco superiore a 100 cm tra le quote topografiche ed il livello di massima piena: all'interno delle aree di rischio, classificate nello studio idraulico come R3, sono state individuate con segno grafico distinto le aree caratterizzate da un dislivello superiore ad 1 metro tra le quote topografiche ed il massimo livello di piena.

- Aree potenzialmente interessate da criticità idrauliche, definite su base morfologica: sono aree potenzialmente interessate da fenomeni di espansione delle acque in seguito al verificarsi di fenomeni di tracimazione localizzata od ostruzione dei corsi d'acqua in occasione di fenomeni meteorici intensi e trasporto solido.
- Fascia C definita dal PAI: è stata riportata la perimetrazione della Fascia C, come definita dall'Autorità di Bacino del Fiume Po. Il limite esterno di fascia C, volto ad individuare le aree allagabili in caso di eventi di piena con carattere di eccezionalità ($Tr=500$ anni). La fascia C corrisponde ad un'area a sviluppo continuo in sinistra idrografica che diparte dal confine nord del territorio comunale e comprende la frazione di Campana, la piana in località

Fonderia; il versante e la piana a valle di Via Ventolosa e l'area compresa fra Via Boccaline e Via Gotti.

- Aree P1/L del PGRA: le aree interessate da alluvioni rare con Tr 500. Le aree a scarsa probabilità di alluvioni – L sono individuate da PRGA e sono sovrapponibili con la fascia C del PAI: comprendono la frazione di Campana, la piana in località Fonderia; il versante e la piana a valle di Via Ventolosa e l'area compresa fra Via Boccaline e Via Gotti.
- Aree potenzialmente interessate da scorrimento non incanalato di acqua: sono perimetrate in tale classe aree a morfologia concava ove non è riconoscibile alcuna incisione fluviale che, in occasione di eventi meteorici eccezionali, possono essere interessate da scorrimento idrico non incanalato. Tali zone sono presenti a valle di località Bruntino e lungo la via Donizetti, urbanizzata, dove lo scorrimento idrico superficiale è direttamente correlato alla capacità di smaltimento del sistema fognario.

FASE DI PROPOSTA

15 CARTA DEL DISSESTO CON LEGENDA UNIFORMATA PAI E PGRA

La DGR IX/2616/201 prevede l'obbligo della redazione del quadro del dissesto con legenda uniformata PAI (Elaborato 2), facente parte del Piano delle Regole, ed utilizzando come base cartografica la Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000.

I dissesti attivi, quiescenti o stabilizzati, morfologicamente significativi e fedelmente cartografabili alla scala di lavoro, unitamente alle aree soggette ad esondazione in caso di eventi di piena con carattere frequente, a media possibilità di accadimento od eccezionali, sono stati inseriti nella carta del dissesto PAI-PGRA con lo schema riportato nella tabella seguente:

tipologia di dissesto	pericolosità	Carta PAI-PGRA
Elementi areali		
Aree soggette a crollo di massi e ribaltamenti diffusi, scivolamenti rotazionali/traslazionali		H3-H5 Fa – frana attiva
Elementi puntuali		
Frane non fedelmente cartografabili		
esondazione	Tempo di ritorno	carta PAI-PGRA
Fasce fluviali – elaborato 8 PAI	20	Fascia A
	200	Fasce B
	500	Fascia C
Aree esondazione da PGRA	20-50	Area P3/H
	100-200	Area P2/M
	500	Area P1/L

Nella tabella seguente è riportata la correlazione tra classi di pericolosità, classi di fattibilità geologica e voci della legenda PAI-PGRA utilizzata in sede di redazione del quadro del dissesto:

Legenda PAI-PGRA	Classe/norma di fattibilità geologica
Frane	
Fa – frana attiva	4
Fasce fluviali	

Fascia A (titolo II delle NdA del PAI)	A
Fascia B (titolo II delle NdA del PAI)	B
Fascia C (titolo II delle NdA del PAI)	C
Direttiva alluvioni (ambito Reticolo Principale – RP)	
Area a pericolosità P3/H (titolo V delle NdA del PAI)	A
Area a pericolosità P2/M (titolo V delle NdA del PAI)	B
Area a pericolosità P1/L (titolo V delle NdA del PAI)	C

Le aree di dissesto sono state confermate sulla base delle osservazioni morfologiche, degli studi disponibili e degli approfondimenti effettuati in sito.

16 FATTIBILITA' GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO

La carta di fattibilità è stata redatta su tutto il territorio comunale alla scala 1:5.000 (Tav. 13) ed alla scala di piano (1:2.000) per il centro edificato (Tavv. 14a-b-c-d-e).

La carta di fattibilità, compilata secondo quanto previsto dai “Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell’art. 57, comma 1, della legge regionale 11 marzo 2005 n. 12” e s.m.i., ha attribuito un valore di fattibilità a ciascuna area individuata nella carta di sintesi.

La carta di fattibilità non riporta gli elementi puntuali individuati nella carta del dissesto o nella carta geomorfologica, riconducibili ad elementi non fedelmente cartografabili, non perimetrabili.

Le classi di fattibilità sono raggruppate secondo diverse problematiche riscontrate (quattro).

Vi sono porzioni di territorio sulle quali sono presenti contemporaneamente aree con diverse problematiche/vulnerabilità: quando le pericolosità naturali non interagiscono fra loro, nella carta di fattibilità, coerentemente con le informazioni contenute nella carta di sintesi, vengono attribuite (e mantenute, evitando di perdere informazioni importanti) più classi di fattibilità contemporaneamente; per tali aree sono indicate contemporaneamente due classi di fattibilità rappresentative di differenti pericolosità/vulnerabilità; su tali aree valgono entrambe le normative associate alle fattibilità assegnate.

Al mosaico della fattibilità sono sovrapposte, con apposito retino trasparente, le aree soggette ad amplificazione sismica locale. Tale sovrapposizione non comporta un cambio della classe di fattibilità geologica, ma rimanda alla normativa specifica riportata nel capitolo 17.3.

16.1 Criteri di attribuzione delle classi di fattibilità

L'attribuzione dei valori di fattibilità alle differenti aree omogenee individuate nella carta di sintesi, ha tenuto conto dei "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della legge regionale 11 marzo 2005 n. 12".

Di seguito si riporta uno schema indicante la classe di fattibilità attribuita a ciascuna area omogenea individuata nella sintesi, differenziandole secondo le problematiche riscontrate.

Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti "V"	Classe
Aree di frana attiva (Fa)	4a V
Aree caratterizzate da media suscettività al dissesto per potenziali distacchi, ribaltamenti e/o arresto di blocchi rocciosi disarticolati	4b V
Aree a pericolosità potenziale per scivolamenti e/o legate ad orientazione sfavorevole della stratificazione in roccia debole, su pendio a media-elevata acclività	3a V
Aree a pericolosità potenziale per franosità superficiale diffusa	3b V
Aree su pendio a media-bassa acclività	2 V

Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico "Idr"	Classe
Aree interessate da carsismo superficiale e/o poco profondo	2 Idr

Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche "G"	Classe
Aree con riporti di materiale, aree colmate	3 G
Aree con terreni a granulometria fine con limitata capacità portante	
Aree di possibile ristagno	2 G

Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico "I"	Classe
Fascia A del PAI	4 I
Area a pericolosità P3/H	
Aree ricadenti all'interno delle fasce PAI perimetrate nel centro edificato, sulle quali in seguito a studio idraulico è stata attribuita una classe di rischio R4	
Fascia B del PAI	

Area a pericolosità P2/M	3a I
Aree ricadenti all'interno delle fasce PAI perimetrate nel centro edificato, sulle quali in seguito a studio idraulico è stata attribuita una classe di rischio R3	3b I
Aree potenzialmente interessate da criticità idrauliche, definite su base morfologica	3c I
Fascia C del PAI Area a pericolosità P1/L	2a I
Aree potenzialmente interessate da scorrimento non incanalato di acqua	2b I

17 NORME GEOLOGICHE DI PIANO

17.1 Indirizzi generali

Per tutto il territorio comunale valgono le seguenti norme:

- tutti i progetti che prevedono la realizzazione di nuove edificazioni in aderenza ad edifici esistenti devono essere supportati da specifica indagine geotecnica quando è prevista la realizzazione di scavi a profondità maggiori rispetto alle fondazioni esistenti; devono essere specificate le tecniche utilizzate per garantire la stabilità delle pareti di scavo, sia nelle modalità di esecuzione dello scavo stesso che nel sostegno (provvisorio e definitivo) della scarpata di sbancamento;
- gli interventi e le attività che coinvolgono le matrici ambientali devono essere realizzati nel rispetto della specifica normativa nazionale e regionale (rif. D.Lgs. 152/2006 e s. m. i.);
- la caratterizzazione geotecnica del sito e le verifiche di stabilità e sicurezza di pendii o versanti, ove necessarie, dovranno essere effettuate ai sensi del D.M. 17.01.2018;

17.2 Prescrizioni di fattibilità geologica

17.2.1 Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti (sigla: "V")

Classe 4a V - Fattibilità con gravi limitazioni

Fatto salvo quanto previsto dall'art. 3 ter del D.L. 12 ottobre 2000, n. 279, convertito in L. 11 dicembre 2000, n. 365, nelle aree Fa sono esclusivamente consentiti:

- gli interventi di demolizione senza ricostruzione;
- gli interventi di manutenzione ordinaria degli edifici, così come definiti alla lettera a) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457;
- gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie e volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo;
- gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria di opere pubbliche o di interesse pubblico e gli interventi di consolidamento e restauro conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela;
- le opere di bonifica, di sistemazione e di monitoraggio dei movimenti franosi;
- le opere di regimazione delle acque superficiali e sotterranee;
- la ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente.

Gli interventi devono comunque garantire la sicurezza dell'esercizio delle funzioni per cui sono destinati, tenuto conto dello stato di dissesto in essere.

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.

Classe 4b V - Fattibilità con consistenti limitazioni

È esclusa la realizzazione di nuovi interventi edificatori di qualsiasi tipo e la ristrutturazione di edifici esistenti.

Gli interventi di manutenzione, risanamento conservativo e restauro sono subordinati alla presentazione di una accurata indagine geologico-tecnica e geomeccanica che accerti le condizioni di stabilità e di pericolosità in un intorno significativo dell'area di progetto; tali verifiche dovranno essere effettuate sia sullo stato di fatto sia sul progetto, con una valutazione del grado di rischio e dovranno indicare i provvedimenti necessari per raggiungere un grado di sicurezza compatibile con l'utilizzo dell'opera.

Sono consentiti interventi finalizzati al miglioramento delle condizioni di stabilità (consolidamenti etc.) e la realizzazione di nuove infrastrutture pubbliche e reti tecnologiche (strade, fognature, acquedotti, etc.), solo qualora non altrimenti localizzabili, o lavori di rifacimento di tratti esistenti: tali progetti devono essere attentamente valutati mediante una dettagliata indagine geologico-tecnica che evidenzi le pericolosità esistenti con particolare attenzione alla stabilità globale del pendio a seguito della realizzazione del progetto e indichi gli eventuali interventi necessari a raggiungere un grado di sicurezza compatibile con l'opera.

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 geologico ed idrogeologico.

Classe 3a V - Fattibilità con consistenti limitazioni

Progetti di nuovi interventi edificatori sono subordinati alla presentazione di un'accurata indagine geologico-tecnica che verifichi le problematiche esistenti, evidenziando i processi in atto e la loro possibile evoluzione.

Le caratteristiche geotecniche del terreno e l'effettivo spessore dello stesso devono essere accertate mediante tecniche di indagine specifiche (prove penetrometriche, indagini geofisiche, sondaggi a carotaggio continuo, etc.).

I caratteri stratigrafici (giacitura, litologia) e geomeccanici della roccia, potranno essere definiti mediante rilievi specifici e/o indagini in sito. Il tecnico incaricato (geologo), potrà scegliere la tipologia di indagine ritenuta più consona alle condizioni ambientali, di progetto ed alle problematiche presenti al contorno dell'area di intervento.

Devono altresì essere definite le interazioni fra il progetto e le caratteristiche geomorfologiche, idrauliche e idrogeologiche presenti nell'area, con particolare attenzione alla stabilità locale e globale del versante esistente e successiva alla realizzazione del progetto ed allo scorrimento superficiale delle acque; resta comunque vietata la dispersione incontrollata delle acque lungo i versanti o nelle immediate vicinanze dei cigli di scarpata. Devono essere individuati gli accorgimenti da assumere per l'esecuzione del progetto in condizioni di sicurezza.

Progetti di ristrutturazione, interventi di manutenzione, risanamento conservativo e restauro di opere o edifici esistenti devono essere accompagnati da relazione geologico-tecnica che verifichi l'interazione fra il progetto e le caratteristiche litologiche, geomorfologiche e idrauliche al contorno dell'area di progetto, con particolare attenzione alla stabilità del versante. L'eventuale scelta di non eseguire indagini in sito nelle ultime situazioni indicate (esclusi pertanto i nuovi interventi edificatori), dovrà essere motivata in riferimento alle caratteristiche di progetto e giustificata dimostrando la esaustività dei dati geologico/geotecnici diversamente reperiti.

Modifiche dell'uso del suolo devono essere accompagnate da relazione geologica che ne dimostri la compatibilità con le condizioni di stabilità presenti.

Alle problematiche evidenziate devono seguire le indicazioni relative agli interventi da adottare nella progettazione a difesa e/o gli interventi di mitigazione per ridurre gli impatti sul territorio, a seguito della realizzazione del progetto.

Classe 3b V - Fattibilità con consistenti limitazioni

Progetti di nuovi interventi edificatori sono subordinati alla presentazione di un'accurata indagine geologico-tecnica che verifichi le problematiche esistenti, evidenziando i processi in atto e la loro possibile evoluzione.

Le caratteristiche geotecniche del terreno e l'effettivo spessore dello stesso devono essere accertate mediante tecniche di indagine specifiche (prove penetrometriche, indagini geofisiche, sondaggi a carotaggio continuo, etc.).

Il tecnico incaricato (geologo), potrà scegliere la tipologia di indagine ritenuta più consona alle condizioni ambientali, di progetto ed alle problematiche presenti al contorno dell'area di intervento.

Devono altresì essere definite le interazioni fra il progetto e le caratteristiche geomorfologiche, idrauliche e idrogeologiche presenti nell'area, con particolare attenzione alla stabilità locale e globale del versante ante e post-operam; resta comunque vietata la dispersione incontrollata delle acque lungo i versanti o nelle immediate vicinanze dei cigli di scarpata. Devono essere individuati gli accorgimenti da assumere per l'esecuzione del progetto in condizioni di sicurezza.

Progetti di ristrutturazione, interventi di manutenzione, risanamento conservativo e restauro di opere o edifici esistenti devono essere accompagnati da relazione geologico-tecnica che verifichi l'interazione fra il progetto e le caratteristiche litologiche, geomorfologiche e idrauliche al contorno dell'area di progetto, con particolare attenzione alla stabilità del versante. L'eventuale scelta di non eseguire indagini in sito non è consentita per nuovi edifici; negli altri casi dovrà essere motivata in riferimento alle caratteristiche di progetto e giustificata dimostrando la esaustività dei dati geologico/geotecnici diversamente reperiti.

Modifiche dell'uso del suolo devono essere accompagnate da relazione geologica che ne dimostri la compatibilità con le condizioni di stabilità presenti.

Alle problematiche evidenziate devono seguire le indicazioni relative agli interventi da adottare nella progettazione a difesa e/o gli interventi di mitigazione per ridurre gli impatti sul territorio, a seguito della realizzazione del progetto.

Classe 2 V – Fattibilità con modeste limitazioni

Progetti di nuovi interventi edificatori ed interventi di ristrutturazione di opere o edifici esistenti sono subordinati alla presentazione di una relazione geologica che individui le interazioni fra il progetto e le caratteristiche litologiche, geomorfologiche, idrauliche e di stabilità esistenti nell'area di intervento e in un intorno significativo della stessa ed individui gli interventi necessari a mitigare le problematiche eventualmente evidenziate.

La necessità di un'indagine geotecnica specifica, con prove in sito, deve essere valutata da un tecnico abilitato (geologo) sulla base delle caratteristiche di progetto, del terreno e delle condizioni al contorno.

17.2.2 Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico (sigla: "Idr")

Classe 2 Idr – Fattibilità con modeste limitazioni

I nuovi ambiti di trasformazione devono dotarsi di fognatura.

Le modifiche dell'uso del suolo devono essere accompagnate da relazione geologica che dimostri la compatibilità dell'intervento con le condizioni idrogeologiche presenti, comprendente l'indicazione delle opere di prevenzione e salvaguardia (accorgimenti costruttivi, smaltimento acque meteoriche, monitoraggi) da adottare/prevedere e la loro rappresentazione cartografica.

Le analisi di approfondimento locale possono variare a discrezione del progettista, per il grado pericolosità atteso, sia per la tipologia delle nuove trasformazioni d'uso del suolo previste o dell'urbanizzazione già presente.

Nelle aree interessate dai fenomeni in oggetto, va posta particolare attenzione alle modalità di gestione delle acque meteoriche che, soprattutto in caso di cavità presenti in depositi incoerenti, possono determinare lo sviluppo in estensione, e/o l'insorgenza di nuove discontinuità nei terreni.

È vietato infiltrare nel terreno l'acqua raccolta dai manufatti.

In base ai risultati delle indagini, alla tipologia e al processo di formazione del fenomeno rilevato (utilizzando anche i dati interferometrici disponibili), nonché alla tipologia di intervento di trasformazione del suolo prevista, potrà essere valutata l'utilità di predisporre un piano di monitoraggio delle variazioni plano-altimetriche

dell'area mediante il posizionamento di capisaldi di misura, in numero adeguato rispetto all'estensione dell'area stessa e alle sue caratteristiche.

17.2.3 Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche (sigla: "G")

Classe 3 G – Fattibilità con consistenti limitazioni

Progetti di nuovi interventi edificatori, interventi di manutenzione, risanamento conservativo, restauro e ristrutturazione di opere o edifici esistenti sono subordinati alla presentazione di un'indagine geotecnica con prove in sito che, in relazione alla criticità individuata dal tecnico abilitato (geologo) definisca le caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione ed individui gli interventi che garantiscano l'integrità del manufatto di progetto.

Classe 2 G – Fattibilità con modeste limitazioni

Progetti di nuovi interventi edificatori e interventi di ristrutturazione di opere o edifici esistenti sono subordinati alla presentazione di una relazione geologica che definisca le caratteristiche litologiche del terreno, valuti l'effettivo verificarsi di fenomeni di accumulo di acqua in superficie (con indicazione di eventuali direzioni preferenziali di scorrimento) ed individui gli interventi più opportuni atti a garantire un rapido allontanamento delle acque ed eventuali sistemi di difesa dalle stesse, al fine di assicurare l'integrità del manufatto di progetto. Se è prevista la realizzazione di volumi interrati, deve essere realizzato un adeguato sistema di difesa dalle acque circolanti nel terreno, mediante tecniche di drenaggio e smaltimento o di impermeabilizzazione.

17.2.4 Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico (sigla: "I")

Classe 4a I - Fattibilità con gravi limitazioni

Gli interventi consentiti sono quelli previsti nelle NTA del PAI adottate il 26.04.2001 con Del.Com.Ist. n. 18, agli artt. 29 e 39, di seguito riportati:

Art. 29. Fascia di deflusso della piena (Fascia A)

1. Nella fascia A il Piano persegue l'obiettivo di garantire le condizioni di sicurezza assicurando il deflusso della piena di riferimento, il mantenimento e/o il

recupero delle condizioni di equilibrio dinamico dell'alveo, e quindi favorire, ovunque possibile, l'evoluzione naturale del fiume in rapporto alle esigenze di stabilità delle difese e delle fondazioni delle opere d'arte, nonché a quelle di mantenimento in quota dei livelli idrici di magra.

2. Nella Fascia A sono vietate:

a) le attività di trasformazione dello stato dei luoghi, che modifichino l'assetto morfologico, idraulico, infrastrutturale, edilizio, fatte salve le prescrizioni dei successivi articoli;

b) la realizzazione di nuovi impianti di smaltimento e di recupero dei rifiuti, l'ampliamento degli stessi impianti esistenti, nonché l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti, così come definiti dal D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22, fatto salvo quanto previsto al successivo comma 3, let. l);

c) la realizzazione di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue, nonché l'ampliamento degli impianti esistenti di trattamento delle acque reflue, fatto salvo quanto previsto al successivo comma 3, let. m);

d) le coltivazioni erbacee non permanenti e arboree, fatta eccezione per gli interventi di bioingegneria forestale e gli impianti di rinaturazione con specie autoctone, per un'ampiezza di almeno 10 m dal ciglio di sponda, al fine di assicurare il mantenimento o il ripristino di una fascia continua di vegetazione spontanea lungo le sponde dell'alveo inciso, avente funzione di stabilizzazione delle sponde e riduzione della velocità della corrente; le Regioni provvederanno a disciplinare tale divieto nell'ambito degli interventi di trasformazione e gestione del suolo e del soprasuolo, ai sensi dell'art. 41 del D.Lgs. 11 maggio 1999, n. 152 e successive modifiche e integrazioni, ferme restando le disposizioni di cui al Capo VII del R.D. 25 luglio 1904, n. 523;

e) la realizzazione di complessi ricettivi all'aperto;

f) il deposito a cielo aperto, ancorché provvisorio, di materiali di qualsiasi genere.

3. Sono per contro consentiti:

a) i cambi colturali, che potranno interessare esclusivamente aree attualmente coltivate;

b) gli interventi volti alla ricostituzione degli equilibri naturali alterati e alla eliminazione, per quanto possibile, dei fattori incompatibili di interferenza antropica;

c) le occupazioni temporanee se non riducono la capacità di portata dell'alveo, realizzate in modo da non arrecare danno o da risultare di pregiudizio per la pubblica incolumità in caso di piena;

d) i prelievi manuali di ciottoli, senza taglio di vegetazione, per quantitativi non superiori a 150 m³ annui;

e) la realizzazione di accessi per natanti alle cave di estrazione ubicate in golena, per il trasporto all'impianto di trasformazione, purché inserite in programmi individuati nell'ambito dei Piani di settore;

f) i depositi temporanei conseguenti e connessi ad attività estrattiva autorizzata ed agli impianti di trattamento del materiale estratto e presente nel luogo di produzione da realizzare secondo le modalità prescritte dal dispositivo di autorizzazione;

g) il miglioramento fondiario limitato alle infrastrutture rurali compatibili con l'assetto della fascia;

h) il deposito temporaneo a cielo aperto di materiali che per le loro caratteristiche non si identificano come rifiuti, finalizzato ad interventi di recupero ambientale comportanti il ritombamento di cave;

i) il deposito temporaneo di rifiuti come definito all'art. 6, comma 1, let. m), del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22;

l) l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti già autorizzate ai sensi del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22 (o per le quali sia stata presentata comunicazione di inizio attività, nel rispetto delle norme tecniche e dei requisiti specificati all'art. 31 dello stesso D.Lgs. 22/1997) alla data di entrata in vigore del Piano, limitatamente alla durata dell'autorizzazione stessa. Tale autorizzazione può essere rinnovata fino ad esaurimento della capacità residua derivante dalla autorizzazione originaria per le discariche e fino al termine della vita tecnica per gli impianti a

tecnologia complessa, previo studio di compatibilità validato dall'Autorità competente. Alla scadenza devono essere effettuate le operazioni di messa in sicurezza e ripristino del sito, così come definite all'art. 6 del suddetto decreto legislativo;

m) l'adeguamento degli impianti esistenti di trattamento delle acque reflue alle normative vigenti, anche a mezzo di eventuali ampliamenti funzionali.

3. Per esigenze di carattere idraulico connesse a situazioni di rischio, l'Autorità idraulica preposta può in ogni momento effettuare o autorizzare tagli di controllo della vegetazione spontanea eventualmente presente nella Fascia A.

4. Gli interventi consentiti debbono assicurare il mantenimento o il miglioramento delle condizioni di drenaggio superficiale dell'area, l'assenza di interferenze negative con il regime delle falde freatiche presenti e con la sicurezza delle opere di difesa esistenti.

Art. 39. Interventi urbanistici e indirizzi alla pianificazione urbanistica

1. I territori delle Fasce A e B individuati dal presente Piano, sono soggetti ai seguenti speciali vincoli e alle limitazioni che seguono, che divengono contenuto vincolante dell'adeguamento degli strumenti urbanistici comunali, per le ragioni di difesa del suolo e di tutela idrogeologica perseguite dal Piano stesso:

a) le aree non edificate ed esterne al perimetro del centro edificato dei comuni, così come definito dalla successiva lett. c), sono destinate a vincolo speciale di tutela fluviale ai sensi dell'art. 5, comma 2, lett. a) della L. 17 agosto 1942, n. 1150;

b) alle aree esterne ai centri edificati, così come definiti alla seguente lettera c), si applicano le norme delle Fasce A e B, di cui ai successivi commi 3 e 4;

c) per centro edificato, ai fini dell'applicazione delle presenti Norme, si intende quello di cui all'art. 18 della L. 22 ottobre 1971, n. 865, ovvero le aree che al momento dell'approvazione del presente Piano siano edificate con continuità, compresi i lotti interclusi ed escluse le aree libere di frangia. Laddove sia necessario procedere alla delimitazione del centro edificato ovvero al suo aggiornamento, l'Amministrazione comunale procede all'approvazione del relativo perimetro.

2. All'interno dei centri edificati, così come definiti dal precedente comma 1, lett. c), si applicano le norme degli strumenti urbanistici generali vigenti; qualora all'interno dei centri edificati ricadano aree comprese nelle Fasce A e/o B, l'Amministrazione comunale è tenuta a valutare, d'intesa con l'autorità regionale o provinciale competente in materia urbanistica, le condizioni di rischio, provvedendo, qualora necessario, a modificare lo strumento urbanistico al fine di minimizzare tali condizioni di rischio.

3. Nei territori della Fascia A, sono esclusivamente consentite le opere relative a interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, come definiti all'art. 31, lett. a), b), c) della L. 5 agosto 1978, n. 457, senza aumento di superficie o volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo e con interventi volti a mitigare la vulnerabilità dell'edificio.

4. La realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico che possano limitare la capacità di invaso delle fasce fluviali, è soggetta ai procedimenti di cui al precedente art. 38.

5. Fatto salvo quanto specificatamente disciplinato dalle precedenti Norme, i Comuni, in sede di adeguamento dei rispettivi strumenti urbanistici per renderli coerenti con le previsioni del presente Piano, nei termini previsti all'art. 27, comma 2, devono rispettare i seguenti indirizzi:

a) evitare nella Fascia A e contenere, nella Fascia B la localizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico destinate ad una fruizione collettiva;

b) favorire l'integrazione delle Fasce A e B nel contesto territoriale e ambientale, ricercando la massima coerenza possibile tra l'assetto delle aree urbanizzate e le aree comprese nella fascia;

c) favorire nelle fasce A e B, aree di primaria funzione idraulica e di tutela naturalistico-ambientale, il recupero, il miglioramento ambientale e naturale delle forme fluviali e morfologiche residue, ricercando la massima coerenza tra la destinazione naturalistica e l'assetto agricolo e forestale (ove presente) delle stesse.

6. Sono fatti salvi gli interventi già abilitati (o per i quali sia già stata presentata denuncia di inizio di attività ai sensi dell'art. 4, comma 7, del D.L. 5 ottobre 1993, n. 398, così come convertito in L. 4 dicembre 1993, n. 493 e successive modifiche) rispetto ai quali i relativi lavori siano già stati iniziati al momento di entrata in vigore del presente Piano e vengano completati entro il termine di tre anni dalla data di inizio.

7. Sono fatte salve in ogni caso le disposizioni e gli atti amministrativi ai sensi delle leggi 9 luglio 1908, n. 445 e 2 febbraio 1974, n. 64, nonché quelli di cui al D.Lgs. 29 ottobre 1999 n. 490 e dell'art. 82 del D.P.R. 24 luglio 1977, n. 616 e successive modifiche e integrazioni.

Classe 3a I - Fattibilità con consistenti limitazioni

Gli interventi consentiti sono quelli previsti nelle NTA del PAI, agli artt. 30 e 39, di seguito riportati:

Art. 30. Fascia di esondazione (Fascia B)

1. Nella Fascia B il Piano persegue l'obiettivo di mantenere e migliorare le condizioni di funzionalità idraulica ai fini principali dell'invaso e della laminazione delle piene, unitamente alla conservazione e al miglioramento delle caratteristiche naturali e ambientali.

2. Nella Fascia B sono vietati:

a) gli interventi che comportino una riduzione apprezzabile o una parzializzazione della capacità di invaso, salvo che questi interventi prevedano un pari aumento delle capacità di invaso in area idraulicamente equivalente;

b) la realizzazione di nuovi impianti di smaltimento e di recupero dei rifiuti, l'ampliamento degli stessi impianti esistenti, nonché l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti, così come definiti dal D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22, fatto salvo quanto previsto al precedente art. 29, comma 3, let. I);

c) in presenza di argini, interventi e strutture che tendano a orientare la corrente verso il rilevato e scavi o abbassamenti del piano di campagna che possano compromettere la stabilità delle fondazioni dell'argine.

3. Sono per contro consentiti, oltre agli interventi di cui al precedente comma 3 dell'art. 29:

a) gli interventi di sistemazione idraulica quali argini o casse di espansione e ogni altra misura idraulica atta ad incidere sulle dinamiche fluviali, solo se compatibili con l'assetto di progetto dell'alveo derivante dalla delimitazione della fascia;

b) gli impianti di trattamento d'acque reflue, qualora sia dimostrata l'impossibilità della loro localizzazione al di fuori delle fasce, nonché gli ampliamenti e messa in sicurezza di quelli esistenti; i relativi interventi sono soggetti a parere di compatibilità dell'Autorità di bacino ai sensi e per gli effetti del successivo art. 38, espresso anche sulla base di quanto previsto all'art. 38 bis;

c) la realizzazione di complessi ricettivi all'aperto, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente;

d) l'accumulo temporaneo di letame per uso agronomico e la realizzazione di contenitori per il trattamento e/o stoccaggio degli effluenti zootecnici, ferme restando le disposizioni all'art. 38 del D.Lgs. 152/1999 e successive modifiche e integrazioni;

e) il completamento degli esistenti impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti a tecnologia complessa, quand'esso risultasse indispensabile per il raggiungimento dell'autonomia degli ambiti territoriali ottimali così come individuati dalla pianificazione regionale e provinciale; i relativi interventi sono soggetti a parere di compatibilità dell'Autorità di bacino ai sensi e per gli effetti del successivo art. 38, espresso anche sulla base di quanto previsto all'art. 38 bis.

4. Gli interventi consentiti debbono assicurare il mantenimento o il miglioramento delle condizioni di drenaggio superficiale dell'area, l'assenza di interferenze negative con il regime delle falde freatiche presenti e con la sicurezza delle opere di difesa esistenti.

Art. 39. Interventi urbanistici e indirizzi alla pianificazione urbanistica

1. I territori delle Fasce A e B individuati dal presente Piano, sono soggetti ai seguenti speciali vincoli e alle limitazioni che seguono, che divengono contenuto vincolante dell'adeguamento degli strumenti urbanistici comunali, per le ragioni di difesa del suolo e di tutela idrogeologica perseguite dal Piano stesso:

a) le aree non edificate ed esterne al perimetro del centro edificato dei comuni, così come definito dalla successiva lett. c), sono destinate a vincolo speciale di tutela fluviale ai sensi dell'art. 5, comma 2, lett. a) della L. 17 agosto 1942, n. 1150;

b) alle aree esterne ai centri edificati, così come definiti alla seguente lettera c), si applicano le norme delle Fasce A e B, di cui ai successivi commi 3 e 4;

c) per centro edificato, ai fini dell'applicazione delle presenti Norme, si intende quello di cui all'art. 18 della L. 22 ottobre 1971, n. 865, ovvero le aree che al momento dell'approvazione del presente Piano siano edificate con continuità, compresi i lotti interclusi ed escluse le aree libere di frangia. Laddove sia necessario procedere alla delimitazione del centro edificato ovvero al suo aggiornamento, l'Amministrazione comunale procede all'approvazione del relativo perimetro.

2. All'interno dei centri edificati, così come definiti dal precedente comma 1, lett. c), si applicano le norme degli strumenti urbanistici generali vigenti; qualora all'interno dei centri edificati ricadano aree comprese nelle Fasce A e/o B, l'Amministrazione comunale è tenuta a valutare, d'intesa con l'autorità regionale o provinciale competente in materia urbanistica, le condizioni di rischio, provvedendo, qualora necessario, a modificare lo strumento urbanistico al fine di minimizzare tali condizioni di rischio.

3. Nei territori della Fascia A, sono esclusivamente consentite le opere relative a interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, come definiti all'art. 31, lett. a), b), c) della L. 5 agosto 1978, n. 457, senza aumento di superficie ovolume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo e con interventi volti a mitigare la vulnerabilità dell'edificio.

4. Nei territori della Fascia B, sono inoltre esclusivamente consentite:

a) opere di nuova edificazione, di ampliamento e di ristrutturazione edilizia, comportanti anche aumento di superficie o volume, interessanti edifici per attività agricole e residenze rurali connesse alla conduzione aziendale, purché le superfici abitabili siano realizzate a quote compatibili con la piena di riferimento, previa rinuncia da parte del soggetto interessato al risarcimento in caso di danno o in presenza di copertura assicurativa;

b) interventi di ristrutturazione edilizia, comportanti anche sopraelevazione degli edifici con aumento di superficie o volume, non superiori a quelli potenzialmente allagabili, con contestuale dismissione d'uso di queste ultime e a condizione che gli stessi non aumentino il livello di rischio e non comportino significativo ostacolo o riduzione apprezzabile della capacità di invaso delle aree stesse, previa rinuncia da parte del soggetto interessato al risarcimento in caso di danno o in presenza di copertura assicurativa;

c) interventi di adeguamento igienico - funzionale degli edifici esistenti, ove necessario, per il rispetto della legislazione in vigore anche in materia di sicurezza del lavoro connessi ad esigenze delle attività e degli usi in atto;

d) opere attinenti l'esercizio della navigazione e della portualità, commerciale e da diporto, qualora previsti nell'ambito del piano di settore, anche ai sensi del precedente art. 20.

5. La realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico che possano limitare la capacità di invaso delle fasce fluviali, è soggetta ai procedimenti di cui al precedente art. 38.

6. Fatto salvo quanto specificatamente disciplinato dalle precedenti Norme, i Comuni, in sede di adeguamento dei rispettivi strumenti urbanistici per renderli coerenti con le previsioni del presente Piano, nei termini previsti all'art. 27, comma 2, devono rispettare i seguenti indirizzi:

a) evitare nella Fascia A e contenere, nella Fascia B la localizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico destinate ad una fruizione collettiva;

b) favorire l'integrazione delle Fasce A e B nel contesto territoriale e ambientale, ricercando la massima coerenza possibile tra l'assetto delle aree urbanizzate e le aree comprese nella fascia;

c) favorire nelle fasce A e B, aree di primaria funzione idraulica e di tutela naturalistico-ambientale, il recupero, il miglioramento ambientale e naturale delle forme fluviali e morfologiche residue, ricercando la massima coerenza tra la destinazione naturalistica e l'assetto agricolo e forestale (ove presente) delle stesse.

7. Sono fatti salvi gli interventi già abilitati (o per i quali sia già stata presentata denuncia di inizio di attività ai sensi dell'art. 4, comma 7, del D.L. 5 ottobre 1993, n. 398, così come convertito in L. 4 dicembre 1993, n. 493 e successive modifiche)

rispetto ai quali i relativi lavori siano già stati iniziati al momento di entrata in vigore del presente Piano e vengano completati entro il termine di tre anni dalla data di inizio.

8. Sono fatte salve in ogni caso le disposizioni e gli atti amministrativi ai sensi delle leggi 9 luglio 1908, n. 445 e 2 febbraio 1974, n. 64, nonché quelli di cui al D.Lgs. 29 ottobre 1999 n. 490 e dell'art. 82 del D.P.R. 24 luglio 1977, n. 616 e successive modifiche e integrazioni.

Classe 3b I - Fattibilità con consistenti limitazioni

Per gli interventi di nuova edificazione, ampliamento e ristrutturazione edilizia è fatto obbligo di:

- realizzare le aperture degli edifici eventualmente situate al di sotto del livello di piena, a tenuta stagna;
- disporre gli ingressi agli edifici eventualmente situate al di sotto del livello di piena, in modo che l'apertura degli stessi non sia ostacolata dal flusso di corrente; in particolare prevedere la presenza di uscite di sicurezza situate sopra il livello della piena di riferimento, con un franco di 0,5 m, aventi dimensioni sufficienti per l'evacuazione di persone e beni verso l'esterno o verso piani superiori;
- progettare la viabilità interna limitando la formazione di allineamenti di grande lunghezza nel senso dello scorrimento principale delle acque, che possano indurre la formazione di canali di scorrimento idrico a forte velocità;
- progettare strutture e manufatti limitando la presenza di lunghe strutture perpendicolari alla direzione principale di scorrimento;
- favorire il deflusso ovvero l'assorbimento delle acque di esondazione evitando la formazione di zone di accumulo;
- utilizzare materiali da costruzione adeguati;
- prevedere opportuni sistemi di impermeabilizzazione ed allontanamento delle acque per le strutture o porzioni di strutture ubicate al di sotto del livello di piena ovvero interrate.

Sono inoltre consentiti i seguenti interventi:

- gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità;
- la ristrutturazione e la realizzazione di opere pubbliche, infrastrutture lineari e a rete, riferite a servizi pubblici essenziali, non altrimenti localizzabili e relativi impianti; gli interventi devono comunque garantire la sicurezza dell'esercizio delle funzioni per cui sono destinati, tenuto conto delle condizioni idrauliche presenti;
- la realizzazione, l'ampliamento e la ristrutturazione di impianti di trattamento delle acque reflue;
- le opere di difesa, di sistemazione idraulica e di monitoraggio dei fenomeni;
- gli interventi volti alla ricostituzione degli equilibri naturali alterati ed alla eliminazione, per quanto possibile, dei fattori incompatibili, di interferenza antropica;
- i cambiamenti delle destinazioni colturali, purché non interessanti una fascia di ampiezza di 4 m dal ciglio della sponda, ai sensi del R.D. 523/1904 e successive m.i.

Fatto salvo quanto sopra riportato, è comunque possibile la realizzazione di tutti gli interventi previsti agli artt. 29 e 39 delle NTA del PAI.

Sono comunque vietati:

- gli interventi che comportino una riduzione apprezzabile o una significativa parzializzazione della capacità di invaso, salvo che questi interventi prevedano un pari aumento delle capacità di invaso in area idraulicamente equivalente;
- in presenza di argini, interventi e strutture che tendano a orientare la corrente verso il rilevato e scavi o abbassamenti del piano di campagna che possano compromettere la stabilità delle fondazioni dell'argine.

Classe 3c I - Fattibilità con consistenti limitazioni

I progetti di nuovi interventi edificatori, di manutenzione di risanamento conservativo, di restauro o di ristrutturazione edilizia devono essere corredati da uno studio idraulico che definisca accuratamente le aree potenzialmente soggette ad esondazione e valuti l'effettiva possibilità che il progetto possa essere interessato da

allagamenti. Lo studio deve definire le condizioni di pericolosità esistenti e prevedere gli interventi finalizzati alla messa in sicurezza dell'area di progetto, sia per i piani terra che per quelli interrati. Gli interventi previsti non devono compromettere le condizioni di sicurezza degli edifici adiacenti. Deve inoltre essere dimostrata l'assenza di effetti idraulici negativi sul corso d'acqua, anche sui tratti non direttamente interessati dagli interventi.

Classe 2a I - Fattibilità con modeste limitazioni

Sono consentiti solo interventi edificatori con un basso indice di utilizzazione del suolo; non possono essere autorizzati interventi che prevedano la costruzione di edifici destinati a contenere al loro interno elevate concentrazioni di persone (scuole, alberghi, ristoranti, grandi immobili residenziali, centri commerciali, etc).

Al fine di integrare il livello di sicurezza alla popolazione, il comune deve dotarsi di un Piano di emergenza che comprenda anche tale area, ai sensi della Legge 24 febbraio 1992, n. 225 (art. 31 delle NTA del PAI).

Classe 2b I - Fattibilità con modeste limitazioni

I progetti di nuovi interventi edificatori e ristrutturazioni di edifici esistenti devono essere corredati da uno studio che valuti l'effettiva possibilità che il progetto possa essere interessato da ruscellamenti e che definisca le effettive condizioni di pericolosità rispetto a possibili fenomeni di debris flow (colate detritiche o comunque trasporto solido); lo studio deve quantificare i possibili effetti massimi locali dei fenomeni descritti (areale coinvolto, altezze raggiungibili dal fenomeno, etc.).

Sulla base delle risultanze dello studio di cui sopra, dovranno essere previsti gli interventi finalizzati alla messa in sicurezza dell'area di progetto, sia per i piani terra che per quelli interrati. Gli interventi previsti non devono compromettere le condizioni di sicurezza degli edifici adiacenti.

Resta comunque vietata la dispersione incontrollata delle acque lungo i versanti o nelle immediate vicinanze dei cigli di scarpata.

Gli interventi dovranno prevedere tutti gli accorgimenti costruttivi, anche in fase di cantiere, per non alterare le condizioni statiche del pendio. I progetti che prevedono la realizzazione di volumi interrati dovranno essere corredati da verifiche di stabilità, in fase di cantiere e con la riprofilatura definitiva.

Per l'edificato esistente si prescrive una verifica delle fondazioni qualora si proceda ad ampliamenti e/o sopralzi.

In generale, progetti di ristrutturazione, interventi di manutenzione, risanamento conservativo e restauro di opere o edifici esistenti devono essere accompagnati da relazione geologica che verifichi l'interazione fra il progetto e le caratteristiche litologiche, geomorfologiche e idrauliche al contorno dell'area di progetto.

Eventuali interventi infrastrutturali di interesse pubblico dovranno essere supportati da relazione geologica che dimostri la compatibilità del progetto con la situazione di potenziale pericolosità.

17.2.5 Classe 1 - Fattibilità senza particolari limitazioni

Non si prescrivono norme all'utilizzazione del suolo: è responsabilità del progettista incaricato o del direttore dei lavori valutare l'utilità o la necessità di un'indagine geologica, idrogeologica o geotecnica specifica, sulla base delle caratteristiche di progetto e del terreno.

17.3 Prescrizioni sismiche

17.3.1 Indirizzi generali

Su tutto il territorio comunale gli interventi di nuova edificazione, di ristrutturazione, di restauro, di risanamento conservativo e di manutenzione ordinaria/straordinaria, così come definiti all'art. 27 comma 1 della l.r. 12/05, dovranno essere effettuati secondo quanto riportato nel D.M. 14.01.2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni".

Deve essere effettuata la caratterizzazione geologica e la modellizzazione geotecnica del sottosuolo, mediante studi, rilievi e specifiche indagini in sito adeguate all'importanza ed alla estensione del progetto stesso (con motivazione della scelta della metodologia di indagine). Le relazioni geologiche e geotecniche hanno lo scopo di valutare la fattibilità delle opere di progetto, garantire la stabilità e la sicurezza dei manufatti limitrofi e l'idoneità delle scelte progettuali.

Per l'intero territorio comunale di Villa d'Almé valgono le seguenti norme:

- la progettazione di tutte le tipologie di edificio è regolata dal D.M. 17.01.2018 Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le Costruzioni”;
- per le tipologie edilizie con periodo proprio compreso tra 0,5÷1,5 s, lo spettro di norma (D.M. 17 gennaio 2018) della categoria individuata è sufficiente;
- la categoria di suolo attribuita ha valore territoriale; la presenza di ambiti morfologici articolati, associata ad una profondità variabile del substrato roccioso, può comunque determinare significative variazioni puntuali della categoria di suolo: sarà pertanto facoltà del progettista applicare nuovamente la procedura di 2° livello prevista dalla D.G.R. 30.11.2011 n. IX/2616, con specifiche indagini geofisiche.
- per interventi relativi ad edifici ed opere infrastrutturali, individuati dal D.d.u.o. 21 novembre 2003 n. 19904 della Regione Lombardia, ai sensi della D.G.R. 30.11.2011 n. IX/2616 e del D.M. 17.01.2018 si deve prevedere un approfondimento dell'analisi sismica per la valutazione di condizioni di amplificazione locale sulla base di dati sito-specifici.

17.3.2 Prescrizioni relative agli ambiti di amplificazione sismica locale

Alla luce delle risultanze ottenute dall'analisi della pericolosità sismica (carta di pericolosità sismica locale) riportate nel presente studio, emerge quanto successivamente esplicitato:

Ambiti soggetti ad instabilità Z1a e Z1c

Nelle aree di pericolosità sismica locale soggette a fenomeni di instabilità (Z1a e Z1c) la normativa vigente prescrive il passaggio diretto al 3° livello di approfondimento dell'allegato 5 della d.g.r. 8/7374/08 da effettuarsi in fase di progettazione.

Ambiti soggetti a fenomeni di cedimento Z2a

Nelle aree di pericolosità sismica locale soggette a fenomeni di cedimenti (Z2a), la normativa vigente prescrive il passaggio diretto al 3° livello di approfondimento dell'allegato 5 della d.g.r. 8/7374/08 da effettuarsi in fase di progettazione.

Ambiti soggetti ad amplificazioni morfologiche Z3a e Z3b

L'analisi sismica di secondo livello ha individuato le principali creste morfologiche e scarpate presenti all'interno del territorio e accertato, per questi lineamenti, la congruità con i valori soglia previsti dalla normativa (D.M. 17.01.2018).

Come previsto dalla D.G.R. 30.11.2011 n. IX/2616 *“nel caso si prevedano costruzioni con strutture flessibili e sviluppo verticale indicativamente compreso tra i 5 e i 15 piani, in presenza di scenari Z3b è necessario effettuare analisi più approfondite (3° livello) in fase di progettazione edilizia”*.

Ambiti soggetti ad amplificazioni litologiche – Z4a e Z4d

Dall'analisi sismica effettuata risulta un fattore di amplificazione (FAC) inferiore al valore soglia ($FAS \pm 0,1$) per le categorie di suolo individuate.

Per le tipologie edilizie con periodo compreso tra $0,1 \div 0,5$ s e tra $0,5 \div 1,5$ in fase progettuale può essere utilizzato lo spettro di norma caratteristico della rispettiva categoria di suolo.

DOTT. GEOL. CORRADO REGUZZI

Villa d'Almé, luglio 2024

18 ALLEGATI

- Allegato n. 1 schede per il censimento dei pozzi
Allegato n. 2 schede di valutazione del fattore di amplificazione sismica – Scenari Z3 e Z4

19 ELABORATI CARTOGRAFICI

- Tav. 1 Carta geologica – scala 1:5.000
Tav. 2 Carta geomorfologica – scala 1:5.000
Tav. 3 Carta idrografica con elementi di idrogeologia – scala 1:5.000
Tav. 4 Carta delle indagini in sito – scala
Tav. 5 Carta della pericolosità sismica locale – scala 1:5.000
Tav. 6 Analisi sismica 2° livello – Individuazione siti di calcolo – scala 1:5.000
Tav. 7a Analisi sismica 2° livello – Scenario Za – Carta dei fattori di amplificazione sismica nell'intervallo 0,1-0,5 s – scala 1:5.000
Tav. 7b Analisi sismica 2° livello – Scenario Za – Carta dei fattori di amplificazione sismica nell'intervallo 0,5-1,5 s – scala 1:5.000
Tav. 8a Analisi sismica 2° livello – Scenario Z3a – Risultati – scala 1:5.000
Tav. 8b Analisi sismica 2° livello – Scenario Z3b – Risultati – scala 1:5.000
Tav. 9 Carta dei vincoli – scala 1:5.000
Tav. 10 Carta PAI-PGRA – scala 1:5.000
Tav. 11a Valutazioni idrauliche di dettaglio del Fiume Brembo ai sensi dell'Allegato 4 della d.g.r. IX/2616/2011 e della d.g.r. X/6738/2017 – scala 1:2.000
Tav. 11b Valutazioni idrauliche di dettaglio del Fiume Brembo ai sensi dell'Allegato 4 della d.g.r. IX/2616/2011 e della d.g.r. X/6738/2017 e individuazione delle aree a rischio idraulico secondo il PGRA vigente – scala 1:2.000
Tav. 12 Carta di sintesi – scala 1:5.000
Tav. 13 Carta di fattibilità geologica per le azioni di piano – scala 1:5.000
Tav. 14 (a-e) Carta di fattibilità geologica per le azioni di piano – scala 1:2.000