

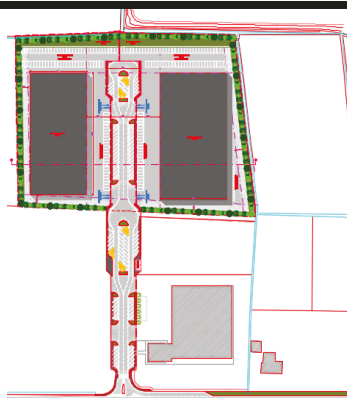
REGIONE LOMBARDIA

PROVINCIA DI BRESCIA

COMUNE DI CALVISANO



RELAZIONE GEOLOGICA R1+R3

RELAZIONE GEOTECNICA R2

Elaborato

PIANO ATTUATIVO

D.M. 17.01.2018 – DGR 2616/2011 – DGR X/5001 – L.R. 12/2005

Committente	Gizeta srl e Efitech srl	
Estensore		A. & P. sas
<i>Il presente elaborato è confidenziale e ne è vietata la riproduzione o l'utilizzo da terzi non autorizzati</i>		
Informazioni documento		
Operazione	Soggetto	Data
Redatto	A & P sas – Dr.ssa Gallo Samanta	31.03.2026
Approvato	A & P sas – Dr. Aletti Corrado	02.04.2026
File	relazione.docx	
Commessa	2026.03.109	

	0101010101010101 11011101100111 11101111011101 0101010101010101	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Piano Attuativo	Aprile 2026	0	1 di 51	
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

INDICE

1. Introduzione	4
2. Inquadramento geografico	5
3. Inquadramento geologico morfologico e idrogeologico	7
3.1. Litostratimetria dell'area	9
3.2. Idrogeologia e vulnerabilità naturale	11
4. Sismica	13
4.1. Indagine sismica	14
4.1.1. Tecnica di misurazione e strumentazione.....	14
4.1.2. Effetti di sito: risposta sismica locale	16
4.1.3. Profilo velocità delle onde S e classificazione del sottosuolo da NTC	16
4.1.4. Vulnerabilità sismica dell'opera	18
4.1.5. Risultati dell'analisi	19
4.2. Indagine sismica di II livello.....	21
4.3. Parametri sismici	23
4.4. Stima della magnitudo di riferimento	24
4.4.1. Verifica alla liquefazione.....	26
5. Sintesi e Vincoli	30
6. Fattibilità	32
7. Geotecnica	34
7.1. Modello geotecnico	36
7.2. Analisi delle soluzioni fondali	38
7.3. Calcolo della capacità portante	38
7.3.1. Approccio 2 combinazione unica A1+M1+R3	39
7.3.2. Verifica allo slittamento	39
7.4. Calcolo dei cedimenti.....	40

8. Terre da scavo.....	42
9. Indicazioni relative all'invarianza	44
10. Conclusioni	46
11. Tabella riassuntiva parametri geologici	47

1. INTRODUZIONE

La presente relazione è stata redatta a corredo di un nuovo piano attuativo per la modifica di un'area attualmente destinata a seminativi semplici in Comune di Calvisano, ai sensi della normativa vigente (L.R. 12/2005; D.G.R. 8/7374/08; D.M. 17/01/18) inerente la componente geologica nella pianificazione territoriale contenuta nella D.G.R. n. VIII/1566 del 22.12.2005. Questo documento amplierà la conoscenza del territorio oggetto di variante e delle differenti fonti di rischio in relazione alle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, sismiche e geotecniche. In questa ottica sono state valutate le possibili fonti di rischio approfondendo ovviamente le tematiche più significative nel contesto del territorio indagato. In conformità alla normativa vigente, la metodologia adottata si fonda su tre successive fasi di lavoro:

sintesi bibliografica e compilativa, basata sulla raccolta della documentazione esistente per la predisposizione della cartografia di analisi;

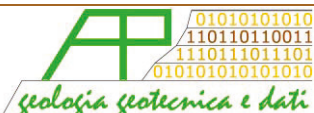
approfondimento/integrazione che, a partire dalla documentazione di cui alla fase precedente, ha previsto l'effettuazione di rilievi di campagna;

valutazione e proposta finale, definita tramite le carte di sintesi e di fattibilità geologica, che propongono rispettivamente una zonizzazione del territorio in funzione dello stato di pericolosità e una classificazione d'uso dello stesso.

Allo scopo di determinare le caratteristiche geolitologiche e litotecniche dei terreni di fondazione in sito sono state realizzate n. 3 prove penetrometriche dinamiche superpesanti (DPSH). Ci si è inoltre riferiti ad una verifica sismica mediante la tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Space Ratio) eseguita dallo scrivente in un sito limitrofo, posto nel medesimo contesto geolitologico dell'area in esame. La relazione è stata corredata dai seguenti allegati:

Allegato 1 – Ubicazione indagini

Allegato 2 – Prove penetrometriche

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Piano Attuativo	Aprile 2026	0	4 di 51
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area in esame è localizzata nel settore settentrionale dell'abitato comunale di Calvisano, presso la Località Malpaga, lungo il margine N di Via Edison, così come rappresentato in Figura 1. La variante interesserà un'area attualmente destinata a seminativi semplici come evidenziato in Figura 2. Il progetto interesserà il Foglio 8, mappali 226 e 227 dell'NCT del Comune di Calvisano (BS).

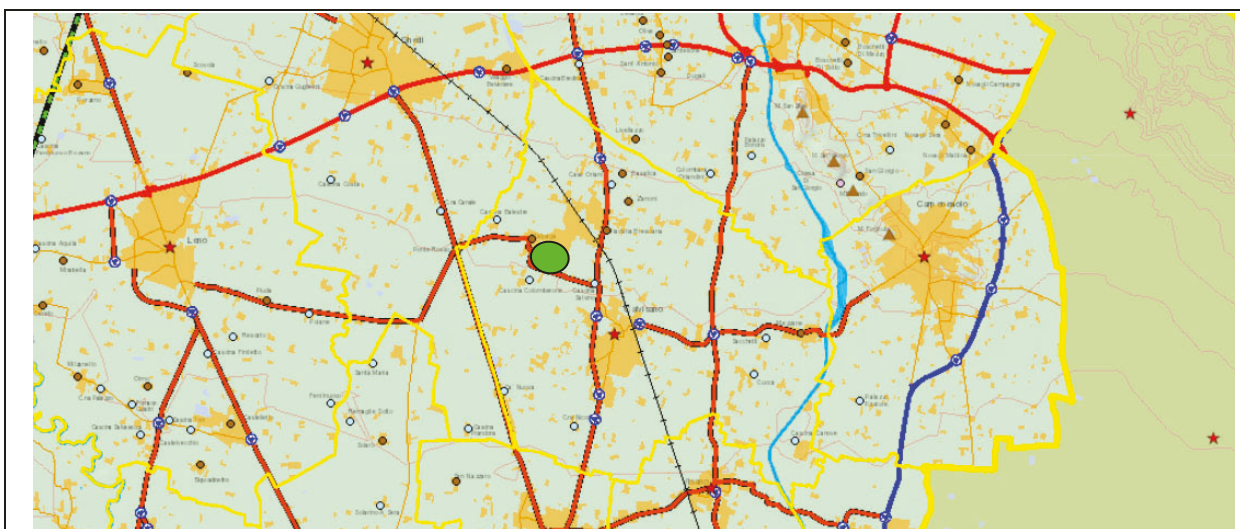


Figura 1 – Ubicazione dell'area in studio

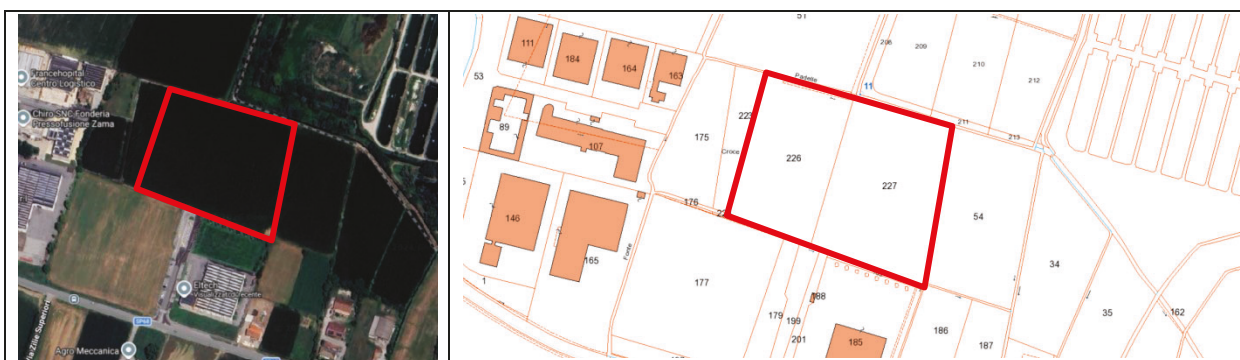


Figura 2 – Area oggetto di variante

Il progetto prevede la realizzazione di una nuova espansione produttiva con realizzazione di vie d'accesso e nuovi parcheggi, così come evidenziato in Figura 3.

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Piano Attuativo	Aprile 2026	0	5 di 51
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

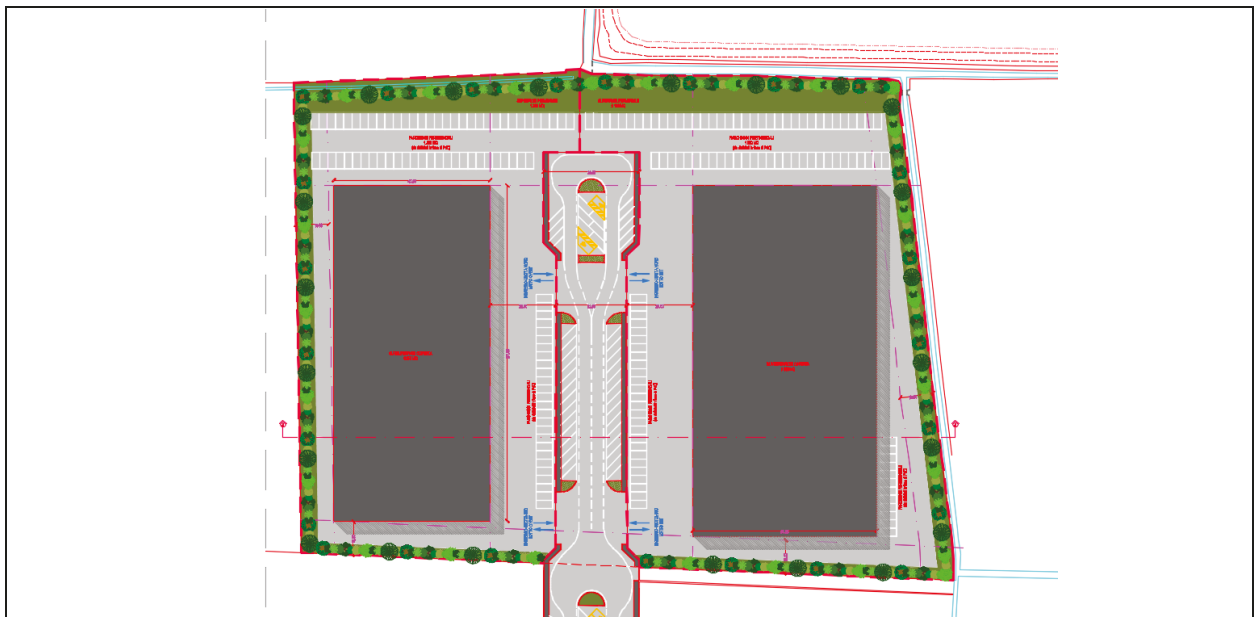
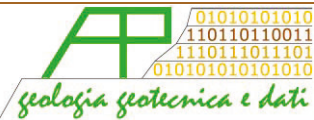


Figura 3 – Planimetria di progetto

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Piano Attuativo	Aprile 2026	0	6 di 51
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO MORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO

L'assetto geologico dell'area d'intervento è stato determinato durante il Quaternario continentale dagli intensi eventi deposizionali che hanno portato al colmamento il bacino Padano. In particolare, ci si riferisce al Pleistocene e all'Olocene, in cui la nota climatica dominante fu rappresentata da un ripetuto alternarsi di climi caldi e freddi, con una netta tendenza al progressivo raffreddamento, reso evidente con l'avvento delle glaciazioni. I depositi di quest'area sono legati alle dinamiche caratteristiche dell'ambiente fluvioglaciale degli scaricatori del sistema Gardesano riferibili come età al Wurm (Alluvioni fluvioglaciali Wurm – cfr. Figura 4) e costituenti il "**l'alta pianura**" rimaneggiati poi dall'attività erosivo/deposizionale del fiume Chiese. Infatti la fase fluvioglaciale würmiana ha originato l'ultimo esteso colmamento della pianura nel Pleistocene. La successiva fase erosiva, iniziata nell'Olocene è responsabile delle zone ribassate delimitate a tratti da scarpate entro cui oggi scorre il Chiese. All'interno della scarpata, è presente il piano geologicamente più *giovane* costituito dalle *alluvioni attuali* (a^2), mentre a lato sono rinvenibili con estensioni differenti in destra ed in sinistra idrografica le *alluvioni antiche* (a^1).

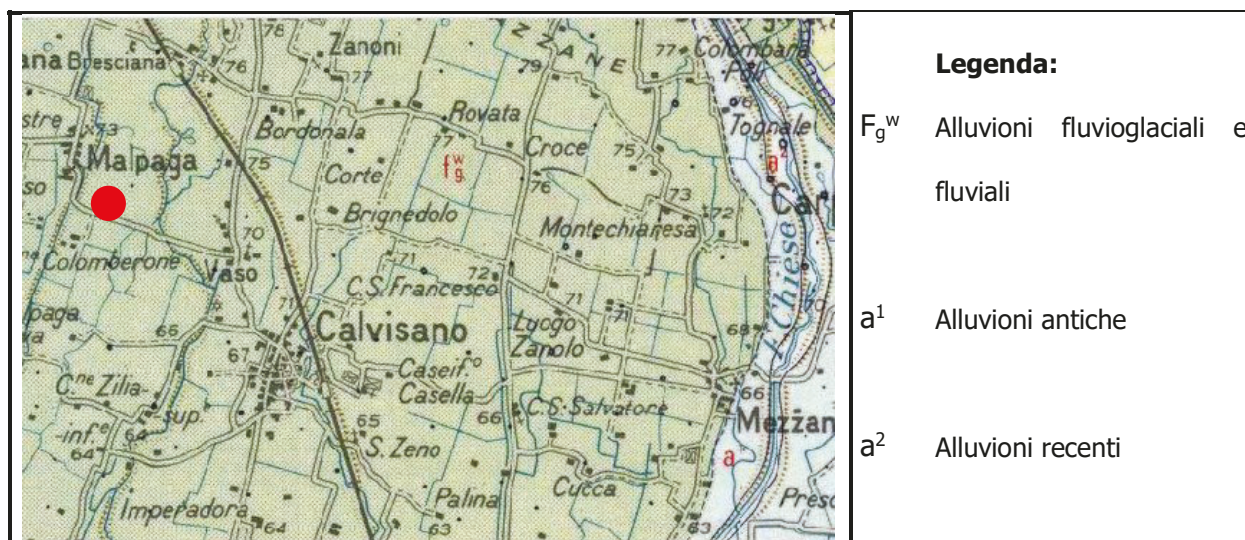


Figura 4 – Stralcio della Carta Geologica d'Italia foglio Brescia

La geologia profonda (sedimenti pre-aternari), le cui strutture non condizionano le forme superficiali, è caratterizzata da un'ampia monoclinale che immerge verso Sud, con

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Piano Attuativo	Aprile 2026	0	7 di 51
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

pendenza decrescente all'aumentare della profondità. La diminuzione della pendenza della monoclinale è localmente favorita dall'intersezione di sedimenti pliocenici, che risultano aver smussato le irregolarità dovute all'antecedente tettonica alpina. La litologia superficiale risulta costituita da terreni essenzialmente ghiaiosi e sabbiosi con suolo limoso-sabbioso di spessore ridotto, dove presente (Figura 5). Il limite tra le litologie non è preciso proprio perché legato alle dinamiche deposizionali fluviali, che costituiscono generalmente depositi gradati in senso orizzontale con diminuzione della granulometria allontanandosi dalle zone ad elevata energia.



Figura 5 - Carta della litologia di superficie (blu = ghiaie e sabbie)

L'attuale assetto del territorio è correlato ai processi legati all'azione delle acque superficiali prevalentemente incanalate ovvero all'azione di erosione, deposito e trasporto dei corsi d'acqua, variamente influenzati dalle oscillazioni climatiche e dalla tettonica. Morfologicamente l'area risulta pianeggiante, posta alla quota indicativa di circa 71 m.s.m., con cadenza in direzione SSE, gradiente pari a circa 0.3%. Sono inoltre presenti tracce di paleoalvei tutt'attorno all'area in esame. Avvicinandosi al fiume Chiese, ad est dell'area in studio, la regolarità della superficie topografica è interrotta da scarpate d'erosione che differenziano due ulteriori ordini di terrazzi oltre il livello fondamentale della pianura. L'idrografia al contorno è rappresentata da una fitta rete irrigua e scolante. Il corso d'acqua principale è rappresentato dal fiume Chiese che scorre a circa 6 chilometri di distanza in direzione est ed è protetto su entrambe le sponde da arginature. Dal punto di vista idraulico l'area risulta essere esterna alle fasce fluviali delimitate dalla cartografia del PAI (Piano

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Piano Attuativo	Aprile 2026	0	8 di 51
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

Stralcio per l'Assetto Idrogeologico) e risulta esterna anche alle zone allagabili evidenziate nel PGRA della Regione Lombardia (Figura 6). Visto l'attuale assetto geoclimatico non sono stati rilevati forme o processi geomorfologici attivi e si esclude l'esondabilità dell'area.

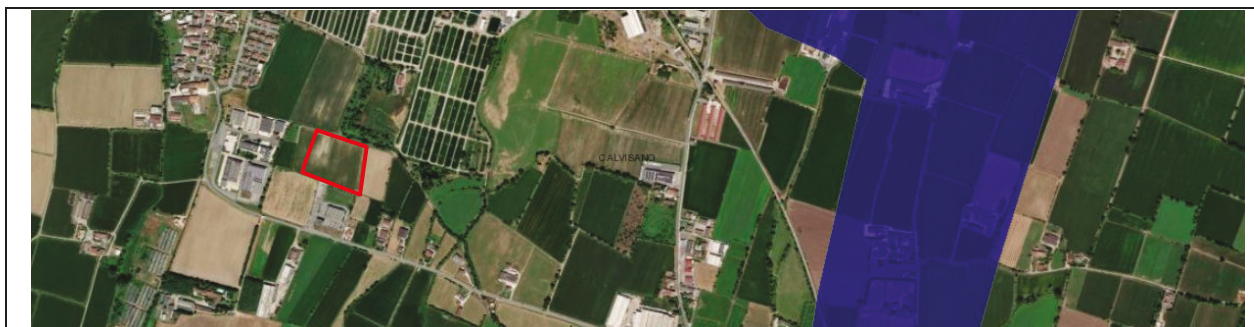


Figura 6 – Stralcio cartografia PGRA 2025 - SIT Regione Lombardia

3.1. Litostratimetria dell'area

La litostratimetria dell'area studiata è stata desunta da studi effettuati nella zona, ed in particolare dai dati riportati nel quaderno n. 28 dell'IRSA (Istituto di Ricerca sulle Acque) e dallo "Studio idrogeologico della pianura Padana fra il F. Oglio e il F. Chiese" (E. Denti, S. Lauzi, P. Sala, L. Scesi). Sulla base dei dati acquisiti l'assetto stratigrafico si configura così come raffigurato in Figura 7, conforme all'ambiente ed all'evoluzione deposizionale a cui è andata soggetta l'area, fortemente condizionata dalla dinamica fluvio-glaciale e fluviale legata ad ambienti ad alta energia, con significative variazioni d'alveo e ad elevata competenza.

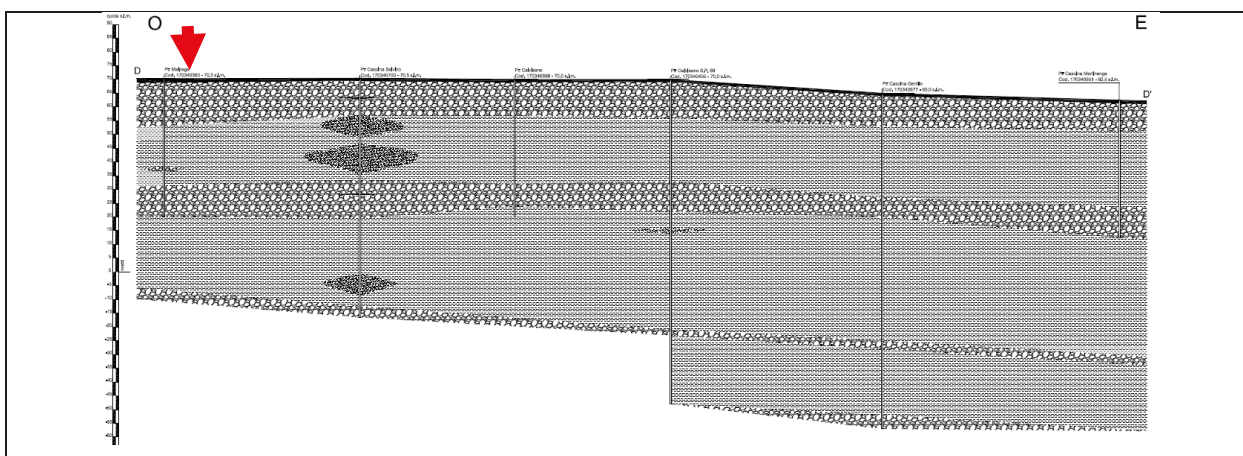


Figura 7 – Sezione stratigrafica DD' (da PGT)

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Piano Attuativo	Aprile 2026	0	9 di 51
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

Per la caratterizzazione litostratimetrica dei terreni sono state effettuate n. 3 prove penetrometriche dinamiche superpesanti (DPSH) che si sono spinte sino alla profondità di circa 5.40 m da p.c.. La correlazione dei risultati ha consentito di verificare la presenza di un primo strato caratterizzato da suolo dello spessore massimo di circa 0.60 metri. Sono poi stati rilevati, al di sotto di questo primo strato, depositi ghiaioso - sabbiosi che si estendono con continuità sino alla massima profondità investigata pari a 5.40 m da p.c.. La stratigrafia rilevata è stata poi confrontata con le stratigrafie di pozzi per acqua limitrofi reperite all'interno degli allegati della componente geologica a corredo del PGT, ed in particolare con il pozzo denominato 170340393, situato nelle immediate vicinanze del sito in esame (Figura 8). Attraverso il confronto con le stratigrafie di pozzo è stato possibile estendere lo strato ghiaioso – sabbioso in profondità sino a circa 17.00 m da p.c.. Seguono un'alternanza di spessi strati argillosi e ghiaiosi.

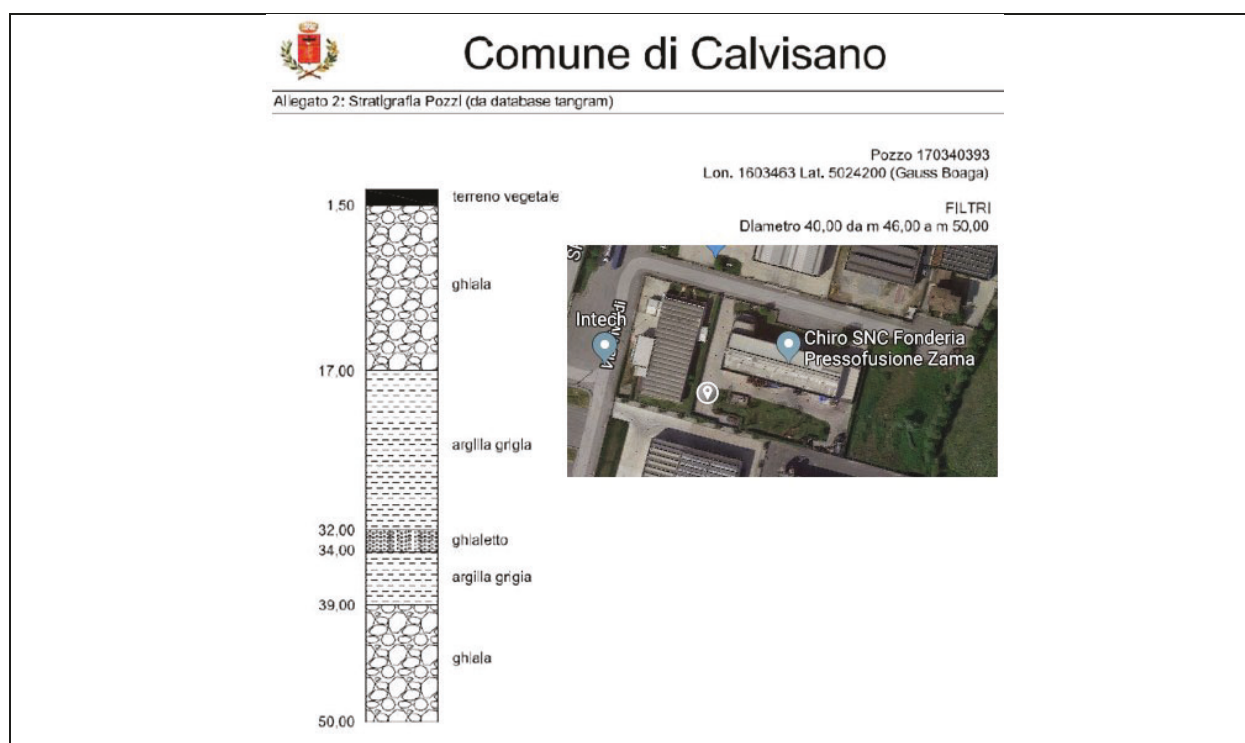


Figura 8 – Stratigrafia di pozzo per acqua (da PGT)

La superficie freatica è stata individuata durante la campagna geognostica del Marzo 2026 alla profondità di circa 3.30 m da p.c.. I dati rilevati sono concordi con quanto riportato

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Piano Attuativo	Aprile 2026	0	10 di 51
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

nella carta idrogeologica a corredo del PGT, dove è possibile osservare come l'area in esame si collochi tra l'isopieza 68 a sud e l'isopieza 69 a nord, ad indicare una soggiacenza di circa 2.50 m della falda freatica. Considerata l'esiguità delle misurazioni e la mancanza di una serie storica di dati non è possibile fornire un valore attendibile dell'intervallo di oscillazione della falda freatica. Il valore potrebbe ridursi in concomitanza ad eventi di piena della falda.

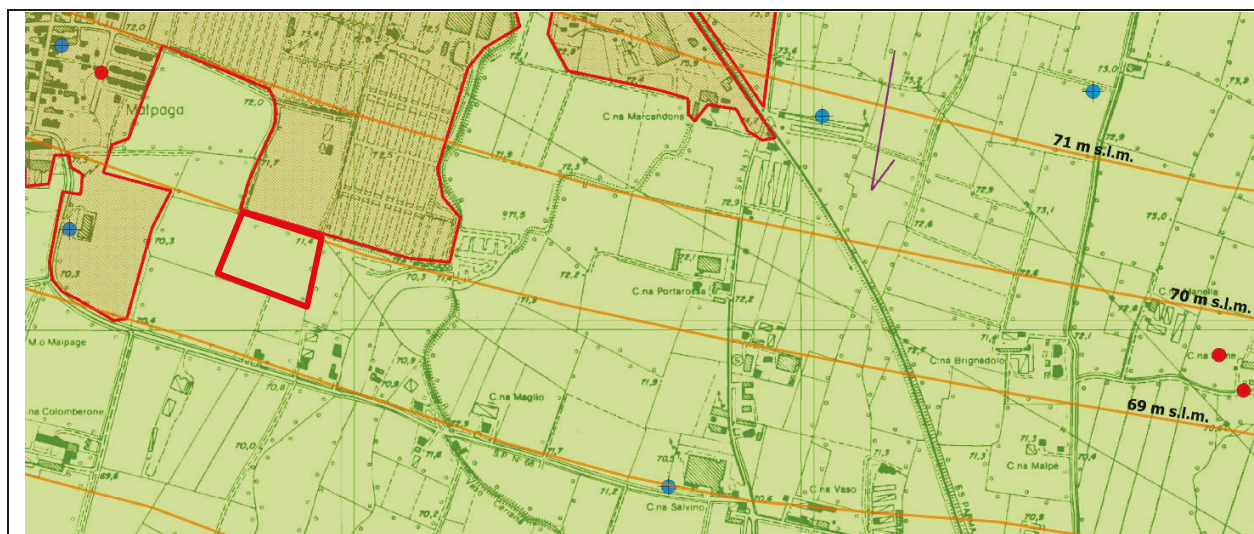


Figura 9 – Stralcio della Carta idrogeologica (da PGT)

3.2. Idrogeologia e vulnerabilità naturale

Le informazioni stratigrafiche rilevate nello stretto intorno dell'area in studio e gli studi eseguiti al contorno, permettono di definire con sufficiente precisione le caratteristiche idrogeologiche sia generali che locali. I depositi che caratterizzano il territorio indagato sono caratterizzati prevalentemente da ghiaie sabbiose e per tale motivo possono essere considerati depositi ad ottima permeabilità. In considerazione della finalità dell'indagine è stato valutato il rischio di inquinamento delle acque sotterranee. Nell'area di interesse la falda è di tipo freatico e presenta una soggiacenza di circa 3.00 m. Per i fattori sopra illustrati si ritiene di attribuire un grado di vulnerabilità elevato, riferito alla falda superficiale, valutato secondo la metodologia proposta dal GNDICI-CNR, come rappresentato in Figura 10.

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Piano Attuativo	Aprile 2026	0	11 di 51
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

Grado di vulnerabilità	Litologia di superficie	Profondità del tetto delle ghiaie	Caratteristiche dell'acquifero
Basso	Argilla Limo	> 10 m > 10 m	confinata/libera confinata
Medio	Argilla Limo Limo Sabbia/ghiaia	< 10 m < 10 m > 10 m > 10 m	confinata/libera confinata libera confinata
Alto	Limo Sabbia Sabbia Ghiaia	< 10 m > 10 m < 10 m < 10 m	libera libera confinata confinata
Elevato	Sabbia Ghiaia	< 10 m >10m – <10m	libera libera
Estremamente Elevato	Ghiaia	0 m	alveo

Figura 10 – Tabella per la valutazione della vulnerabilità idrogeologica (GNDCI-CNR)

4. SISMICA

La verifica del rischio sismico si è resa altresì necessaria in merito alla recente adozione, con Ordinanza del Presidente del Consiglio in data 20 marzo 2003, pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale n° 105 del 08 maggio 2003, dei criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e delle normative tecniche per le costruzioni in zona sismica, così come modificata dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio n° 3316. Secondo tale ordinanza, in prima applicazione, ovvero sino alle deliberazioni delle Regioni, le zone sismiche sono individuate sulla base del documento "Proposta di riclassificazione sismica del territorio nazionale" elaborato dal Gruppo di Lavoro costituito dal Servizio Sismico Nazionale, in base alla risoluzione approvata dalla Commissione Nazionale di Previsione e Prevenzione dei Grandi Rischi nella seduta del 23 aprile 1997. L'entrata in vigore di tale ordinanza è stata più volte prorogata sino al 23 ottobre 2005, quando con l'entrata in vigore delle "Norme tecniche per le costruzioni" il grado di sismicità è stato riconfermato, così come modificato dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio n° 3316 e n° 3431. La classificazione proposta ordina il territorio comunale di Calvisano (codice ISTAT 03017034) come ricadente nella zona 3 (cfr. Figura 11) a cui corrisponde un'accelerazione orizzontale compresa tra 0,05 e 0,15 a_g/g con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni.

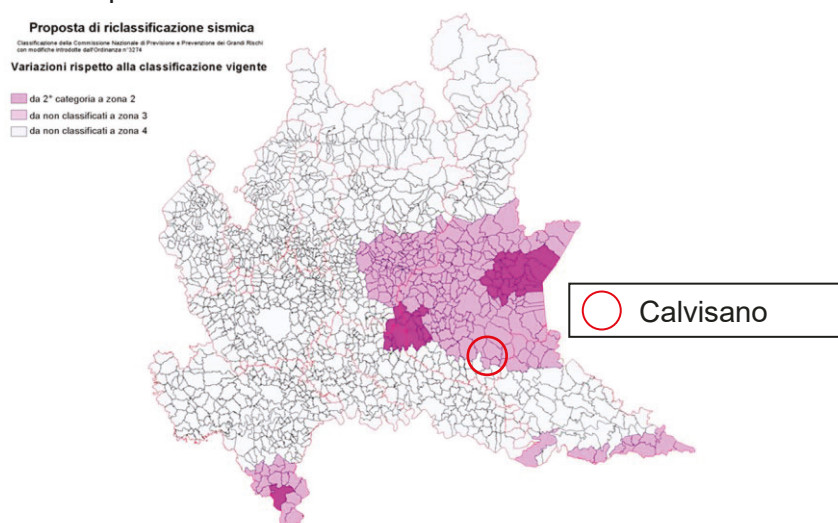


Figura 11 - Proposta di riclassificazione sismica 2003

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Piano Attuativo	Aprile 2026	0	13 di 51
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

La riclassificazione della Regione Lombardia (Delibera Giunta Regionale 11 luglio 2014 n. X/2129) in vigore dal 11.10.2014 e quindi prorogata al 10.04.2016 ripropone per il Comune di Calvisano 3 (Figura 12). In riferimento alla pericolosità sismica locale, l'area ricade nella classe Z4a, ovvero *Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi* e quindi classe di pericolosità sismica H2 conseguente a possibili amplificazioni sismiche dovute alla litologia. Dagli approfondimenti eseguiti si escludono possibili amplificazioni morfologiche, pertanto si assegna la classe topografica T1.

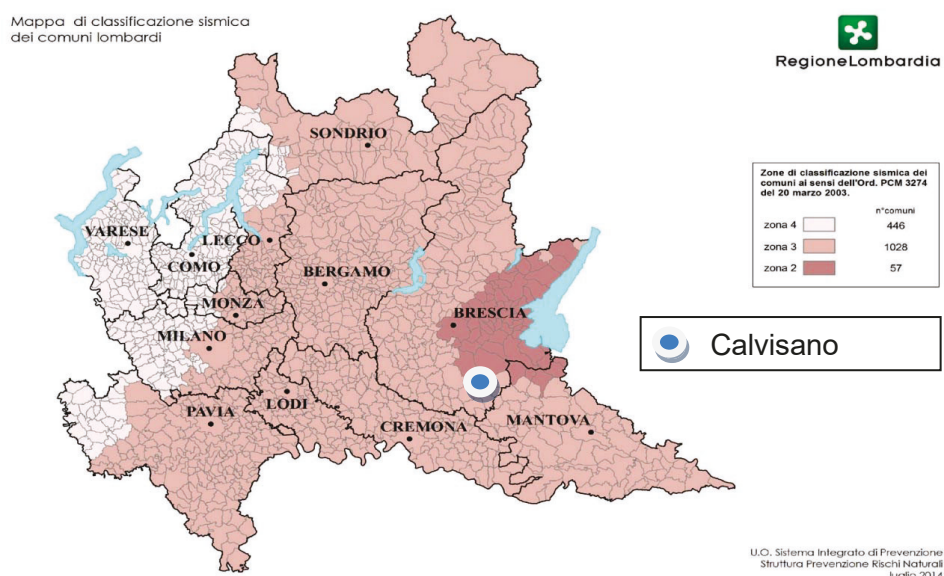


Figura 12 - Riclassificazione sismica 2014

Per la verifica sismica si è tenuto conto di un'indagine svolta dallo scrivente mediante la tecnica HVSR in un sito limitrofo all'area in esame, posto nel medesimo contesto geolitologico. Di seguito viene descritta l'indagine sismica di dettaglio e la relativa analisi di II livello obbligatoria per la classe sismica Z4a.

4.1. Indagine sismica

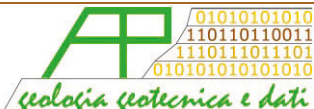
4.1.1. Tecnica di misurazione e strumentazione

La tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) consiste nel misurare direttamente, sfruttando il rumore di fondo ambientale (microtremori), le frequenze di risonanza degli edifici

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Piano Attuativo	Aprile 2026	0	14 di 51
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

e dei terreni costituenti il sottosuolo, allo scopo di stimare gli effetti di sito e la vulnerabilità sismica dell'opera. Per rumore ambientale di fondo s'intende l'insieme delle vibrazioni che si propagano nel terreno dovute sia a fenomeni naturali, moto ondoso, perturbazioni atmosferiche, ecc., sia all'azione antropica, traffico veicolare, macchinari, ecc.. Si è riconosciuto, a partire dagli anni settanta, che i microtremori tendono a eccitare le frequenze naturali di oscillazione dei terreni, permettendone l'individuazione. In pratica ciò che viene misurato sono, in certo intervallo di frequenze, solitamente 0.1-100 Hz, le velocità dei microtremori lungo il piano orizzontale e verticale (H e V) e il rapporto fra le due componenti (H/V). I valori di massimo locale (picchi positivi) di H/V ai quali corrispondono minimi locali di V individuano le frequenze di risonanza degli strati di terreno lungo la verticale di misura. Più elevato è il valore del rapporto H/V maggiore è il contrasto di impedenza sismica e quindi la variazione di velocità delle onde S fra livelli stratigrafici contigui. La tecnica HVSR richiede l'utilizzo di un tromografo digitale, cioè di un sismometro a stazione singola in grado di registrare i microtremori lungo le due direzioni orizzontali (X, Y) e lungo quella verticale (Z), in un ampio intervallo di frequenze (0.1-100 Hz) e per una durata sufficientemente lunga (mediamente 10-20 minuti). Il moto indotto nel terreno viene misurato in termini di velocità attraverso tre velocimetri, uno per ogni direzione di misura (X, Y e Z), secondo il passo di campionamento impostato dall'operatore. Le misure registrate vengono poi elaborate e restituite graficamente in forma di spettri H/V (rapporto H/V in funzione della frequenza, dove H è la media delle misure lungo X e Y) e spettri V (componente verticale del moto in funzione della frequenza). Attraverso la tecnica HVSR è possibile:

- valutare in maniera quantitativa gli effetti di sito (risposta sismica locale e liquefazione);
- ricavare il profilo delle Vs con la profondità e calcolare il parametro V_{seq} ;
- analizzare la vulnerabilità sismica degli edifici, esistenti o in progetto.

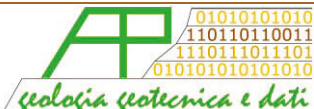
	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Piano Attuativo	Aprile 2026	0	15 di 51
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

4.1.2. Effetti di sito: risposta sismica locale

Le onde di taglio (S) sono le principali responsabili delle lesioni che subiscono gli edifici durante un evento sismico. Infatti, mentre le onde di compressione (P) agiscono sulle sovrastrutture in direzione prevalentemente verticale (moto sussultorio), le onde S sollecitano le stesse con forze di taglio lungo il piano orizzontale (moto ondulatorio), dove gli elementi strutturali sono più vulnerabili. Nelle analisi di pericolosità sismica è quindi fondamentale esaminare in dettaglio in che modo le onde S si propagano. E' infatti ampiamente dimostrato che questo tipo di oscillazione durante il percorso verso la superficie può subire un'azione di filtraggio che tende a ridistribuire l'energia associata al treno d'onda, concentrandola in determinate frequenze, corrispondenti alle frequenze naturali di vibrazione dei terreni attraversati. L'effetto finale è quello di amplificare le onde S che andranno a sollecitare l'opera. Questo fenomeno può essere dovuto sia a particolarità topografiche del sito (amplificazione topografica), come valli sepolte o zone di cresta o di versante in pendii naturali o artificiali, sia a variazioni brusche nelle caratteristiche meccaniche dei terreni attraversati lungo la verticale (amplificazione stratigrafica). Lermo e Chavez-Garcia (1993), basandosi sul lavoro di Nakamura (1989), suggeriscono che lo spettro H/V possa essere visto, a tutti gli effetti, come rappresentativo della funzione di trasferimento del moto sismico dal bedrock alla superficie. Secondo questi Autori quindi le ampiezze dei picchi stratigrafici nello spettro H/V possono essere interpretate direttamente come fattori di amplificazione del moto sismico, almeno per quanto riguarda la componente stratigrafica.

4.1.3. Profilo velocità delle onde S e classificazione del sottosuolo da NTC

Il D.M. 14.01.2008 (riconfermato dal D.M. 17.01.2018) propone come riferimento di calcolo dell'amplificazione sismica locale, in particolare della componente stratigrafica, un metodo semplificato basato sulla stima del parametro V_{seq} . Per V_{seq} s'intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati di copertura fino alla H in cui giace il bedrock, caratterizzato da $V_s > 800$ m/s, calcolata secondo la relazione:

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Piano Attuativo	Aprile 2026	0	16 di 51
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

dove H viene posto uguale a 30 metri nel caso in cui il bedrock si trovi a una profondità superiore. Sulla base del valore calcolato di V_{seq} vengono identificate 5 classi, A, B, C, D ed E alle quali corrispondono un differente spettro di risposta elastico. Lo schema indicativo di riferimento per la determinazione della classe del sito è il seguente:

CATEGORIE DI SOTTOSUOLO			
Categoria sottosuolo	Descrizione	Spessore (m)	Vs (m/s)
A	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.	Qualsiasi	≥ 800
B	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.	> 30 m	≥ 360 ≤ 800
C	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.	> 30 m	≥ 180 ≤ 360
D	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.	> 30 m	< 180
E	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.	Fino a 30 m	$\approx$ C e D

Una valutazione del parametro V_{seq} può essere condotta attraverso l'inversione vincolata dello spettro H/V ricavata con il velocimetro triassiale. In pratica viene utilizzata la relazione che lega la frequenza di risonanza del terreno (f) alla velocità delle onde S nel terreno stesso (V_s):

$$f(Hz) = \frac{V_s}{4h}$$

dove h è la profondità della base dello strato. Nota la profondità di un singolo livello stratigrafico, solitamente il primo, è possibile procedere all'inversione dello spettro H/V, modellando la curva sintetica in modo da ottenere la sovrapposizione con quella misurata. Normalmente i picchi alle alte frequenze (>10 Hz) segnalano la presenza di passaggi stratigrafici molto superficiali, quelli alle basse frequenze (<1 Hz) variazioni stratigrafiche profonde. Poiché le inversioni di velocità, cioè il passaggio andando in profondità da livelli veloci a livelli meno veloci, non da origine a picchi nello spettro H/V, queste non possono

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Piano Attuativo	Aprile 2026	0	17 di 51
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

essere rilevate direttamente. Un indizio della presenza di inversioni di velocità può essere fornito però, indirettamente, dall'andamento dello spettro H/V: ampi intervalli di frequenza in cui costantemente il rapporto H/V si mantiene minore di uno sono spesso associabili a variazioni negative delle velocità con la profondità. Si tenga presente infine che in realtà i microtremori sono costituiti in parte da onde di superficie e non solo quindi da onde di taglio, ma poiché le velocità dei due tipi di oscillazione sono confrontabili la procedura descritta può essere impiegata senza introdurre errori significativi. Si tenga presente infine che in realtà i microtremori sono costituiti in parte da onde di superficie e non solo quindi da onde di taglio, ma poiché le velocità dei due tipi di oscillazione sono confrontabili la procedura descritta può essere impiegata senza introdurre errori significativi.

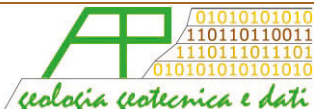
4.1.4. Vulnerabilità sismica dell'opera

Per vulnerabilità sismica s'intende la suscettibilità di un'opera a subire lesioni in seguito alle sollecitazioni indotte dal sisma. E' stato dimostrato che la vulnerabilità agli eventi sismici di un edificio di edificazione relativamente recente è solo marginalmente collegabile alle modalità costruttive dello stesso. Molto più gravoso è l'effetto dell'amplificazione sismica locale, che tende a aumentare in maniera importante l'intensità delle forze sismiche agenti sulla struttura. In particolare se la frequenza di risonanza dell'edificio è confrontabile con quella dei terreni di fondazione si verifica il fenomeno della risonanza accoppiata che comporta un'amplificazione delle sollecitazioni sismiche sull'opera. Nel caso di edifici in fase di progettazione o di realizzazione la frequenza di risonanza fondamentale dell'opera può essere valutata con formule semplificate, quale quella indicata nel D.M. 14.01.2008:

$$f_s = \frac{1}{C_1 Z^{\frac{3}{4}}}$$

in cui C_1 è un fattore che dipende dalla tipologia costruttiva.

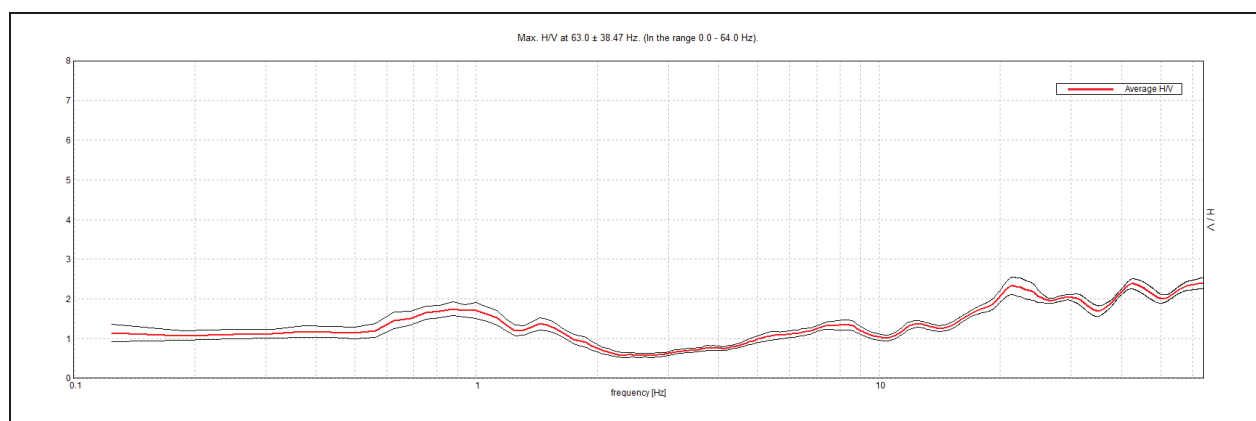
Tipologia	C_1
Costruzioni con struttura a telaio in acciaio	0,085
Costruzioni con struttura a telaio in calcestruzzo armato	0,075
Costruzioni con qualsiasi altro tipo di struttura	0,050

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Piano Attuativo	Aprile 2026	0	18 di 51
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

La relazione è valida per edifici con Z non superiore ai 40 metri e massa distribuita, approssimativamente, in maniera uniforme lungo l'altezza. Negli edifici esistenti il valore della frequenza fondamentale di risonanza può essere invece misurato direttamente con il tromografo digitale. In questo caso è necessario misurare il rapporto H_i/H_0 , dove H_0 è lo spettro della componente orizzontale, lungo X o Y, riferita al piano terra e H_i la stessa componente misurata al piano i-esimo. Nella pratica spesso si eseguono solo due misure, ubicate lungo la stessa verticale, una al piano terra e una all'ultimo piano dell'edificio. Il picco positivo massimo dello spettro H_i/H_0 indica direttamente la frequenza di risonanza fondamentale della struttura.

4.1.5. Risultati dell'analisi

Si riportano di seguito in Figura 13 gli spettri H/V registrati dallo scrivente in un sito limitrofo all'area in esame. Nello spettro H/V sono stati individuati i picchi positivi che corrispondono ad altrettanti minimi locali nello spettro V (Up-Down component in legenda), fatto questo che consente di riconoscere le frequenze associate ai picchi H/V come frequenze di risonanza del terreno.



	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Piano Attuativo	Aprile 2026	0	19 di 51
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

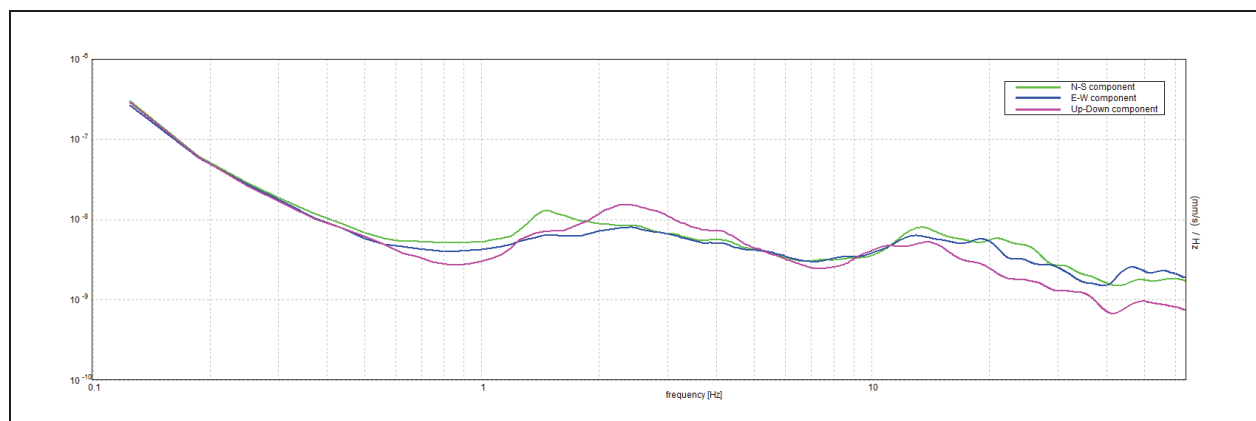


Figura 13 – Spettri H/V e V

La curva H/V sintetica è stata modellata in modo da sovrapporsi ai picchi stratigrafici misurati (Figura 14).

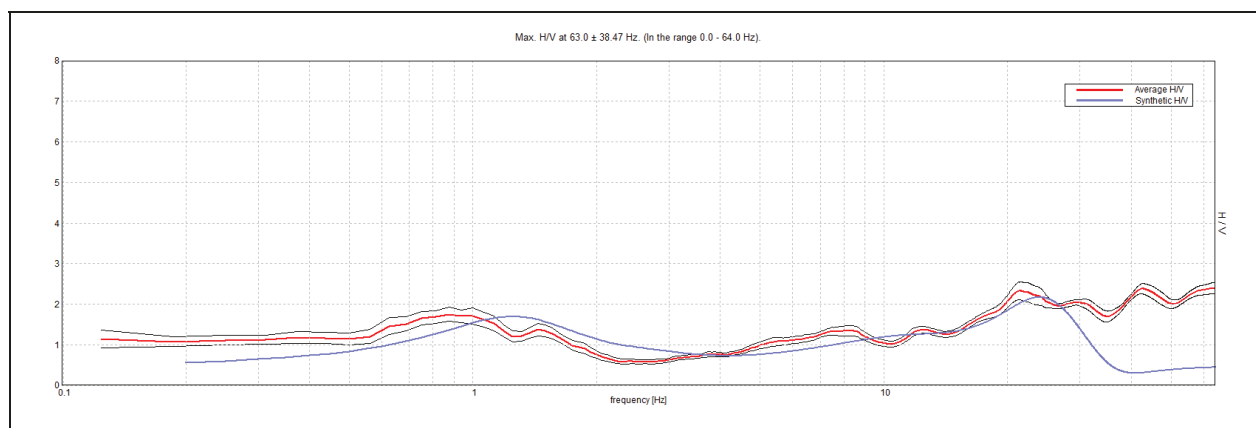


Figura 14 – Curva H/V sintetica

L'inversione, calibrata sulla stratigrafia ricavata dall'indagine sismica, ha consentito di ricavare il profilo delle velocità delle onde S in funzione della profondità.

Profondità da (m) a (m)		Δz (m)	Vs (m/s)	Inversioni di velocità
0.00	1.50	1.50	141	-
1.50	7.50	6.00	289	-
7.50	28.50	21.00	379	-
28.50	44.50	16.00	441	-
44.50	78.50	34.00	561	-
Oltre 78.50			624	-

Il valore di Vseq calcolato da piano campagna è circa 333 m/s, che pone il sito nella classe di sottosuolo C secondo il D.M. 17.01.2018. La frequenza fondamentale del sito è stata misurata direttamente dall'indagine geofisica ed è risultata pari a 0.88 Hz.

4.2. Indagine sismica di II livello

La procedura permette la caratterizzazione semiquantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi e la verifica dei valori proposti dalla normativa nazionale. A tale scopo verrà stimato il valore del Fattore di amplificazione (F_a) e confrontato con quello proposto dalla Regione Lombardia. Il valore di F_a si riferisce agli intervalli di periodo tra 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s: i due intervalli di periodo nei quali viene calcolato il valore di F_a sono stati scelti in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie presenti più frequentemente nel territorio regionale; in particolare l'intervallo tra 0.1-0.5 s si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, mentre l'intervallo tra 0.5-1.5 s si riferisce a strutture più alte e più flessibili. Si possono presentare quindi due situazioni:

- il valore di F_a è inferiore o uguale al valore di soglia corrispondente: la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa;
- il valore di F_a è superiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione e quindi è necessario effettuare analisi più approfondite (3° livello) in fase di progettazione edilizia. In alternativa è possibile utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di sottosuolo superiore.

Sulla base delle risultanze della prova HVSR sono state valutate le velocità delle onde sismiche, quindi sono state scelte le curve corrispondenti per litologia o profilo di V_s (Rif. Allegato 5 Direttive LR 12.05). Nel caso esista la scheda di valutazione per la litologia esaminata ma l'andamento delle V_s con la profondità non ricadesse nel campo di validità della scheda potrà, in questa prima fase, essere scelta un'altra scheda che presenti l'andamento delle V_s con la profondità più simile a quella riscontrata nell'indagine. Nel caso in esame la scheda di riferimento è risultata la sabbiosa (Figura 15). Sulla base dei dati sopradescritti è stato calcolato il valore del periodo proprio del sito (T = inverso della frequenza fondamentale) che è risultato uguale a 1.13 s. Sulla base della scheda di riferimento e del valore risultante di

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Piano Attuativo	Aprile 2026	0	21 di 51
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

T è stato calcolato il fattore di amplificazione Fa per le diverse tipologie di intervallo: 0.1 – 0.5 s e 0.5 – 1.5 s.

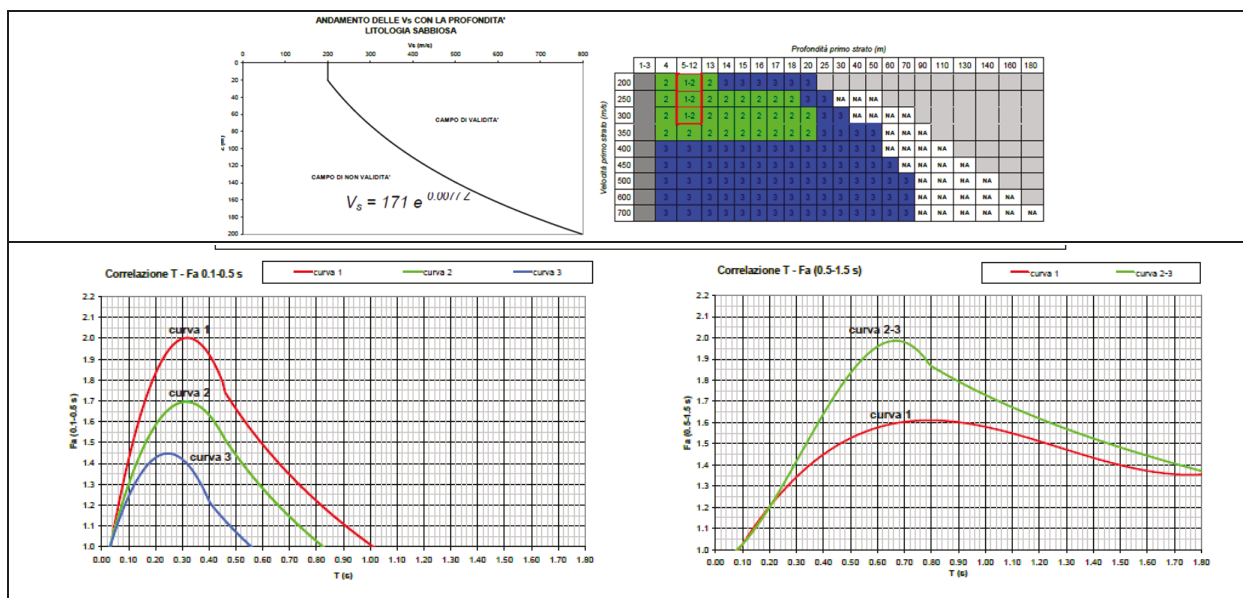


Figura 15 – Scheda sabbiosa

Intervallo	Fa calcolato	Fa di riferimento per suolo C
0.1 – 0.5 s	1.0	1.9
0.5 – 1.5 s	1.7	2.4

Applicando ai valori di amplificazione calcolati la tolleranza prevista pari a ± 0.1 risultano entrambe minori ai valori soglia proposti dalla normativa regionale per la categoria di sottosuolo C nel Comune di Calvisano. Pertanto in entrambe i casi si ritiene valida la classificazione sismica vigente e quindi si potrà utilizzare lo spettro proposto dalla stessa. L'attendibilità dei dati utilizzati è stata espressa con la tabella proposta in allegato 5 e la categoria assegnata è quella evidenziata in rosso direttamente sulla tabella di seguito riportata.

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

Figura 16 – Livelli di attendibilità (Tab 3 - All. 5 D.g.r. 28 Maggio 2008 n. 8/7374)

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Piano Attuativo	Aprile 2026	0	22 di 51
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

4.3. Parametri sismici

L'entrata in vigore del D.M. 14.01.2008 ha introdotto un approccio alla classificazione sismica di tipo *sitodipendente*, ovvero i parametri significativi della zona devono essere calcolati in base a misure dirette ed elaborati secondo metodi semplificati che tengano conto delle possibili amplificazioni locali dovute alla stratigrafia e alla topografia. Questo approccio è stato confermato dal D.M. 17.01.2018. Di seguito sono riportati i valori delle accelerazioni corrispondenti ai diversi stati limite attesi calcolati per l'area in studio. I parametri utilizzati sono leggibili direttamente nello schema di Figura 17. Con riferimento alle nuove costruzioni si rimanda alle indicazioni ed ai criteri di calcolo previsti dalla nuova normativa.

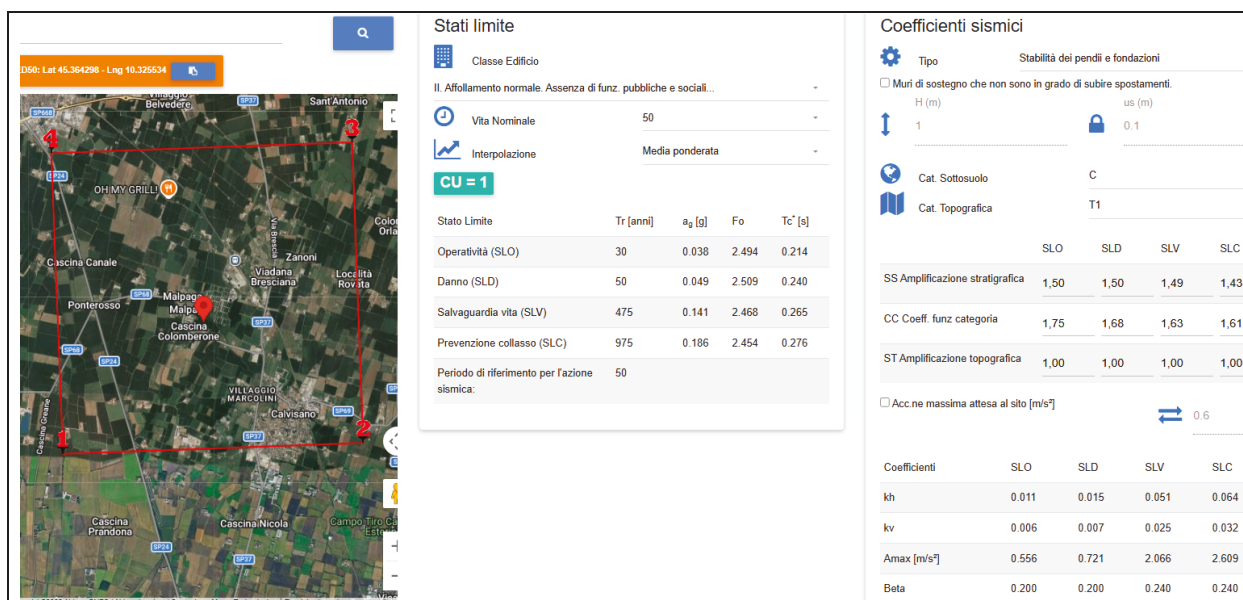


Figura 17 – Calcolo dei parametri sismici dell'area

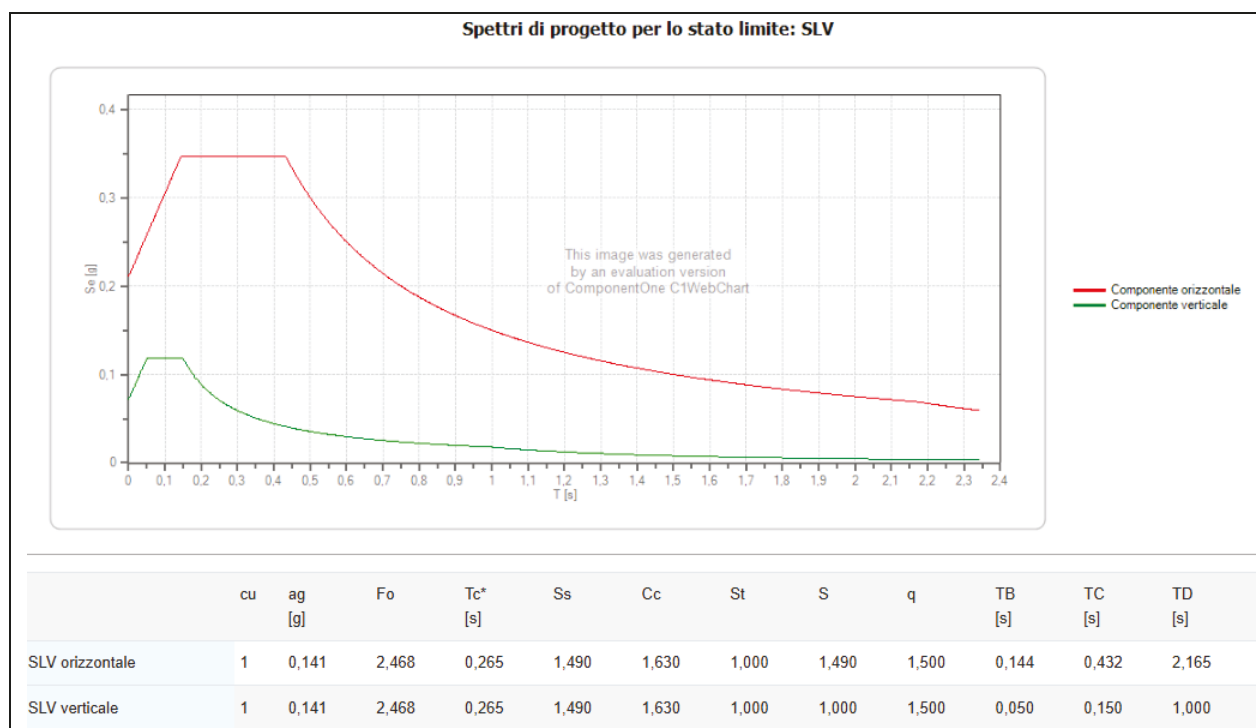


Figura 18 – Curve di progetto per lo stato limite SLV

4.4. Stima della magnitudo di riferimento

Nel settore di appartenenza del comunale di Calvisano i lineamenti tettonici sono riconducibili a diversi sistemi regionali che generano complessi campi tensionali. Il territorio comunale, in particolare, si pone nella parte settentrionale di un'area in sollevamento, con zone stabili, o in abbassamento durante il Pliocene inferiore e in forte sollevamento durante il Pliocene medio-superiore e il Quaternario. La sismicità di questa zona è legata quindi alla tettonica molto complessa del margine padano settentrionale. Le sorgenti sismogenetiche dovrebbero trovarsi ad una profondità compresa tra 5 e 15 km, in corrispondenza dello scollamento tra il basamento cristallino e la sovrastante copertura sedimentaria. L'analisi della sismicità, intesa come distribuzione spazio-temporale dei terremoti in una determinata area, costituisce il primo tassello per gli studi di valutazione della pericolosità sismica di base. Trattandosi di modelli probabilistici, infatti, le caratteristiche sismo-tettoniche e le modalità di rilascio dell'energia sismica pregressa consentono la messa a punto di modelli previsionali dell'attività sismica attraverso una quantificazione dei livelli di accelerazione attesi. L'attività

sismica storica nel bresciano rappresenta la naturale continuazione di quella pliocenica e quaternaria e risulta correlata alla collocazione, delle aree di studio, tra zone sismogenetiche riferibili, da una parte al fronte alpino e dall'altra al fronte appenninico, sepolti al di sotto della coltre fluvioglaciale-alluvionale della Pianura Padana. Storicamente la zona risente di effetti macroscopici in funzione della relativa vicinanza alle aree epicentrali dei forti terremoti storici, che colpiscono le provincie di Brescia e Verona. Alcuni sismi recenti, con le massime intensità storiche, si sono risentiti, per la relativa vicinanza con l'area sismogenetica del Reggiano-Ferrarese-Parmense e dell'edificio appenninico sepolto al di sotto delle coltri quaternarie dei depositi di pianura. L'area in esame secondo il modello sismotettonco riassunto nella zonazione sismogenetica ZS9 ricade nella zona sorgente 906 (Figura 19). In questo caso, ai fini della verifica alla liquefazione, si assume il valore della Magnitudo Mw pari a quello della zona, ovvero 6.60.

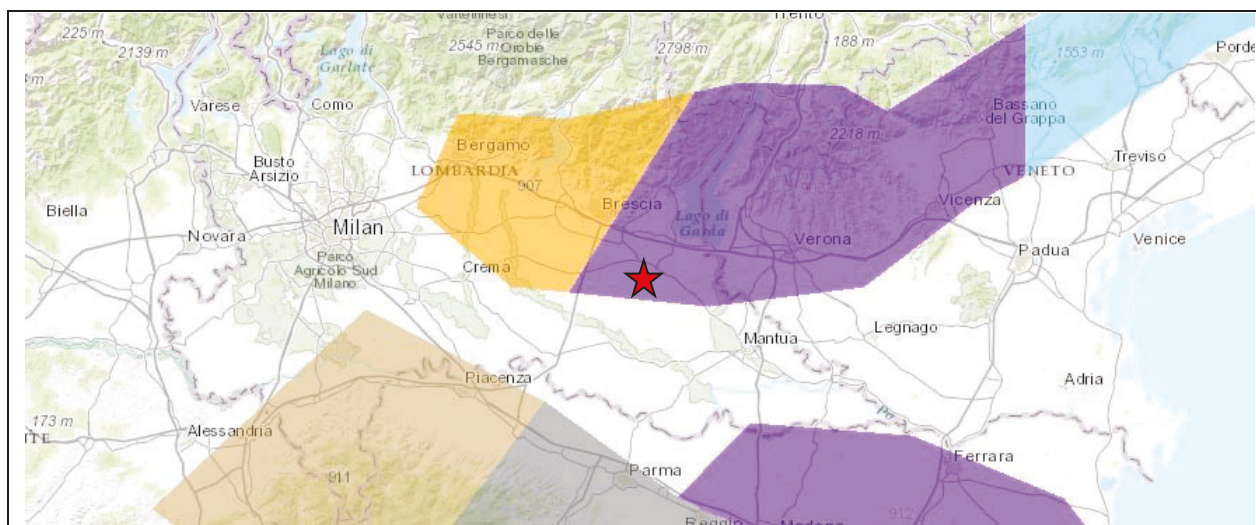
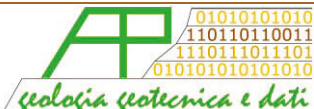


Figura 19 – Schema Zonizzazione Sismogenetica ZS9

Per un calcolo più preciso è possibile utilizzare la metodologia della disaggregazione della pericolosità sismica che somma i contributi dovuti alle singole coppie magnitudo-distanza dagli epicentri ricadenti nell'area di riferimento, allo scopo di ricavare l'evento sismico dominante. In questo modo si ottiene il terremoto di scenario, caratterizzato da un valore univoco della magnitudo, della distanza e del tempo di ritorno; ciò lo rende utilizzabile ai fini progettuali nelle verifiche agli stati limite. Il metodo si basa sulla mappa della pericolosità

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Piano Attuativo	Aprile 2026	0	25 di 51
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

sismica messa a disposizione dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) attraverso il proprio portale web.

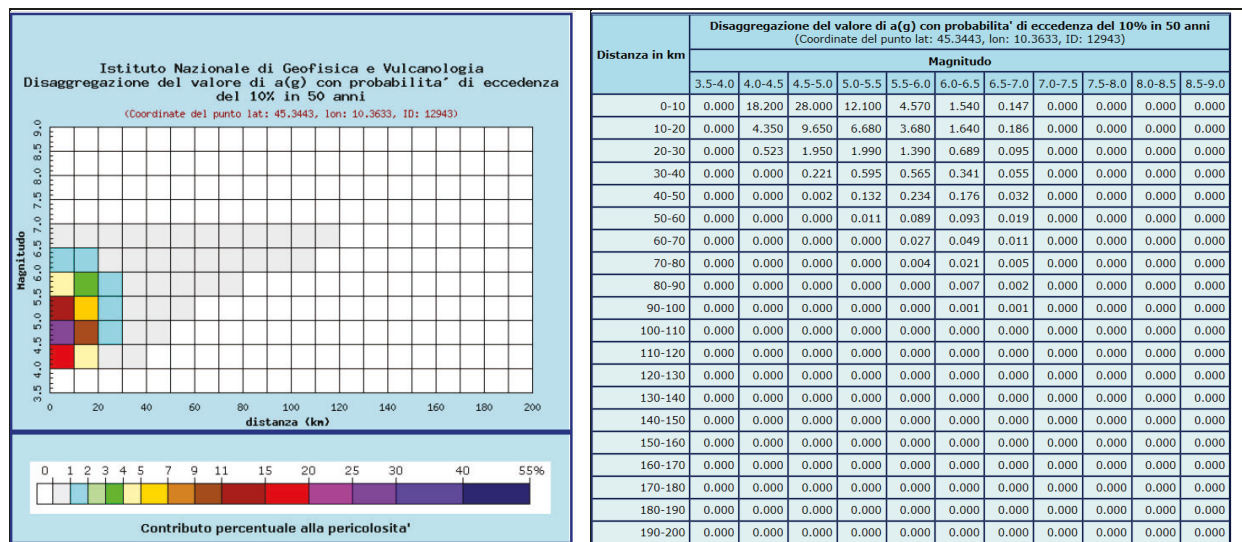


Figura 20 - Verifica Magnitudo

Il sistema consente di visualizzare e interrogare mappe probabilistiche della pericolosit  sismica del territorio nazionale, espressa con diversi parametri dello scuotimento su una griglia regolare a passo 0.05° . Per ogni singolo nodo della griglia di riferimento   possibile richiedere il dettaglio in forma grafica e tabellare dell'analisi di disaggregazione (vale a dire il contributo delle possibili coppie di valori di magnitudo-distanza alla pericolosit  del nodo) della relativa $a(g)$. Per il sito in studio nel comune di Calvisano il valore medio di riferimento propone una magnitudo pari a 4.94 ad una distanza di 9.67 km. Il valore non   per  riferito alla magnitudo momento M_w , ma bens  alla magnitudo locale media. Per questo devono essere sommati i singoli contributi sino all'ottenimento di un valore superiore al 90%. Sommando i contributi da 0 a 40 km si raggiunge un valore superiore al 90% per magnitudo fino a 5.5. I valori calcolati con entrambe i metodi convergono su un risultato confrontabile.

4.4.1. Verifica alla liquefazione

Durante un evento sismico vengono indotte nel terreno delle sollecitazioni cicliche di taglio, dovute alla propagazione delle onde sismiche verso la superficie, mentre la pressione

litostatica resta costante. Per tutta la durata della scossa ogni elemento di terreno è soggetto ad una serie di sforzi tangenziali che cambiano ripetutamente verso ed ampiezza. Nel terreno si possono generare fenomeni di liquefazione se la scossa sismica produce un numero di cicli tale da far sì che la pressione interstiziale uguagli la pressione di confinamento. Nei depositi la pressione di confinamento aumenta con la profondità, mentre l'ampiezza dello sforzo di taglio indotto dal sisma diminuisce. La resistenza alla liquefazione quindi è maggiore con la profondità. Quindi, maggiore è la durata di un terremoto più alta è la possibilità che si arrivi (maggior numero di cicli) alla liquefazione. Inoltre, maggiore è l'ampiezza della vibrazione e della deformazione indotta e minore è il numero di cicli necessari per giungere a tale condizione. La probabilità che un deposito raggiunga le condizioni per la liquefazione dipende anche dallo stato di addensamento, dalla composizione granulometrica, dalle condizioni di drenaggio, dalla storia delle sollecitazioni sismiche e dall'età del deposito stesso. Tanto minore è il grado di addensamento del materiale (elevato indice dei vuoti e bassa densità relativa) tanto maggiore è la probabilità che, a parità di altre condizioni, un deposito raggiunga lo stato di liquefazione. I depositi sabbiosi sotto falda sono i terreni con più alto potenziale di liquefazione in particolare se sono di recente (in termini geologici) deposizione, e di granulometria fine o media come riportato nella Figura 21.

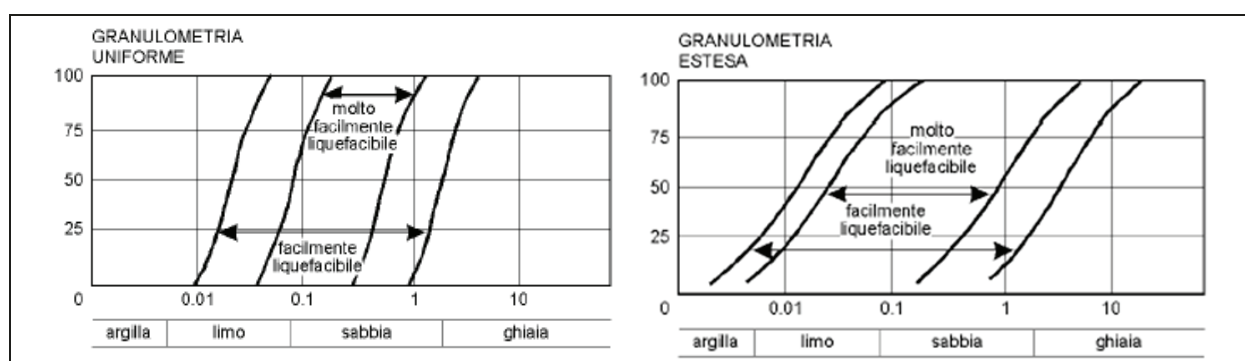


Figura 21 – Valutazione della suscettibilità alla liquefazione – fasce granulometriche critiche

Tutti i metodi semplificati permettono di esprimere la suscettibilità alla liquefazione del deposito attraverso un coefficiente di sicurezza, dato dal rapporto fra la resistenza al taglio

mobilitabile nello strato (CSR) e lo sforzo tagliante indotto dal sisma (CRR). Cioè in pratica si ha:

$$F_s = \frac{CRR}{CSR}$$

Un deposito dovrà essere considerato suscettibile di liquefazione, se il coefficiente di sicurezza sarà minore di 1 (di 1.25 secondo l'Eurocodice 8). La grandezza CSR dipende dai parametri del sisma di progetto (accelerazione sismica e magnitudo di progetto). CRR è funzione delle caratteristiche meccaniche dello strato, principalmente del suo stato di addensamento, e può essere ricavato direttamente attraverso correlazioni con i risultati delle prove penetrometriche attraverso la relazione di Barrow e Stokoe.. La grandezza CSR viene ricavata attraverso la relazione:

$$CSR = \frac{a_{max}}{g} \cdot \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \cdot r_d \cdot \frac{1}{MSF}$$

dove:

- a_{max} = accelerazione sismica massima;
 g = accelerazione di gravità = 980.7 cm/s²;
 σ_{vo} = pressione verticale totale alla profondità z dal p.c.;
 σ'_{vo} = pressione verticale efficace alla profondità z dal p.c.;
 r_d = coefficiente funzione della profondità dal p.c.;
 MSF = coefficiente correttivo funzione della magnitudo del sisma,

La grandezza r_d può essere valutata attraverso alcune correlazioni empiriche note in letteratura. Nel caso in esame è stata utilizzata la seguente:

ANDRUS e STOKOE (2000)

$$CRR = 0,022 \cdot \left(\frac{K_c \cdot V_{S1}}{100} \right)^2 + \frac{2.8}{(V_{S1C} - K_c \cdot V_{S1})} - \frac{2.8}{V_{S1C}}$$

$$CSR = \frac{\tau_{av}}{\sigma'_{vo}} = 0,65 \cdot \frac{a_{max}}{g} \cdot \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \cdot r_d \cdot \frac{1}{MSF}$$

Viste le finalità dello studio l'analisi ha riguardato i primi 30 metri da p.c.. Per la verifica del coefficiente di sicurezza è stato utilizzato il programma LIQUEF ver. 2.2 della PROGRAMGEO che impiega l'approccio probabilistico-statistico di Gumbel per ottenere la massima accelerazione di picco prevedibile nel sito per un determinato tempo di ritorno attraverso l'estrazione dal Catalogo sismico. La verifica è stata eseguita sulla base del modello sismico derivato dall'indagine sismica di dettaglio, con particolare riferimento all'andamento delle velocità Vs. Attraverso opportune elaborazioni (Andrus e Stokoe) è stato

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Piano Attuativo	Aprile 2026	0	28 di 51
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

ottenuto il coefficiente di sicurezza in funzione della profondità. Il procedimento di calcolo ha previsto la suddivisione in strati omogenei con un valore di Vs caratteristico secondo i seguenti modelli (da HVSr):

- 1° strato: velocità media onde Vs 141 m/sec spessore medio 1.50 m
- 2° strato: velocità media onde Vs 289 m/sec spessore medio 6.00 m
- 3° strato: velocità media onde Vs 379 m/sec spessore medio 21.00 m
- 4° strato: velocità media onde Vs 441 m/sec spessore medio 1.50 m

Per il profilo è stata considerata un'accelerazione pari a 0.21 g (0.141x1.49) ricavata per edifici di classe II allo stato limite SLV. In via cautelativa è stata considerata una soggiacenza pari a 2.50 m. Il calcolo ha verificato che il coefficiente di sicurezza Fs è maggiore di 1 lungo tutto il profilo. Di conseguenza il coefficiente Ic è pari a 0.0 indicando un rischio molto basso (Figura 22).

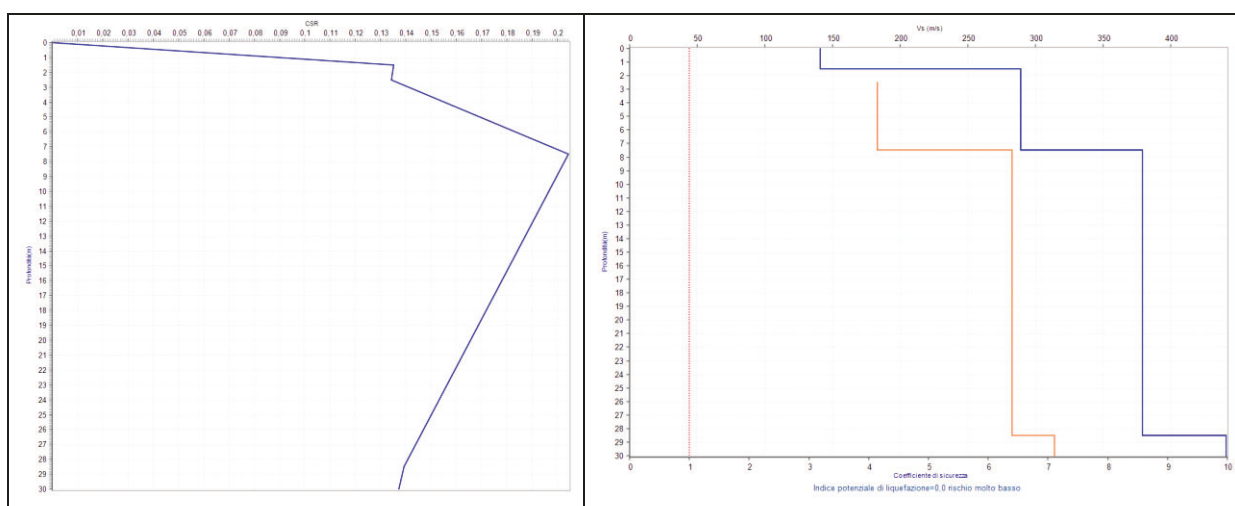


Figura 22 – Andamento del coefficiente CSR e Fs (linea arancio grafico di destra)

5. SINTESI E VINCOLI

In Figura 23 e Figura 24 sono state rappresentate le principali limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative in vigore di contenuto idrogeologico e paesaggistico e da problematiche geologiche.

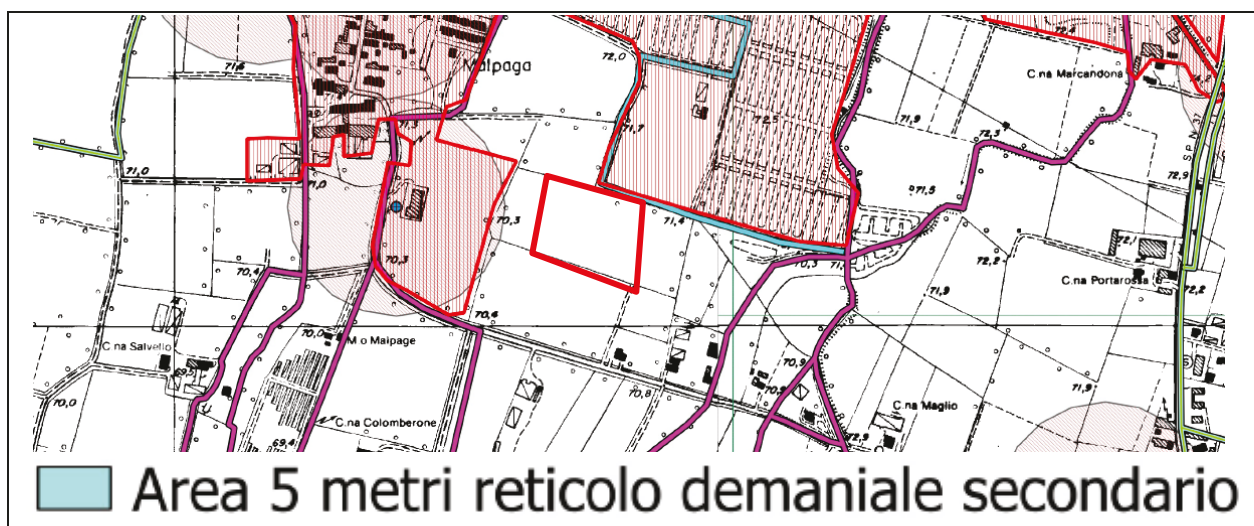


Figura 23 – Stralcio della Carta dei Vincoli

Come si può notare dalla cartografia l'area interessata dal nuovo piano attuativo non è interessata da alcun vincolo geologico. La Variante in progetto è coerente con la Carta dei vincoli vigente.

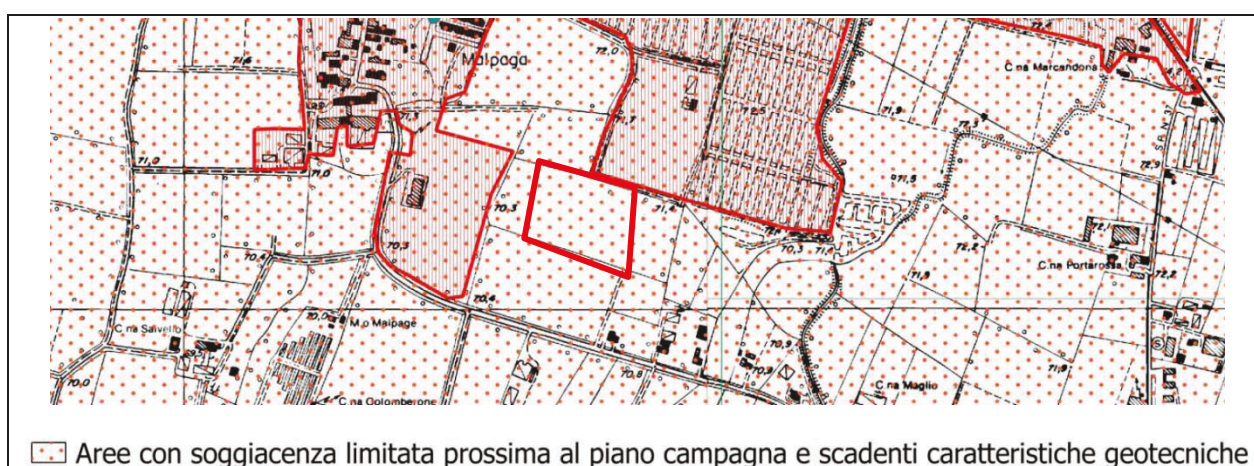


Figura 24 – Stralcio della Carta di Sintesi

Le aree omogenee dal punto di vista della pericolosità/vulnerabilità riguardano la

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Piano Attuativo	Aprile 2026	0	30 di 51
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

presenza di aree con soggiacenza limitata prossima al piano campagna e scadenti caratteristiche geotecniche. Questo scenario si configura a seguito della presenza di depositi a buona permeabilità ed alla bassa soggiacenza della falda, oltre che la locale presenza di depositi fini presenti in percentuali variabili in superficie.

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Piano Attuativo	Aprile 2026	0	31 di 51
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

6. FATTIBILITÀ

L'area in studio è identificata nella cartografia comunale con la classe di fattibilità 3a, ovvero fattibilità con consistenti limitazioni al cambio d'uso dovute alla limitata soggiacenza della falda e caratteristiche geotecniche scadenti (Figura 25).

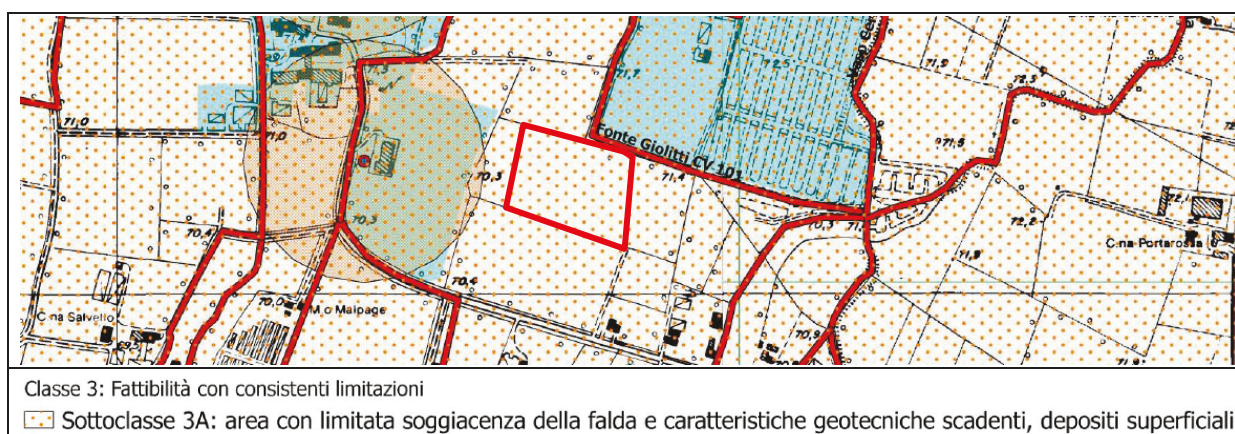


Figura 25 – Stralcio della carta della fattibilità (Studio geologico a corredo del PGT)

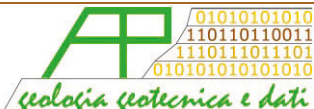
Si riporta di seguito quanto prescritto dalle Norme Tecniche per le costruzioni in riferimento a tali classi:

Classe 3a → in questa sottoclasse ricadono le aree a limitata soggiacenza della falda freatica, caratterizzate nei primi metri di spessore dalla presenza di depositi con caratteristiche geotecniche scadenti, nell'ambito della quale per la realizzazione di edifici in genere e opere infrastrutturali si prescrivono approfondimenti di tipo geotecnico con l'esecuzione di indagini geognostiche in sito e/o in laboratorio e valutazioni di natura idrogeologica, mediante il posizionamento di piezometri, valutazioni finalizzate alla verifica della soggiacenza della falda rispetto al piano di posa delle fondazioni. I dati raccolti serviranno, oltre che alla caratterizzazione geotecnica dei terreni, anche ad effettuare valutazioni in merito alla liquefazione dei terreni da effettuarsi qualora la verifica di II livello sismico comporti il supero del Fattore di Amplificazione fa sitospecifico.

Considerate le evidenze rilevate in sito si riconferma la classe di fattibilità identificata all'interno del PGT comunale e la normativa conseguente. Le opere in progetto non si

configurano come potenzialmente idroinquinanti. Gli scavi per il posizionamento delle fondazioni saranno eseguiti con tecniche tradizionali senza l'impiego di sostanze chimiche o possibili inquinanti per la falda freatica pertanto non si ravvisano potenziali rischi per quest'ultima. Al fine di preservare la falda da eventuali contaminazioni, andrà rivolta particolare attenzione alla gestione delle acque di scarico se presenti: le fognature miste o nere dovranno essere realizzate a tenuta bidirezionale, ovvero dall'interno verso l'esterno e viceversa; le tubazioni dovranno essere realizzate con tecnologie atte ad evitare possibili perdite. L'indagine geotecnica è riportata nel capitolo seguente. Le acque meteoriche dovranno essere trattate secondo quanto previsto dalla vigente normativa.

La variante in progetto è compatibile con la fattibilità indicata.

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Piano Attuativo	Aprile 2026	0	33 di 51
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

7. GEOTECNICA

La definizione delle caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione è stata effettuata sulla base dei risultati dei valori di resistenza penetrometrica delle prove effettuate in sito durante la campagna geognostica del Marzo 2026 e dai dati bibliografici validi per litologie simili. Nello specifico sono state realizzate n.3 prove penetrometriche dinamiche (DPSH) spinte sino a circa 5.40 m. La prova penetrometrica consiste nell'infioccare nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi d) misurando il numero di colpi N necessari (Figura 26). La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di “catalogare e parametrizzare” il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

DIMENSIONI E PESI				DATI TECNICI		
	DP	CPT	DP + CPT	Motore	Tipo	Benzina; 2 cil.; V
H [mm]	1600	1480	1600		Potenza [HP (kW) - RPM]	16 (12) - 3600
L [mm]	2450	2200	2450		Raffreddamento	Aria
P [mm]	1040	1040	1040	Traslazione	Cingolato a trasmissione idrostatica	Cingolato Gommato
Peso [kg]	910	810	980		Velocità di traslazione [km/h]	0 ÷ 1.8
					Pendenza Max %	25
				Pompa Idraulica	Numero di Pompe	2
					Max. pressione operativa [bar]	245
				Stabilizzatori	Numero	3
					Tipo	Idraulico



Figura 26 – Penetrometro dinámico superpesante e estático da 20 ton

Nella prova penetrometrica dinamica lo sforzo necessario per l'infissione è misurato dal numero dei colpi del maglio le cui caratteristiche tecnico-strumentali sono le seguenti (DPSH):

Rif. Norme DIN 4094

Peso Massa battente	73	Kg
---------------------	----	----

Altezza di caduta libera	0.75	m
Peso sistema di battuta	7	Kg
Diametro punta conica	50.46	mm
Area di base punta	20	cm ²
Lunghezza delle aste	1	m
Peso aste a metro	8	Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0.80	m
Avanzamento punta	0.30	m
Numero colpi per punta	N(30)	
Coeff. Correlazione	1.15	
Rivestimento/fanghi	Si	
Angolo di apertura punta	60°	

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta uno dei mezzi più diffusi per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi N_{spt} ottenuto con la suddetta prova (differente da quelle eseguite), pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con N_{spt} . Il passaggio viene dato da:

$$N_{spt} = b_t N$$

Dove: $\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Q_{spt} è quella riferita alla prova SPT. L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

M = peso massa battente;

M' = peso aste;

H = altezza di caduta;

A = area base punta conica;

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Piano Attuativo	Aprile 2026	0	35 di 51
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

d = passo di avanzamento.

Le risultanze stratigrafiche delle prove penetrometriche dinamiche sono riportate in Allegato 2, complete dei diagrammi e delle letture strumentali. L'ubicazione delle indagini è invece riportata in Allegato 1 ed in Figura 27.



Figura 27 – Ubicazione prove DPSH

7.1. Modello geotecnico

Per la definizione dei parametri geotecnici si è fatto riferimento alle usuali correlazioni semiempiriche che definiscono i valori di coesione non drenata c_u , angolo di attrito interno ϕ , densità ρ , e modulo elastico E , in relazione alla resistenza penetrometrica. Nell'area sono presenti con continuità depositi a comportamento granulare con diverso grado di addensamento sino alla massima profondità raggiunta dalle indagini, pari a circa 5.40 m da p.c. Lo studio dei parametri deve essere però sviluppato in termini non più deterministici ma bensì aleatori, cioè ciò che prima era identificato da un valore adesso è descritto da una variabile che rappresenta un insieme di numeri riferiti alla stessa grandezza fisica. La distribuzione di questa grandezza può quindi essere rappresentata da una funzione continua di tipo normale (gaussiano) dove sulle ascisse sono riportati i valori della variabile (F_s) e sulle ordinate la loro frequenza. Una evoluzione di questa particolare funzione è chiamata

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Piano Attuativo	Aprile 2026	0	36 di 51
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

distribuzione di Student che ben si adatta nei casi in cui si può assistere a compensazione. Nel caso in esame per compensazione si intende il seguente concetto: il volume della eventuale massa interessata dal sovraccarico delle fondazioni è maggiore della scala di fluttuazione dei parametri che la governano, cioè di quelle porzioni di terreno che presentano geometrie o valori di resistenza differenti. E' pertanto plausibile che nel volume della massa instabile siano presenti porzioni di terreno con caratteristiche differenti. In questi casi maggiore è la tendenza a compensare le zone deboli con le forti giustificando il riferimento a valori prossimi ai valori medi. Tutte queste considerazioni sono ritenute valide in assenza di superfici di rottura preferenziali come nel caso in esame. Al fine di operare a favore di sicurezza è stato estratto il valore riferito al 5° percentile della distribuzione, ovvero **il valore caratteristico** tale che la probabilità calcolata di valori più sfavorevoli, che determinano la manifestazione dello stato limite, non sia maggiore del 5%. Questa procedura è peraltro documentata negli Eurocodici EC7 ed EC8 ed è stata ripresa nella stesura delle Norme Tecniche delle Costruzioni 2018. Sulla base delle correlazioni effettuate ed in considerazione della buona omogeneità dei terreni è stato definito un unico modello geotecnico, basato sui dati acquisiti dalla prova che presenta le caratteristiche geotecniche più scadenti, ovvero la prova rinominata P1, e schematizzato come segue:

STRATO A: da p.c. sino a – 0.60 m: suolo. Parametri caratteristici: $\gamma = 1.7 \text{ kg/dm}^3$.

STRATO B : da – 0.60 m sino a – 5.40 m: depositi granulari mediamente addensati. Parametri caratteristici: $\Phi = 32^\circ$ $\gamma = 1.8 \text{ kg/dm}^3$.

A completamento del modello geotecnico è stata attribuita la categoria di appartenenza del profilo stratigrafico dei terreni di fondazione per la definizione dell'azione sismica di progetto. Viste le risultanze delle prove sismiche effettuate e le indicazioni contenute nella componente geologica del PGT, il profilo stratigrafico dei terreni di fondazione è classificabile come **tipo C** secondo i disposti della Ordinanza del Presidente del Consiglio 20 marzo 2003 n.3274 e successive modifiche.

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Piano Attuativo	Aprile 2026	0	37 di 51
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

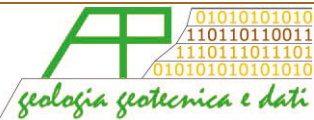
7.2. Analisi delle soluzioni fondali

L'applicazione di un carico concentrato sulla superficie del terreno produce un fascio di reazioni con intensità decrescente allontanandosi in orizzontale ed approfondendosi sulla verticale rispetto al punto di applicazione. In funzione della geometria e delle dimensioni della fondazione o del piano di appoggio, i carichi saranno diffusi a profondità differenti. Le proprietà geotecniche dei terreni permettono l'impiego di fondazioni superficiali di qualsiasi tipologia, a plinto, nastriformi o a platea. Nel caso in studio sono previste fondazioni lineari o a plinto, aventi incastro pari ad almeno 0.60 m, compreso il magrone di sottofondazione. Durante le operazioni di scavo delle fondazioni si dovrà riservare attenzione alla natura dei depositi e dovranno essere segnalate eventuali difformità o repentine variazioni litologiche non rilevabili dall'indagine svolta. In riferimento all'aggressività dei terreni di fondazione (UNI EN 206-1) questi possono essere classificati come XC2. Il calcestruzzo impiegato per le opere di fondazione dovrà garantire le prestazioni minime riportate nella tabella seguente.

Denom. della classe	Descrizione dell'ambiente	Esempi informativi di situazioni a cui possono applicarsi le classi di esposizione	UNI 9858	A/C MAX	R'ck min.	Dos. Min. Cem. KG.
XC2	Bagnato, raramente asciutto	Parti di strutture di contenimento liquidi, fondazioni. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso prevalentemente immerso in acqua o terreno non aggressivo.	2a	0,60	30	300

7.3. Calcolo della capacità portante

Sulla base delle informazioni desunte dal modello geotecnico e considerando la tipologia di fondazioni adottata, così come illustrato in precedenza, è possibile definire la capacità portante del terreno di imposta, il cui calcolo della capacità limite può essere eseguito con la formula di Hansen valida per fondazioni superficiali, modificata per il carico inclinato, che tiene conto dei fattori di forma, di fondazione, di profondità, di inclinazione del carico e degli effetti inerziali dovuti all'azione sismica. In ottemperanza a quanto prescritto dalla normativa vigente ed in accordo con il Progettista si è scelto un metodo di tipo semiprobabilistico che in dettaglio corrisponde all'approccio 2 combinazione unica (STR+GEO). I riferimenti per la trasformazione della portata di progetto, ovvero i coefficienti riduttivi sono riportati nelle tabelle

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Piano Attuativo	Aprile 2026	0	38 di 51
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

6.4.II e 6.4.IV delle NTC2018. Il Progettista dovrà poi verificare che sia soddisfatta la disequaglianza:

$$Ed \leq Rd$$

dove Ed rappresenta il valore di progetto dell'azione o degli effetti delle azioni nelle varie combinazioni di carico mentre Rd rappresenta la resistenza del terreno.

7.3.1. Approccio 2 combinazione unica A1+M1+R3

Questo tipo di combinazione prevede l'impiego dei parametri caratteristici (M1) del modello geotecnico così come riportato nel capitolo precedente. Effettuando il calcolo secondo la formula sopra riportata e riducendo la capacità portante secondo i valori della tabella 6.4.I riferendosi al coefficiente γ_r relativo a R3 (2.30) raggiungeremo la seguente portata di progetto Rd da confrontare con le azioni corrispondenti ad A1:

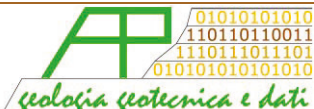
condizioni statiche $Rd = 2.2 \text{ Kg/cm}^2$

condizioni sismiche $Rd = 1.5 \text{ Kg/cm}^2$

Nel dimensionamento delle fondazioni è tuttavia necessario tener conto non solo della resistenza al taglio dei terreni, ma anche dei cedimenti indotti dal carico applicato. E' stata pertanto eseguita una verifica dei cedimenti indotti nel terreno di fondazione per stimare il sovraccarico di esercizio (SLE) da attribuire ai depositi indagati in modo che i cedimenti derivati siano compatibili con le strutture in progetto.

7.3.2. Verifica allo slittamento

In conformità con i criteri di progetto allo SLU, la stabilità della fondazione deve essere verificata rispetto al collasso per slittamento oltre a quello per rottura generale. Rispetto al collasso per slittamento la resistenza viene valutata come somma di una componente dovuta all'adesione e una dovuta all'attrito fondazione-terreno; la resistenza laterale derivante dalla spinta passiva del terreno non è stata messa in conto. La resistenza di calcolo per attrito ed adesione è valutata secondo l'espressione:

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Piano Attuativo	Aprile 2026	0	39 di 51
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

$$FRd = Nsd \tan \delta + ca A'$$

Nella quale Nsd è il valore di calcolo della forza verticale, δ è l'angolo di resistenza al taglio alla base della fondazione, ca è l'adesione fondazione-terreno e A' è l'area della fondazione efficace, intesa, in caso di carichi eccentrici, come area ridotta al centro della quale è applicata la risultante. Riducendo gli esiti dei calcoli secondo i valori della tabella 6.4.I riferendosi al coefficiente γ_r relativo a R3 (1.10), la resistenza allo slittamento considerando un carico di fondazione pari a 2.20 kg/cm^2 (carico SLU) risulta: **$Rd = 1.18 \text{ Kg/cm}^2$**

7.4. Calcolo dei cedimenti

Il cedimento di una fondazione è riconducibile allo stato limite di esercizio della struttura (SLE), ed in questo caso i valori caratteristici dei parametri geotecnici sono uguali ai valori di progetto ($f_d = f_k$). Inoltre i coefficienti parziali sulle azioni A e sui parametri di resistenza R sono sempre unitari: $A1+M1+R1$. Il calcolo dei cedimenti indotti sul terreno dal carico trasmesso dalle fondazioni delle opere in progetto è stato effettuato sulla base del modello geotecnico; l'andamento dell'incremento di pressione verticale con la profondità è stato calcolato nell'ipotesi di validità della teoria di Bousinnesq per un punto in asse alla fondazione. I cedimenti sono dovuti alla deformazione elastica e plastica del terreno e, nel caso di terreni poco permeabili (argille e limi), al processo di lenta espulsione dell'acqua contenuta al loro interno (consolidazione). In quanto le caratteristiche geotecniche del terreno variano da punto a punto, così come spesso variano da punto a punto anche le condizioni di carico, i cedimenti possono assumere localmente valori differenti. Il cedimento calcolato in un punto prende il nome di cedimento assoluto; la differenza fra i cedimenti assoluti misurati in due o più punti prende il nome di cedimento differenziale. Il cedimento assoluto totale è dato dalla somma di tre componenti:

$$S_{tot} = S_{imm} + S_{con} + S_{sec}$$

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Piano Attuativo	Aprile 2026	0	40 di 51
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

S_{imm} = **cedimento immediato**, dovuto alla deformazione iniziale, senza variazione di volume, del terreno caricato; è prevalente nei terreni incoerenti (coesione=0), trascurabile in quelli coesivi (coesione>0);

S_{con} = **cedimento di consolidazione**, legato alla variazione di volume del terreno saturo, in seguito alla lenta espulsione dell'acqua contenuta al suo interno; è dominante nei terreni coesivi, poco permeabili, e trascurabile in quelli incoerenti (da mediamente a molto permeabili);

S_{sec} = **cedimento secondario**, dovuto alla deformazione viscosa dello scheletro solido del terreno; normalmente trascurabile in tutti i tipi di terreno.

I cedimenti sono stati calcolati mediante la teoria dell'elasticità. Si tratta di un metodo speditivo utile per avere una prima indicazione dell'ammontare del cedimento. La relazione utilizzata è la seguente:

$$S = DH \times Q_z / Ed;$$

dove:

DH = spessore dello strato;

Q_z = incremento di pressione dovuto al sovraccarico applicato a metà strato;

Ed = Modulo di deformazione dello strato 1/mv.

La fondazione è stata considerata rigida. Da questa formula, imponendo un carico di esercizio (SLE) uniformemente distribuito sull'intera fondazione pari a 1.00 kg/cm² si ricavano valori dei cedimenti nell'ordine dei 10/15 millimetri. In questo caso i cedimenti si configurano compatibili con le strutture in progetto. Il procedimento fornisce il cedimento corrisponde alla sola componente immediata, quella secondaria viene considerata trascurabile. I valori sono risultati conformi con il grado di addensamento rilevato nei depositi. Si consiglia di non superare i valori di esercizio indicati (SLE) al fine di contenere i cedimenti.

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Piano Attuativo	Aprile 2026	0	41 di 51
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

8. TERRE DA SCAVO

Si ricorda che tutte le opere che prevedono la produzione di terre da scavo (fondazioni, interrati, sbancamenti etc) sono normate dal D.Lgs 3 aprile 2006 n. 152 (Norme in materia ambientale) e dai relativi Allegati come modificato dal D. lgs. 4/2008 dal D. lgs. 205/2010, dal D.M. 10.08.2012 n.161, dalla Legge n.98 del 09.08.2013 conversione del Decreto del Fare e recentemente dal DPR 120 del 13.06.2017 in vigore dal 22.08.2017. In sostanza la legislazione prevede che le terre prodotte dagli scavi siano considerate rifiuto e come tale debbano essere smaltite, ovvero debbano essere conferite alle discariche autorizzate con la compilazione del formulario. La norma prevede altresì che le terre possano essere esonerate dal regime dei rifiuti purché siano rispettate contemporaneamente le seguenti condizioni:

1. presenza di inquinanti nei limiti di legge
2. effettivo riutilizzo
3. esclusione da preventivi trattamenti per il riutilizzo, ad eccezione delle normali pratiche industriali e di cantiere.

Un ulteriore differenza risiede nella natura autorizzativa dell'opera in progetto che configura scenari diversi nel caso in cui si tratti di Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA) o di Verifica di Impatto Ambientale (VIA). In questi casi si applica l'iter previsto dal D.M. 10.08.2012 n.161. Pertanto in tutti gli altri casi, fatte salve le condizioni sopra riportate, i materiali da scavo (di cui all'art.1, comma1, lettera b del D.M. 161/2012) sono sottoposti al regime dei sottoprodotti di cui all'art. 4 del DPR 120 del 13.06.2017, il proponente o il produttore deve attestare il rispetto delle suddette condizioni tramite dichiarazione resa all'Agenzia regionale per la protezione ambientale (ARPA) ai sensi e per gli effetti del Testo Unico del DPR 445/2000. L'Arpa si riserva la facoltà di effettuare il controllo sia su base documentale, attraverso gli atti in possesso dell'Agenzia, sia attraverso controlli diretti in campo ove lo ritenga necessario e provvedere ad effettuare sopralluoghi ed eventuali campionamenti in contraddittorio con il Proponente, finalizzati a verificare il rispetto dei limiti previsti dalla norma e come dichiarato nella certificazione. Qualora in accordo al comma 3

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Piano Attuativo	Aprile 2026	0	42 di 51
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

dell'art.71 del DPR 445/2000 Arpa rilevi nelle dichiarazioni ricevute e per gli aspetti ambientali di competenza “ delle irregolarità o delle omissioni rilevabili d'ufficio, non costituenti falsità, dà notizia all'interessato di tale irregolarità. Questi è tenuto alla regolarizzazione o al completamento della dichiarazione; in mancanza il procedimento non ha seguito” e, conseguentemente, i materiali da scavo devono essere considerati rifiuti, e come tali trattati. Medesima conclusione è prevista qualora dai controlli effettuati si dimostri che i materiali di scavo non rispettano i requisiti previsti dall'art.4 del DPR 120 del 13.06.2017, decadendo le condizioni per poterli considerare quali sottoprodotti. In questi casi rientrando nel regime normativo dei rifiuti dovranno essere valutate le conseguenti eventuali ipotesi di reato per il Proponente, il Ricevente, il Trasportatore. Si ricorda che i reati in campo ambientale sono soggetti a procedimento penale oltre che amministrativo. **La nuova normativa ha chiarito in modo preciso anche il trattamento dei materiali di scavo reimpiegati nel cantiere di produzione. Tali materiali sono esentati dal regime dei rifiuti se conformi ai requisiti di cui all'art. 185, comma 1, lettera c, del decreto legislativo 152/2006; la non contaminazione deve essere verificata secondo i disposti dell'allegato 4 del DPR 120/2017.**

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Piano Attuativo	Aprile 2026	0	43 di 51
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

9. INDICAZIONI RELATIVE ALL'INVARIANZA

La nuova regionale sulla difesa del suolo, sulla prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico e sulla gestione dei corsi d'acqua (l.r. n. 4 del 15 marzo 2016) ha come scopo principale l'attenuazione del livello di rischio idrogeologico al fine della tutela dei cittadini e delle attività economiche, attraverso iniziative capaci di mettere in sicurezza il territorio. La legge specifica e disciplina le attività di competenza di Regione Lombardia riguardanti la difesa del suolo, la gestione dei corsi d'acqua e del demanio idrico nel territorio regionale. Inoltre, stabilisce gli strumenti utili a realizzare tali attività per raggiungere gli obiettivi legati alla difesa del suolo, alla gestione del demanio idrico fluviale e al riassetto idraulico e idrogeologico. I principali temi che la legge affronta sono:

- gestione coordinata del reticolo idrico minore, di competenza comunale, e dei reticoli principale e consortile
- rispetto dell'invarianza idraulica, dell'invarianza idrogeologica e del drenaggio urbano sostenibile
- attività di polizia idraulica nel demanio idrico fluviale
- manutenzione continuata e diffusa del territorio, dei corsi d'acqua, delle opere di difesa del suolo, delle strutture e dei sistemi agroforestali di difesa del suolo
- ripristino delle condizioni di maggiore naturalità dei corsi d'acqua, recupero delle aree di pertinenza idraulica e riqualificazione fluviale
- riordino delle competenze sulla navigazione interna delle acque
- nuove competenze in tema di difesa del suolo per i Consorzi di bonifica e irrigazione.

Nel caso in studio, il tema d'interesse riguarda l'invarianza idraulica che in sintesi consiste nella limitazione dei deflussi delle acque verso il reticolo idrico o la fognatura in caso di realizzazione di nuovi edifici civili e industriali, di parcheggi e strade e di interventi di riqualificazione o comunque di trasformazione del suolo. Nello specifico l'articolo di riferimento è il n.7 che introduce il concetto ed apporta modifiche al testo della legge regionale n.12/2005 (Legge per il Governo del Territorio). Al comma 5, l'articolo fa riferimento al Regolamento

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Piano Attuativo	Aprile 2026	0	44 di 51
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

(R.R. 7/2017 del 23.11.2017 come modificato dal R.R. 8/2019 del 19.04.2019) contenete i metodi e i criteri per il rispetto dell'invarianza idraulica ed idrogeologica. Sulla base di diversi fattori indicati dal Regolamento i contenuti del progetto di invarianza configurano tipologie di studi via via più approfonditi (articolo 9). La tipologia del caso in studio dovrà essere verificata nella tabella di Figura 28.

CLASSE DI INTERVENTO		SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	COEFF. DEFLUSSO MEDIO PONDERALE	MODALITA' DI CALCOLO	
				AMBITI TERRITORIALI (ARTICOLO 7)	
				AREA A - B	AREA C
0	Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi	≤ 0.03 ha (≤ 300 mq)	qualsiasi	Requisiti minimi art.12 comma 1	
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	Da > 0.03 a ≤ 0.1 ha (da > 300 a ≤ 1000 mq)	≤ 0.4	Requisiti minimi art.12 comma 2	
2	Impermeabilizzazione potenziale media	Da > 0.03 a ≤ 0.1 ha (da > 300 a ≤ 1.000 mq)	> 0.4	Metodo delle sole piogge (vedi articolo 11 e allegato G)	Requisiti minimi articolo 12 comma 2
		Da > 0.1 a ≤ 1 ha (da > 1.000 a ≤ 10.000 mq)	qualsiasi		
		Da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤ 100.000 mq)	≤ 0.4		
3	Impermeabilizzazione potenziale alta	Da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤ 100.000 mq)	> 0.4	Procedura dettagliata (vedi articolo 11 e allegato G)	

Figura 28 – Tabella 1 - RR 08/2019

10. CONCLUSIONI

L'indagine effettuata e i rilievi eseguiti consentono di trarre le seguenti conclusioni:

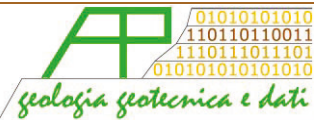
1. L'area in studio ricade nel Comune di Calvisano, classificato dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio in data 20 marzo 2003 n.3274 come di classe 3. La riclassificazione della Regione Lombardia ha riconfermato la classe 3.
2. Secondo i disposti dell'Ordinanza Presidente del Consiglio n.3274/2003 e le indicazioni contenute nel PGT i terreni di fondazione sono classificabili come di tipo C. L'analisi di II livello ha verificato l'adeguatezza delle soglie Regionali. Dagli approfondimenti eseguiti si assegna la classe topografica T1.
3. L'area oggetto del Piano Attuativo è costituita da depositi fluvioglaciali e fluviali a litologia essenzialmente ghiaioso sabbiosa.
4. Durante le indagini del Marzo 2026 la falda è stata intercettata a profondità di circa 3.30 m da p.c..
5. Il calcolo della capacità portante è stato effettuato secondo la metodologia proposta dall'approccio 2 combinazione unica. Il valore agli SLU è riportato all'interno della relazione.
6. Il calcolo dei cedimenti è stato eseguito secondo la teoria dell'elasticità. I valori sono riportati all'interno della relazione.
7. I terreni di fondazione non saranno soggetti a liquefazione in caso di sisma.
8. Le terre da scavo dovranno essere trattate nel rispetto della normativa vigente.
9. Il progetto è compatibile con la fattibilità dei luoghi.

Per quanto esposto ed illustrato si dichiara la fattibilità dell'intervento, sotto il profilo geologico, idrogeologico e geotecnico.

Dr. Geol. Corrado Aletti

documento firmato digitalmente

Seniga 02.04.2026

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Piano Attuativo	Aprile 2026	0	46 di 51
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

11. TABELLA RIASSUNTIVA PARAMETRI GEOLOGICI

FOGLIO	8					
MAPPALE	226 – 227					
QUOTA (m slm)	71.00					
QUOTA FALDA (m slm)	~68.50					
SOGGIACENZA (m)	~ 2.50 (da PGT) / 3.30 (misurata Marzo 2026)					
CLASSE FATTIBILITA'	3					
ZONA SISMICA	3					
PERICOLOSITA' SISMICA	Z4a					
ANALISI SISMICA DI II LIVELLO	Fa < Soglia					
CLASSE TOPOGRAFICA	T1					
CATEGORIA DEL SOTTOSUOLO	C					
CLASSE DELL'EDIFICIO	II					
PARAMETRI SISMICI		Ag (g)	Fo		Tc (s)	
	SLV	0.141	2.468		0.265	
	SLD	0.049	2.509		0.240	
AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA SS	1.49					
AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA ST	1.00					
FREQUENZA FONDAMENTALE (Hz)	0.88					
LIQUEFAZIONE	NO					
MODELLO GEOTECNICO	Nome	Profondità	γ (kg/dm³)	φ (°)	Cu (kg/cm²)	E (kg/cm²)
	A	0.00 – 0.60	1.7	/	/	/
	B	0.60 – 3.50	1.8	32	/	300
TIPO DI FONDAZIONE	LINEARI					
RESISTENZA SLU FONDAMENTALE kg/cm²	2.2					
RESISTENZA SLU SISMICA kg/cm²	1.5					

Allegato 1 – Ubicazione indagini

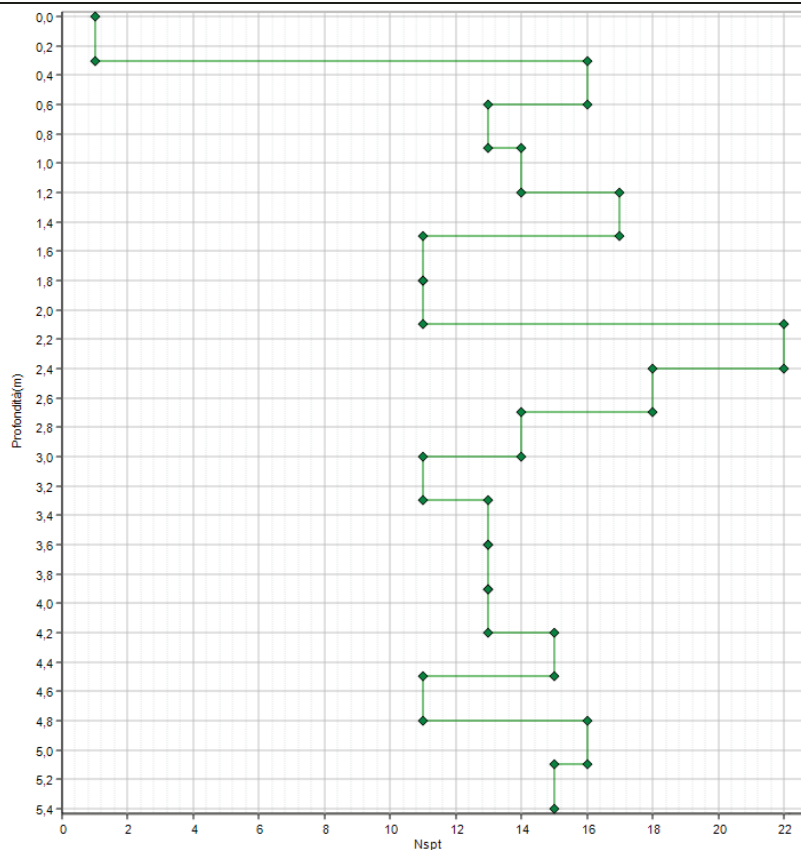


★ - DPSH

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Piano Attuativo	Aprile 2026	0	48 di 51
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

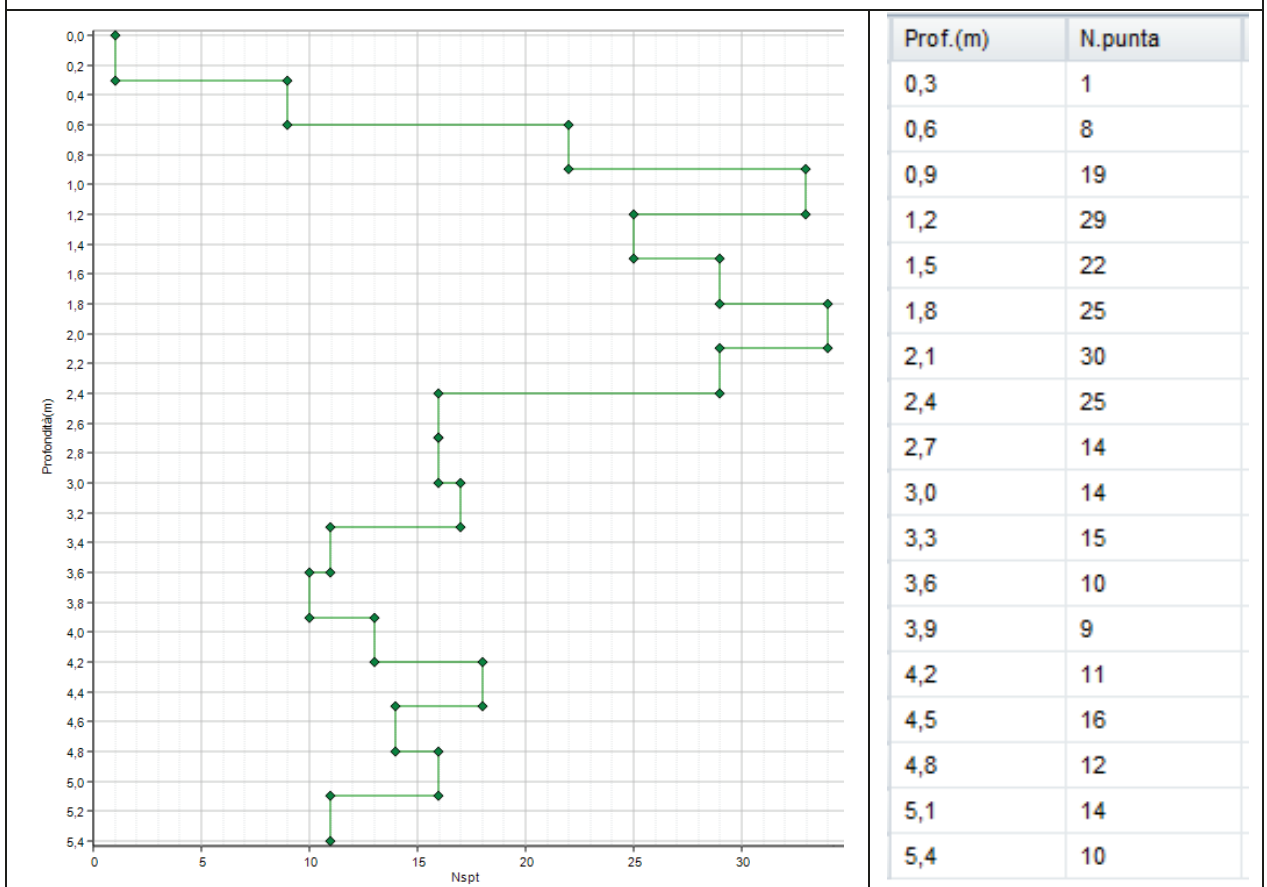
Allegato 2 – Prove penetrometriche

P1

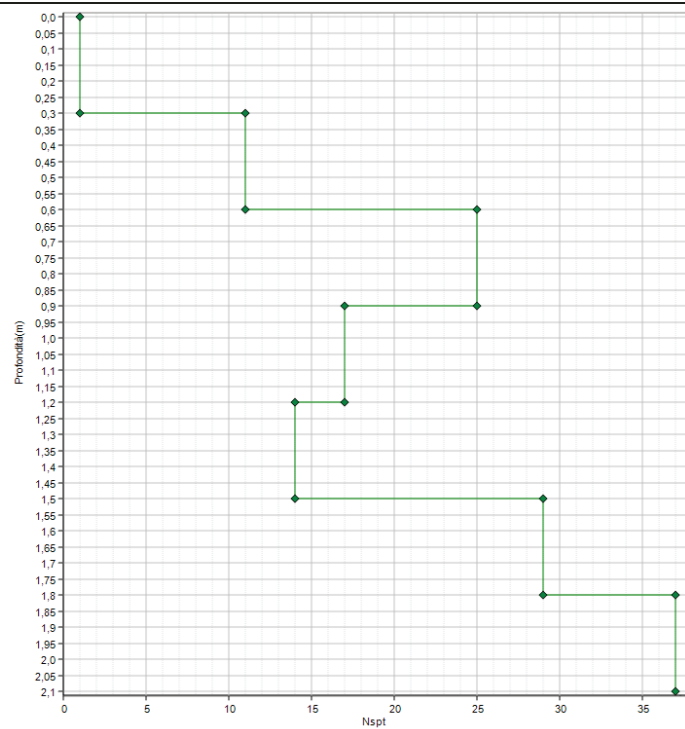


Prof.(m)	N.punta
0,30	1
0,60	14
0,90	11
1,20	12
1,50	15
1,80	10
2,10	10
2,40	19
2,70	16
3,00	12
3,30	10
3,60	11
3,90	11
4,20	11
4,50	13
4,80	10
5,10	14
5,40	13

P2

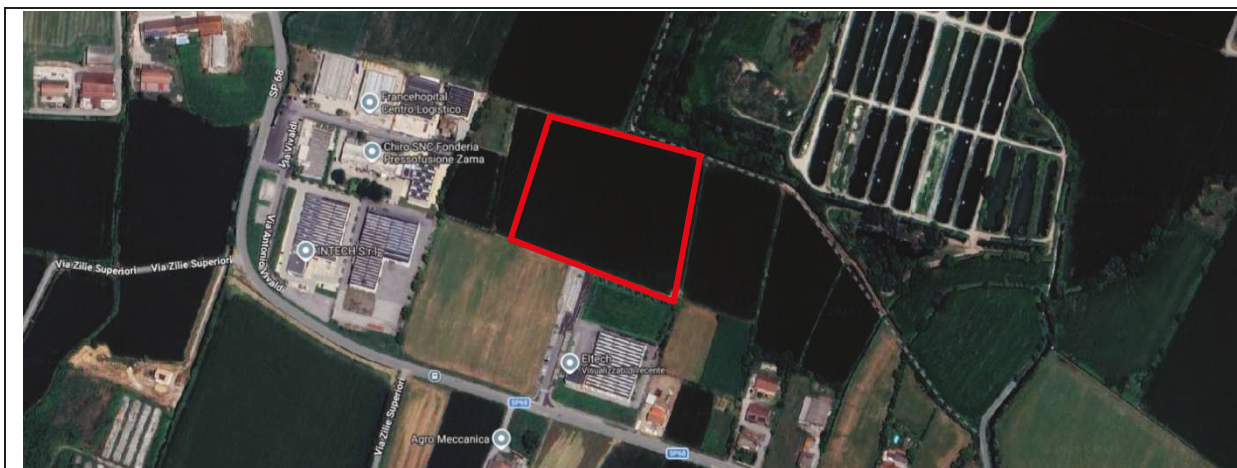


P3



Prof. (m)	N.punta	N.riv.to
0,30	1	1
0,60	10	1
0,90	22	3
1,20	15	4
1,50	12	4
1,80	25	5
2,10	32	

REGIONE LOMBARDIA
PROVINCIA DI BRESCIA
COMUNE DI CALVISANO



PROGETTO PER L'INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA

RELAZIONE



Elaborato

PIANO ATTUATIVO

L.R. 12/2005 – L.R. 04/2016 – R.R. 7 del 23.11.2017 – R.R. 8 del 19.04.2019

Committente	Gizeta srl e Efitech srl	
Estensore	 A. & P. sas	
Informazioni documento		
Operazione	Soggetto	Data
Redatto	A & P sas – Dr. ssa Gallo Samanta	03.04.2026
Approvato	A & P sas – Dr. Aletti Corrado	08.04.2026
File	relazione invarianza.docx	
Commessa	2026.03.109	

	0101010101010101 110110110011	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	11101111011101 0101010101010101	Relazione	Aprile 2026	1	1 di 31
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900					

INDICE

1. Introduzione	3
2. Inquadramento geografico	5
3. Inquadramento idrologico	7
4. Classificazione intervento	12
5. Inquadramento idrogeologico e piezometrico.....	14
5.1. Distanza da pozzi idropotabili	15
5.2. Calcolo del coefficiente di permeabilità	16
5.2.1. Interpretazione della Prova di permeabilità.....	18
6. Calcolo dei deflussi.....	19
6.1. Calcolo della dispersione	19
6.1.1. Descrizione della trincea	20
6.1.2. Descrizione del pozzo perdente	22
7. Calcolo degli afflussi - metodo delle sole piogge.....	23
8. Dimensionamento dei bacini di laminazione	25
8.1. Calcolo del tempo di svuotamento	25
9. Verifica bacino	26
10. Dimensionamento impianto di raccolta acque	27
11. Manutenzione	30

1. INTRODUZIONE

La nuova Legge regionale sulla difesa del suolo, sulla prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico e sulla gestione dei corsi d'acqua (l.r. n. 4 del 15 marzo 2016) ha come scopo principale l'attenuazione del livello di rischio idrogeologico al fine della tutela dei cittadini e delle attività economiche, attraverso iniziative capaci di mettere in sicurezza il territorio. La legge specifica e disciplina le attività di competenza di Regione Lombardia riguardanti la difesa del suolo, la gestione dei corsi d'acqua e del demanio idrico nel territorio regionale. Inoltre, stabilisce gli strumenti utili a realizzare tali attività per raggiungere gli obiettivi legati alla difesa del suolo, alla gestione del demanio idrico fluviale e al riassetto idraulico e idrogeologico. I principali temi che la legge affronta sono:

- gestione coordinata del reticolo idrico minore, di competenza comunale, e dei reticoli principale e consortile
- rispetto dell'invarianza idraulica, dell'invarianza idrogeologica e del drenaggio urbano sostenibile
- attività di polizia idraulica nel demanio idrico fluviale
- manutenzione continuata e diffusa del territorio, dei corsi d'acqua, delle opere di difesa del suolo, delle strutture e dei sistemi agroforestali di difesa del suolo
- ripristino delle condizioni di maggiore naturalità dei corsi d'acqua, recupero delle aree di pertinenza idraulica e riqualificazione fluviale
- riordino delle competenze sulla navigazione interna delle acque
- nuove competenze in tema di difesa del suolo per i Consorzi di bonifica e irrigazione.

Nel caso in studio, il tema d'interesse riguarda l'invarianza idraulica e idrologica che in sintesi consiste nella limitazione dei deflussi delle acque verso il reticolo idrico in caso di realizzazione di nuovi edifici civili e industriali, di parcheggi e strade e di interventi di riqualificazione. Nello specifico l'articolo di riferimento è il n.7 che introduce il concetto ed apporta modifiche al testo della legge regionale n.12/2005 (Legge per il Governo del Territorio). Al comma 5, l'articolo fa riferimento al Regolamento contenete i metodi e i criteri

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Aprile 2026	1	3 di 31
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

per il rispetto dell'invarianza idraulica ed idrogeologica. Il Regolamento è stato pubblicato sul Bollettino Ufficiale della Regione Lombardia il 28 novembre 2017 e quindi pienamente operativo dal 28 maggio 2018. Con la delibera della Giunta Regionale n.IX/128 del 21/05/2018 l'applicazione è stata prorogata di ulteriori 6 mesi per tutti gli interventi ad esclusione delle nuove costruzioni/opere. Questa tematica è infatti dibattuta da diversi anni, ed ha preso forza dopo la direttiva del Parlamento europeo del Consiglio 23 ottobre 2000, n. 2000/60/CE in materia di acque e dal decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49 che ne rappresenta l'attuazione. La legge regionale 4/2016 disegna un ulteriore passo nella direzione della riduzione del rischio idraulico. Oltre alla legge sopracitata si è fatto riferimento alla legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26 (Disciplina dei servizi locali di interesse economico generale. Norme in materia di gestione dei rifiuti, di energia, di utilizzo del sottosuolo e di risorse idriche), alla legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio), al PTUA 2016.

La recente emanazione della D.G.R. X/1314 del 25/02/2019 recante "DISPOSIZIONI SULL'APPLICAZIONE DEI PRINCIPI DELL'INVARIANZA IDRAULICA ED IDROLOGICA. MODIFICHE AL REGOLAMENTO REGIONALE 23 NOVEMBRE 2017, N. 7 (REGOLAMENTO RECANTE CRITERI E METODI PER IL RISPETTO DEL PRINCIPIO DELL'INVARIANZA IDRAULICA ED IDROLOGICA AI SENSI DELL'ARTICOLO 58 BIS DELLA LEGGE REGIONALE 11 MARZO 2005, N. 12" ha proposto l'introduzione di importanti modifiche al Regolamento Regionale n.7, in particolare per quanto concerne la classificazione dei comuni e le eventuali riduzioni dei requisiti minimi nei casi di dispersione sul suolo o nel sottosuolo. La D.G.R. di cui sopra è stata recepita dal Regolamento Regionale 8 approvato dal Consiglio Regionale il 19.04.2019. Ulteriori modifiche sono state introdotte dal Regolamento Regionale 3/2025.

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Aprile 2026	1	4 di 31
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area in esame è localizzata nel settore settentrionale dell'abitato comunale di Calvisano, presso la Località Malpaga, lungo il margine N di Via Edison, così come rappresentato in Figura 1. Il progetto interesserà il Foglio 8, mappali 226 e 227 dell'NCT del Comune di Calvisano (BS). Per il dettaglio completo sulle specifiche del progetto si rimanda agli elaborati redatti dall'Arch. Michel Lesioli.

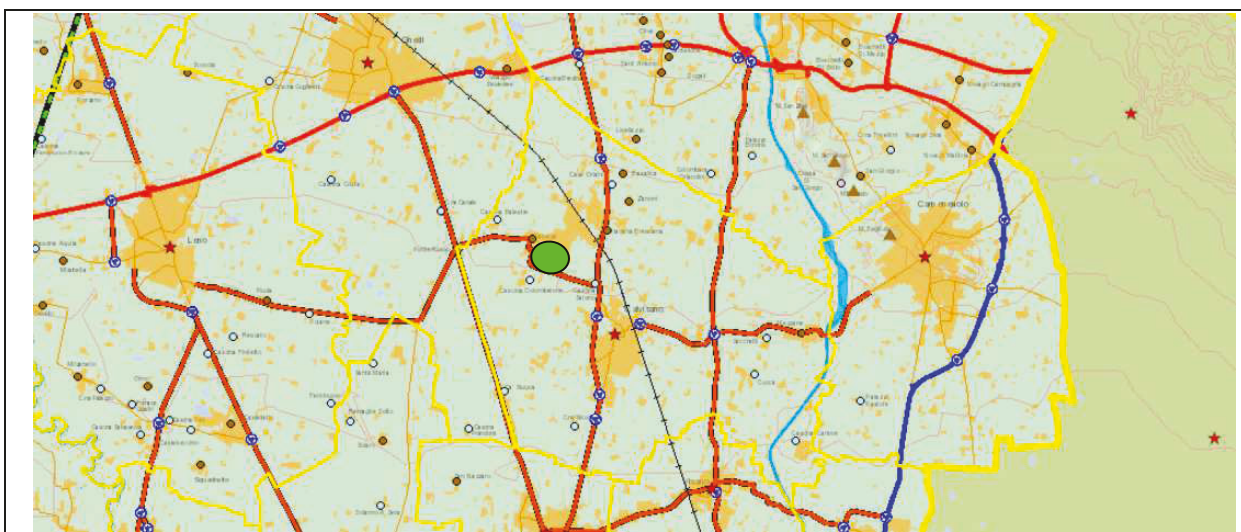


Figura 1 – Ubicazione dell'area in studio

Il progetto prevede la realizzazione di una nuova espansione produttiva con conseguente realizzazione di vie d'accesso e nuovi parcheggi. Il presente studio riguarda esclusivamente le opere di urbanizzazione. Il calcolo delle superfici permeabili, semipermeabili e impermeabili è stato ricavato dalle indicazioni contenute negli elaborati di progetto, ed in particolare dalla planimetria di progetto. Le superfici impermeabili, riferibili alla porzione occupata dalle nuove vie d'accesso e parcheggi, sono state calcolate pari a 2862.80 m², mentre le superfici permeabili, riferite alla porzione occupata dal verde profondo delle aiuole adiacenti ai parcheggi, sono state calcolate pari a 82.00 m². La distribuzione dell'indice di permeabilità è riportata in Figura 2 dove in rosso sono identificate le aree impermeabili ed in verde quelle permeabili.

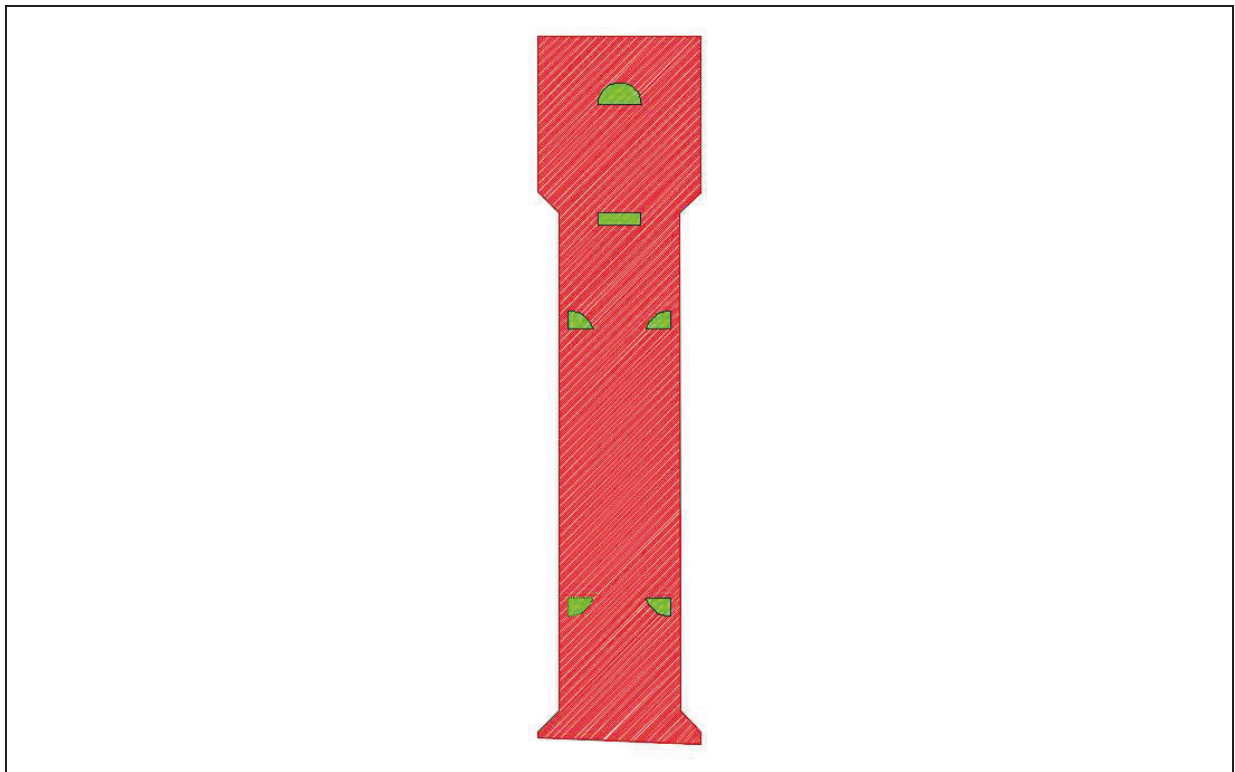


Figura 2 – Distribuzione dell'indice di permeabilità

3. INQUADRAMENTO IDROLOGICO

Per qualsiasi valutazione di tipo idrologico è necessario eseguire una quantificazione degli apporti, ovvero delle precipitazioni ritenute significative. Infatti non tutte le precipitazioni concorrono nel calcolo, in quanto eventi prolungati e di modesta entità, come la maggior parte dei casi, non sviluppano quantitativi significativi da smaltire. Sono infatti le cosiddette "precipitazioni intense" che forniscono la principale sollecitazione idrometeorologica sul territorio; la loro previsione è un requisito essenziale per valutare il rischio idrologico dal punto di vista strettamente alluvionale. Per eseguire queste elaborazioni sono indispensabili serie storiche di osservazioni che attualmente sono condotte da diversi enti sul territorio. I dati raccolti devono poi essere elaborati statisticamente e probabilisticamente per potere individuare la distribuzione spaziale e temporale dei valori delle precipitazioni, e i probabili valori futuri di notevole intensità. I più importanti dati, normalmente raccolti nelle reti pluviometriche dei vari servizi idrologici nazionali, riguardano le precipitazioni giornaliere misurate ogni 24 ore e le registrazioni continue. Da queste registrazioni continue vengono ricavate le precipitazioni di notevole intensità di varia durata. Elaborando probabilisticamente i valori delle precipitazioni di notevole intensità si ricavano le relazioni che permettono di formulare previsioni sui valori particolarmente intensi, in funzione della durata e per un prefissato tempo di ritorno T_r . Va specificato che il tempo di ritorno T_r è l'intervallo massimo di tempo, in anni, che può trascorrere probabilisticamente affinché il valore di una precipitazione o di un'altra grandezza idrologica possa essere uguagliato o superato. Il tempo di ritorno è pertanto un indicatore di rischio e il suo valore è prefissato dal progettista. Le informazioni sulla pluviometria dell'area di interesse, sono riassunte nei parametri "a" ed "n" della curva segnalatrice di possibilità climatica, che relaziona le altezze di pioggia con le durate di pioggia per un dato tempo di ritorno, attraverso la nota formula:

$$h = a t^n$$

dove:

h è l'altezza di pioggia espressa in mm;

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Aprile 2026	1	7 di 31
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

t é la durata dell'evento in ore;

a (mm/ora) ed n sono i parametri caratteristici della curva.

Per curva di possibilità climatica si intende quella curva che rappresenta l'insieme dei punti con la stessa probabilità di non essere superati. Per la determinazione della *curva segnalatrice di probabilità pluviometrica* relativa all'area d'interesse, si é eseguita un'elaborazione statistica dei dati pluviometrici della stazione più rappresentativa, attraverso i dati del servizio meteorologico di Arpa. Attraverso l'applicativo dell'Agenzia di protezione dell'Ambiente è possibile definire i diversi parametri idrologici necessari all'elaborazione per tutto il territorio lombardo. Per i dettagli teorici e statistici utilizzati nell'applicativo si rimanda alle note informative del sito idro.arpalombardia.it. L'analisi dei dati è stata effettuata mediante la *prima legge asintotica del massimo valore di Gumbel* con la quale, data una serie di valori sufficientemente grande della variabile idrologica considerata (x), si determina la probabilità di non superamento legata al tempo di ritorno:

$$P(x) = e^{-e^{-y}}$$

dove:

$P(x)$: probabilità di non superamento della variabile idrologica x ;

$y = \alpha(x - N)$: variabile ridotta associata alla variabile idrologica x ;

$\alpha = 1.283 / \sigma$: parametro della distribuzione stimato con il metodo dei momenti;

$N = x - 0.450\sigma$: parametro della distribuzione stimato con il metodo dei momenti;

$x = \sum_i x_i / n$: media delle osservazioni x_i , in numero pari a n ;

$\sigma = ((\sum_i x_i^2 / n - 1) - (\sum_i x_i / n(n - 1)))^{1/2}$: scarto quadratico medio del campo osservato.

Mediante la relazione $P(x) = (T - 1)/T$ si lega il tempo di ritorno con la probabilità di non superamento. Tale legge é stata applicata per le piogge della durata di 10, 15, 20, 30, minuti e 1, 3, 6, 12 e 24 ore, ottenendo le rispettive altezze di pioggia massima con tempi di ritorno pari a 2, 5, 10, 20, 50, 100 e 200 anni, per la stazione pluviografica considerata. Nel campo bilogaritmico la curva segnalatrice di possibilità climatica ha una forma lineare, con coefficiente angolare pari ad " n " ed ordinata corrispondente ad un tempo unitario pari ad " a ".

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Aprile 2026	1	8 di 31
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

E' quindi possibile procedere al calcolo di tali curve, per i diversi tempi di ritorno, stimando i parametri "a" ed "n" tramite regressione lineare con il metodo dei minimi quadrati. I risultati delle interpolazioni e le curve segnalatrici di possibilità climatica per la stazione considerata e per i diversi tempi di ritorno sono di seguito riportati (Figura 3).

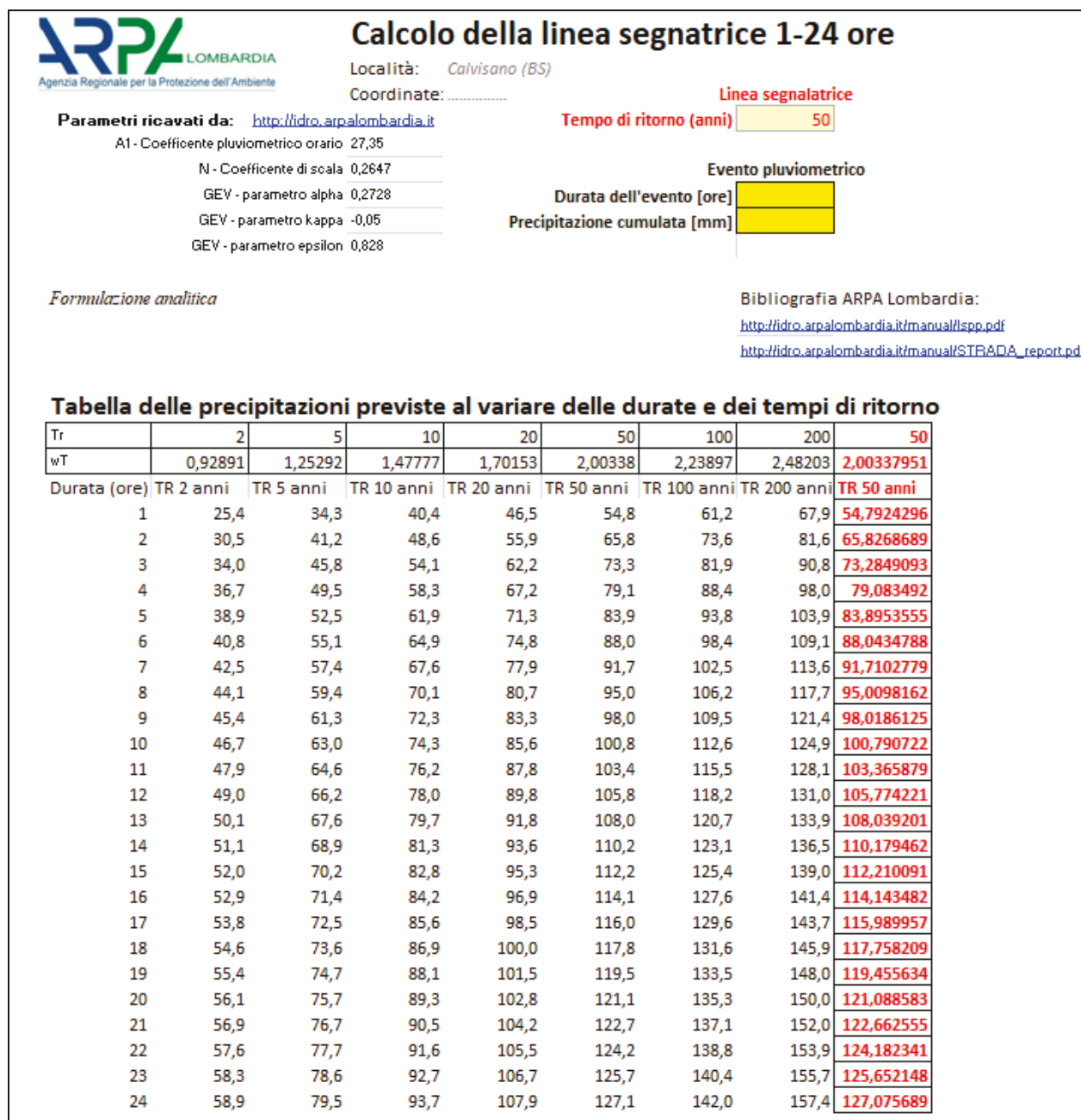


Figura 3 - Calcolo della linea segnalatrice

La rappresentazione delle curve è riportata in Figura 4. Considerate le finalità dello studio, il contesto in cui è inserito l'insediamento, le condizioni al contorno e i disposti normativi l'evento meteorico di riferimento ha **tempo di ritorno di 50 anni**.

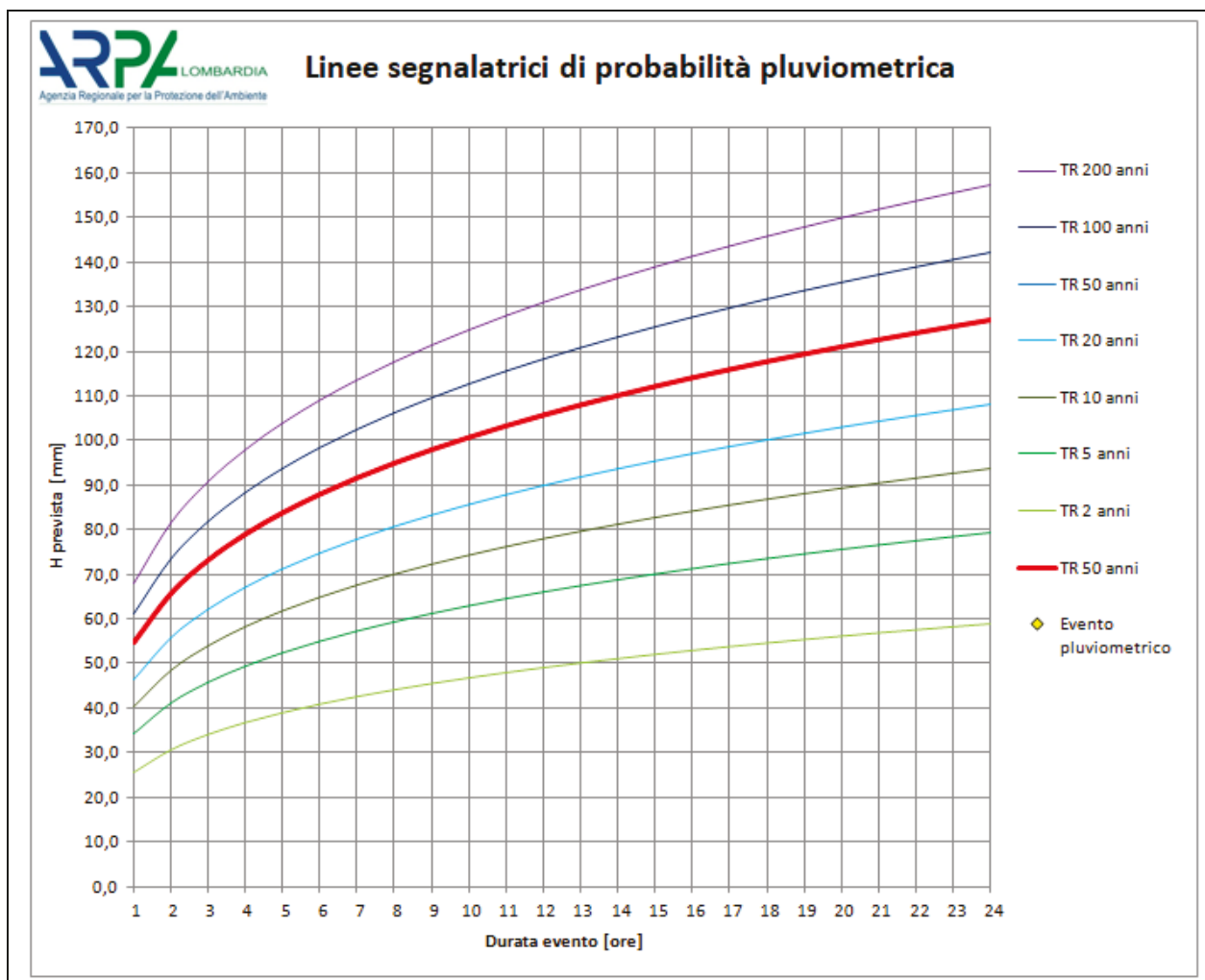


Figura 4 - Rappresentazione della linea segnalatrice

La pioggia di riferimento va poi riferita al bacino in studio, che in questo caso è molto contenuto e corrisponde al nuovo insediamento. Per ottenere i valori di piogge più brevi di un'ora si può ricorrere alle indicazioni riportate nell'allegato G della D.G. R. n.X/6829 che propongono la seguente espressione per il caso in studio:

$$h = 54.79 \times t^{0.5}$$

In Figura 5 è rappresentato l'andamento cumulativo delle precipitazioni calcolato sull'intero lotto in studio.

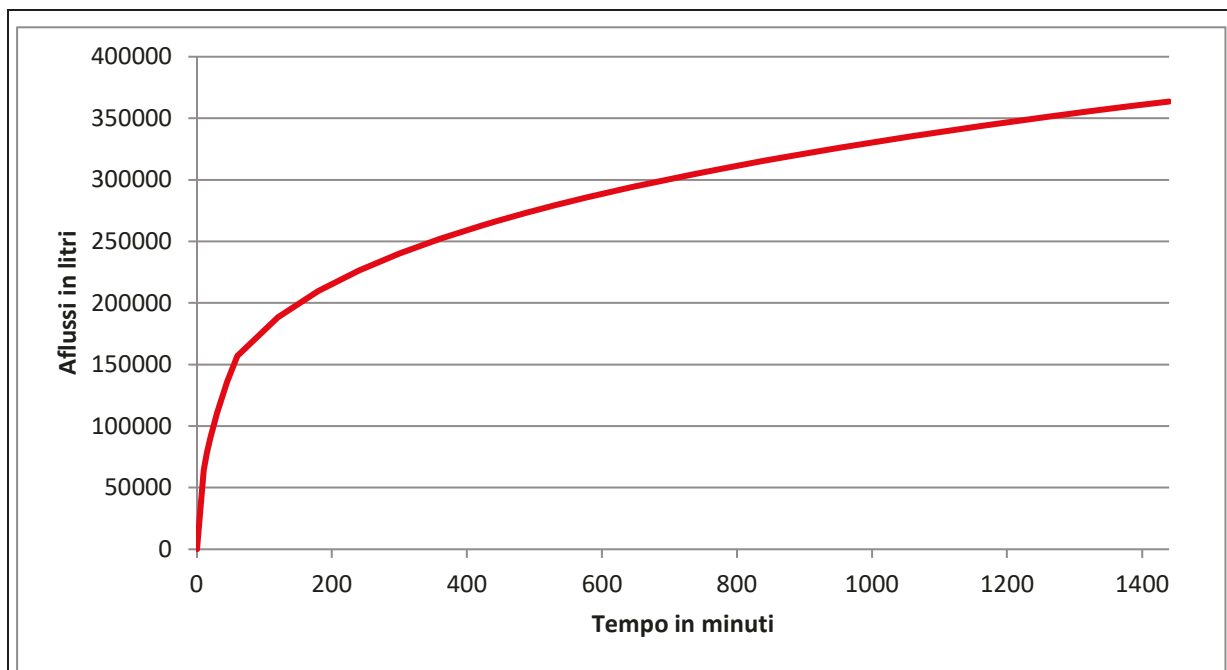


Figura 5 - Andamento degli afflussi sul lotto con tempo di ritorno pari a 50 anni

4. CLASSIFICAZIONE INTERVENTO

Il Regolamento Regionale indica le modalità di calcolo dei volumi da gestire per il rispetto dell'invarianza idraulica e idrologica attraverso i disposti dell'articolo 9. I parametri da valutare riguardano la superficie dell'intervento, il coefficiente di deflusso medio ponderale e l'ambito territoriale in cui si inserisce l'intervento. In riferimento a quest'ultimo aspetto il territorio regionale è stato suddiviso in tre macro aree in funzione del livello di criticità dei bacini dei corsi d'acqua recettori. Le aree sono le seguenti (Figura 6):

- Aree A - alta criticità idraulica
- Aree B - media criticità idraulica
- Aree C - bassa criticità idraulica

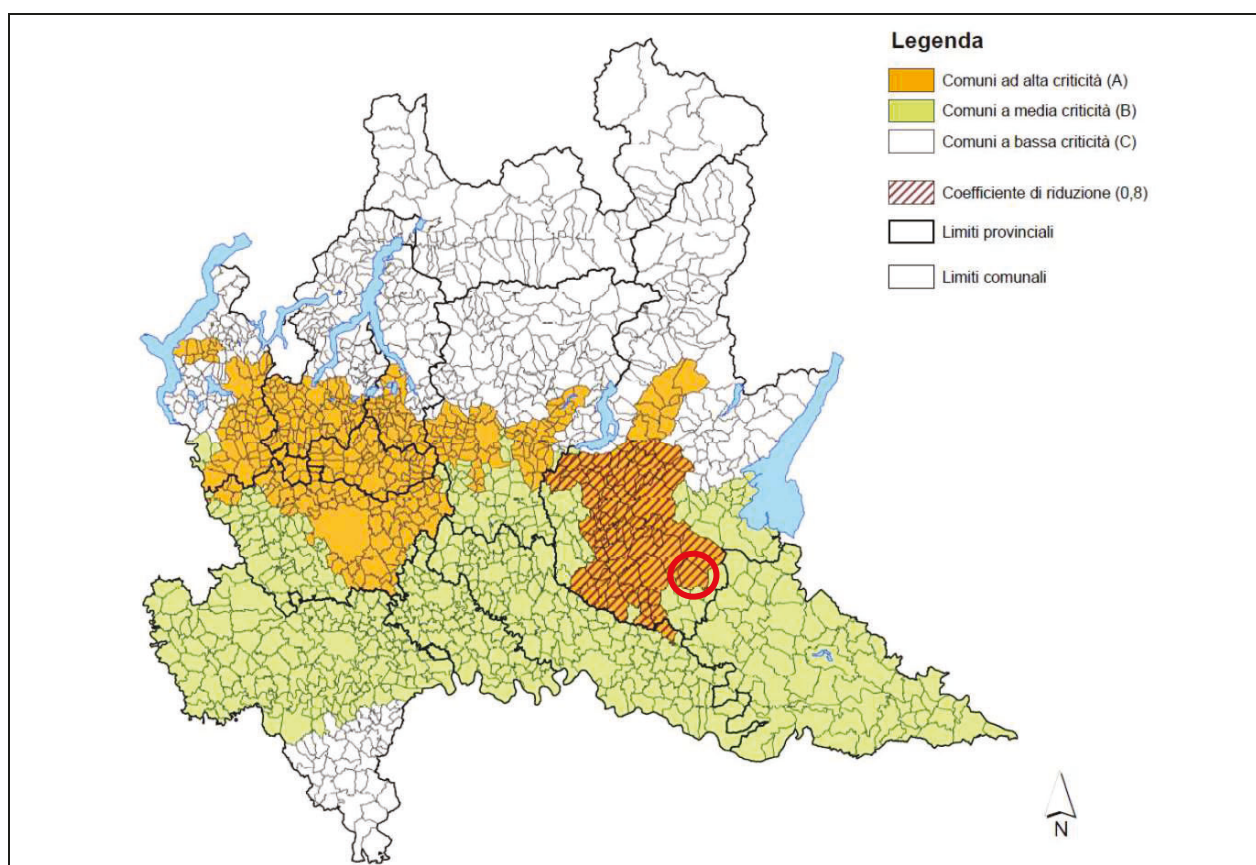


Figura 6 - Classificazione criticità idraulica

Il comune di Calvisano ricade nella classe A, ovvero ad alta criticità.

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Aprile 2026	1	12 di 31
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

Altro parametro che entra nella matrice di classificazione è la superficie di intervento, che risulta pari a 2944.80 m², ovvero la superficie complessiva dell'intervento, di cui 2862.80 m² rappresentano la superficie con mutata permeabilità. Infine è stato calcolato il coefficiente di deflusso medio ponderale che rappresenta il risultato dei diversi apporti per tipologia di superficie (impermeabile, semipermeabile, permeabile) che nel caso in studio sono così suddivisi (Il Regolamento Regionale 8 esclude il permeabile dall'applicazione dell'invarianza):

2862.80 m² superficie impermeabile (x1)

82.00 m² superficie permeabile (x0)

Il coefficiente di deflusso medio ponderale risultante è pari a 0.972154. Le modalità di calcolo da applicare per ogni intervento sono definite nella Tabella 1 dell'art. 9 (Figura 7).

CLASSE DI INTERVENTO		SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	COEFF. DEFLUSSO MEDIO PONDERALE	MODALITA' DI CALCOLO	
				AMBITI TERRITORIALI (ARTICOLO 7)	
				AREA A - B	AREA C
0	Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi	≤0.03 ha (≤ 300 mq)	qualsiasi	Requisiti minimi art.12 comma 1	
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	Da > 0.03 a ≤ 0.1 ha (da > 300 a ≤ 1000 mq)	≤ 0.4	Requisiti minimi art.12 comma 2	
2	Impermeabilizzazione potenziale media	Da > 0.03 a ≤ 0.1 ha (da > 300 a ≤ 1.000 mq)	> 0.4	Metodo delle sole piogge (vedi articolo 11 e allegato G)	Requisiti minimi articolo 12 comma 2
		Da > 0.1 a ≤ 1 ha (da > 1.000 a ≤ 10.000 mq)	qualsiasi		
		Da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤ 100.000 mq)	≤ 0.4		
3	Impermeabilizzazione potenziale alta	Da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤ 100.000 mq)	> 0.4	Procedura dettagliata (vedi articolo 11 e allegato G)	

Figura 7 – Tabella 1 - RR 08/2019

In generale il regolamento prescrive che nel caso di impermeabilizzazione potenziale media, in ambiti territoriali a criticità alta o media, deve essere adottato il metodo delle sole piogge, ferma restando la facoltà del professionista di adottare la procedura di calcolo dettagliata. Il caso in studio ricade nella classe 2 e quindi la procedura da adottare è quella del metodo delle sole piogge.

5. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO E PIEZOMETRICO

L'assetto geologico dell'area d'intervento è stato determinato durante il Quaternario continentale dagli intensi eventi deposizionali che hanno portato al colmamento il bacino Padano. In particolare, ci si riferisce al Pleistocene e all'Olocene, in cui la nota climatica dominante fu rappresentata da un ripetuto alternarsi di climi caldi e freddi, con una netta tendenza al progressivo raffreddamento, reso evidente con l'avvento delle glaciazioni. I depositi di quest'area sono legati alle dinamiche caratteristiche dell'ambiente fluvioglaciale degli scaricatori del sistema Gardesano riferibili come età al Wurm (Alluvioni fluvioglaciali Wurm – cfr. Figura 8) e costituenti il "***l'alta pianura***" rimaneggiati poi dall'attività erosivo/deposizionale del fiume Chiese. Infatti la fase fluvioglaciale würmiana ha originato l'ultimo esteso colmamento della pianura nel Pleistocene. La successiva fase erosiva, iniziata nell'Olocene è responsabile delle zone ribassate delimitate a tratti da scarpate entro cui oggi scorre il Chiese.



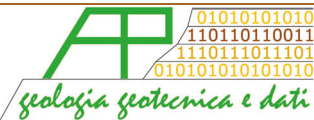
Figura 8 – Stralcio della Carta Geologica d'Italia foglio Brescia

La litologia superficiale risulta costituita da terreni essenzialmente ghiaiosi e sabbiosi con suolo limoso-sabbioso di spessore ridotto, dove presente. Morfologicamente l'area risulta pianeggiante, posta alla quota indicativa di circa 71 m.s.m., con cadenza in direzione SSE, gradiente pari a circa 0.3%. L'idrografia al contorno è rappresentata da una fitta rete irrigua e

scolante. Dal punto di vista idraulico l'area risulta essere esterna alle fasce fluviali delimitate dalla cartografia del PAI (Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico) e risulta esterna anche alle zone allagabili evidenziate nel PGR della Regione Lombardia. Visto l'attuale assetto geoclimatico non sono stati rilevati forme o processi geomorfologici attivi e si esclude l'esondabilità dell'area. La litostratimetria dell'area studiata è stata desunta da studi effettuati nella zona e dalle interpretazioni di n. 3 prove penetrometriche dinamiche superpesanti (DPSH) effettuate in sito durante la campagna geognostica del Marzo 2026 che si sono spinte sino alla profondità di circa 5.40 m da p.c.. La correlazione dei risultati ha consentito di verificare la presenza di un primo strato caratterizzato da suolo dello spessore massimo di circa 0.60 metri. Sono poi stati rilevati, al di sotto di questo primo strato, depositi ghiaioso - sabbiosi che si estendono con continuità sino alla massima profondità investigata pari a 5.40 m da p.c.. La superficie freatica è stata individuata durante la campagna geognostica del Marzo 2026 alla profondità di circa 3.30 m da p.c.. Il valore potrebbe ridursi in concomitanza ad eventi di piena della falda.

5.1. Distanza da pozzi idropotabili

Nello stretto intorno dell'area non sono presenti pozzi della rete acquedottistica come rappresentato in Figura 9. Il raggio della zona di rispetto del pozzo è pari a 200 metri come indicato nella normativa di riferimento: D.P.R. n° 236 del 24 maggio 1988, recepito dalla Regione Lombardia nella deliberazione di Giunta Regionale n° 6/15137 dell'1 agosto 1996 e richiamato dalle disposizioni contenute nel D.LGS. 152/99 e successive modifiche e integrazioni (D.LGS. 258/00). Nella zona di rispetto (200 metri con criterio geometrico) valgono le prescrizioni contenute nel comma 5 art. 5 del D.LGS. 258/00. L'area in studio è esterna alla fascia di rispetto dei pozzi idropotabili, infatti il più prossimo è localizzato a circa 480 m in direzione NW rispetto al limite W del lotto.

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Aprile 2026	1	15 di 31
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

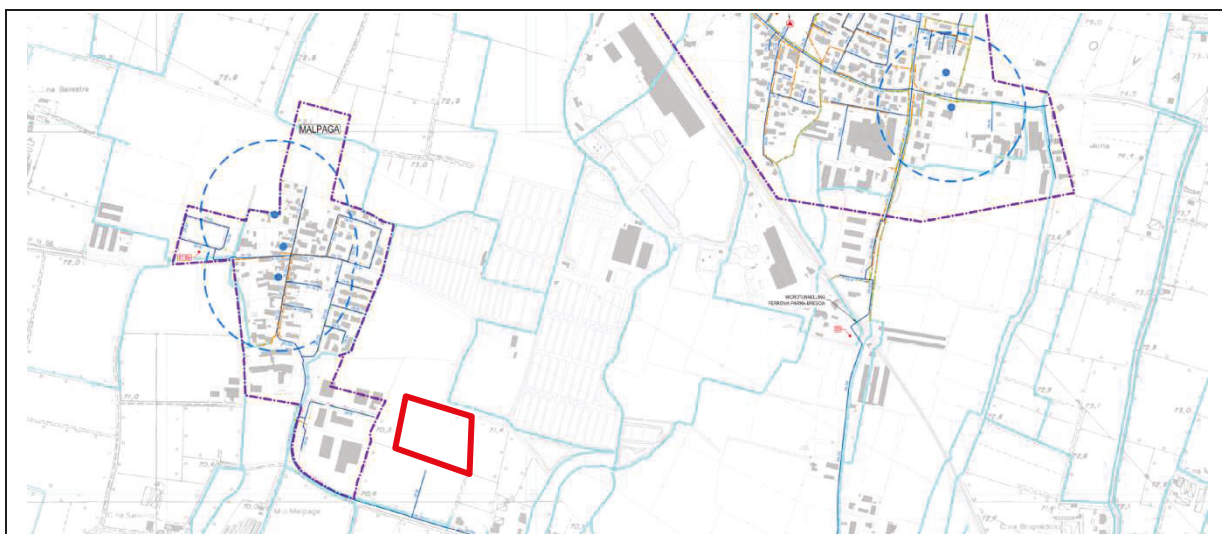


Figura 9 – Stralcio carta della Rete Acquedottistica (da PDS Comune di Calvisano)

5.2. Calcolo del coefficiente di permeabilità

In sito è stata effettuata n. 1 prova di permeabilità a carico variabile in foro. Le prove in foro/pozzetto consentono di determinare in modo molto semplice la permeabilità di un terreno superficiale al di sopra del livello della falda idrica. Operativamente si realizza uno scavo, lo si riempie d'acqua e si valuta la portata necessaria per mantenere un livello costante (prove a carico costante) o si valuta l'abbassamento dell'acqua all'interno dello scavo (prove a carico variabile). Il foro o pozzetto di prova può essere di forma quadrata o circolare e le dimensioni possono essere scelte basandosi sugli strumenti di scavo disponibili. In linea di principio comunque le dimensioni devono aumentare all'aumentare delle dimensioni dei granuli del terreno. In particolare il lato del quadrato (nel caso di pozzetti a base quadrata) o il diametro del cerchio (per pozzetti circolari) deve essere superiore a 5/10 volte la dimensione della frazione granulometrica significativa. La profondità del pozzetto è a discrezione dell'operatore. Occorre comunque evitare di avvicinarsi eccessivamente alla superficie di falda perché, secondo le raccomandazioni AGI, deve risultare (Figura 10):

$$H \geq 7 \cdot h$$

Nella prova a carico variabile si porta il livello dell'acqua alla quota h_1 e poi si misura in quanto tempo l'acqua scende al livello h_2 . Nel caso in esame, considerata la natura

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Aprile 2026	1	16 di 31
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

prevalentemente ghiaioso sabbiosa dei depositi, è stato realizzato un foro, mediante penetrometro da 50 mm di diametro spinto ad una profondità massima di circa 2.20 metri da p.c..

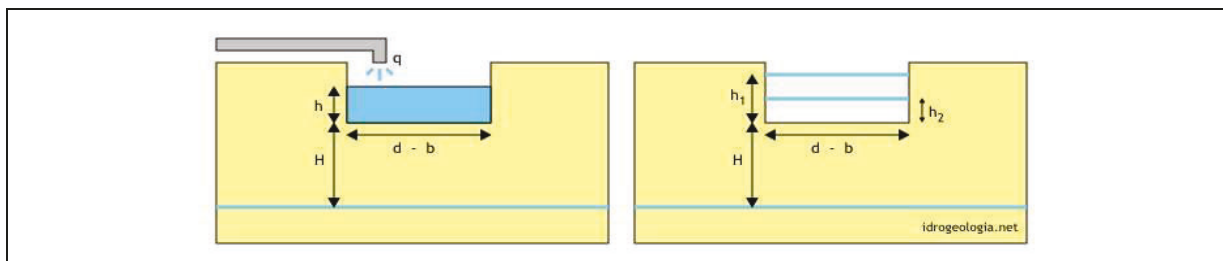


Figura 10 – Schema per prove di permeabilità a carico costante e variabile

Vista la profondità non è stato possibile realizzare un pozzetto con pareti libere, ma è stato inserito il tubo per di ridurre gli eventuali errori dovuti al franamento delle pareti dello scavo nel corso della prova. Il tubo è stato poi riempito di acqua, avendo cura di effettuare la saturazione dei depositi sottostanti, e in seguito sono stati misurati i tempi di abbassamento del livello all'interno del tubo. È stata effettuata n. 1 prova prolungate per una durata di 45 secondi ovvero sino all'esaurimento del battente. Il grafico dell'abbassamento rilevato in campagna è riportato in Figura 11.

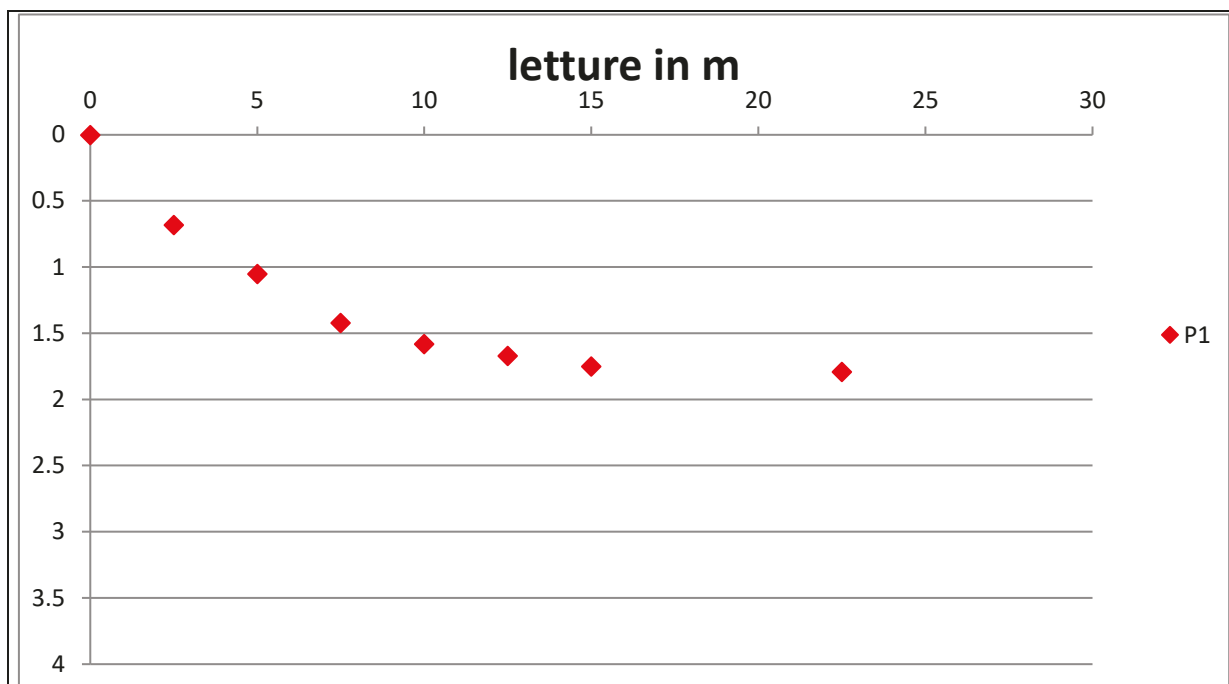


Figura 11 – Andamento abbassamenti

5.2.1. Interpretazione della Prova di permeabilità

La formula tipica riportata nelle raccomandazioni AGI per il calcolo della permeabilità k è la seguente:

$$k = \frac{d}{32} \cdot \frac{h_1 - h_2}{t_2 - t_1} \cdot \frac{1}{h_m}$$

dove:

h_m = altezza media dell'acqua nel pozzetto ($h_m > d/4$);

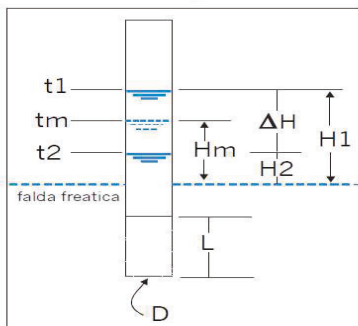
$h_1 - h_2$ = abbassamento;

$t_2 - t_1$ = intervallo di tempo;

d diametro pozzetto.

Tuttavia la formula e le modalità di prova sopra riportate prevedono la realizzazione di uno scavo con pareti permeabili. Nel caso in studio il foro è stato realizzato mediante penetrometro. È stata poi realizzata una tasca di dispersione nel tratto finale del foro di altezza pari a 300 mm riempita con ghiaietto. In questo caso pertanto la dispersione avviene sia lateralmente, nel tratto filtrante della tasca, che dal fondo del foro. Per questo motivo appare più opportuno utilizzare le classiche formule impiegate per le prove in foro di sondaggio (prova Lefranc) con lunghezza della tasca (L) pari a 300 mm:

Schema della prova Lefranc



Per le prove a carico costante la conducibilità idraulica è:

$$K = Q / CH$$

Q = portata a regime (cm^3/sec)

H = carico idraulico a regime (cm)

C = coefficiente di forma (cm), in funzione della tasca inferiore di diametro D e lunghezza L

Per prove a carico idraulico variabile la conducibilità idraulica è:

$$K = AdH / C dt H_m$$

A = area di base della tasca filtrante

$dH = H_1 - H_2$ = differenza di carico idraulico

$dt = t_2 - t_1$ = intervallo di tempo corrispondente a dH

H_m = carico idraulico corrispondente al tempo medio $(t_1 + t_2) / 2$

C = coefficiente di forma

Nel caso di foro aperto inferiore:

$$C = 2.85 D$$

Il coefficiente di forma è stato calcolato mediante gli abachi di riferimento, ed è risultato pari a 0.75. La permeabilità calcolata con la formula sopra riportata restituisce il seguente valore:

$$Pk = 8 \times 10^{-5} \text{ m/sec}$$

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Aprile 2026	1	18 di 31
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

6. CALCOLO DEI DEFLUSSI

Nel sito in studio si prevede lo scarico attraverso dispersione nel primo sottosuolo mediante trincea drenante e pozzi perdenti. Non sono previsti collettamenti alla rete fognaria o al reticolo idrico superficiale. Vista la tipologia di attività ed il contesto idrogeologico non si ravvisano controindicazioni alla dispersione nel sottosuolo delle acque meteoriche. Le opere di dispersione non intercetteranno la falda.

6.1. Calcolo della dispersione

La portata di infiltrazione può essere stimata in prima approssimazione attraverso la relazione di Darcy:

$$Q_{inf} = k J A$$

dove

k = coefficiente di permeabilità del substrato [mc/s]

J = cadente piezometrica [m/m]

A = superficie netta infiltrante [mq]

Nel caso in specifico la formula di cui sopra può essere sostituita dalla seguente, elaborata da Stephen e Neuman (1982):

$$Q = k f (D/2) H$$

dove

f = coefficiente ricavato da $\log f = 0.658 \times \log(H/R) - 0.398 \log(H) + 1.105$

D = diametro pozzo [m]

R = raggio pozzo [m]

H = battente [mq]

Per i calcoli è stato utilizzato il valore di permeabilità misurato (8×10^{-5} m/s) opportunamente ridotto del 50% al fine di considerare eventuali difformità. Il valore utilizzato è pari a 4×10^{-5} m/s. E' prevista una trincea disperdente con base pari a 1.50 m, lunghezza totale pari a 100 m ed altezza utile massima pari a 1.00 m. Il tubo drenante avrà un diametro pari a 0.4 metri. La dispersione totale della trincea risulta pari a 6.00 l/s. E' prevista anche la realizzazione di n. 10 pozzi perdente con diametro di 2.00 metri e profondità utile di 1.50 metri

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Aprile 2026	1	19 di 31
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

(intesa l'altezza massima di invaso) con rinfiando pari a 0.60 metri per una superficie netta infiltrante di circa 6.47 m². I pozzi saranno collegati in batteria, pertanto è stata stimata un'efficienza della batteria stessa pari all'80%. Nell'equazione sopra riportata l'incognita diventa pertanto la portata (Q), dal momento che tutte le altre variabili sono note. La capacità di dispersione risulta pari a 0.68 l/s per ciascun pozzo, per un totale sull'intero sistema (pozzi perdenti e trincea) di (6.80+6.00 l/s) 12.80 l/s.

6.1.1. Descrizione della trincea

La trincea sarà realizzata mediante la messa in opera di elementi in calcestruzzo o PVC diametro pari a 0.40 m, opportunamente forati, appositamente progettati per lo stoccaggio e lo smaltimento delle acque meteoriche. Trattasi di moduli componibili con lunghezza pari a 1.0 metro (3 o 6 metri per il PVC), collare di incastro e generosa foratura lungo l'intero sviluppo. I tubi saranno posati su un letto di almeno 40 cm di ghiaia grossolana a granulometria uniforme. Il rinfiando del tubo sarà effettuato con materiale grossolano molto uniforme (ghiaia lavata senza sabbia) con pezzatura compresa tra 50 mm e 80 mm. La trincea sarà poi ricoperta con tessuto non tessuto e quindi con terreno o riporto arido per un eventuale pavimentazione. Il tessuto non tessuto dovrà essere posato tra il materiale drenante ed il terreno naturale in modo da evitare l'intasamento dei vuoti del drenaggio. Il tessuto non tessuto dovrà avere una permeabilità pari ad almeno 1x10⁻⁴ m/s (Figura 12). Questo sistema garantisce buoni standard di resistenza ai carichi verticali, ed è compatibile con l'uso che se ne farà delle superfici sovrastante. La funzione di laminazione e dispersione è schematizzata in Figura 13. All'inizio, alla fine e in posizioni intermedie delle trincee saranno posizionati dei pozzetti che permetteranno la diffusione delle acque all'interno del tubo e il collettamento con la rete di raccolta. All'inizio e alla fine di ciascun braccio della trincea dovranno essere posizionati dei pozzetti ispezionabili per la manutenzione dell'opera. La trincea dovrà essere posata in orizzontale senza alcuna pendenza per evitare l'accumulo delle acque. Viste le lunghezze in gioco le trincee dovranno essere fatte per spezzoni non comunicanti. La trincea sarà

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Aprile 2026	1	20 di 31
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

posizionata in centro alle strade di lottizzazione. Dal momento che non deve avere pendenza sarà interrotta per lotti a secondo dell'andamento del piano campagna.

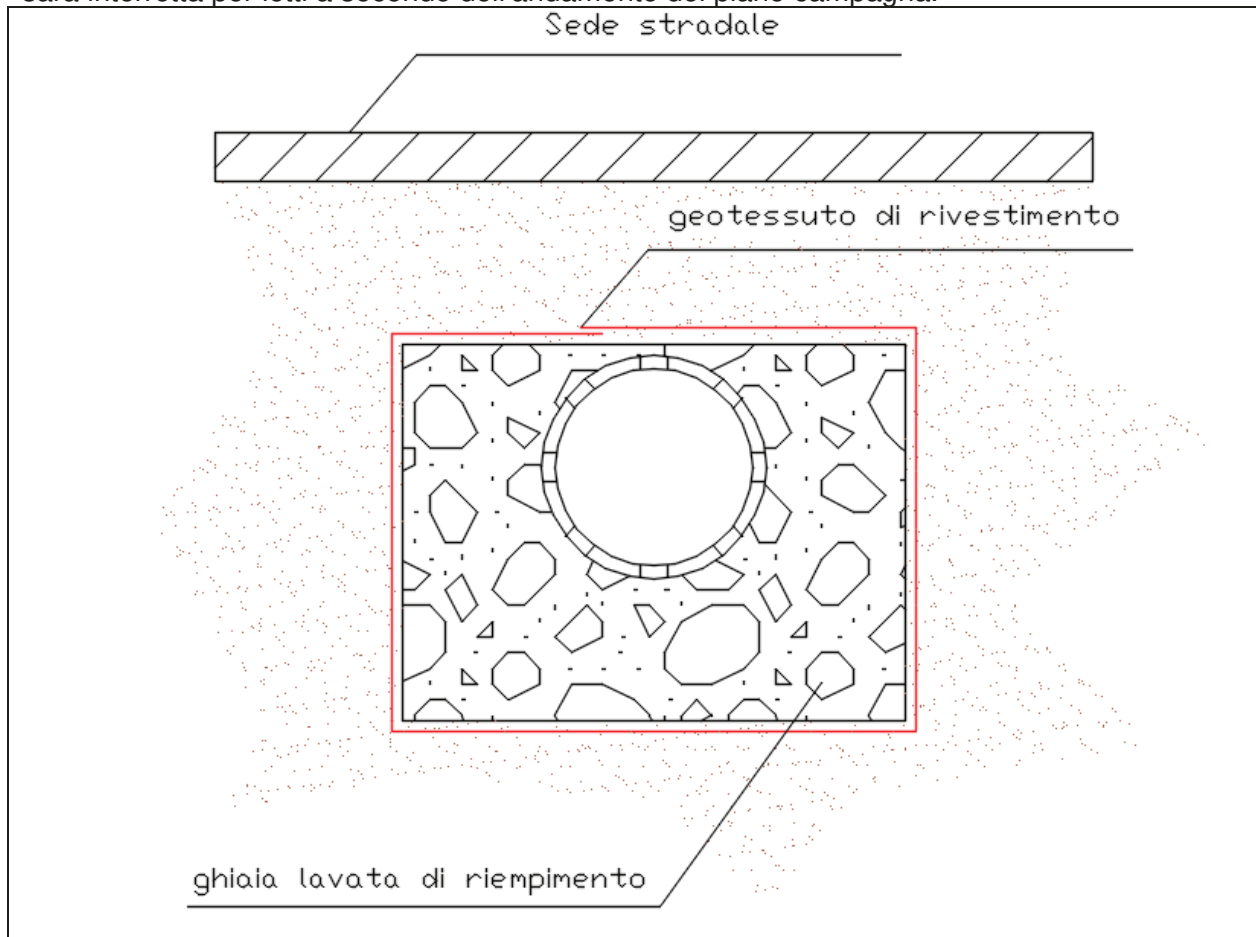


Figura 12 – Sezione trincea

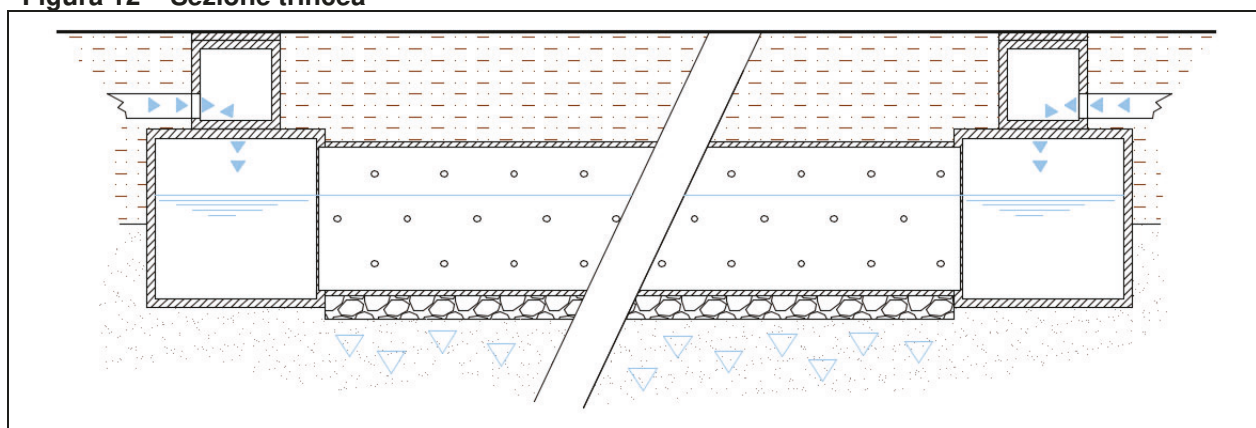


Figura 13 – Schema di funzionamento

6.1.2. Descrizione del pozzo perdente

I pozzi saranno costituiti da anelli forati in calcestruzzo armato vibrato realizzato con l'impiego di cemento ad alta resistenza ai solfati di dimensioni interne pari a Ø 2.00 per altezza di ogni singolo elemento di 50 cm. Gli "anelli forati" devono essere posizionati l'uno sull'altro: sono composti da un bicchiere ad incastro per favorire la messa in opera. Il pozzetto sarà dotato di una soletta piana di copertura prefabbricata in cls armato. Gli "anelli forati" verranno posati su una base di appoggio in pietrisco 60/100 mm per uno spessore di circa 20/30 cm. Al fine di proteggere i manufatti da eventuali infiltrazioni solide, che potrebbero ostruire i fori di dispersione delle acque, gli "anelli forati" saranno rinfiancati con uno strato di ghiaione o pietrisco per uno spessore in senso orizzontale di circa 60 cm per parte. Il funzionamento del manufatto prevede che il flusso delle acque meteoriche venga convogliato all'interno dello stesso ed ivi disperso nel suolo. E' indispensabile per la corretta funzionalità che non avvenga accumulo di detriti all'interno del pozzo e che i fori di dispersione si mantengano liberi.

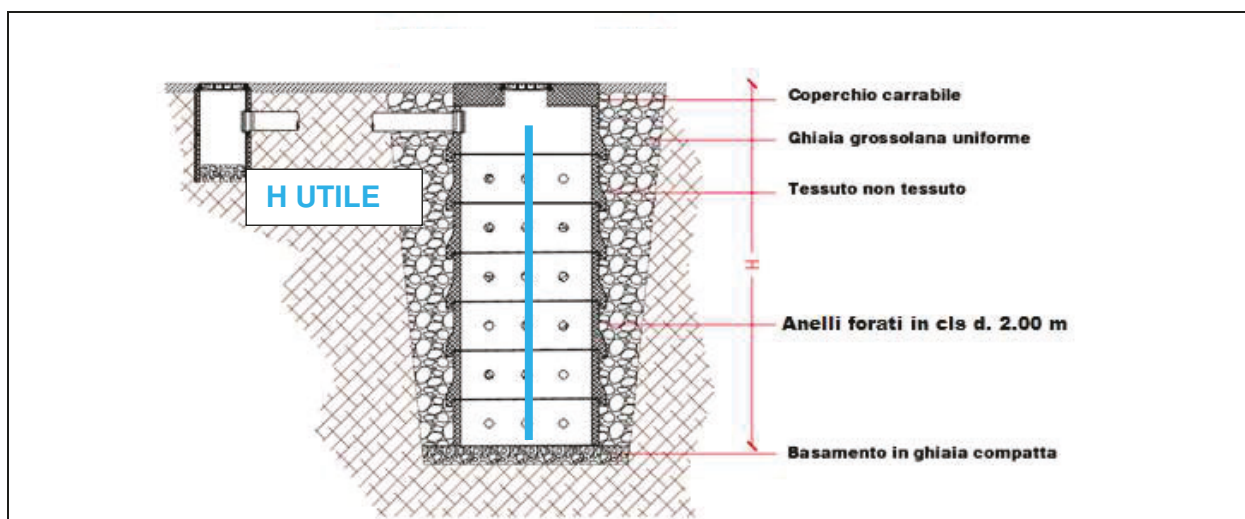


Figura 14 – Schema pozzo perdente

7. CALCOLO DEGLI AFFLUSSI - METODO DELLE SOLE PIOGGE

La progressiva impermeabilizzazione delle superfici incide sugli afflussi secondo due elementi fondamentali:

- riduzione della capacità filtrante del terreno con conseguente aumento della portata ai recapiti finali
- riduzione dei tempi di corrivazione

Il primo aspetto è ben rappresentato dall'immagine di Figura 15 dove si può notare che il passaggio ad ambienti via via più impermeabili comporta una riduzione importante dell'infiltrazione ed un incremento del ruscellamento, che convoglia le acque nel reticolo idrico. A livelli maggiori di impermeabilizzazione le dispersioni per infiltrazione diminuiscono ulteriormente sino a valori nell'ordine del 5%.

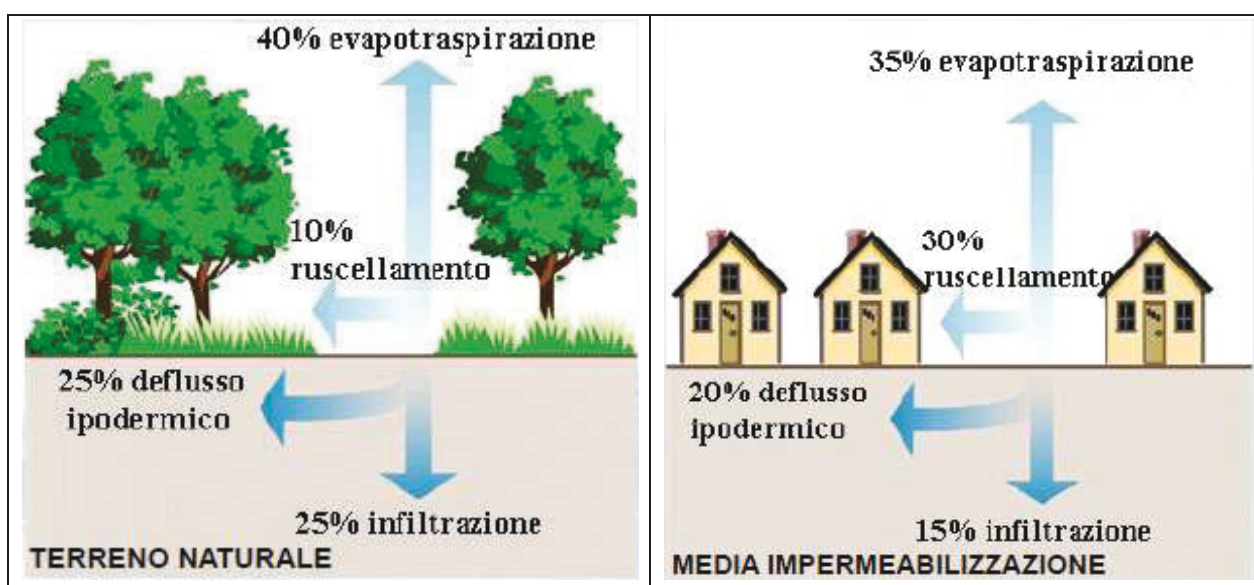


Figura 15 - Percentuali di recapito delle acque meteoriche

La riduzione del tempo di corrivazione determina invece una maggiore velocità delle acque di ruscellamento e quindi colmi di piena più rapidi ed importanti. Il metodo delle sole piogge fornisce una valutazione del volume d'invaso dell'opera di mitigazione sulla base della sola conoscenza della curva di possibilità pluviometrica e della portata massima, ipotizzata costante, che si vuole in uscita dall'opera stessa, nel caso specifico per infiltrazione e deflusso

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Aprile 2026	1	23 di 31
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

in fognatura. Con questo metodo viene trascurata completamente, ad eccezione delle perdite idrologiche, la trasformazione afflussi-deflussi che si realizza nell'area scolante a monte dell'opera. Con questa ipotesi semplificativa il volume entrante nell'invaso (W_e) per effetto di una pioggia di durata (d) è pari a $W_e = A_{tot} \times \Phi_{mp} \times a \times d^n$

Il volume in uscita (W_u) dall'invaso sarà invece dato dall'Equazione $W_u = Q \times d$

Il volume invasato (W_d) sarà dato dall'Equazione $W = (W_e - W_u)_d$

Il volume da assegnare all'invaso è il valore massimo di W , che si ottiene per una precipitazione di durata critica (d). La determinazione di d e W può essere ottenuta anche per via grafica valutando la massima distanza che intercorre tra la curva di possibilità pluviometrica depurata dalle perdite idrologiche e quella in uscita dal bacino ipotizzata costante, come illustrato in Figura 16 (in ordinate sono indicati i litri in ascisse minuti).

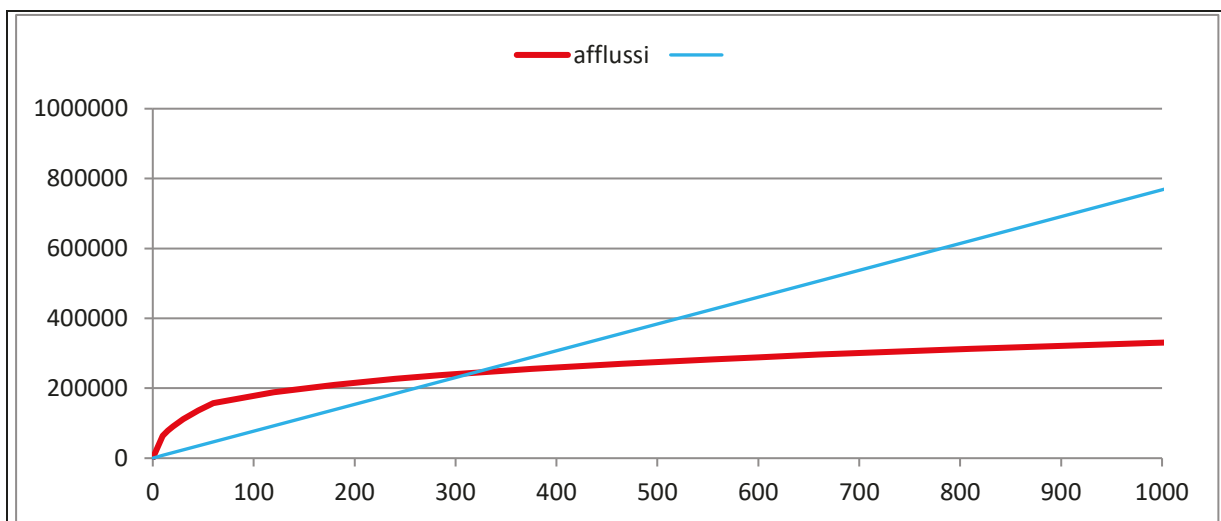


Figura 16 - Curve afflussi deflussi

Si può notare che il volume critico si ha per eventi di durata pari a circa 0.90 ore, dopo di che il sistema disperde/scarica un volume maggiore delle portate in ingresso. Il volume di laminazione necessario risulta pari a circa 111.11 m³ calcolato sulla base della formulazione proposta dal Regolamento Regionale n.8 per il metodo delle sole piogge:

$$w_0 = 10 \cdot \varphi \cdot a \cdot D_w^n - 3.6 \cdot u_{lim} \cdot D_w$$

8. DIMENSIONAMENTO DEI BACINI DI LAMINAZIONE

I volumi di laminazione saranno ricavati per la totalità all'interno della trincea drenante e dei pozzi perdenti. Il sistema sarà posizionato come indicato nella tavola allegata. I volumi sono stati quantificati come di seguito elencato, nell'ipotesi di raggiungere il totale riempimento del sistema:

- 100 metri trincea disperdente sezione 1.5x1.0 con tubazione diametro 0.4 metri per un volume totale di 54 m³.
- n. 10 pozzi perdenti di diametro pari a 2.00 m con riempimento ghiaione di 60 cm sulla circonferenza e porosità del 30%, battente di 1.50 m per un volume di 70 m³.

Il volume totale, pari a 124 m³ (54+70), risulta sufficiente a garantire i volumi richiesti dal Regolamento (111.11 m³). Nel calcolo non è stata considerata in via conservativa la quota immagazzinata nelle caditoie, tubazioni di raccordo, pozzetti etc. Lo schema planimetrico dell'impianto è riportato nelle tavole allegate.

8.1. Calcolo del tempo di svuotamento

Allo svuotamento del bacino di laminazione contribuirà esclusivamente la dispersione nel sottosuolo con una portata massima di 12.80 l/s. Il volume massimo di invaso (124 m³) potrà essere svuotato in circa 3 ore e quindi ampiamente entro i termini previsti dalla normativa. Lo smaltimento delle acque avverrà per gravità.

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Aprile 2026	1	25 di 31
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

9. VERIFICA BACINO

L'art. 11 del Regolamento Regionale prevede la verifica dei franchi di sicurezza delle opere realizzate con un tempo di ritorno pari a 100 anni. Al fine di verificare la rispondenza alla normativa vigente è stata valutata la curva delle differenze positive tra afflussi e deflussi (Figura 17 e Figura 18) e il dettaglio delle sole differenze positive. Si nota che il volume di laminazione necessario assomma a circa 128 m³, superiore al massimo invaso previsto (124 m³). Il volume eccedente allagherà le strada con un battente inferiore al centimetro, del tutto influente ai fini della sicurezza delle persone e delle strutture. **Il bacino è verificato ai fini del regolamento Regionale.**

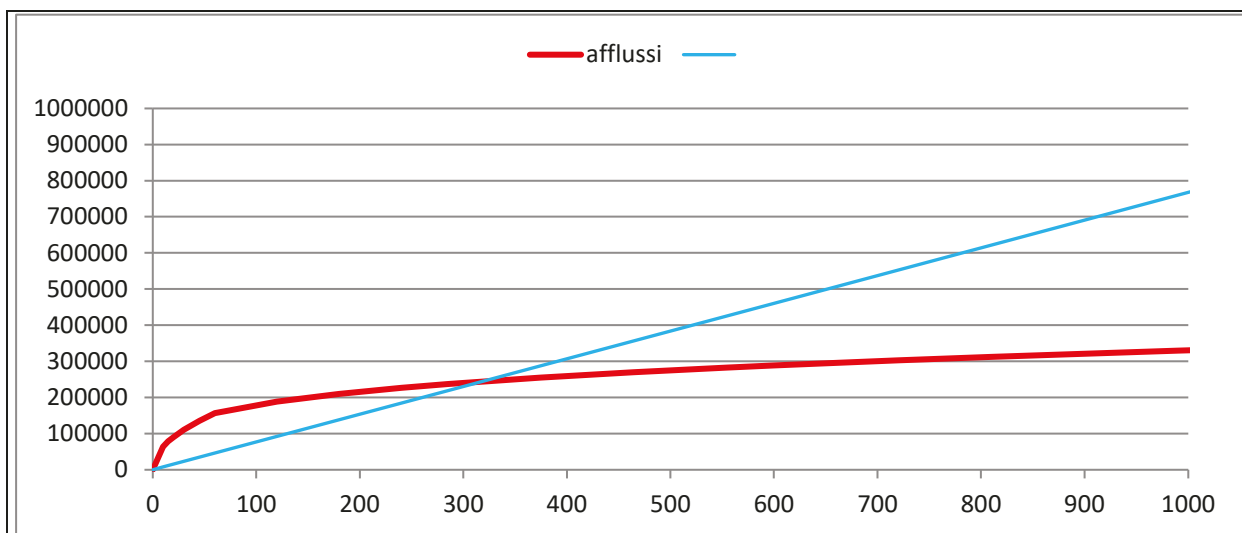


Figura 17 - Andamento afflussi-deflussi con Tr=100 anni

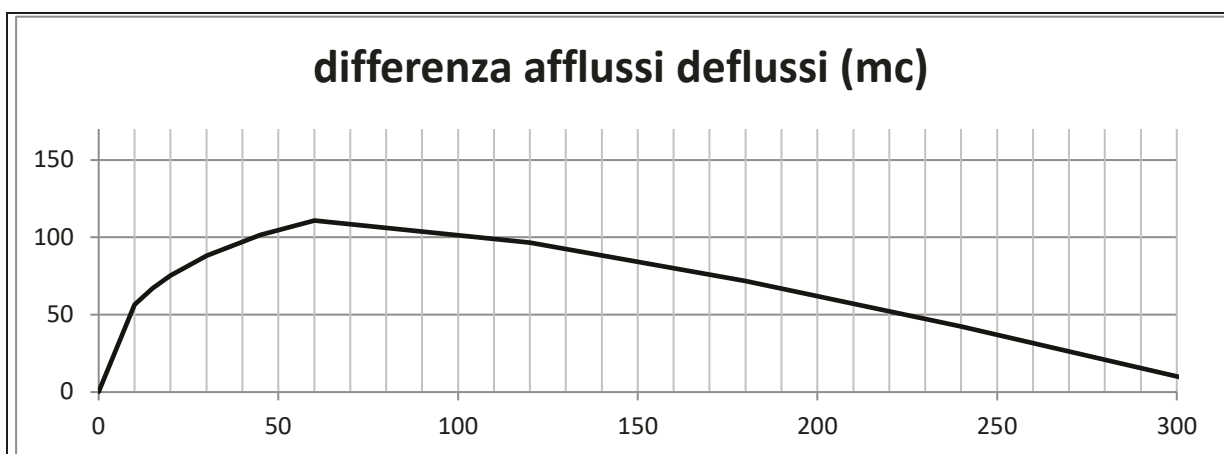


Figura 18 – Differenze positive con Tr=100 anni

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Aprile 2026	1	26 di 31
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

10. DIMENSIONAMENTO IMPIANTO DI RACCOLTA ACQUE

Per il dimensionamento delle opere in progetto si è scelto di utilizzare un tempo di ritorno di 10 anni e pertanto l'intensità di pioggia di riferimento assunta alla base dei calcoli è ricavabile dalla curva di possibilità pluviometrica, desunta dal sito dell'ARPA Lombardia, che per $T_r = 10$ anni è caratterizzata dai seguenti parametri:

$$a = 40.4 \text{ mm/hn}$$

$$n = 0,264 \text{ con } t \geq 1h$$

$$n=0,5 \text{ con } t < 1h.$$

Nel caso in esame è stato utilizzato il parametro n caratterizzante le piogge intense (0,5) in quanto si è stimato un tempo di corrivazione pari a circa 6 min. Al fine di determinare la portata critica attesa alla sezione di chiusura della rete meteorica per il tempo di ritorno ipotizzato si è utilizzato un metodo di calcolo semplificato noto come metodo De Martino o degli Ingegneri Tedeschi (rif. UNI-EN 752-4 par. 11.3.2) per cui:

$$Q = \varphi \cdot i \cdot A \cdot \psi$$

essendo:

φ = il coefficiente di deflusso, funzione del tipo di ricoprimento (0.95);

i = l'intensità di pioggia misurata in $l/(s \cdot m^2)$;

A = l'area da drenare misurata in m^2 ;

ψ = il coefficiente di ritardo, posto pari all'unità;

La portata massima attesa ottenuta dall'applicazione della metodologia sopra esposta è di 74.76 l/s per la superficie scolante di 2862.80 m^2 . Il coefficiente udometrico è pari a 0.026 l/s/ha. Il dimensionamento delle tubazioni a pelo libero è stato eseguito facendo riferimento alla scala di deflusso di moto uniforme per le correnti a pelo libero. Tale ipotesi di lavoro è sufficientemente attendibile in quanto, per tratti omogenei di condotta, si ha uniformità di

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Aprile 2026	1	27 di 31
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

portata smaltita, diametro, pendenza del fondo, scabrezza, sempreché, come accade nel caso presente, le condizioni al contorno di valle non siano tali da generare significativi rigurgiti e la portata in ingresso da monte non determini la saturazione dell'imbocco. La formula di moto uniforme impiegata è quella di Chézy: $V = \chi \cdot \sqrt{R \cdot i}$

dove:

V= velocità media (m/s)

R = A/P= raggio idraulico (m)

A= area bagnata, ovvero l'area della sezione trasversale della corrente (m²)

P= perimetro bagnato (m)

i= pendenza del fondo del canale

χ = coefficiente di scabrezza

il coefficiente di scabrezza è stato valutato secondo la formula di Gauckler-Strickler ovvero: $\chi = K_s R^{1/6}$

dove K_s rappresenta il parametro di scabrezza di Gauckler-Strickler. Si ottiene pertanto:

$$Q = c * A * R^{2/3} * i^{1/2}$$

Per il coefficiente di scabrezza c della tubazione in PVC si è utilizzato il valore di 90, valido per tubazioni di PVC, PE o plastica. Per il collettamento delle caditoie ai pozzi/trincea si prevede una linea che sottenderà circa 150/180 m² sviluppando una portata massima di circa 5 l/s. Utilizzando una tubazione DN160 mm, con pendenza pari allo 0.4%, sarà verificata la portata con riempimento di circa il 50% (Figura 19).

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Aprile 2026	1	28 di 31
A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900				

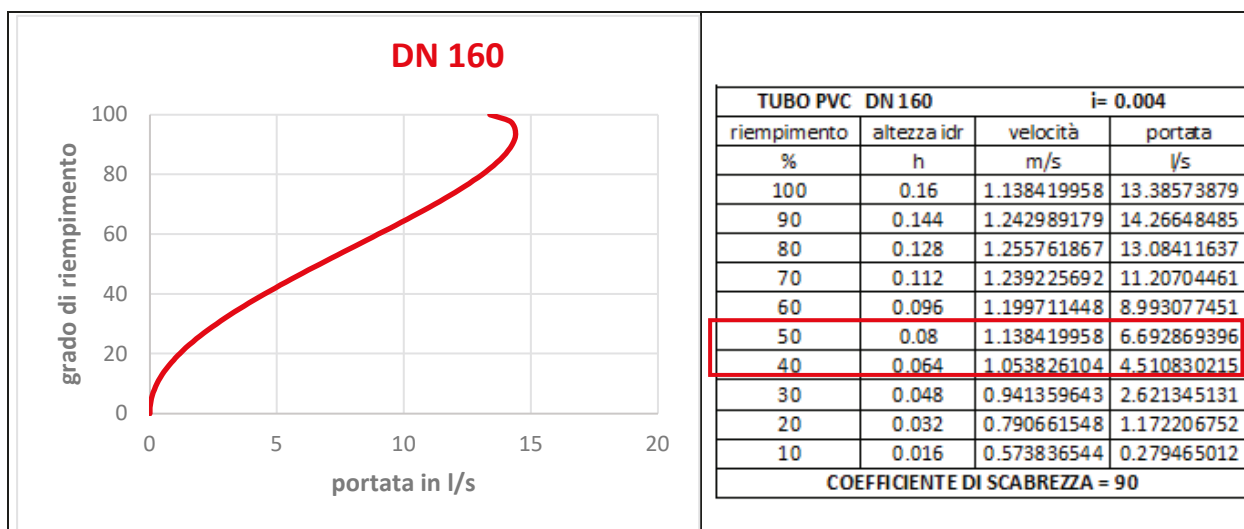


Figura 19 – Scala di deflusso DN400

11. MANUTENZIONE

In riferimento all'art.13 del Regolamento Regionale, la manutenzione è fondamentale per garantire il mantenimento in efficienza delle strutture e degli elementi realizzati per le funzioni di drenaggio delle acque meteoriche; serve ad assicurare alle strutture stesse un periodo di vita più lungo, permettendo di intervenire periodicamente nell'individuazione di eventuali malfunzionamenti che, se trascurati, ne potrebbero pregiudicare irrimediabilmente le funzioni. Si ricorda che i costi di gestione e manutenzione, sia ordinaria che straordinaria, ricadono interamente ed esclusivamente sul proprietario dell'opera.

A seconda delle tipologie di elementi di drenaggio si presentano ovviamente livelli differenti di complessità nella manutenzione. La prima e più semplice distinzione riguarda sicuramente gli **interventi ordinari**, da svolgersi periodicamente seguendo un calendario prestabilito, dagli **interventi straordinari**, necessari al ripristino delle funzioni in caso di malfunzionamento, guasto o successivamente ad eventi meteorici o di altra natura (per esempio terremoti, sversamenti abusivi, incidenti rilevanti) che interessino direttamente o indirettamente le strutture. Si possono inoltre distinguere, per alcune tipologie di soluzioni quali le aree di ritenzione vegetate e le fitodepurazioni, gli **interventi di supporto** necessari all'attecchimento delle essenze vegetate nelle primissime fasi della vita degli impianti, non più necessari quando gli invasi avranno raggiunto la fase in esercizio con il completo equilibrio delle componenti ecologiche presenti.

Per quanto riguarda gli interventi che prevedono la rimozione dei sedimenti occorrerà prevedere adeguate operazioni di pulizia *ad-hoc* in relazione alle caratteristiche fisico-chimiche del sedimento e alla sua potenzialità inquinante. Rispetto a quanto descritto, risulta evidente che a seconda del livello e complessità degli interventi di manutenzione gli stessi potranno essere svolti da personale con formazione adeguata. Tutto ciò dovrà essere realizzato seguendo un programma di manutenzione periodico strutturato secondo un piano nel quale siano individuate le diverse attività da svolgere e i relativi soggetti incaricati. Per

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Relazione	Aprile 2026	1	30 di 31
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

quanto concerne il progetto specifico le attività di verifica e controllo possono essere riassunte nei seguenti punti:

- Verifica del corretto afflusso delle acque
- Verifica dell'integrità degli elementi strutturali
- Pulizia scorrimento
- Piccola manutenzione edile

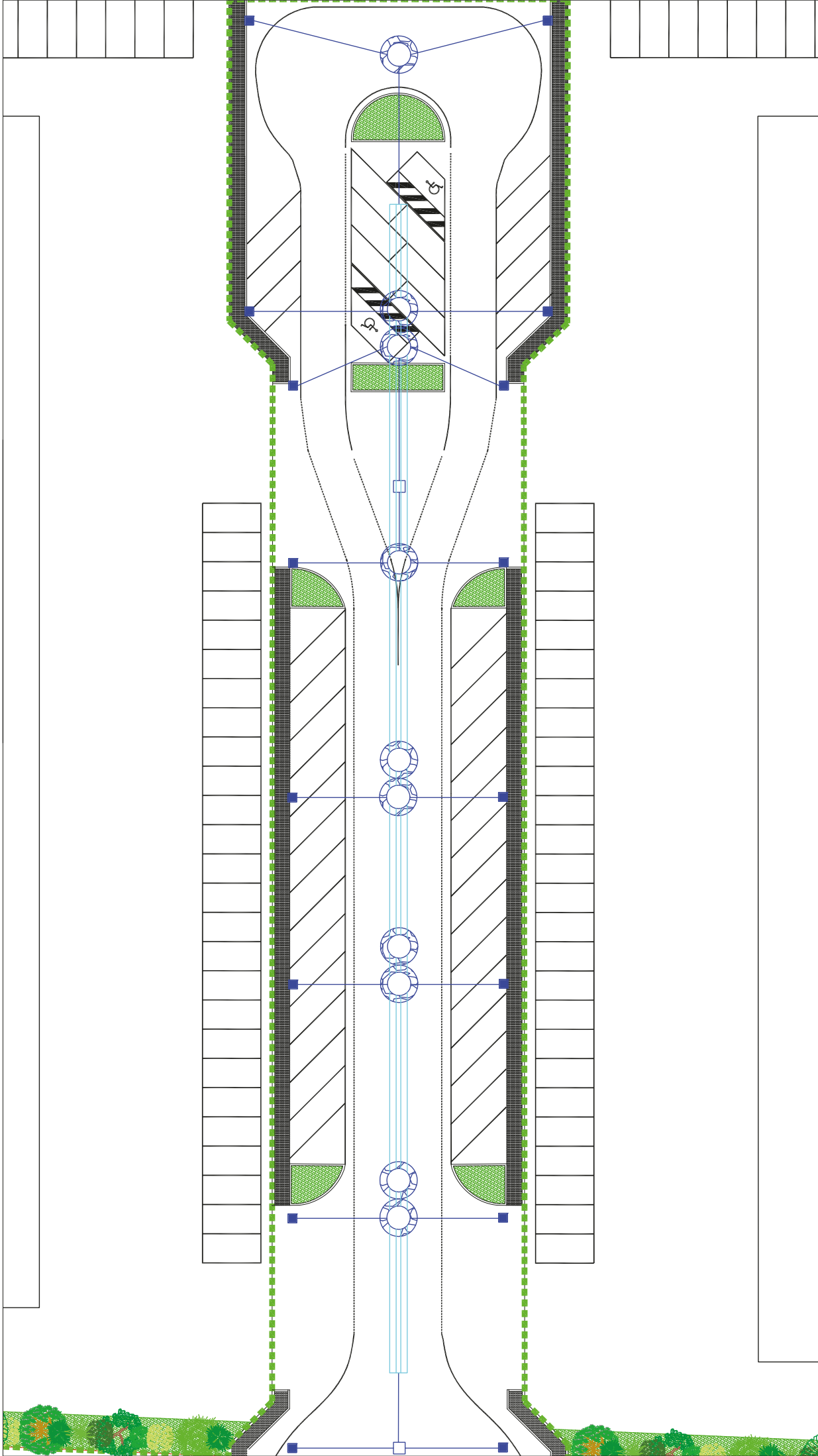
Di seguito è riportata la matrice del piano di manutenzione.

attività	cadenza	Esecutore	Osservazioni
Verifica corretto afflusso al pozzo perdente	Semestrale	Titolare	Verifica visiva
Verifica integrità strutturale pozzo perdente	Quinquennale	Titolare	Verifica visiva
Verifica integrità strutturale pozzetti	Quinquennale	Titolare	Verifica visiva
Rimozione detriti grossolani dai pozzetti	Annuale o su segnalazione	Titolare	
Rimozione detriti grossolani da pozzo perd.	Annuale o su segnalazione	Titolare	
Rimozione detriti fini e pulizia pozzo perdente	Triennale o su segnalazione	Personale specializzato	
Sostituzione elementi ammalorati	Su segnalazione	Personale specializzato	
Verifica corretto afflusso alla trincea drenante	Semestrale	Titolare	Verifica visiva
Verifica integrità strutturale trincea drenante	Quinquennale	Titolare	Verifica visiva
Rimozione detriti grossolani	Semestrale o su segnalazione	Personale specializzato	
Rimozione detriti fini e lavaggio trincea	Triennale o su segnalazione	Personale specializzato	

Dr. Geol. Corrado Aletti

(documento firmato digitalmente)

Seniga 08.04.2026



Comune di Calvisano

Provincia di Brescia

Regolamento Regionale n.7 del 27.11.17 - RL n.4 del 15.03.16 - Regolamento Regionale n.8 del 19/04/19

PROGETTO PER L'INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA

PIANO ATTUATIVO

Committente: Gizeta srl e Efftech srl

Tavola 1

scala 1:625

PLANIMETRIA DI PROGETTO

Legenda:

Pozzo pendente d.2 m h. 1.5 m

Linea raccolta acque meteoriche DN400

Pozzetto

Caditoia

Trincea drenante

Linea DN160

Il Geologo:
Dr. Corrado Alelli

codice file: bs-calvisano-pa		
03		
02		
01	01.04.2026	emissione - Revisione 00
N	data	descrizione

DICHIARAZIONE SOSTITUTIVA DELL'ATTO DI NOTORIETA'

(Art. 47 D.P.R. 28 dicembre 2000, n. 445)

SEZIONE A – PARTE GENERALE

Il sottoscritto ALETTI CORRADO

nato a MANERBIO (BS) il 26.08.1969

residente a SENIGA (BS)

in via PONTICELLA n. 20

iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione LOMBARDIA n. 900

incaricato dalle Ditte GIZETA srl e EFITECH srl

Il sottoscritto

nato a il

residente a

in via

iscritto all'Ordine degli Ingegneri di n.

incaricato da

▪ di aggiornare la componente geologica del Piano di Governo del Territorio realizzata nell'annoda relativamente ai seguenti aspetti:

- 1
- 2

▪ di realizzare uno studio parziale di approfondimento/integrazione ai sensi degli allegati 2, 3, 5 dei criteri attuativi di cui all'articolo 57 della l.r. 12/2005 relativo all'ambito/area.....;

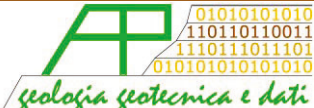
▪ di realizzare uno studio parziale di approfondimento/integrazione ai sensi dell'allegato 4 dei citati criteri relativo all'ambito/area.....;

✘ di redigere uno studio geologico parziale a supporto di variante urbanistica relativa a PIANO ATTUATIVO;

consapevole che in caso di dichiarazione mendace sarà punito ai sensi del Codice Penale secondo quanto prescritto dall'art. 76 del succitato D.P.R. 445/2000 e che inoltre, qualora dal controllo effettuato emerga la non veridicità del contenuto di taluna delle dichiarazioni rese, decadrà dai benefici conseguenti al provvedimento eventualmente emanato sulla base della dichiarazione non veritiera (art. 75 D.P.R. 445/2000);

DICHIARA

✘ di aver redatto lo studio/gli studi di cui sopra conformemente ai vigenti "Criteri ed indirizzi per la redazione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57 della l.r. 11 marzo 2005, n. 12", affrontando tutte le tematiche e compilando tutti gli elaborati cartografici previsti;

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Dichiarazione ex Allegato 6	Marzo 2026	0	1 di 5
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

✘ di aver consultato ed utilizzato come riferimento i dati e gli studi riportati nell'Allegato 1 ai Criteri ed indirizzi per la redazione della Componente geologica, idrogeologica e sismica nel Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art.57 della l.r. 11 marzo 2005, n.12;

✘ di aver assegnato le classi di fattibilità geologica conformemente a quanto indicato nella Tabella 1 dei citati criteri;

oppure

▪ di aver assegnato una classe di fattibilità geologica diversa rispetto a quella indicata nella Tabella 1 dei citati criteri per i seguenti ambiti;

ambito 1

per i seguenti motivi

▪ di proporre aggiornamenti ▪ parziali / ▪ globali al mosaico della fattibilità geologica in quanto aggiornamento del precedente studio geologico comunale;

SEZIONE B – PARTE RELATIVA ALL'ATTUAZIONE DELLA PIANIFICAZIONE DI BACINO DICHIARA INOLTRE

Che la componente geologica/studio di approfondimento:

✘ non contiene proposte di aggiornamento alla cartografia PAI e PGRA;

▪ propone aggiornamenti ▪ locali / ▪ globali alle aree in dissesto idraulico e idrogeologico contenute nell'Elaborato 2 del PAI ▪ e/o nelle mappe del PGRA vigenti così come descritto in dettaglio nel modulo di cui all'Allegato 2;

▪ contiene il tracciamento alla scala locale delle Fasce fluviali vigenti nel PAI;

✘ recepisce la delimitazione delle aree allagabili contenute nelle mappe del PGRA senza proporre modifiche;

▪ contiene la valutazione di dettaglio della pericolosità e del rischio entro le aree già edificate ricadenti in aree in dissesto idraulico;

SEZIONE C – CONGRUITA' TRA LE PREVISIONI DELLA VARIANTE E I CONTENUTI DELLA COMPONENTE GEOLOGICA E DELLA PIANIFICAZIONE DI BACINO

Il sottoscritto ALETTI CORRADO

nato a MANERBIO (BS) il 26.08.1969

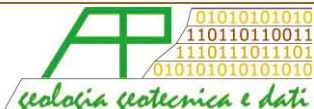
residente a SENIGA (BS)

in via PONTICELLA n. 20

iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione LOMBARDIA n. 900

incaricato dalle Ditte GIZETA srl e EFITECH srl

▪ di aggiornare la componente geologica del Piano di Governo del Territorio realizzata nell'annoda relativamente ai seguenti aspetti:

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Dichiarazione ex Allegato 6	Marzo 2026	0	2 di 5
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

- 1
- 2
- di realizzare uno studio parziale di approfondimento/integrazione ai sensi degli allegati 2, 3, 5 dei criteri attuativi di cui all'articolo 57 della l.r. 12/2005 relativo all'ambito/area.....;
- di realizzare uno studio parziale di approfondimento/integrazione ai sensi dell'allegato 4 dei citati criteri relativo all'ambito/area.....;
- ✘ di redigere uno studio geologico parziale a supporto di variante urbanistica relativa a PIANO ATTUATIVO;

Il sottoscritto MICHEL LESIOLI

nato a Montichiari (BS) il 16.11.1976

residente a Calvisano (BS)

in via S. Felice 17

iscritto all'Ordine degli ARCHITETTI PIANIFICATORI PAESAGGISTI E CONSERVATORI della Provincia di BRESCIA n. 2197

✘ incaricato **dalle Ditte GIZETA srl e EFITECH srl**

oppure

- responsabile della struttura comunale competente per la pianificazione urbanistica.

ASSEVERA

Per la variante al PGT adottata con D.C.C. n..... del avente per oggetto

✘ la congruità tra i contenuti della variante e i contenuti (classificazioni e norme) della componente geologica del Piano di Governo del Territorio;

✘ la congruità tra i contenuti della variante e i contenuti (classificazioni e norme) derivanti dal PGRA, dalla variante normativa al PAI e dalle disposizioni regionali conseguenti.

Dichiara infine di essere informato, ai sensi e per gli effetti di cui all'art. 10 della legge 675/96 che i dati personali raccolti saranno trattati, anche con strumenti informatici, esclusivamente nell'ambito del procedimento per il quale la presente dichiarazione viene resa.

Seniga 02.04.2026

Il Dichiarante

Dr. Geol. Aletti Corrado

Firmato digitalmente

Calvisano 02.04.2026

L'estensore del progetto urbanistico

Dr. Arch. Michel Lesioli

Firmato digitalmente

	Elaborato	Data	Rev.	Pag.
	Dichiarazione ex Allegato 6	Marzo 2026	0	3 di 5
	A. & P. sas di Dr. Corrado Aletti – GEOLOGO O.G.L. n.900			

[illegible]



**ALLEGATO E - ASSEVERAZIONE DEL PROFESSIONISTA IN MERITO ALLA CONFORMITA' DEL PROGETTO AI
CONTENUTI DEL REGOLAMENTO**

**DICHIARAZIONE SOSTITUTIVA DELL'ATTO DI NOTORIETA'
(ART. 47 D.P.R. 28 DICEMBRE 2000 N.445)**

Il sottoscritto Aletti Corrado nato a Manerbio (BS) il 26.08.1969 e residente a Seniga (BS, via Ponticella 20
iscritto all'Ordine dei Geologi della Lombardia al n.900

INCARICATO

Dalle Ditte Gizeta srl e Efitech srl proprietarie dell'area in esame, di redigere il progetto di invarianza
idraulica e idrologica per l'intervento relativo al nuovo "Piano Attuativo" in Provincia di Brescia, comune di
Calvisano, foglio 8 mappali 226 - 227, con estensione dell'intervento di 2944.80 m²

**in qualità di tecnico abilitato, qualificato e di esperienza nell'esecuzione di stime idrologiche e calcoli
idraulici**

**Consapevole che in caso di dichiarazione mendace sarà punito ai sensi del Codice Penale secondo quanto
prescritto dall'articolo 76 del succitato D.P.R. 445/2000 e che, inoltre, qualora dal controllo effettuato
emerga la non veridicità del contenuto di taluna delle dichiarazioni rese, decadrà dai benefici
conseguenti al provvedimento eventualmente emanato sulla base della dichiarazione non veritiera
(articolo 75 D.P.R. 445/2000);**

DICHIARA

che il comune di Calvisano, in cui è sito l'intervento, ricade all'interno dell'area

- | | |
|-------------------------------------|--------------------------------|
| ☒ | A: ad alta criticità idraulica |
| ☐ | B: a media criticità idraulica |
| ☐ | C: a bassa criticità idraulica |

oppure

- | | |
|-------------------------------------|---|
| ☒ | che l'intervento ricade in un'area inserita nel PGT comunale come ambito di trasformazione e/o
come piano attuativo previsto nel piano delle regole e pertanto di applicano i limiti delle aree A
ad alta criticità |
| ☐ | superficie interessata dall'intervento è minore o uguale a 300 m ² e che si è adottato un sistema
di scarico sul suolo, purché non pavimentato, o negli strati superficiali del sottosuolo e non in un
ricettore, salvo il caso in cui questo sia costituito da laghi o dai fiumi Po, Ticino, Adda, Brembo,
Serio, Oglio, Chiese e Mincio (art. 12, comma 1, lettera a) |

- | | |
|-------------------------------------|---|
| ☒ | che per il dimensionamento delle opere di invarianza idraulica e idrologica è stata considerata la
portata massima ammissibile per l'area (A/B/C/ambito di trasformazione/piano attuativo) pari a: |
|-------------------------------------|---|

- | | |
|-------------------------------------|---|
| ☐ | 10 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento |
| ☐ | 20 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento |
| ☐ | l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento, derivante da limite |
| ☒ | che l'intervento prevede l'infiltrazione come mezzo per gestire le acque pluviali (in alternativa o
in aggiunta all'allontanamento delle acque verso un ricettore), e che la portata massima infiltrata
dai sistemi di infiltrazione realizzati è pari a l/s 12.80, che equivale ad una portata infiltrata pari a
44.70 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento |

- ☒ Che, in relazione all'effetto potenziale dell'intervento e alla criticità dell'ambito territoriale (rif. articolo 9 del regolamento), l'intervento ricade nella classe di intervento
- | | |
|-------------------------------------|--|
| ☐ | Classe 0 |
| ☐ | Classe 1 - Impermeabilizzazione potenzialmente bassa |
| ☒ | Classe 2 - Impermeabilizzazione potenzialmente media |
| ☐ | Classe 3 - Impermeabilizzazione potenzialmente alta |
- ☐ che l'intervento ricade nelle tipologie di applicazione dei requisiti minimi di cui:
- | | |
|--------------------------|--|
| ☐ | All'articolo 12, comma 1 del regolamento |
| ☐ | All'articolo 12, comma 2 del regolamento |
- ☒ Di aver redatto il Progetto di invarianza idraulica e idrologica con i contenuti di cui:
- | | |
|-------------------------------------|---|
| ☒ | All'articolo 10, comma 1 del regolamento (casi in cui non si applicano i requisiti minimi) |
| ☐ | All'articolo 10, comma 2 e 3 lettera a) del regolamento (casi in cui si applicano i requisiti min.) |
- ☒ Di aver redatto il Progetto di invarianza idraulica e idrologica conformemente ai contenuti del Regolamento, con particolare riferimento alle metodologie di calcolo di cui all'articolo 11 del regolamento

ASSEVERA

- ☒ Che il Progetto di invarianza idraulica e idrologica previsto dal regolamento (articoli 6 e 10 del R.R.) è stato redatto nel rispetto dei principi di invarianza idraulica e idrologica, secondo quanto disposto dal piano di governo del territorio, dal regolamento edilizio e dal regolamento
- ☐ Che le opere di invarianza idraulica e idrologica progettate garantiscono il rispetto della portata Massima ammissibile nel ricettore prevista per l'area in cui ricade il Comune dove è ubicato l'intervento
- ☒ che la portata massima scaricata su suolo dalle opere realizzate è compatibile con le condizioni idrogeologiche locali
- ☐ che l'intervento ricade nell'ambito di applicazione dell'art. 12, comma 1, lettera a) del regolamento
- ☐ che l'intervento ricade nell'ambito di applicazione della monetizzazione (art. 16 del regolamento), e che pertanto è stata redatta la dichiarazione motivata di impossibilità di cui all'art. 6, comma 1, lettera d) del regolamento, ed è stato versato al comune l'importo di €

Dichiara infine di essere informato, ai sensi e per gli effetti di cui all'articolo 13 del Dlgs 196 del 30 giugno 2003, che i dati personali raccolti saranno trattati, anche con strumenti informatici, esclusivamente nell'ambito del procedimento per il quale la presente dichiarazione viene resa.

Seniga 03.04.2026

Il Dichiarante

Dr. Geol. Aletti Corrado
firmato digitalmente

Ai sensi dell'articolo 38, D.P.R. 445 del 28 dicembre 2000, così come modificato dall'articolo 47 del d. lgs. 235 del 2010, la dichiarazione è sottoscritta dall'interessato in presenza del dipendente addetto ovvero sottoscritta e presentata unitamente a copia fotostatica non autenticata di un documento di identità del sottoscrittore. La copia fotostatica del documento è inserita nel fascicolo. La copia dell'istanza sottoscritta dall'interessato e la copia del documento di identità possono essere inviate per via telematica. La mancata accettazione della presente dichiarazione costituisce violazione dei doveri d'ufficio (articolo 74 comma D.P.R. 445/2000). Esente da imposta di bollo ai sensi dell'articolo 37 D.P.R. 445/2000.

