

COGEO

STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA APPLICATA
FLAVIO CASTIGLIONI - MARIO LUCINI
GEOLOGI

P. Iva 01550910135

COMUNE DI CASNATE CON BERNATE

**Realizzazione spogliatoi presso
il centro sportivo di Via Verdi**

**Progetto di invarianza idraulica ed idrologica
ai sensi del R.R. 23/11/2017 n. 7 e s.m.i.
Computi**

luglio 2024

1 - PREMESSA

In conformità all'incarico conferito dalla Committenza e in ottemperanza a quanto prescritto dalla normativa (*R.R. 23 novembre 2017 n. 7 e s.m.i.*), si è proceduto alla redazione dei computi di supporto al **progetto di invarianza idraulica ed idrologica** relativo all'**intervento di realizzazione degli spogliatoi a servizio del centro sportivo di Via Verdi.**

2 - INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area in esame si ubica nel settore centrale del territorio comunale di Casnate con Bernate, al margine sud-occidentale dell'abitato di Bernate, a quote prossime ai 310 metri sul livello del mare (**Tav. 1**).

3 - STATO DEI LUOGHI ED INTERVENTI IN PROGETTO

Il comparto d'interesse si localizza immediatamente a valle del tracciato stradale della Via Verdi, al margine sud-occidentale dell'ampio ripiano morfologico entro cui si localizza il nuovo campo di calcio (**Tav. 2**).

L'area risulta priva di evidenze di dissesti in atto e/o di fenomeni di instabilità a carico delle coltri di copertura.

L'intervento in esame – come esaustivamente illustrato nelle tavole di progetto predisposte da altro tecnico, a cui si rimanda per un maggiore dettaglio – prevede la realizzazione degli spogliatoi per gli atleti, a servizio del nuovo centro sportivo (**Tav. 3**).

4 – SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE RACCOLTE DALLE SUPERFICI SCOLANTI IMPERMEABILI

Il progetto prevede lo smaltimento delle acque meteoriche raccolte dalle superfici scolanti impermeabili di nuova formazione mediante dispositivi di dispersione nel sottosuolo, senza recapito a ricettori esterni.

La **capacità di dispersione idrica** del terreno è stata verificata mediante l'effettuazione, in data 09/07/2024, di una **prova di permeabilità a carico variabile**, secondo le procedure individuate dalle raccomandazioni A.G.I. 1977.

L'assaggio a mezzo di escavatore propedeutico alla realizzazione della prova (**Tav. 3**) è stato spinto sino alla profondità di 2.2 m dal piano campagna ed ha evidenziato la seguente successione stratigrafica:

- 0.0 – 1.2 terreno vegetale
- 1.2 – 2.2 sabbia con ghiaia limosa bruna

La parte inferiore del cavo è stata sagomata affinché fosse assimilabile ad un parallelepipedo delle dimensioni in pianta di 0.7x1.5 m (corrispondente ad un quadrato di lato 102 cm) e profondità pari a 0.80 m.

Dopo un primo ciclo di riempimento-assorbimento, il cavo è stato riempito d'acqua fino ad un'altezza di 68 cm dal fondo ed è stato misurato l'**abbassamento di livello nell'arco temporale di 25 minuti, risultato pari a 13 cm.**



Fasi esecutive della prova di permeabilità

La determinazione del **valore di permeabilità k del terreno**, secondo il metodo proposto dalle raccomandazioni A.G.I. (1977), ha fornito il seguente risultato

$$k = (h_2 - h_1 / t_2 - t_1) \times [1 + (2h_m / b)] / [27h_m / b + 3] = \mathbf{0.00099 \text{ cm/s}}$$

Sulla scorta di questo dato, si è proceduto in primo luogo alla valutazione della **capacità di smaltimento (Q_{pp}) di un pozzo perdente del diametro di 200 cm ed altezza pari a 2 m**, spinto sino alla **profondità di 2.5 m** dal piano campagna, mediante l'applicazione della formula:

$$q = \mathbf{(6.28 L H k) / \ln(2L/d)} \quad (\text{Lefranc})$$

dove

- q = portata massima smaltibile (m^3/s)
- L = lunghezza utile tratta filtrante (m)
- H = battente idrico massimo (m)
- k = permeabilità terreno (m/s)
- d = diametro pozzo (m)

ottenendo:

$$Q_{pp} = (6.28 \cdot 2.0 \cdot 2.0 \cdot 0.0000099) / 0.693 = 0.00036 \text{ m}^3/\text{s} = \mathbf{0.36 \text{ l/s} = 1.3 \text{ m}^3/\text{h}}$$

Il **volume massimo stoccabile entro il pozzo (V_{pozzo})** risulta pari a:

$$V_{\text{pozzo}} = \pi \times r^2 \times H$$

$$V_{\text{pozzo}} = 3.14 \times 1.0 \times 2.0 = \mathbf{6.3 \text{ m}^3}$$

Ipotizzando l'installazione del **pozzo perdente all'interno di una trincea drenante** della profondità di 2.5 m (colmata con ghiaia esternamente al pozzo), avente dimensioni in pianta di 3x3 m alla base e di 4x4 m a piano campagna adottato un coefficiente di riduzione (legato all'indice dei vuoti) pari a 0.3, il **volume stoccabile entro la trincea drenante (V_{trincea})** risulterebbe pari a:

$$V_{\text{trincea}} = [30.8 - V_{\text{pozzo}}] \times 0.3 = \mathbf{7.4 \text{ m}^3}$$

(volume ghiaia per riempimento = 24.5 m³)

Il totale del **volume utile di stoccaggio** risulterebbe pertanto

$$W_s = V_{\text{trincea}} + V_{\text{pozzo}} = \mathbf{7.4 + 6.3 = 13.7 \text{ m}^3}$$

Nella previsione, per il caso in esame, di realizzare n. 2 pozzi perdenti con relativa trincea di alloggiamento, si ottiene:

$$\text{Capacità di dispersione totale } Q_{pp\text{Tot}} = 0.36 \text{ l/s} \times 2 = \mathbf{0.72 \text{ l/s} = 2.6 \text{ m}^3/\text{h}}$$

$$\text{Volume di stoccaggio totale } W_{s\text{Tot}} = 13.7 \text{ m}^3 \times 2 = \mathbf{27.4 \text{ m}^3}$$

Si specifica che la portata di dispersione indicata è da intendersi in termini conservativi, in quanto non tiene conto dell'incremento garantito dal materasso drenante da realizzarsi intorno ai pozzi perdenti nell'ambito della trincea di alloggiamento.

5 - INQUADRAMENTO IDRAULICO

Ai sensi dell'art. 7 del R.R. 23 novembre 2017 n. 7 e s.m.i., i comuni del territorio lombardo sono stati suddivisi in 3 ambiti in base alla criticità idraulica dei bacini dei corsi d'acqua ricettori (Figura 1):

- A - Alta criticità
- B - Media criticità
- C - Bassa criticità

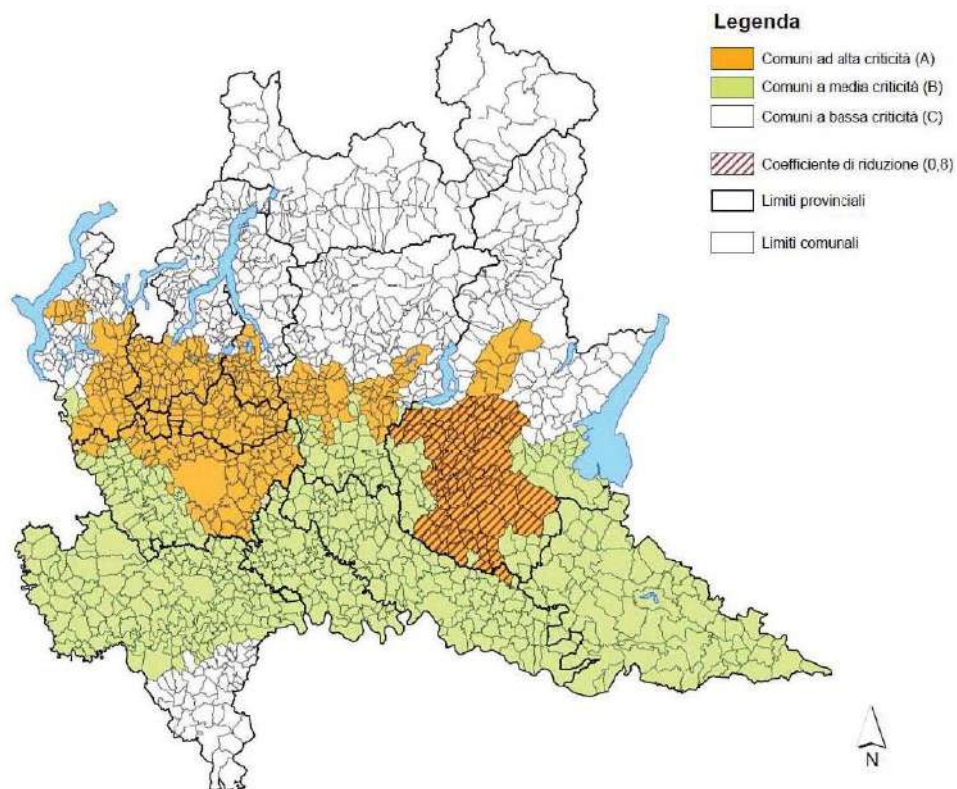


Figura 1 - Cartografia regionale degli ambiti a diversa criticità idraulica (fonte R.R. 23 novembre 2017 n. 7 e s.m.i.)

Il Comune di Casnate con Bernate ricade fra i comuni ad Alta Criticità (A).

6 - CALCOLO DEL VOLUME DI LAMINAZIONE

La normativa vigente identifica quattro classi d'intervento:

0. Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi;
1. Impermeabilizzazione potenziale bassa;
2. Impermeabilizzazione potenziale media;
3. Impermeabilizzazione potenziale alta;

definite sulla base della criticità dell'area, della superficie interessata dall'intervento e dal coefficiente di deflusso medio ponderale (ϕ) e caratterizzate da una specifica modalità di calcolo dei volumi degli invasi di laminazione richiesti (Figura 2).

CLASSE DI INTERVENTO	SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	COEFFICIENTE DEFLESSO 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 dettagliata (vedi articolo 11 e allegato G)	
		> 10 ha (> 100.000 mq)	qualsiasi		

Figura 2 - Classificazione degli interventi richiedenti misure di invarianza idraulica e idrologica

Nel dettaglio, il **coefficiente di deflusso medio ponderale** (φ_m), utile alla valutazione delle perdite idrologiche per il calcolo dell'idrogramma netto di piena in arrivo nell'opera di laminazione, è calcolato adottando i seguenti valori standard del coefficiente di deflusso:

$$\varphi = 1.0$$

per tutte le sotto-aree interessate da tetti, coperture e pavimentazioni continue di strade, vialetti, parcheggi;

$$\varphi = 0.7$$

per i tetti verdi, i giardini pensili e le aree verdi sovrapposte a solette comunque costituite, per le aree destinate all'infiltrazione delle acque gestite ai sensi del presente regolamento e per le pavimentazioni discontinue drenanti o semipermeabili di strade, vialetti, parcheggi;

$$\varphi = 0.3$$

per le sotto-aree permeabili di qualsiasi tipo, comprese le aree verdi munite di sistemi di raccolta e collettamento delle acque ed escludendo dal computo le superfici incolte e quelle di uso agricolo.

Nel caso in esame, va considerato che l'intervento in progetto comporterà la modifica delle attuali condizioni di permeabilità del suolo su una superficie complessiva pari a **378 m²** (Tav. 3).

Attribuiti i coefficienti di cui sopra alle rispettive aree

Tabella 1 - calcolo della superficie scolante impermeabile

Sotto aree	Coefficienti di deflusso (φ)	S Superficie scolante totale (m ²)	S _i Superficie scolante impermeabile dell'intervento (m ²)
Coperture impermeabili	1.0	142	142
Pavimentazioni drenanti	0.7	236	165
		378	307

si ottiene un valore di **coefficiente di deflusso medio ponderale** pari a:

$$\varphi_m = S_i / S = (307 / 378) = 0.81$$

In considerazione di tale dato ($\phi_m > 0.4$) e dell'estensione della superficie interessata (da > 0.03 ha a < 0.1 ha), l'intervento in oggetto è ascritto alla classe 2 (impermeabilizzazione potenziale media, Tab. 1, art. 9, R.R. 23 novembre 2017 n. 7 e s.m.i. - Figura 2).

Tenuto conto che il comparto ricade entro un'area ad Alta Criticità (A), il volume (W) dell'invaso di laminazione deve essere pertanto calcolato con il "metodo delle sole piogge".

Quest'ultimo si basa sulle seguenti assunzioni:

- l'onda entrante nell'invaso di laminazione dovuta alla precipitazione piovosa ($Q_e(t)$) è un'onda rettangolare avente durata (D) e portata costante (Q_e) pari al prodotto dell'intensità media di pioggia (dedotta dalla curva di possibilità pluviometrica valida per l'area oggetto di calcolo in funzione della durata di pioggia) per la superficie scolante impermeabile (S_{si}) dell'intervento afferente all'invaso:

$$Q_e = S_{si} \times a \times D^{n-1}$$

cui corrisponde un volume di pioggia complessivamente entrante (W_e) pari a:

$$W_e = S_{si} \times a \times D^n$$

dove a (50 anni = 63.2 mm/h^n) ed n ($=0.3313$) sono parametri della curva di possibilità pluviometrica ($h = a \times D^n$) desunti da ARPA Lombardia per il sito in esame (vedi Tabella allegata)

- l'onda uscente ($Q_u(t)$) è anch'essa un'onda rettangolare caratterizzata da una portata relativamente costante (Q_{pp}), commisurata alla capacità di smaltimento dei pozzi perdenti, con

$$Q_{pp} = 0.72 \text{ l/s}$$

dove Q_{pp} = portata smaltibile dai pozzi perdenti

cui corrisponde un volume di pioggia complessivamente uscito (W_u) nel corso dell'evento di durata D pari a:

$$W_u = Q_{pp} \times D$$

Sulla base di tali ipotesi semplificative, il volume di laminazione è dato, per ogni durata di pioggia considerata, dalla differenza tra i volumi dell'onda entrante e dell'onda uscente calcolati al termine della durata di pioggia.

Conseguentemente, il volume di dimensionamento della vasca è pari al **volume critico di laminazione (W_0)**, cioè quello calcolato per l'evento di **durata critica (D_w)** che rende massimo il volume di laminazione (Figura 3).

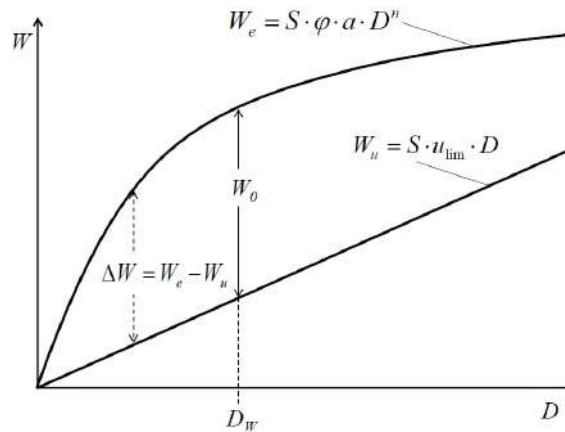


Figura 3 - Individuazione dell'evento critico D_w e del corrispondente volume critico W_0 di laminazione, ovvero quello che massimizza il volume invasato

Alla luce di quanto sin qui esposto, la **durata critica (D_w)** dell'evento piovoso è stata calcolata mediante la seguente formula:

$$D_w = [Q_{pp} / (2.78 \times S_{si} \times a \times n)]^{1/(n-1)}$$

ed il corrispettivo **volume di laminazione (W_0)** risulta pari a:

$$W_0 = 10 \times S_{si} \times a \times D_w^n - 3.6 \times Q_{pp} \times D_w$$

Nel caso specifico, si ottiene

$$D_w = 3.9 \text{ ore}$$

$$W_0 = 20.4 \text{ m}^3$$

con **W_0 inferiore al requisito minimo W_{\min}** di cui all'art.12, comma 2 del Regolamento, che per le aree A viene definito in 800 m^3 per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento, da cui

$$W_{\min} = 307 \times 800 / 10000 = 24.6 \text{ m}^3$$

Il volume di stoccaggio W_s (27.4 m^3) previsto in progetto risulta pertanto congruo, essendo superiore a W_{\min} (24.6 m^3).

7 - VERIFICA DEL TEMPO DI SVUOTAMENTO

Ai sensi dell'art. 11, comma 2, lettera f), punto 2 del R.R. 23 novembre 2017 n. 7 e s.m.i., è necessario infine verificare i **tempi di svuotamento** dei volumi di stoccaggio, che **non devono superare le 48 ore**, in modo di ripristinare quanto prima le capacità d'invaso.

L'applicazione della formula

$$T_{\text{svuot}} = W_s / Q_{\text{pp}}$$

fornisce il seguente risultato

$$T_{\text{svuot}} = 27.4 / 2.6 = \mathbf{11.9 \text{ ore}}$$

coerente con quanto previsto dalla norma.



A handwritten signature in black ink is written over a blue circular stamp. The stamp contains the text: "ORDINE DEI GEOLOGI della LOMBARDIA" around the perimeter, "LUCINI MARIO" in the center, and "n° 518" below the name.



Committente

COMUNE DI CASNATE CON BERNATE

Oggetto

Realizzazione spogliatoi presso
il centro sportivo di Via Verdi

Titolo

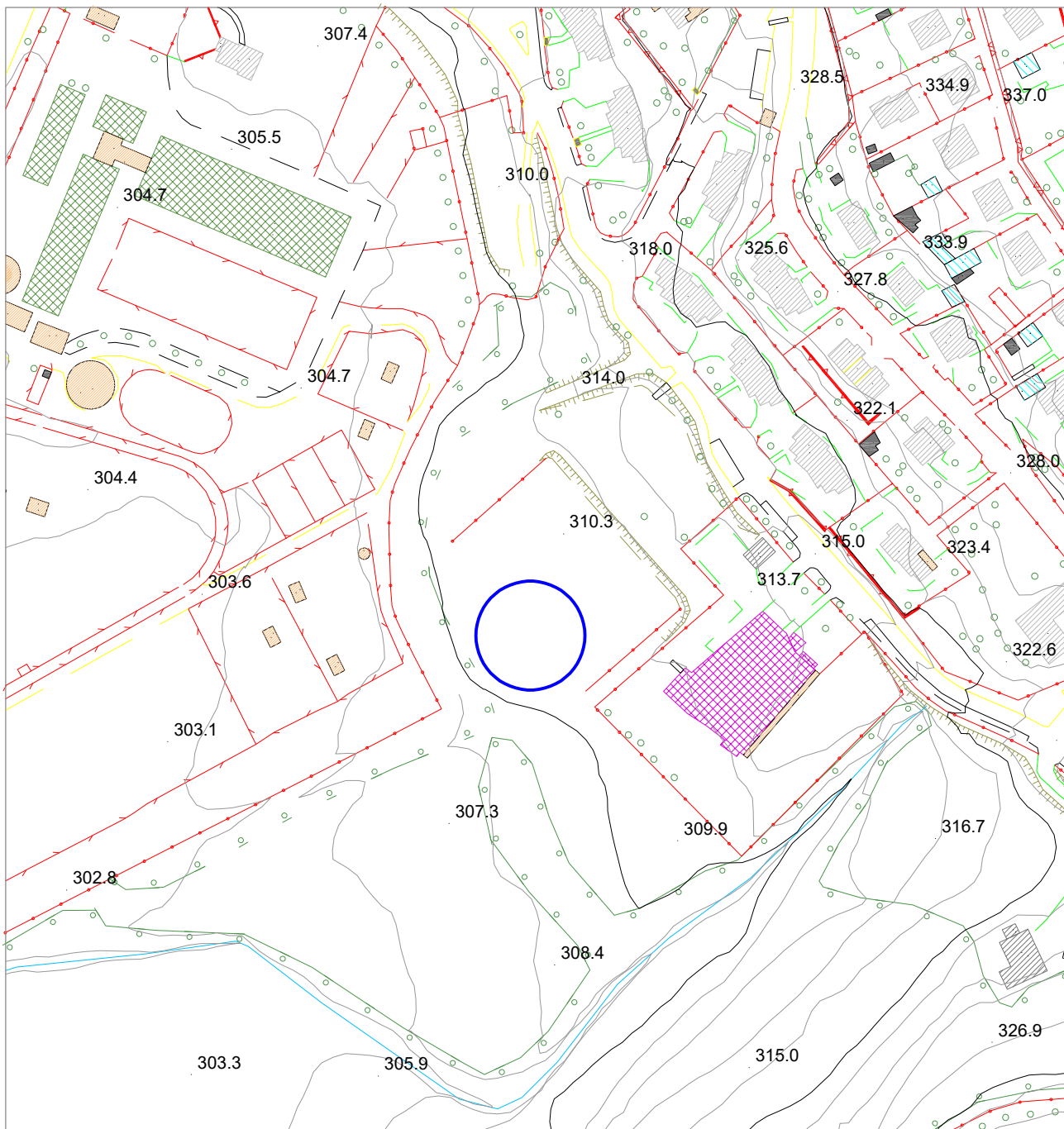
INQUADRAMENTO GEOGRAFICO
(Carta Tecnica Regione Lombardia - Sez. B5a1)

○ Area d'interesse

Tavola

1

Scala
1:10000



Committente

COMUNE DI CASNATE CON BERNATE

Oggetto

Realizzazione spogliatoi presso
il centro sportivo di Via Verdi

Titolo

INQUADRAMENTO TERRITORIALE
(Rilievo aerofotogrammetrico comunale - stralcio)

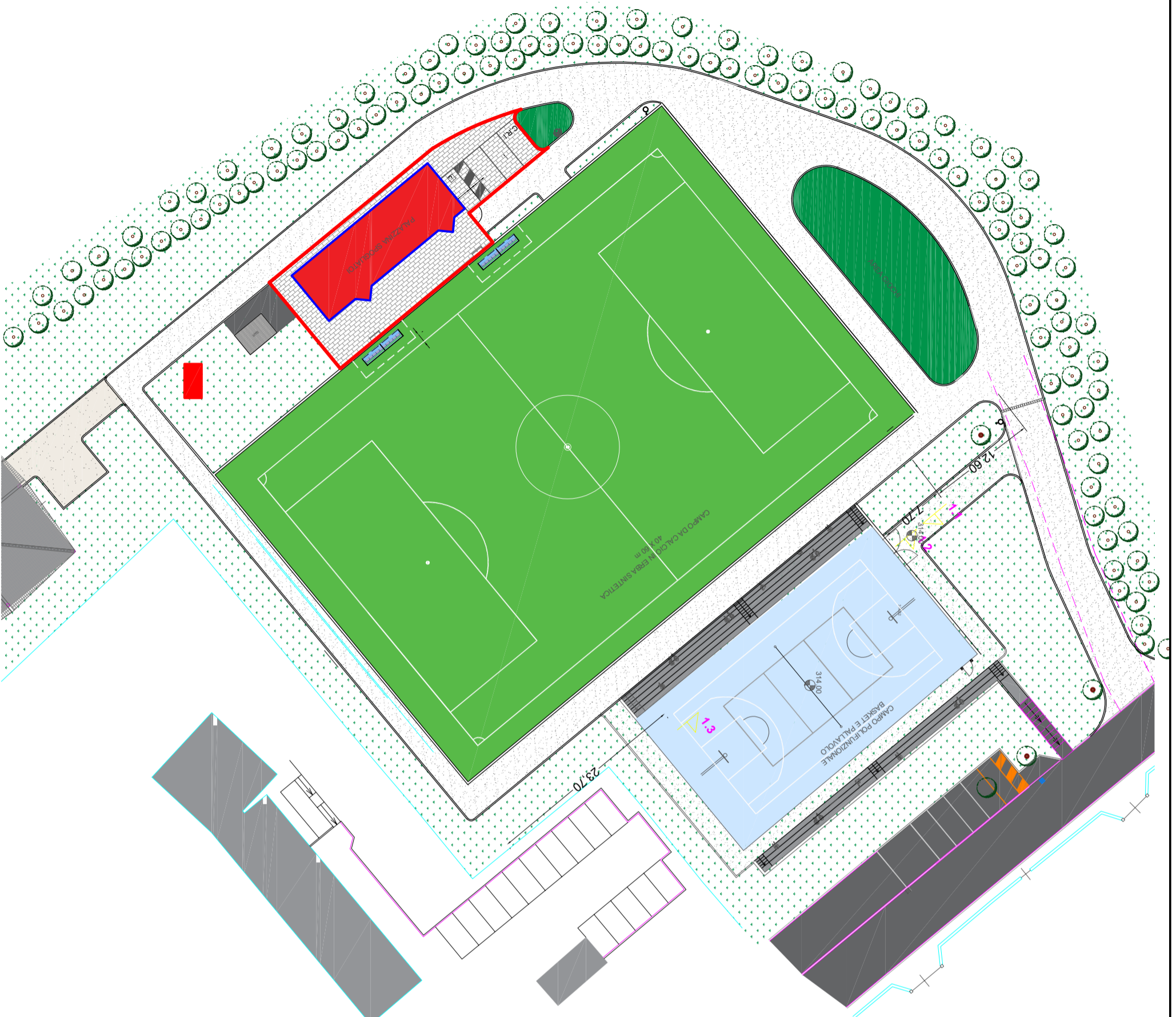



Area d'interesse

Tavola

2

Scala
1:2000



 prova di permeabilità

Committente
COMUNE DI CASNATE CON BERNATE

Oggetto
 Realizzazione spogliatoi presso
 il centro sportivo di Via Verdi

Titolo
**INTERVENTI IN PROGETTO
 INVARIANZA IDRAULICA ED IDROLOGICA
 (stralcio da elaborato progettuale)
 Planimetria generale**

Tavola
3
 Scala
 1:500

Calcolo della linea segnalatrice 1-24 ore

Località: *BERNATE*
 Coordinate:

Linea segnalatrice

Parametri ricavati da: <http://idro.arpalombardia.it>
 A1 - Coefficiente pluviometrico orario 32,14
 N - Coefficiente di scala 0,3313
 GEV - parametro alpha 0,2865
 GEV - parametro kappa -0,0074
 GEV - parametro epsilon 0,8324

Tempo di ritorno (anni)

Evento pluviometrico

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

Formulazione analitica

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

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

Bibliografia ARPA Lombardia:

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

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

Tr	2	5	10	20	50	100	200	50
wT	0,93755	1,26453	1,48253	1,69278	1,96660	2,17303	2,37977	1,96660129
Durata (ore)	TR 2 anni	TR 5 anni	TR 10 anni	TR 20 anni	TR 50 anni	TR 100 anni	TR 200 anni	TR 50 anni
1	30,1	40,6	47,6	54,4	63,2	69,8	76,5	63,2065653
2	37,9	51,1	59,9	68,5	79,5	87,9	96,2	79,5231233
3	43,4	58,5	68,6	78,3	91,0	100,5	110,1	90,9562324
4	47,7	64,3	75,4	86,1	100,1	110,6	121,1	100,051745
5	51,4	69,3	81,2	92,7	107,7	119,0	130,4	107,728585
6	54,6	73,6	86,3	98,5	114,4	126,4	138,5	114,436272
7	57,4	77,4	90,8	103,7	120,4	133,1	145,7	120,432353
8	60,0	80,9	94,9	108,4	125,9	139,1	152,3	125,879759
9	62,4	84,2	98,7	112,7	130,9	144,6	158,4	130,888875
10	64,6	87,2	102,2	116,7	135,5	149,8	164,0	135,538349
11	66,7	89,9	105,5	120,4	139,9	154,6	169,3	139,886643
12	68,6	92,6	108,5	123,9	144,0	159,1	174,2	143,977603
13	70,5	95,1	111,5	127,3	147,8	163,4	178,9	147,846696
14	72,2	97,4	114,2	130,4	151,5	167,4	183,4	151,521552
15	73,9	99,7	116,9	133,4	155,0	171,3	187,6	155,024816
16	75,5	101,8	119,4	136,3	158,4	175,0	191,6	158,375187
17	77,0	103,9	121,8	139,1	161,6	178,5	195,5	161,588303
18	78,5	105,9	124,1	141,7	164,7	182,0	199,3	164,677389
19	79,9	107,8	126,4	144,3	167,7	185,3	202,9	167,653745
20	81,3	109,6	128,6	146,8	170,5	188,4	206,4	170,527109
21	82,6	111,4	130,6	149,2	173,3	191,5	209,7	173,305938
22	83,9	113,2	132,7	151,5	176,0	194,5	213,0	175,997632
23	85,1	114,8	134,6	153,7	178,6	197,4	216,1	178,608706
24	86,4	116,5	136,6	155,9	181,1	200,2	219,2	181,144927

Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica

