

COMUNE di MONASTEROLO DEL CASTELLO
PROVINCIA DI BERGAMO



PIANO ATTUATIVO "NE4"
in località Legner
Via Madonna Addolorata e Via San Felice

ALLEGATO "E"

RELAZIONE GEOLOGICA

Trescore B.rio, Marzo 2022

COMUNE DI MONASTEROLO DEL CASTELLO PROVINCIA DI BERGAMO	
RECEVUTO RECEVUTO	15 MAR. 2022
N. PROT. 983	CAT. x CL. vii FASC. III

IL TECNICO
(ing. Gianfranco Beretta)



I PROPONENTI
(Sanga Paola, Meli Giuseppe, Meli Marco)

Sanga Paola
Meli Marco
Meli Giuseppe

dott. Alessandro Ratazzi – geologo
via Castello Presati 15
24129 Bergamo

tel. 348 4077474
e-mail georatto@libero.it
Ordine dei Geologi della Lombardia n° 1431

COMMITTENTE Signori Meli Giuseppe, Meli Marco e Sanga Paola

OGGETTO Piano attuativo NE 4 tra la via Madonna
Addolorata e la via San Felice

COMUNE Monasterolo del Castello (Bg)

relazione geologica (R1, R3)

DATA aprile 2021



RELATORE *dott. geol. Alessandro Ratazzi*

SOMMARIO

Premessa

Relazione Geologica - Modellazione geologica e stratigrafica del sito

- Inquadramento geologico-geomorfologico
- Inquadramento idrologico e idrogeologico
- Indicazioni componente geologica PGT comunale
- Indagini in sito
 - Prove penetrometriche dinamiche SCPT
 - Prove di permeabilità di tipo Lefranc
 - Metodo HVSR
- Classificazione sismica
- Categoria sismica dei terreni
- Considerazioni stratigrafiche e note geotecniche

Allegati (in fondo al testo):

Ubicazione punti d'indagine

Diagrammi prove penetrometriche SCPT

(File -- MonasteroloVari)

Premessa

Su incarico dei Signori Meli Giuseppe, Meli Marco e Sanga Paola è stato redatto il presente studio a supporto del progetto del Piano attuativo NE 4 tra la via Madonna Addolorata e la via San Felice nel comune di Monasterolo del Castello.

Per definire le caratteristiche geotecniche dei terreni dell'area di interesse sono state eseguite, in accordo con i progettisti, n.5 prove penetrometriche dinamiche SCPT spinte fino alla massima profondità investigabile, molto variabile, di 3-9.0 metri circa, oltre la quale è stato registrato il rifiuto alla penetrazione meccanica della punta.

All'interno di un foro di prova SCPT è stata eseguita una prova di permeabilità speditiva (del tipo Lefranc); infine, per determinare le proprietà sismostratigrafiche dell'area, valutare la frequenza in sito e la velocità ponderata delle onde sismiche di taglio (Vsequivalente), è stata effettuata un'indagine geofisica con prospezione HVSR.

I punti d'indagine sono stati localizzati compatibilmente con gli ingombri esistenti così come illustrato nello schema planimetrico allegato.

A completamento dello studio è stato effettuato un rilievo geologico-stratigrafico del sito oltre alla diretta osservazione dei depositi in affioramento in scavi realizzati in passato nelle vicinanze del lotto in esame.

Oltre a ciò, è stato considerato l'esauriente studio geologico (e relative mappe) redatto dai colleghi Dott. Gritti e Plebani a supporto del PGT del comune di Monasterolo del Castello.

Trattandosi di risultati desunti da indagini puntuali, e non escludendo la possibilità di locali variazioni, qualora in fase di scavo si dovessero evidenziare differenze significative da quanto qui riportato, sarà preciso obbligo dell'impresa esecutrice darne tempestiva comunicazione.

La presente relazione viene redatta seguendo le indicazioni tecniche esposte:

- nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3274 del 20 marzo 2003 relativa alla normativa sismica
- nell'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni (Ministero delle infrastrutture e dei trasporti, 17 gennaio 2018)
- nel D.G.R. 11 luglio 2014 - n. X/2129 Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r.1/2000, art. 3, c. 108, lett. d)
- nella L.R. 12 ottobre 2015, n.33 - Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche
- nel D.G.R. 30 marzo 2016 – n. X/5001 Approvazione delle linee guida di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica (artt. 3, comma 1, e 13, comma 1, della l.r. 33/2015)

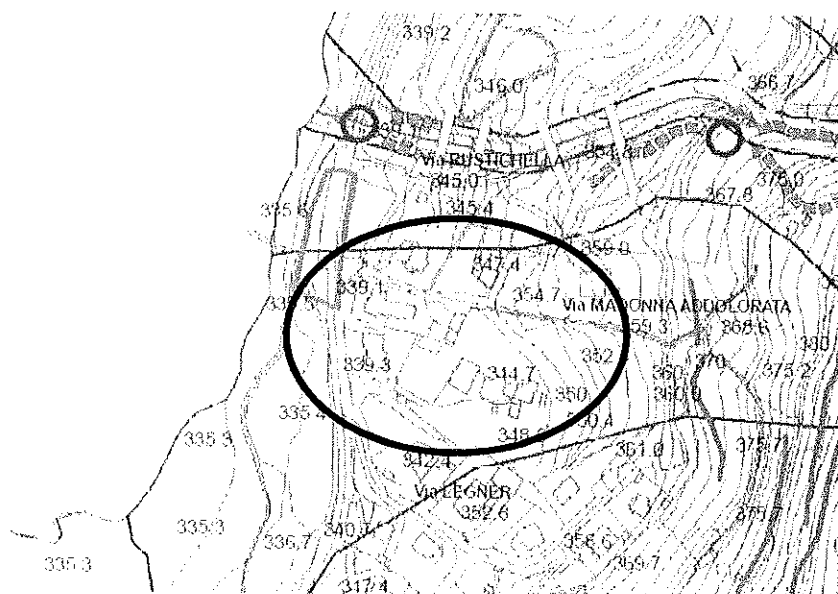
Relazione Geologica - Modellazione geologica e stratigrafica del sito

Inquadramento geologico - geomorfologico

L'area interessata dal progetto in esame è posta nel settore nord-orientale dell'abitato di Monasterolo del Castello, su di un tratto subpianeggiante / poco inclinato, nella fascia di raccordo tra il sistema collinare del territorio e il lago di Endine, ad una quota compresa tra 340-350 m s.l.m..



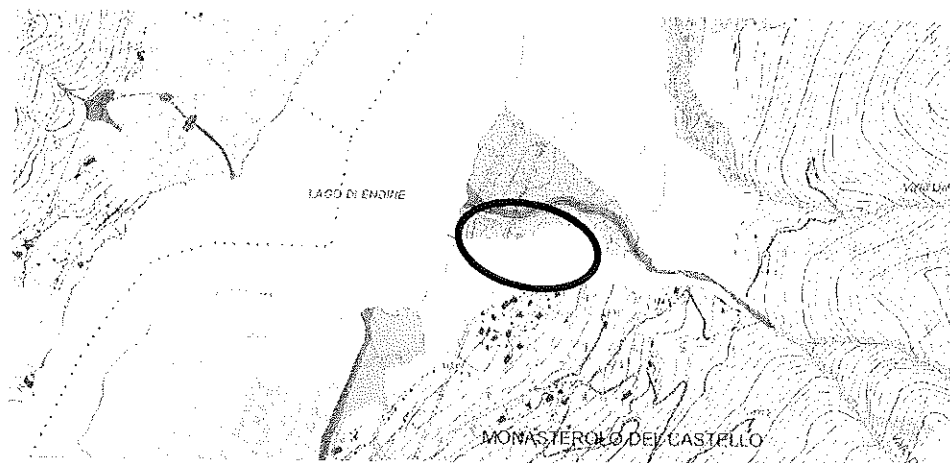
Come riportato nello studio di PGT, l'area è caratterizzata da depositi di conoide alluvionale/misto di detrito/ delta lacustre costituiti da ghiaie e ciottoli in matrice limoso sabbiosa localmente abbondante con copertura eluviale e/o colluviale di spessore molto variabile.



Conoide alluvionale/misto/
di detrito/delta lacustre

Inquadramento idrologico e idrogeologico

Dal punto di vista idrologico si segnala, nella porzione settentrionale, la parte terminale del Torrente legato alla Valle del Colletto, per la quale la cartografia di PGT, il portale dell’Autorità del Bacino del Fiume Po, e la Regione Lombardia (Direttiva Alluvioni), indicano uno scenario con Rischio da “Moderato” a “Medio” a “Raro” per esondazione.



Più in generale, il drenaggio delle acque meteoriche avviene oltre che in modo diretto in profondità nelle zone ancora non urbanizzate, attraverso le infrastrutture stradali ed i servizi urbani di fognatura.

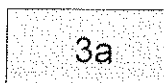
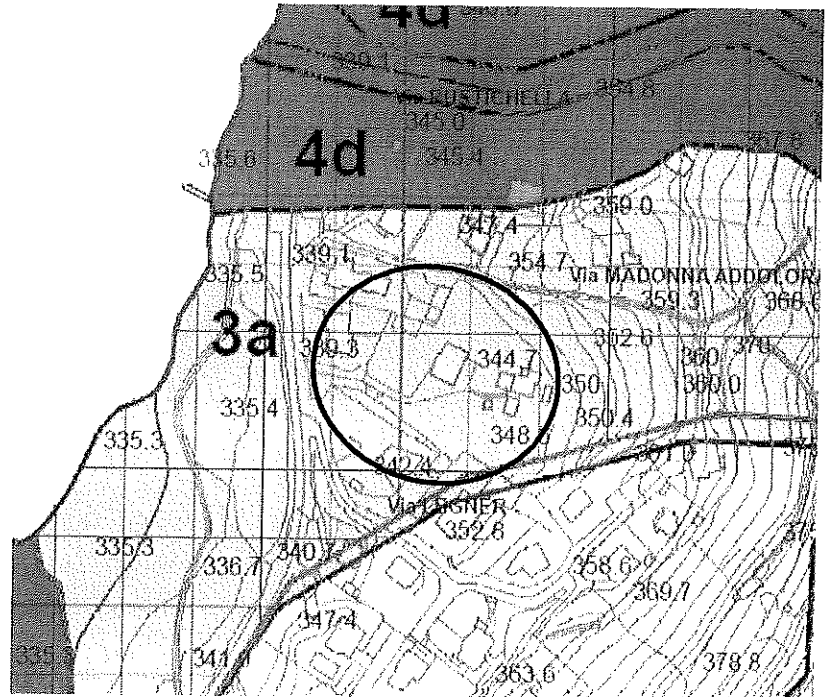
Per il resto la circolazione idrica superficiale è per lo più a carattere diffuso, controllata dalla morfologia locale e marcata dalle eventuali regimazioni antropiche.

Relativamente agli aspetti idrogeologici, come si ricava anche dalle indicazioni riportate in alcune stratigrafie ricostruite da pozzi, il livello piezometrico è posto indicativamente alla quota di 330 m s.l.m., coincidente con il livello idrometrico del lago di Endine (e quindi ad una profondità di circa 10-15 m dall’attuale piano campagna).

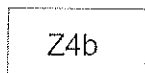
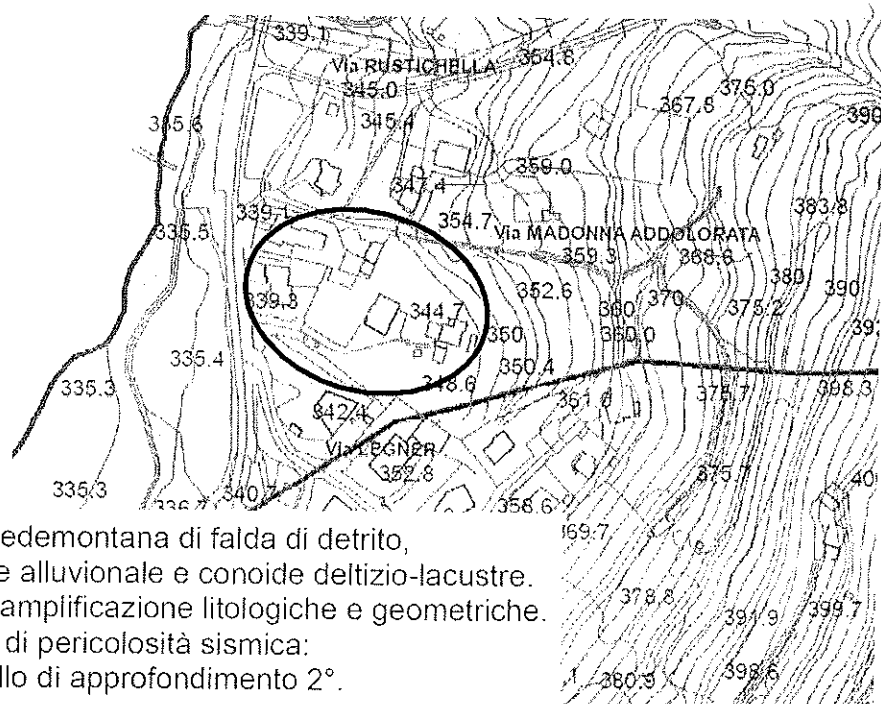
Le oscillazioni stagionali possono variare anche di 2 metri, a seconda dell’apporto delle precipitazioni meteoriche e della rete idrologica circostante.

Indicazioni componente geologica PGT comunale

Nella Carta di fattibilità redatta a supporto al PGT l'area è posta in parte in "Classe 3a, Area con consistenti limitazioni" per area di conoide e, dal punto di vista sismico, è classificata in zona Z4b1 con possibili amplificazioni litologiche.



SOTTO CLASSE 3a: Area di conoide non recentemente attivatosi o completamente protetta (Cn) delimitazione P.A.I.



Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre. Effetto: amplificazione litologiche e geometriche. Classe di pericolosità sismica: H2-livello di approfondimento 2°.

Sia nella Carta dei Vincoli Geologici che in quella di Sintesi non vengono segnalate problematiche di sorta, se non quelle già evidenziate nella carta di fattibilità.

Indagini in sito

Prove penetrometriche dinamiche DPSH-SCPT

Le prove penetrometriche dinamiche SCPT sono state eseguite con penetrometro dinamico pesante PAGANI 63.5 Kg, montato su carro a cingoli gommati i cui componenti sono rigorosamente conformi alle norme geotecniche in materia. In particolare, il penetrometro impiegato può essere descritto come penetrometro classe DPSH tipo "Meardi" o "Terzaghi modificato" o "pesante" o "STANDARD CONE PENETRATION TEST".

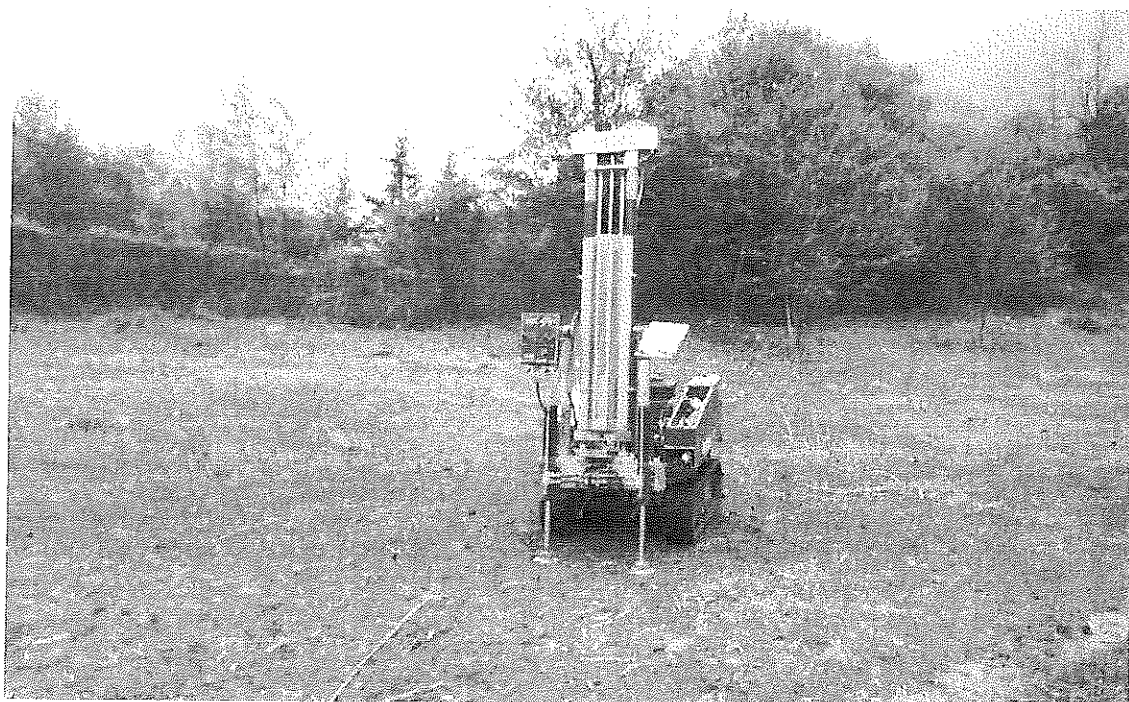
I dati tecnici del penetrometro sono così riassumibili:

<i>Diametro delle aste:</i>	<i>32 mm</i>	
<i>Punta conica – diametro:</i>	<i>50.8 mm</i>	<i>2"</i>
<i>Conicità:</i>	<i>90°</i>	
<i>Peso del maglio :</i>	<i>63.5 kg</i>	
<i>Altezza di caduta (volata):</i>	<i>75 cm</i>	<i>30"</i>

La prova consiste nel misurare il numero dei colpi (N_{SCPT}) necessari all'infissione delle aste D. 32 mm per un intervallo pari a 20 centimetri.

Tale valore viene poi "normalizzato" con fattori di conversione, per essere comparabile con le prove di riferimento SPT.

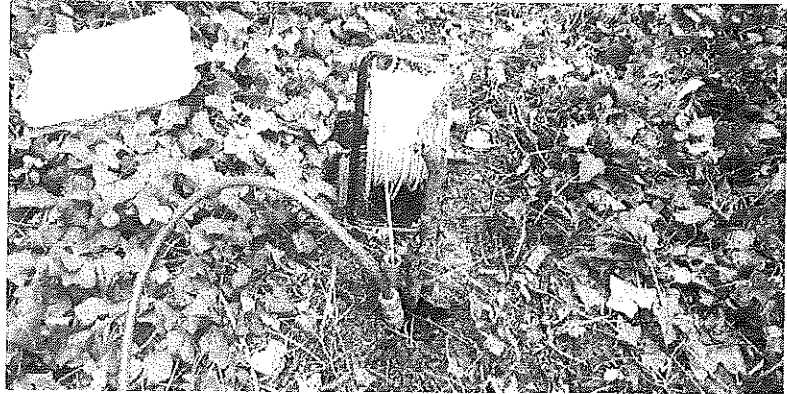
Nell'allegato vengono esposti i diagrammi relativi alla prova dove in ascissa, in funzione della profondità, con linea continua viene esposto il valore " N_{SCPT} " relativo all'avanzamento delle aste.



Prova di permeabilità tipo "Lefranc"

Per determinare il Coefficiente di Permeabilità (K) è stata eseguita una prova di permeabilità con il metodo Lefranc (a livello variabile), tra i 1 e i 4.0 m.

L'esecuzione di prove di permeabilità nei fori delle prove penetrometriche dinamiche SCPT non è realmente conforme alle specifiche in tal senso ma si ritiene l'approssimazione, anche in relazione alle finalità della determinazione, assolutamente accettabile.



La metodologia seguita ha previsto:

Prova a carico variabile:

- predisposizione del foro fino alla profondità di 4.0 m circa
- posizionamento di un tubo di rivestimento "cieco" nella parte sommitale (1.0 m)
- immissioni di acqua in modo continuo e prolungato fino a saturare il terreno
- immissioni di acqua fino a riempimento del tubo
- misura degli abbassamenti all'interno del tubo ad intervalli regolari di tempo mediante utilizzo di freatimetro elettroacustico.

Il livello stratigrafico indagato ha una permeabilità abbastanza variabile ma compresa tra i valori di 8.0×10^{-5} e 2.0×10^{-4} m/s.

Per avere un'indicazione approssimativa relativamente al grado di permeabilità e al drenaggio dei terreni, si forniscono riferimenti bibliografici (Casagrande e Fadum).

Tabella 3.1 Coefficiente di permeabilità k per vari terreni

k (m/s)	$1 \cdot 10^{-1}$	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}	10^{-11}
Drenaggio	buono		povero		praticamente impermeabile						
	ghiaia pulita	sabbia pulita e miscele di sabbia e ghiaia pulita	sabbia fine, limi organici e inorganici, miscele di sabbia, limo e argilla, depositi di argilla stratificati	terreni impermeabili, argille omogenee sotto la zona alterata dagli agenti atmosferici							
			terreni impermeabili modificati dagli effetti della vegetazione o del tempo								

Tabella 3.2 Classificazione del terreno secondo il valore di k

Grado di permeabilità	Valore di k (m/s)
alta	superiore a 10^{-1}
media	$10^{-2} - 10^{-3}$
	$10^{-4} - 10^{-5}$
molto basso impermeabile	$10^{-6} - 10^{-7}$
	minore di 10^{-7}

Metodo HVSR

La metodologia d'indagine HVSR (detta anche tecnica di Nakamura, 1989) è una tecnica sismica passiva che prevede la misura del "rumore ambientale" o "microtremore", della superficie terrestre dovuto a fenomeni sia naturali (es. vento) che antropici.

Il metodo porta ad individuare eventuali fenomeni di amplificazione sismica e risonanza dovuti alla stratigrafia locale ed alle discontinuità presenti nel substrato.

La tecnica è non invasiva, rapida e non necessita di fonti di energizzazione esterne, dato che il rumore ambientale è ovunque presente.

Essa sfrutta le basi teoriche dei metodi sismici tradizionali (riflessione, rifrazione), unite a quelle dei microtremori.

Lo spessore di uno strato, noto da precedenti indagini (es. sondaggio, prove penetrometriche, etc.) e la velocità delle onde S di taglio in tale strato determinano la "frequenza fondamentale di risonanza" delle onde secondo la relazione:

$$f_0 = V_s/4h,$$

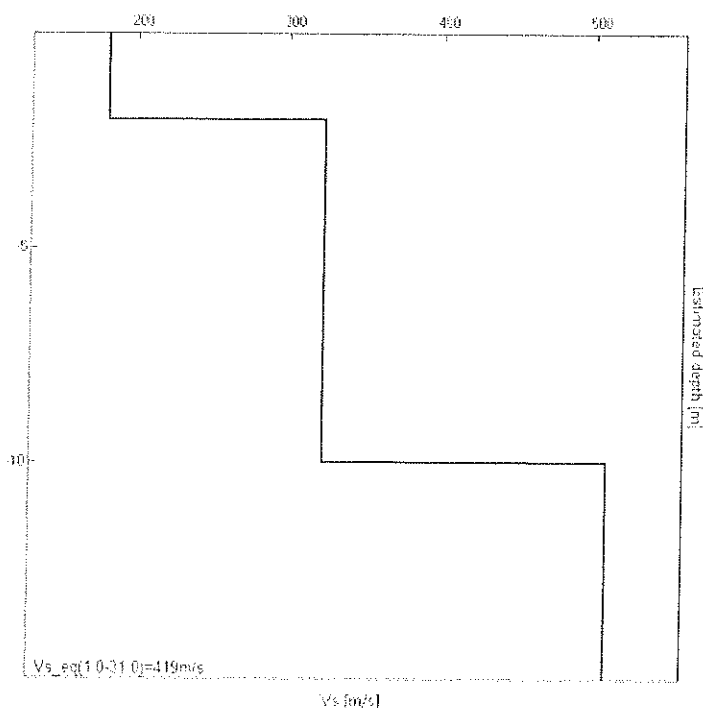
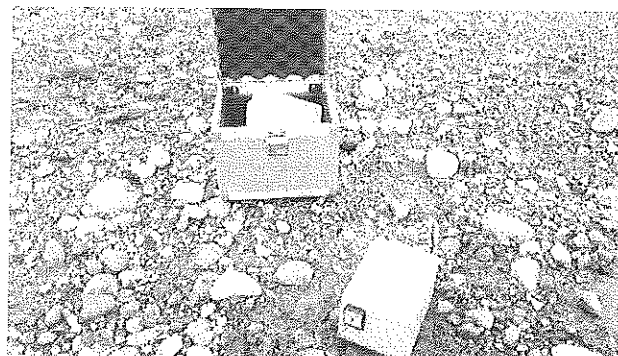
dove V_s è la velocità delle onde S nello strato attraversato ed h il suo spessore.

I microtremori sono principalmente legati alle onde superficiali, in particolare alle onde di Rayleigh, e solo in parte alle onde di volume P o S. Nelle analisi si fa ad ogni modo riferimento alle onde S dato che la velocità delle onde di Rayleigh è molto simile a quella delle onde S.

La frequenza fondamentale di risonanza del sito è legata al passaggio delle onde da un materiale ad un altro avente diversi valori di velocità delle onde sismiche e di densità, quindi è legata alla presenza di un contrasto d'impedenza acustica.

Il rapporto H/V permette di determinare tale frequenza fondamentale.

Tramite opportuni algoritmi si può compiere un'inversione degli spettri H/V al fine di determinare i profili di velocità delle onde di taglio S e quindi il valore $V_{sequivalenti}$, come previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni.



Classificazione sismica

Monasterolo del Castello è in classe "3" e con A_g Max pari a 0,121555.

TR (anni)	A_g (g)	$F_0(-)$	$T_C^*(s)$
30	0.034	2.440	0.202
50	0.043	2.449	0.222
72	0.052	2.431	0.234
101	0.061	2.446	0.250
140	0.071	2.430	0.258
201	0.083	2.435	0.264
475	0.116	2.444	0.277
975	0.150	2.482	0.285
2475	0.203	2.521	0.297

Vita nominale della costruzione (anni): VN: 50

Classe d'uso della costruzione c_u : 1.0

Periodo di riferimento per la costruzione (anni): VR: 50

Stato Limite	TR (anni)	A_g (g)	$F_0(-)$	$T_C^*(s)$
SLO	30	0.034	2.440	0.202
SLD	50	0.044	2.449	0.222
SLV	475	0.116	2.444	0.277
SLC	975	0.150	2.482	0.284

Categoria sismica dei terreni

L'area in esame viene classificata in "Zona 4b": l'attuale normativa prevede che debbano essere effettuati approfondimenti di studio sismico di secondo livello al fine di determinare in modo semiquantitativo il fattore di amplificazione locale F_a . Tale valore è utilizzato in fase progettuale per ottimizzare le strutture sotto l'aspetto della prevenzione antisismica.

Sulla base delle indagini sismiche effettuate sono presumibili terreni con V_{seq} (riferiti al piano di appoggio delle fondazioni) pari 415-425 m/s e quindi di categoria B e con un andamento della curva delle velocità, assimilabile a quella di riferimento litologica della Regione Lombardia "limoso-sabbiosa2".

Fa Intervallo di periodo 0,1 – 0,5 s: 1.6

Fa Intervallo di periodo 0,5 – 1.5 s: 1.3

Per il comune di Monasterolo, i valori di soglia del Fattore di amplificazione F_a forniti dalla Regione Lombardia, differenziati per suoli di fondazione e per periodi, sono:

INTERVALLO	Valori soglia			
	B	C	D	E
0.1 - 0.5	1,4	1,8	2,2	2,0
0.5 - 1.5	1,7	2,4	4,2	3,1

e rappresentano il valore di soglia oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.

L'approfondimento sismico di secondo livello ha evidenziato quanto segue:

INTERVALLO 0.1 / 0.5 s – Strutture basse, regolari e rigide: $1.6 > 1.5 < 1.9$

Sarà necessario effettuare analisi più approfondite (3° livello) o utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore (in questo caso suolo C).

INTERVALLO 0.5 / 1.5 s – Strutture alte e flessibili: $1.3 < 1.7$

Sarà possibile applicare lo spettro previsto dalla normativa vigente e utilizzare un suolo B.

Per determinare i parametri dello spettro di risposta elastico delle componenti orizzontali si potrà fare riferimento alla tabella:

Categoria suolo	S	T_B	T_C	T_D
A	1.00	0.15	0.40	2.00
B-C-E	1.25	0.15	0.50	2.00
D	1.35	0.20	0.80	2.00

Mentre per quelli della componente verticale:

Categoria suolo	S	T_B	T_C	T_D
A-B-C-D-E	1.00	0.05	0.15	1.00

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica:

T1

Periodo di riferimento: 50anni

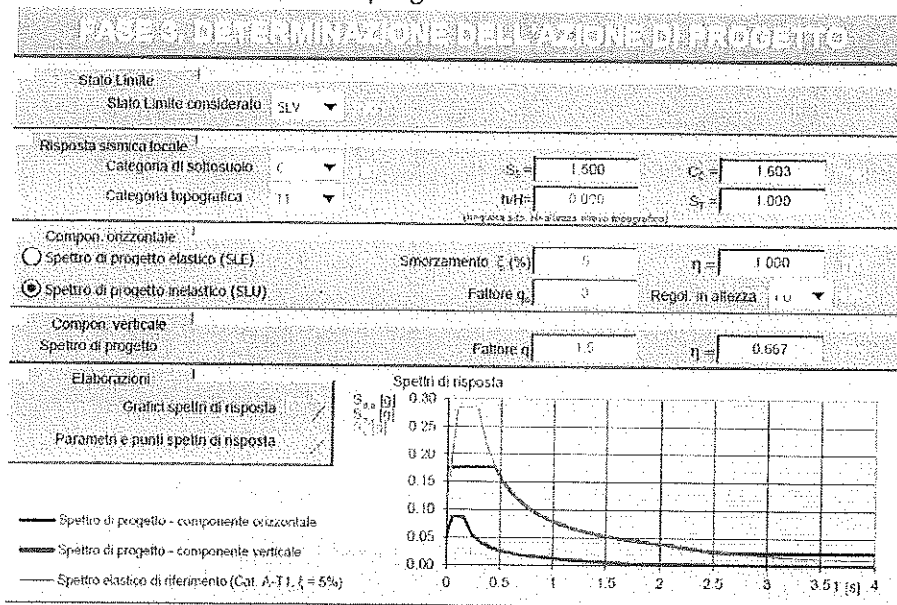
Coefficiente c_u :

1

	SLO	SLD	SLV	SLC
S_s^* (ampl. stratigrafica)	1,50	1,50	1,50	1,47
C_c^* (coeff.funz. categ.)	1,78	1,72	1,60	1,59
S_t^* (amplificazione topografica)	1,00	1,00	1,00	1,00

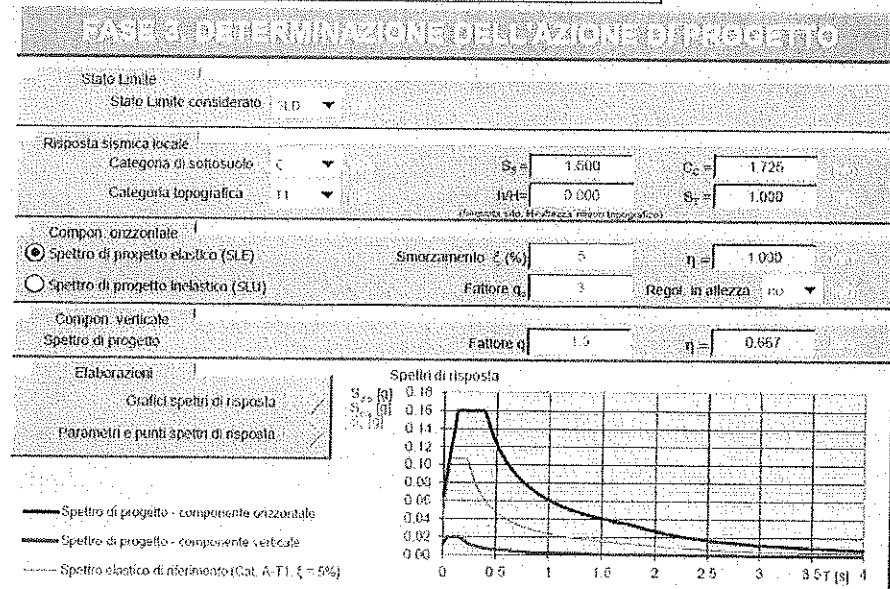
Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,010	0,013	0,042	0,053
kv	0.005	0.006	0.021	0.027
A_{max} [m/s^2]	0.498	0.643	1.722	2.180
Beta	0.200	0.200	0.240	0.240

Determinazione dell'azione di progetto



SLU

SLE



Facendo riferimento al paragrafo 7.11.3.4.2. delle NTC 2018 (esclusione della verifica a liquefazione):

7.11.3.4.2 Esclusione della verifica a liquefazione

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata (N_{160}) > 30 oppure q_{c1N} > 180 dove (N_{160}) è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

date le condizioni stratigrafiche, geotecniche, idrogeologiche e sismiche del sito, non sussistono pericoli in tal senso.

Considerazioni stratigrafiche e note geotecniche

Le descrizioni stratigrafiche sono da ritenere indicative in quanto dedotte in modo indiretto durante l'esecuzione delle prove.

LIVELLO [1]: dal piano campagna fino alla profondità variabile di 1.5-3.0 m circa (eccezionalmente 9.0 metri nella prova n.5).

Superato uno spessore superficiale di terreno rimaneggiato e/o di riporto e/o eluviale si tratta di limi sabbiosi localmente con ghiaie alterate con N_{SCPT} (numero dei colpi necessari all'avanzamento di 20 centimetri della punta conica) mediamente compreso tra 4 e 9 e descrivibili come "sciolti-poco addensati" (Associazione Geotecnica Italiana 1977). Si possono ipotizzare:

Peso di Volume (t/mc): 1.65-1.70

Angolo di Attrito (°): 26-27

Modulo Elastico (kg/cmq): 50-80

ricordando che:

Peso di volume: stima valutata in relazione a N_{SCPT}

Angolo di attrito: correlazione tra N_{SCPT} e ϕ di Meyerhof per terreni con una percentuale di sabbia fine e limo superiore a 5

Modulo elastico: valutato da correlazioni empiriche tra N_{SCPT} e il tipo di terreno

LIVELLO [2]: fino alla massima profondità investigata di 4-5.5 m circa (ma presumibilmente oltre).

Si tratta di ghiaie con sabbie localmente in matrice limosa con N_{SCPT} compresi tra 15 e 30 ("moderatamente addensate" AGI 1977) e così caratterizzabili:

Peso di Volume (t/mc): 1.75-1.80

Angolo di Attrito (°): 30-32

Modulo Elastico (kg/cmq): 150-200

Non si esclude localmente la presenza di orizzonti, anche plurimetri, meno addensati e legati a terreni nella quale prevale la frazione sabbiosa (si veda la prova n.5).

Oltre tale quota è stato raggiunto un numero di colpi N_{SCPT} maggiori di 100 ("rifiuto alla penetrazione meccanica della punta"), per la presumibile presenza di terreni definibili come "molto addensati" (AGI 1977).

Il modello geologico del sito, costruito mediante esecuzione di indagini puntuali, è applicabile tridimensionalmente a tutta l'area oggetto di intervento.

Trattandosi di risultati desunti da prove puntuali, e non escludendo la possibilità di locali variazioni, sarà necessario verificare e confermare in fase di scavo le indicazioni qui esposte.

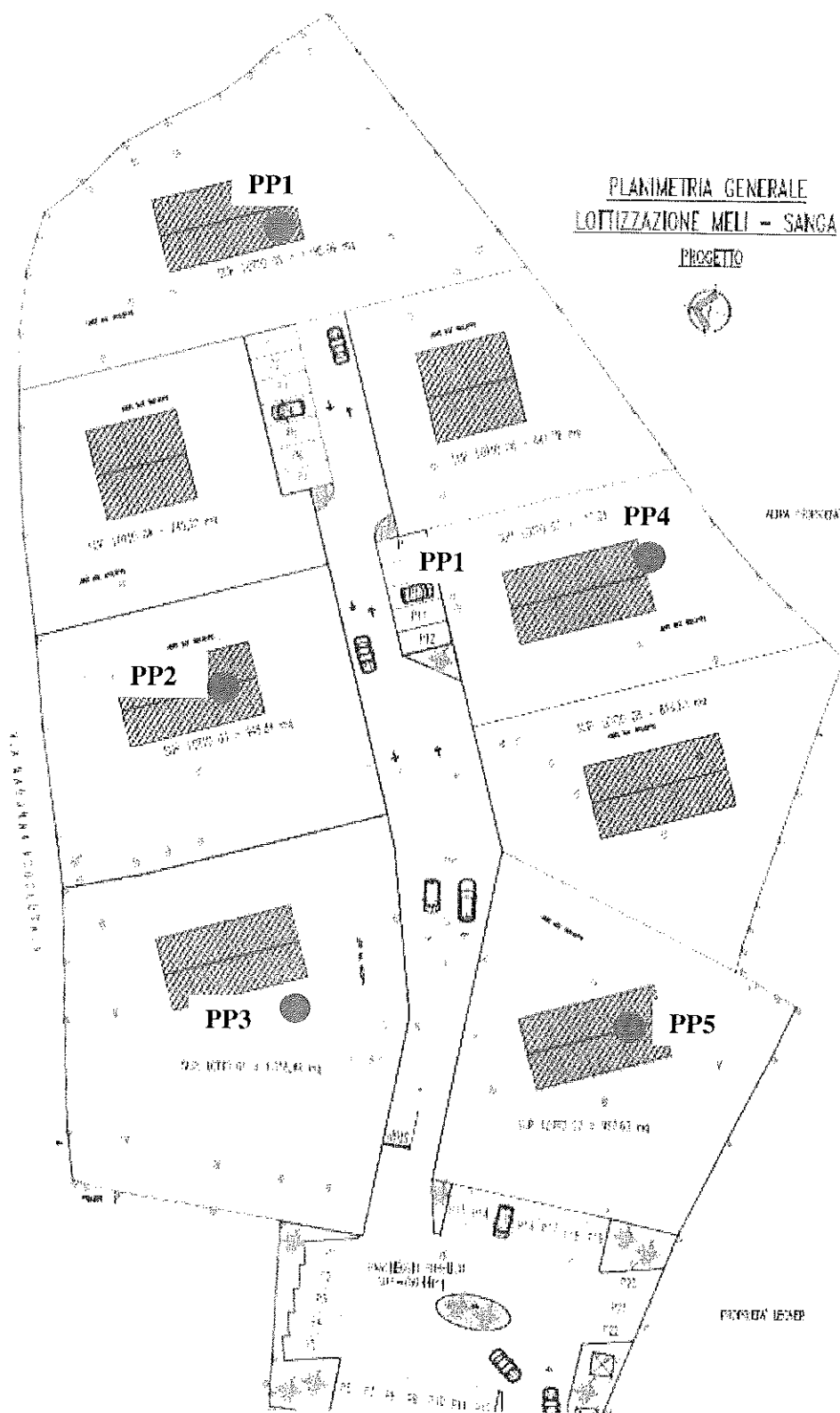
Dal punto di vista della compatibilità degli interventi di trasformazione territoriale l'area non presenta alcuna restrizione, infatti, non vi sono situazioni di rischio idrogeologico.

I risultati esposti nella presente non tengono conto di eventuali vincoli urbanistici, regolamenti edilizi locali e di altri vincoli imposti dalle pubbliche Autorità, dei quali non sono stato incaricato di verificare l'esistenza.

Resto a disposizione per qualsiasi chiarimento.



A handwritten signature in black ink, appearing to read "Alessandro Ratazzi".

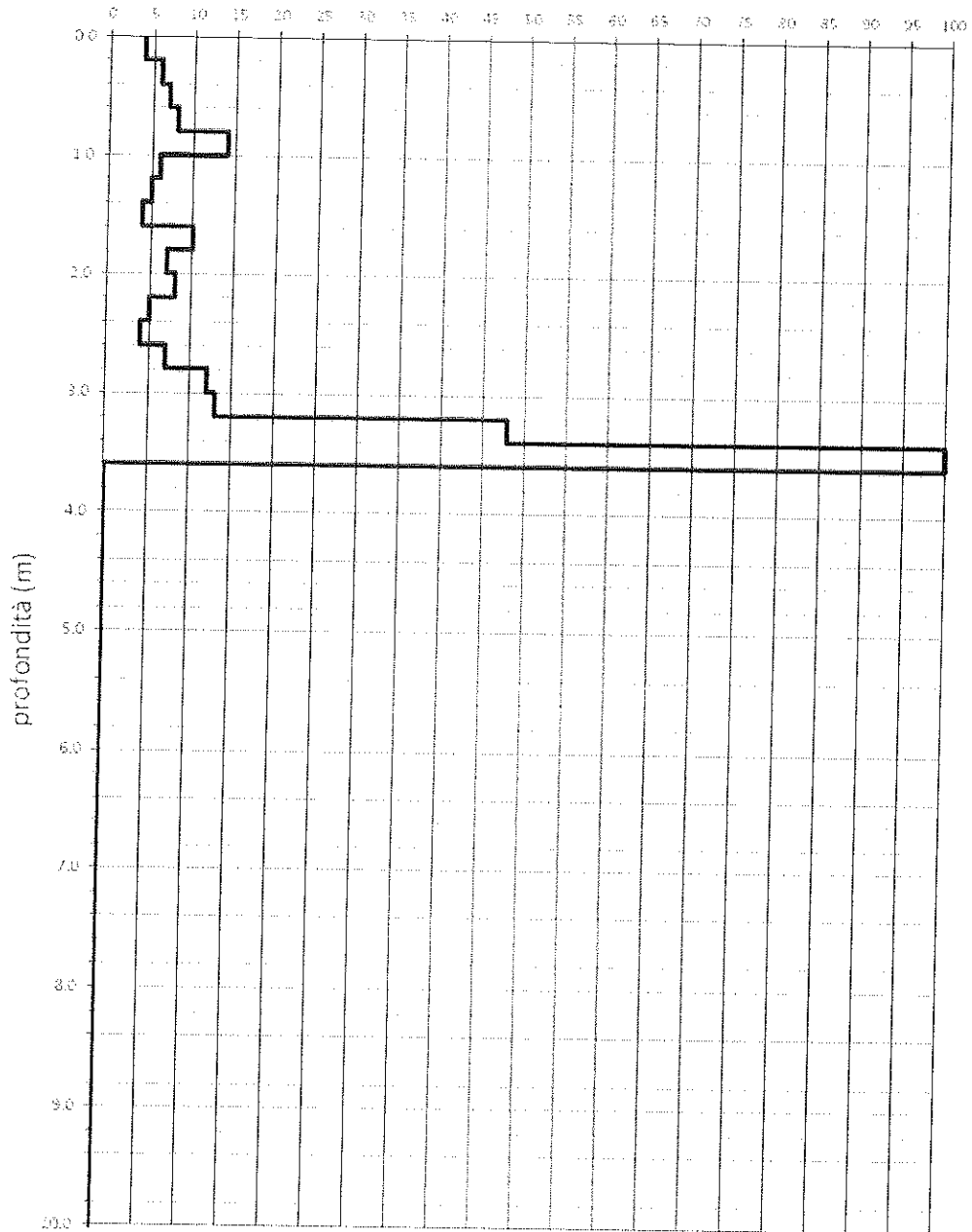


Ubicazione punti d'indagine

Monasterolo
aprile 2021

PROVA PENETROMETRICA SCPT n.01

numero dei colpi (N)

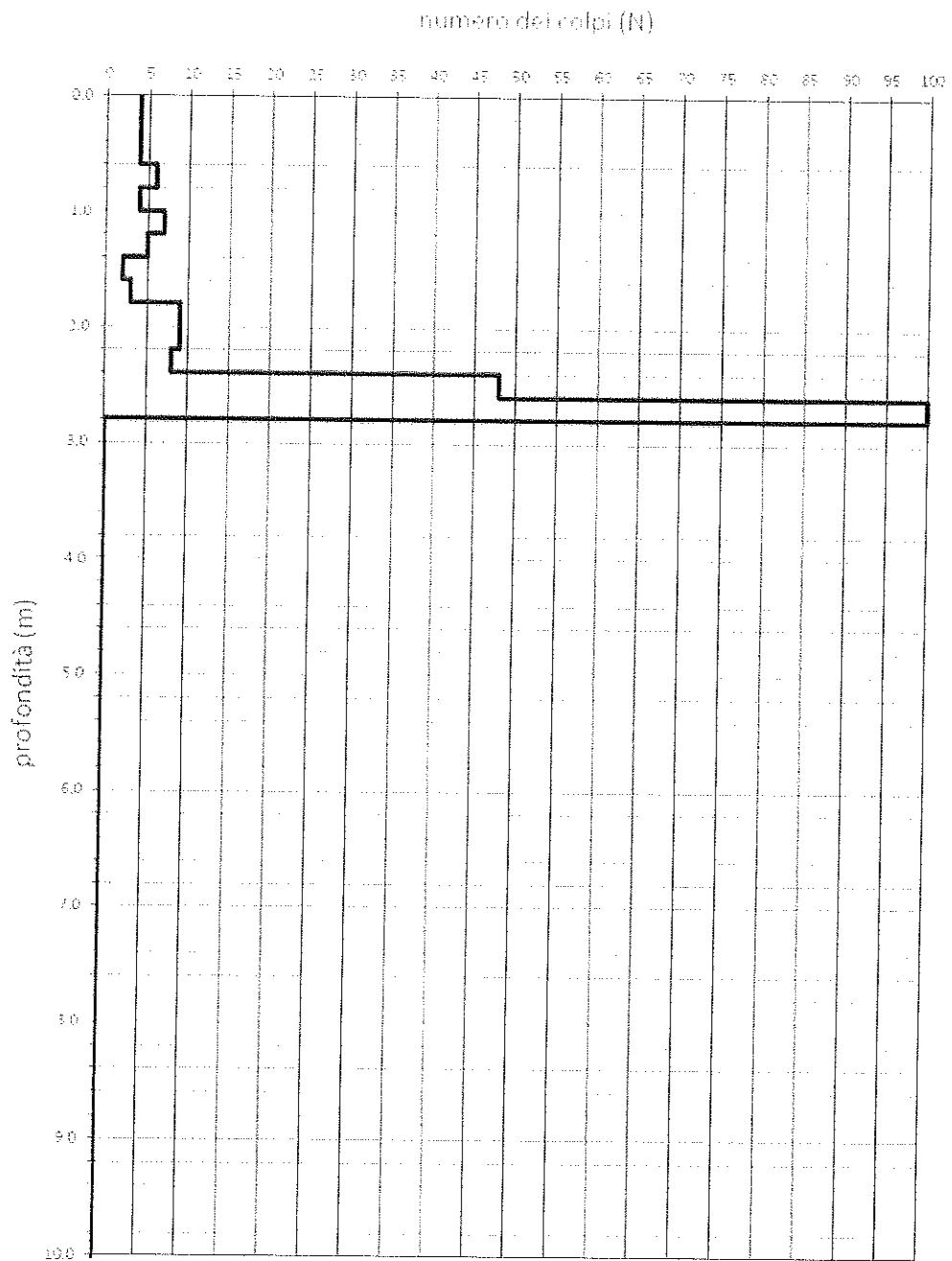


Maglio: 63,5 kg - Coniat: 75 mm
Puntata: 51 mm



Monasterolo
aprile 2021

PROVA PENETROMETRICA SCPT n.02

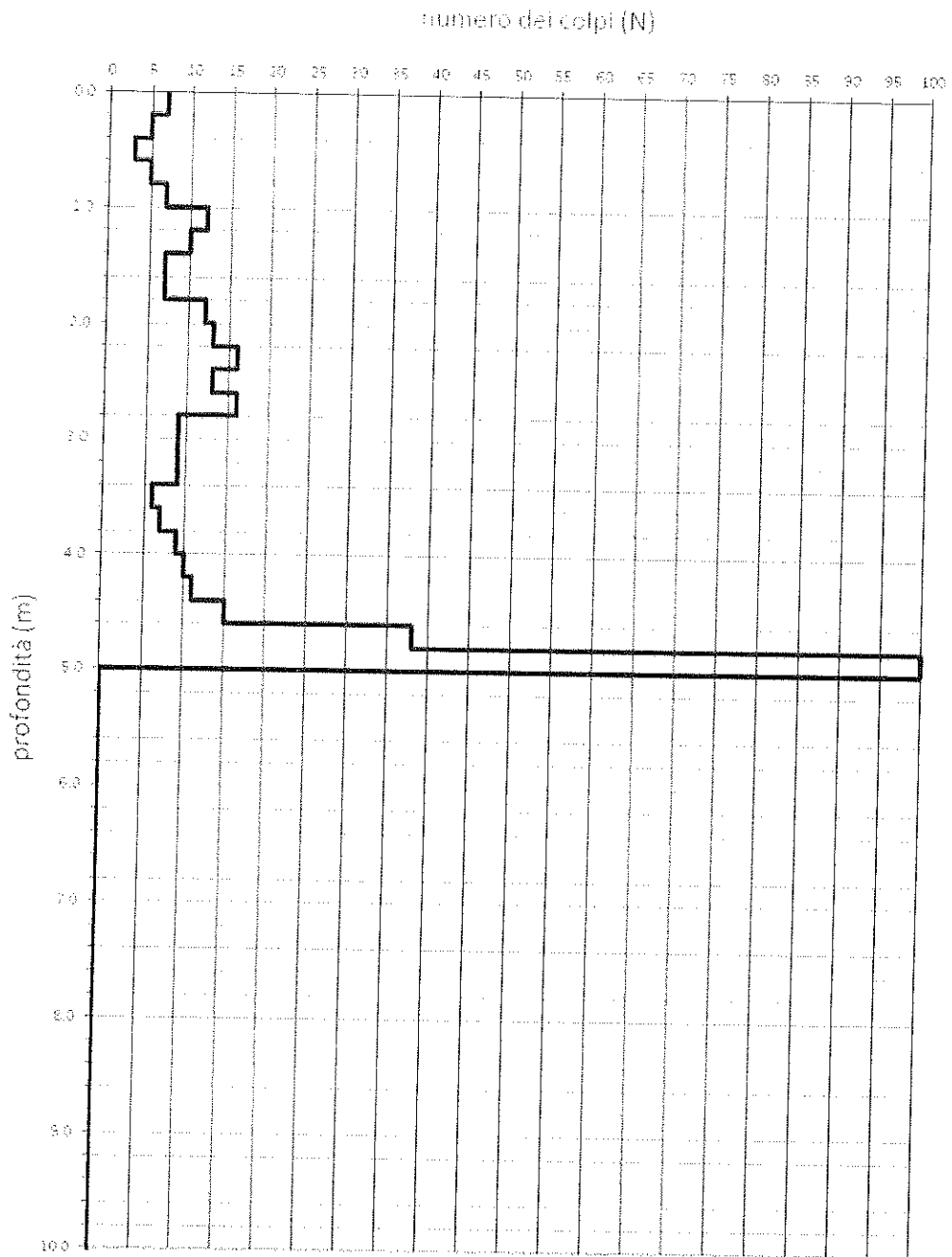


Magli: 63,5 kg Corsa: 75 cm
Punta: 51 mm



Monasterolo
aprile 2021

PROVA PENETROMETRICA SCPT n.03

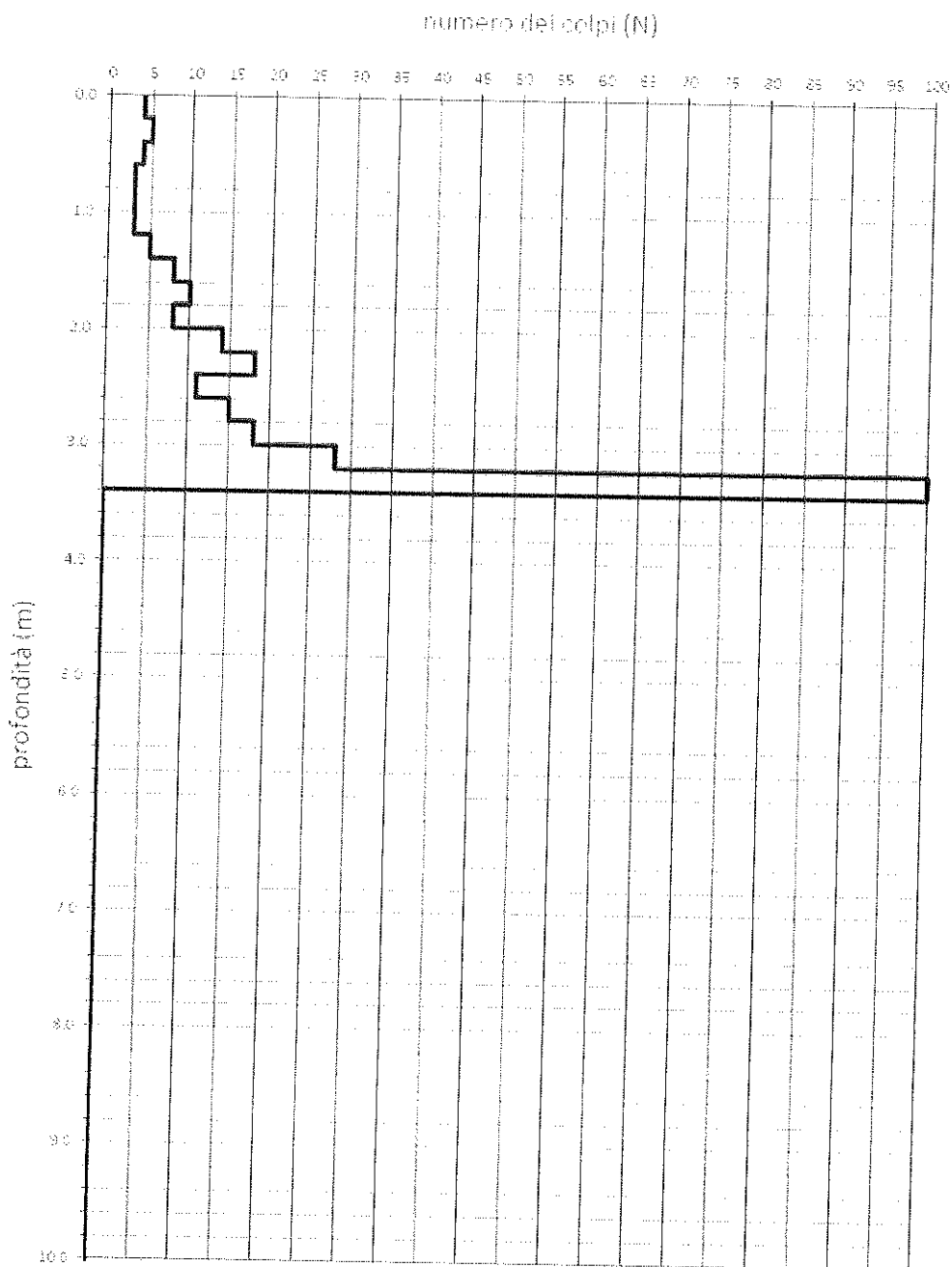


Mugli - 63 F in Cera - 75 cm
Suntar 51 mm



Monasterolo
aprile 2021

PROVA PENETROMETRICA SCPT n.04

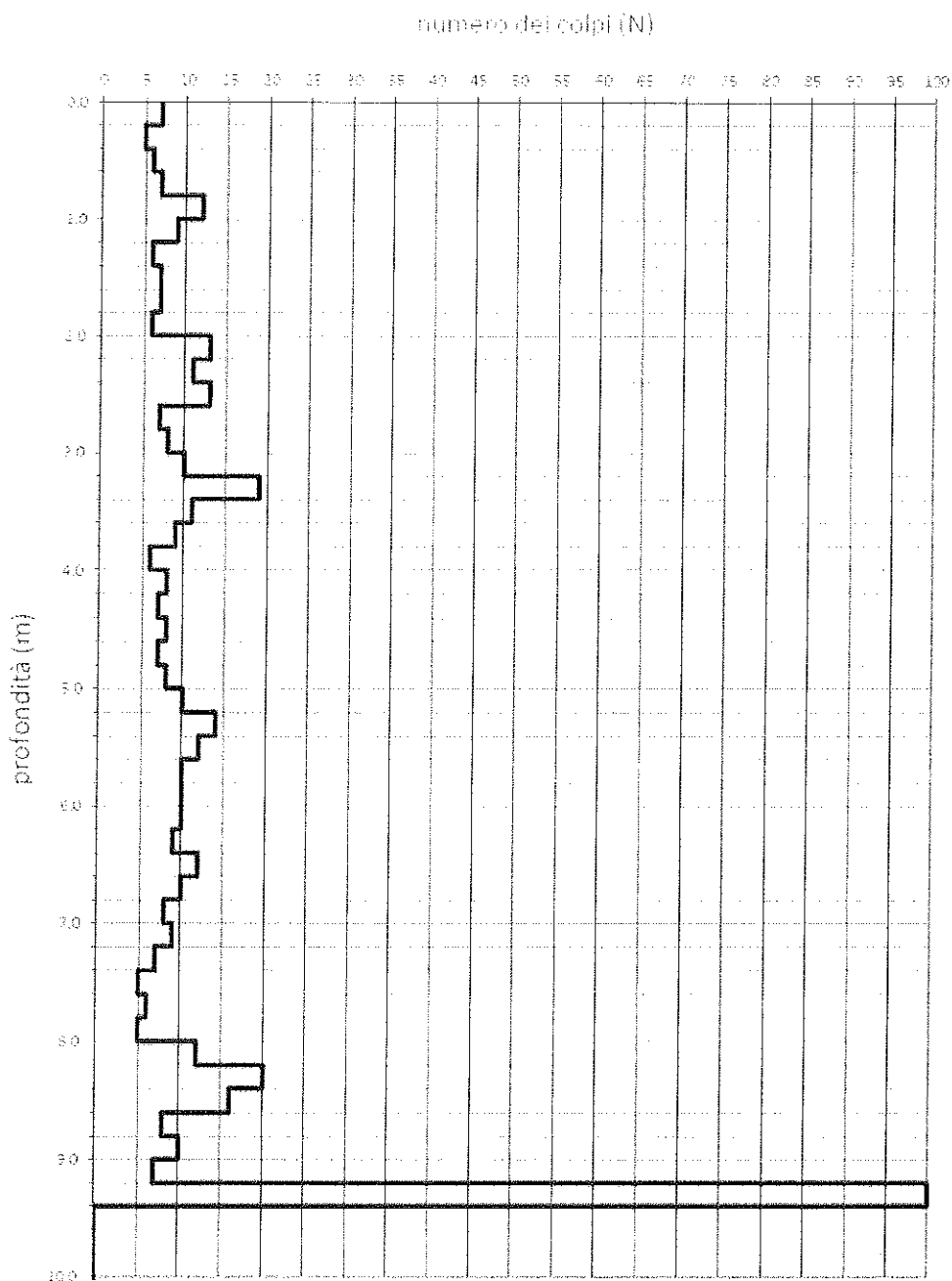


Meglio: 60 Kg Corsa: 75 cm
Punta: 61 mm



Monasterolo
aprile 2021

PROVA PENETROMETRICA SCPT n.05



Maglio: 63,5 kg Corsa: 75 cm
Punta: 51 mm



COMUNE di MONASTEROLO DEL CASTELLO
PROVINCIA DI BERGAMO



PIANO ATTUATIVO "NE4"
in località Legner
Via Madonna Addolorata e Via San Felice

ALLEGATO "F"

**VALUTAZIONE DEI QUANTATIVI DI
ACQUE BIANCHE METEORICHE E STIMA
DEL DIMENSIONAMENTO DEI POZZI
PERDENTI PER LE OPERE DI
URBANIZZAZIONE**

Trescore B.rio, Marzo 2022

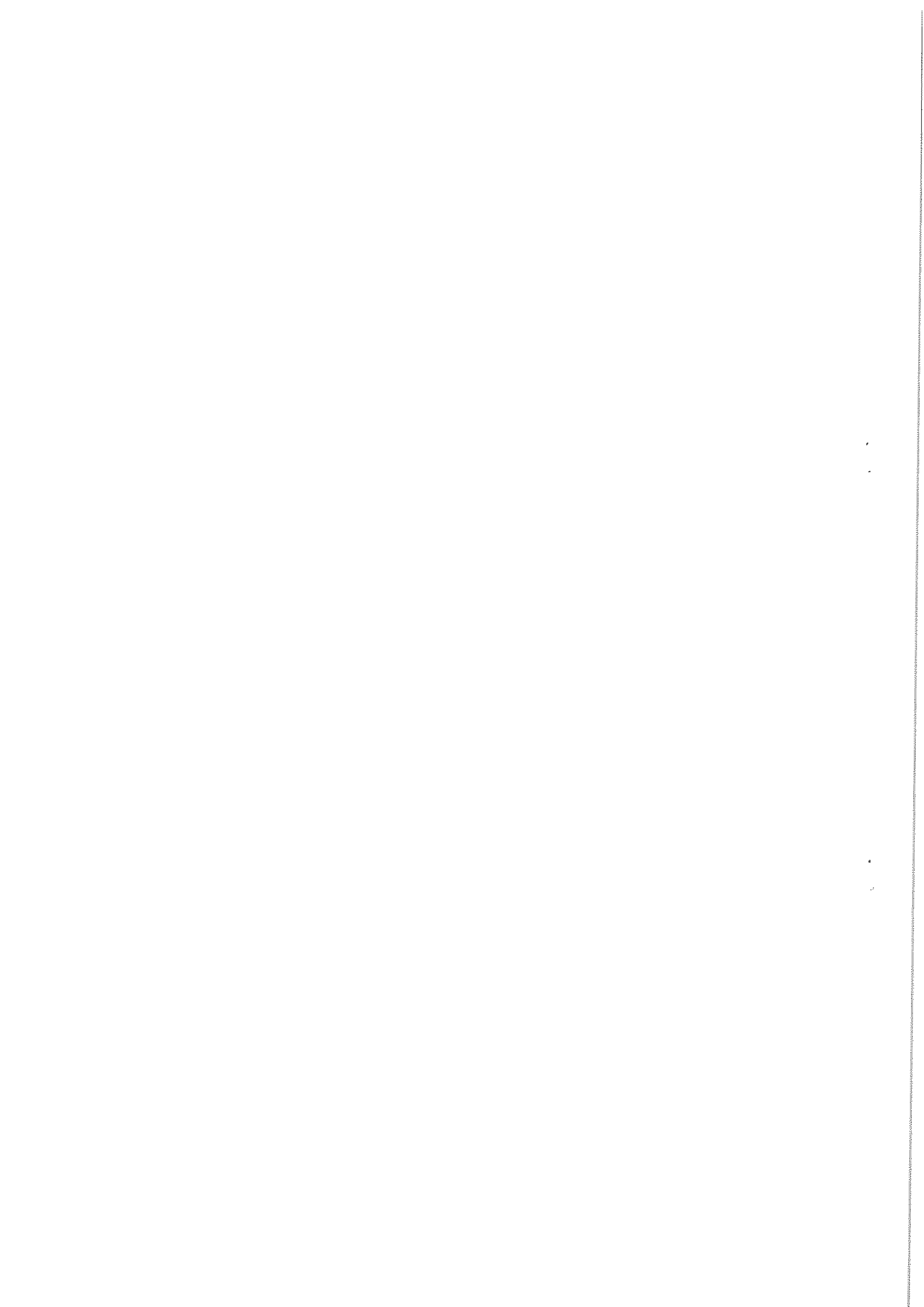
MONASTEROLO DEL CASTELLO PROVINCIA DI BERGAMO	
PR. IC. RA IS.	15 MAR. 2022
N. PROT. 983	CAT. V CL. Y# FASC. II

IL TECNICO
(ing. Gianfranco Beretta)

I PROPONENTI
(Sanga Paola, Meli Giuseppe, Meli Marco)



Sanga Paola
M. Meli
M. Meli



COMMITTENTE Signori Meli Giuseppe, Meli Marco e Sanga Paola

OGGETTO Valutazione dei quantitativi di acque bianche meteoriche (principio dell'invarianza idraulica ed idrologica, ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12, aggiornato con il R.R. n.8 del 19 aprile 2019) e stima del dimensionamento dei pozzi perdenti per le opere di urbanizzazione del Piano attuativo NE 4 tra la via Madonna Addolorata e la via San Felice

COMUNE Monasterolo del Castello (Bg)

DATA aprile 2021



A handwritten signature in black ink, appearing to read "Alessandro Ratazzi".

RELATORE *dott. geol. Alessandro Ratazzi*

Premessa

Su incarico dei Signori Meli Giuseppe, Meli Marco e Sanga Paola sono stati valutati i quantitativi di acque bianche meteoriche necessari per la progettazione del sistema di dispersione che rispetti il principio dell'invarianza idraulica ed idrologica (ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12, aggiornato con il R.R. n.8 del 19 aprile 2019) per il progetto delle opere di urbanizzazione del Piano attuativo NE 4 tra la via Madonna Addolorata e la via San Felice nel comune di Monasterolo del Castello (Bg).

Come indicato nel Regolamento Regionale del 23 novembre 2017 - n. 7, il comune di Grassobbio ricade in area ad alta criticità idraulica ("A") e quindi con una eventuale massima portata scaricabile nei ricettori (U_{lim}) pari a 10 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento.



Note di meteorologia e pluviometria

Sulla scorta delle indicazioni esposte dall'Agenzia regionale per la protezione dell'ambiente della Regione Lombardia sulla base dei parametri delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per tempi di ritorno di 20, 50, 100 e 200 anni, sono state ricostruite le diverse curve di probabilità pluviometrica per l'area in esame.



Calcolo della linea segnalatrice 1-24 ore

Parametri ricavati da: TR = 20, 50, 100, 200 anni
 A1 - Coefficiente pluviometrico pari a 0,46
 N - Coefficiente di scala 0,21
 GEV - parametro alpha 0,101
 GEV - parametro lambda 0,005
 GEV - parametro epsilon 0,007

Località: Munsterolo del Castello (Bg)
 Coordinate: 45° 51' 30" N, 10° 51' 30" E
 Linea segnalatrice
 Tempo di ritorno (anni) 50
 Evento pluviometrico
 Durata critica [ore] 10.1734
 Precipitazione cumiata [mm] 118.126

Formulazione analitica

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

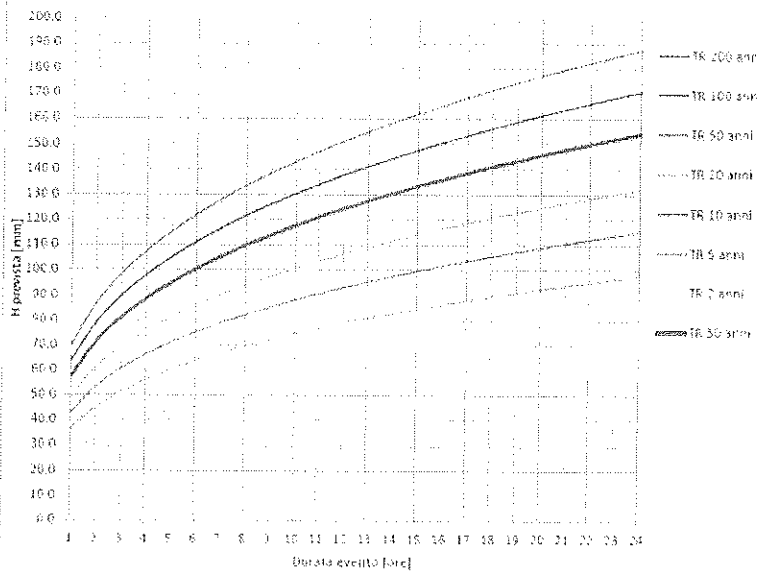
$$w_T = s \cdot \frac{\alpha}{k} \left[1 - \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right]^m \right]$$

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

TR	2	5	10	20	50	100	200	500
Durata (ore)	TR 2 anni	TR 5 anni	TR 10 anni	TR 20 anni	TR 50 anni	TR 100 anni	TR 200 anni	TR 500 anni
1	29,7	36,5	43,0	49,9	57,5	63,7	69,9	77,53
2	33,1	40,2	47,3	54,3	61,3	67,0	72,7	80,3
3	37,5	45,3	52,5	59,5	66,5	71,8	77,1	84,2
4	41,0	49,1	56,1	62,8	69,4	74,4	79,4	86,4
5	44,0	51,7	58,5	65,0	71,4	76,1	80,8	87,7
6	46,5	53,9	60,5	66,8	72,9	77,4	81,9	88,8
7	48,5	55,7	62,2	68,3	74,2	78,5	82,8	90,1
8	50,2	57,0	63,3	69,3	75,0	79,1	83,1	91,1
9	51,8	58,1	64,3	70,2	75,7	79,6	83,5	92,0
10	53,1	59,1	65,1	70,9	76,3	80,1	84,0	92,8
11	54,5	60,0	65,8	71,5	76,8	80,5	84,4	93,5
12	55,7	60,8	66,4	72,0	77,2	80,9	84,8	94,1
13	56,8	61,5	66,9	72,4	77,6	81,2	85,1	94,6
14	57,7	62,1	67,3	72,8	77,9	81,5	85,4	95,0
15	58,6	62,6	67,7	73,1	78,2	81,7	85,7	95,3
16	59,4	63,0	68,0	73,4	78,4	81,9	85,9	95,6
17	60,1	63,3	68,2	73,6	78,6	82,1	86,1	95,8
18	60,8	63,6	68,4	73,8	78,7	82,2	86,2	96,0
19	61,4	63,8	68,6	74,0	78,8	82,3	86,3	96,1
20	61,9	64,0	68,7	74,1	78,9	82,4	86,4	96,2
21	62,4	64,1	68,8	74,2	79,0	82,4	86,4	96,2
22	62,8	64,2	68,9	74,3	79,0	82,5	86,5	96,3
23	63,2	64,3	69,0	74,3	79,1	82,5	86,5	96,3
24	63,5	64,3	69,0	74,4	79,1	82,5	86,5	96,3



Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica



Dispersione delle acque bianche meteoriche

Per le considerazioni idrogeologiche è stato fatto riferimento alle personali conoscenze dell'area e, come indicato nella relazione geologica, con permeabilità compresa tra i valori di 8.0×10^{-5} e 2.0×10^{-4} m/s.

Sulla scorta dei dati pluviometrici sono stati stimati i possibili quantitativi di acqua di pertinenza delle nuove superfici impermeabili fornite dai progettisti pari a 1654 mq.

CLASSE DI INTERVENTO		SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	COEFFICIENTE DEFUSSO MEDIO PONDERALE	MODALITÀ DI CALCOLO	
				AMBITI TERRITORIALI (articolo 7)	
				Aree A, B	Aree C
0	Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi	≤ 0,03 ha (≤ 300 mq)	qualsiasi	Requisiti minimi articolo 12 comma 1	
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	da > 0,03 a ≤ 0,1 ha (da > 300 mq a ≤ 1.000 mq)	≤ 0,4	Requisiti minimi articolo 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 deflaggiata (vedi articolo 11 e allegato G)	
	> 10 ha (> 100.000 mq)	qualsiasi			

Per quanto indicato in normativa si seguirà il metodo di calcolo delle sole piogge, valutando (con un tempo di ritorno pari a 50 anni):

$$W_0 = 10 \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot D_w^n - 3,6 \cdot Q_{n, \text{lim}} \cdot D_w \quad D_{\text{ir}} = \left(\frac{Q_{n, \text{lim}}}{2,78 \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

Considerando dei coefficienti di deflusso pari a:

- 1,0 per tutte le sotto-aree interessate da tetti, coperture, e pavimentazioni continue quali strade, vialetti, parcheggi;
- 0,7 per le pavimentazioni drenanti o semipermeabili, quali strade, vialetti, parcheggi; tetti verdi e giardini pensili sovrapposti a solette comunque costituite
- 0,3 per le sotto-aree permeabili, comprese le aree verdi munite di sistemi di raccolta e collettamento delle acque

Prevedendo la dispersione nel sottosuolo, sarà necessario che il quantitativo di acqua determinato sia smaltito e/o immagazzinato da pozzi perdenti con ampia superficie e volume in modo che abbiano anche una funzione di serbatoio.

La capacità d'infiltrazione del sistema disperdente si stima con la legge di Darcy:

$$Q_f = k \cdot J \cdot Af$$

- dove:
- Q_f è la portata d'infiltrazione (mc/sec);
 - k è il coefficiente di permeabilità (m/s);
 - J è la cadente piezometrica (m/m);
 - Af è la superficie netta d'infiltrazione (mq).

considerando: – la cadente piezometrica J pari a 1;
 – D il diametro esterno del pozzo;
 – il coefficiente di permeabilità del terreno K;
 – Af la superficie orizzontale drenante effettiva calcolabile come quella di un anello di larghezza Z/2 attorno al pozzo (non si tiene conto della capacità drenante del fondo del pozzo per via della sua possibile occlusione)

l'espressione precedente si può scrivere: $Q = K/2 * [(D + H)^2 - D^2] * \pi/4$, espressa in mc/sec

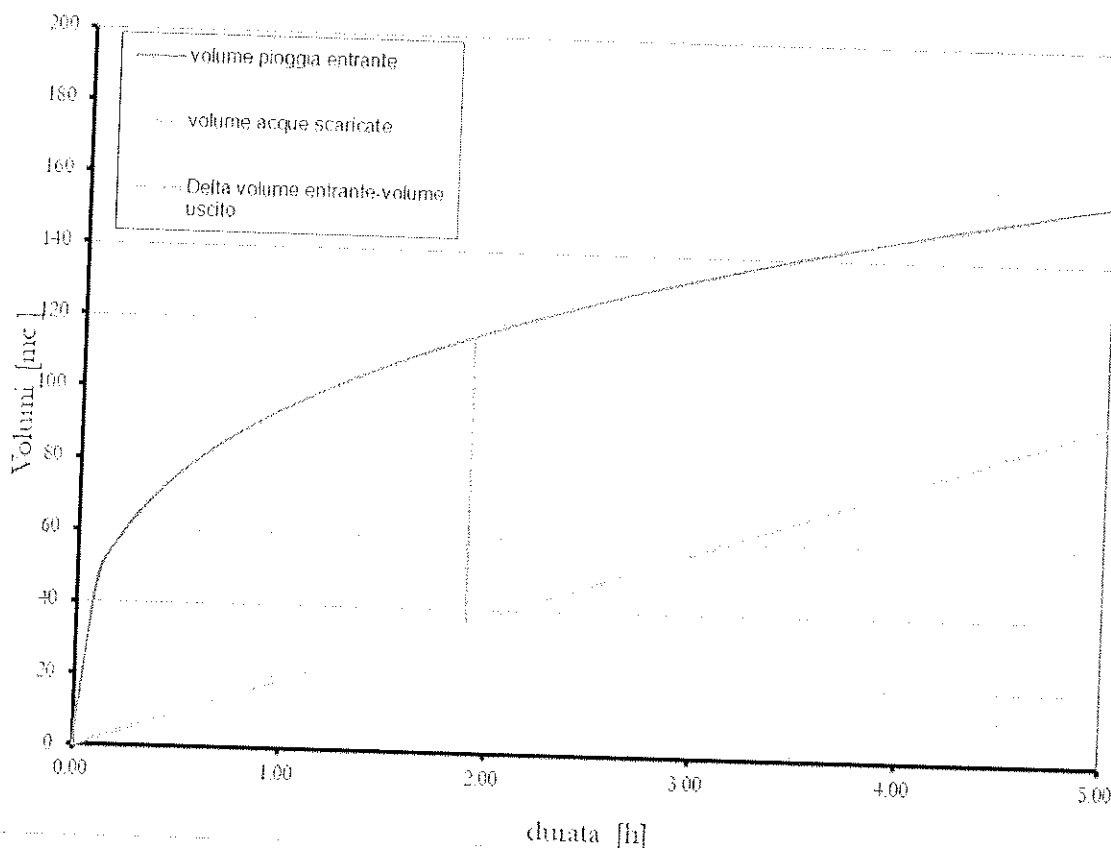
È stata verificata la potenzialità di un sistema di smaltimento articolato con:

È stata verificata la potenzialità di un sistema di smaltimento articolato con n.8 pozzi, profondi 2.0 m, e con diametro interno pari a 3.0 m (*).

* Si è considerato che il volume tra il pozzo cilindrico e le pareti dello scavo verrà riempito con materiale ghiaioso-ciottoloso drenante.

Comune	Monasterolo del Castell	
Criticità	A	
Portata scaricabile nei ricettori (Ulim)	10	l/s/ha
Tetti, coperture, solette - $\Phi=1.0$	1654.00	mq
Superfici semi-permeabili, giardini pensili - $\Phi=0.7$	0.00	mq
Sotto-aree permeabili - $\Phi=0.3$	0.00	mq
Coefficiente di deflusso medio Φ	1.00	
Durata critica	10.18	ore
Precipitazione cumulata	118.11	mm
Acque di prima pioggia	8.27	mc
Volume di acqua da disperdere	134.74	mc
Ipotesi n.8 pozzi D=2.0 m, H=3.0 m		
Permeabilità del terreno	8.00E-05	m/s
Volume totale accumulo in pozzi	140.95	mc
Portata infiltrata equivalente	31.89	l/s/ha
Dispersione nel terreno in pozzi	5.28	l/s
Dispersione nel terreno in pozzi	18.99	mc/h
Delta volume entrante-volume uscito	80.02	mc
Tempo di svuotamento	7.10	ore

Graficamente si ha la conferma dell'efficacia del sistema di raccolta e dispersione:



Il sistema di immagazzinamento e dispersione ipotizzato consente di soddisfare così la relazione che mette in equilibrio i volumi dell'acqua "entranti" con quelli "smaltiti". Il tempo di svuotamento risulta minore del limite di 48 ore fissato nell'articolo 11, comma 2, lettera f) del regolamento.

La granulometria dei depositi, e la loro permeabilità, dovranno essere comunque verificate e confermate anche in fase di scavo, eventualmente prevedendo prove di dispersione in fase preliminare; si raccomanda in ogni modo di realizzare eventuali i pozzi perdenti discosti il più possibile dalle strutture di fondazione.

Si ricorda infine l'importanza della manutenzione e della pulizia del sistema disperdente nel corso del tempo, che potrebbe, se non effettuata in modo corretto, diminuire anche sensibilmente la capacità di dispersione.

Soluzioni diverse potranno essere predisposte su richiesta del progettista che segnalerà le ulteriori ipotesi.

Resto a disposizione per qualsiasi chiarimento.



Alessandro Ratazzi

ALLEGATO E

**ASSEVERAZIONE DEL PROFESSIONISTA IN MERITO ALLA CONFORMITÀ DEL PROGETTO
AI CONTENUTI DEL REGOLAMENTO
DICHIARAZIONE SOSTITUTIVA DELL'ATTO DI NOTORIETA'
(Articolo 47 d.p.r. 28 dicembre 2000, n. 445)**

Il sottoscritto Alessandro Ratazzi, nato a Milano, il 14/06/1968, residente a Bergamo, in via Castello Presati n. 15 iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Lombardia n.1431AP
incaricato dai Signori Meli Giuseppe, Meli Marco e Sanga Paola di redigere il *Progetto di invarianza idraulica e idrologica* per le opere di urbanizzazione del Piano attuativo NE 4 tra la via Madonna Addolorata e la via San Felice nel comune di Monasterolo del Castello (Bg).

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 Monasterolo del Castello, 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 idraulicaoppure
- 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 si applicano i limiti delle aree A ad alta criticità
- che la superficie interessata dall'intervento è minore o uguale a 300 mq 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 considerato 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 imposto dall'Ente gestore del ricettore
- 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 5,28 l/s, che equivale ad una portata infiltrata pari a 31,89 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 potenziale bassa
 - Classe «2» Impermeabilizzazione potenziale media
 - Classe «3» Impermeabilizzazione potenziale alta
- che l'intervento ricade nelle tipologie di applicazione dei requisiti minimi di cui:
 - dall'articolo 12, comma 1 del regolamento
 - dall'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 comma 3, lettera a) del regolamento (casi in cui si applicano i requisiti minimi)
- 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 regolamento) è stato redatto nel rispetto dei principi di invarianza idraulica e idrologica, secondo quanto disposto dal piano di governo del territorio, dal regolamento edilizio;
- 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 ove 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.

Bergamo, 29/04/2021

Il Dichiarante



