



P.N.R.R. – M4 C1 I 1.1 - LAVORI DI REALIZZAZIONE
NUOVO ASILO NIDO VIA PILATELLO



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero dell'Istruzione
e del Merito

PROGETTISTI

PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA
COORDINAMENTO GENERALE
COORDINAMENTO SICUREZZA

ARCHICOMO ENGINEERING SRL
VIA GIACOMO LEOPARDI 35 - 22070 GRANDATE (CO)

ARCH. GIANMARCO MARTORANA
ING. DONATELLA NOVI

PROGETTAZIONE STRUTTURALE

ING. MONICA VANZAN
VIA I MAGGIO 38 - 22036 ERBA (CO)

ASPETTI GEOTECNICI

PROGETTAZIONE IMPIANTI
ELETTRICI E SPECIALI

PROGETTAZIONE IMPIANTI
MECCANICI

DOTT. ALBERTO RECH
VIA COLOMBARO 18 - 28021 BORGMANERO (NO)

ING. DAMIANO LURATI
VIA VARESINA 3 - 22079 VILLA GUARDIA (CO)

PI FABIO GALFRASCOLI
FG PROJECT STUDIO
VIA BOTTICELLI 2 - 21012 CASSANO MAGNAGO (VA)

COMMITTENTE

COMUNE DI JERAGO CON ORAGO
VIA INDIPENDENZA N.17
21040 JERAGO CON ORAGO (VARESE)



INTERVENTO

P.N.R.R. – M4 C1 I 1.1 - LAVORI DI RICONVERSIONE CON DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE DI NUOVO
ASILO NIDO - VIA PILATELLO - 21040 JERAGO CON ORAGO (VA) - CUP: C95E24000070005

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA
(Art. 41 c. 6 del D.Lgs. n. 36/2023)

TITOLO:

RELAZIONE INVARANZA IDRAULICA

NOME DEL FILE:

AC_JRG-AN_PFTE_INV_00.DWG

SCALA:

-

DATA:

LUGLIO 2024

INV

COMUNE DI JERAGO CON ORAGO
PROVINCIA DI VARESE
REGIONE LOMBARDIA

REALIZZAZIONE NUOVO ASILO NIDO

RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA

Committenza: Amministrazione comunale

Borgomanero, Luglio 2024



Dott. Geol. Alberto Rech



SOMMARIO

1.	PREMESSA	2
1.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	2
2.	LOCALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO	3
2.1	INDAGINI IN SITO - Prova di permeabilità del terreno	5
2.2	INQUADRAMENTO TECNICO INTERVENTI SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE	6
2.3	VERIFICA SUPERFICI	7
2.4	Calcolo e dimensionamento delle componenti del drenaggio: metodo delle piogge	9
2.4.1	Linee Segnalatrici di Probabilità Pluviometrica - inquadramento metodologico	9
2.4.2	Linee Segnalatrici di Probabilità Pluviometrica - area d'intervento	9
2.4.3	Considerazioni sulle componenti di gestione delle acque	20
2.4.4	tempo di svuotamento - opere di drenaggio	21
3.	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	22

1. PREMESSA

La Committenza incaricava lo scrivente di procedere con la presentazione della valutazione sul progetto di invarianza idraulica, ai sensi della R.R. del 23 Novembre 2017 n.7 e s.m.i., per la gestione e il trattamento delle acque meteoriche afferenti nel lotto in cui è in previsto il nuovo asilo nido, in Via Pilatello, in Comune di Jerago con Orago (VA).

1.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La presente relazione viene redatta in base a:

- 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 (Legge per il governo del territorio);
- Regolamento Regionale 19 Aprile 2019 – N° 8 “Disposizioni sull’applicazione dei principi di invarianza idraulica ed idrogeologica. Modifiche al regolamento regionale 23 Novembre 2017, N° 7.

2. LOCALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO

L'intervento in progetto si trova in Comune di Jerago con Orago, in Via Pilatello, alla quota media di circa 299 m s.l.m.. Il terreno è collocato in un settore pianeggiante, impostato all'interno dei depositi glaciali quaternari.



Ai sensi dell'allegato C del Regolamento, il territorio Lombardo è stato suddiviso in tre ambiti in cui sono inseriti i Comuni, in base alla criticità idraulica dei bacini dei corsi d'acqua ricettori.

A ogni Comune è associata una criticità:

- A – alta criticità
- B – media criticità
- C – bassa criticità

Cartografia degli ambiti a diversa criticità idraulica:

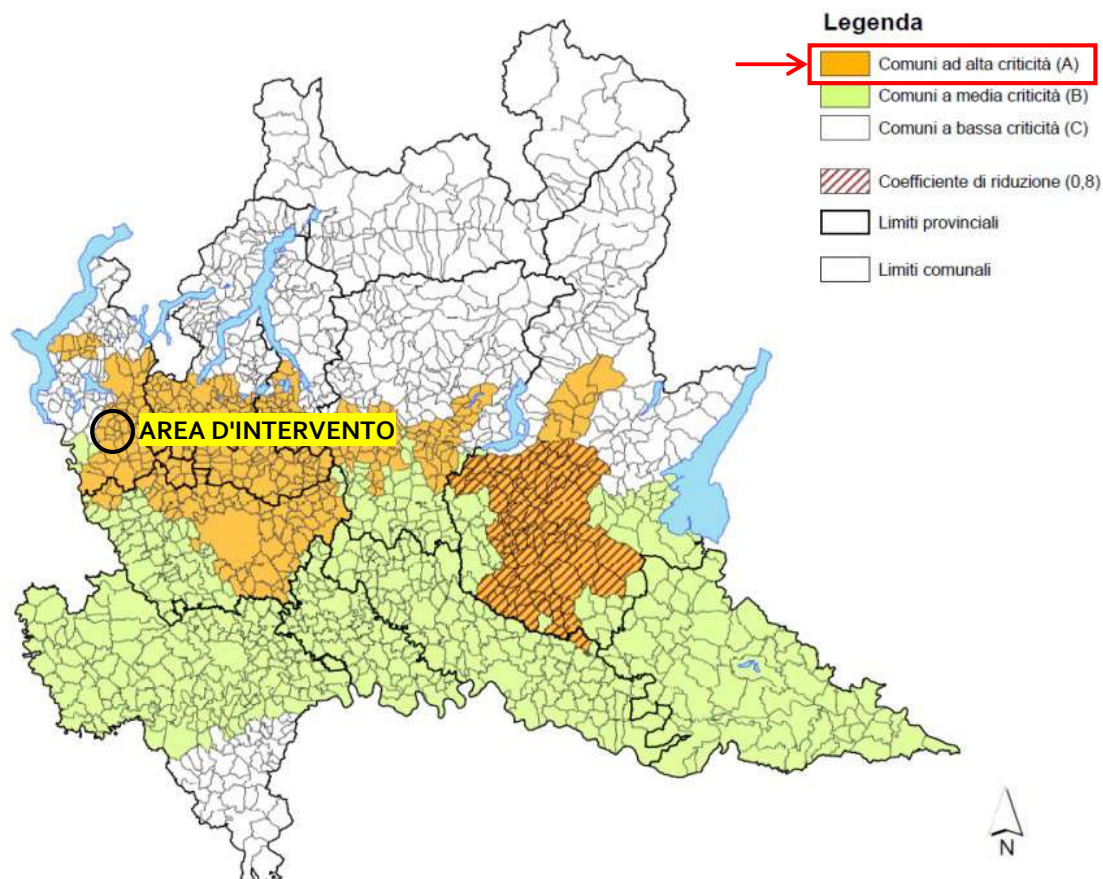


FIG. 1 Distribuzione Aree di criticità Idraulica e idrologica Regione Lombardia
(da T.c. del regolamento regionale 23 novembre 2017, n. 7)

Il territorio comunale di Olgiate Olona oggetto del nostro intervento ricade in area di **criticità idraulica alta A** come si osserva dallo stralcio dell'Allegato C del citato regolamento di seguito allegato. IL COEFFICIENTE DI RIDUZIONE p è PARI A 1.

Comuni ricadenti nelle aree ad alta (A), media (B) e bassa (C) criticità idraulica, ai sensi dell'art. 7 del regolamento:

Comune	Provincia	Criticità idraulica	Coefficiente P
JERAGO CON ORAGO	VA	A	1

2.1 INDAGINI IN SITO - PROVA DI PERMEABILITÀ DEL TERRENO

Per conoscere nel dettaglio le caratteristiche idrogeologiche del terreno, necessarie per il dimensionamento delle opere di invarianza idraulica, si è eseguita una prova di permeabilità a “carico variabile”. L'immagine sotto riportata testimonia quanto eseguito.



La prova si è eseguita in foro rivestito, eseguito con penetrometro DPSH, alla profondità di – 2,5 m dal piano campagna; in relazione alle venute d'acqua riscontrate (seppur in modo discontinuo) a circa 2,8÷3 m dal piano campagna, si è scelto di eseguirla ad una quota superiore. La permeabilità viene quindi misurata direttamente in sito e rappresenta quindi un valore “reale e attendibile” su cui basare la progettazione. Il valore ottenuto, in linea con le caratteristiche litostratigrafiche del terreno, è pari a $2,05 \times 10^{-7}$ m/s ed equivalente ad una permeabilità “molto scarsa”.

Si ricorda inoltre che la falda presenta una soggiacenza pari a circa 5,8 m, rilevata con continuità nel corso delle prove eseguite; l'indagine in sito ha inoltre rilevato la presenza di orizzonti a granulometria fine (limoso argillosa) saturi e discontinue venute d'acqua a ridotta profondità dal piano campagna.

Le caratteristiche stratigrafiche e idrogeologiche del terreno non consentono quindi un funzionale smaltimento delle acque superficiali, mediante infiltrazione nel terreno.

2.2 INQUADRAMENTO TECNICO INTERVENTI SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE

L'intervento prevede lo smaltimento delle acque meteoriche delle aree oggetto di variante: nello specifico l'area, attualmente a prato, verrà trasformata in una area entro la quale è previsto il nuovo asilo.

Secondo la normativa vigente, le aree inedificate sono soggette all'invarianza idraulica.

Si propone lo schema generale dove è visibile schematicamente la porzione che necessita di ottemperare alle indicazioni dell'invarianza idraulica:

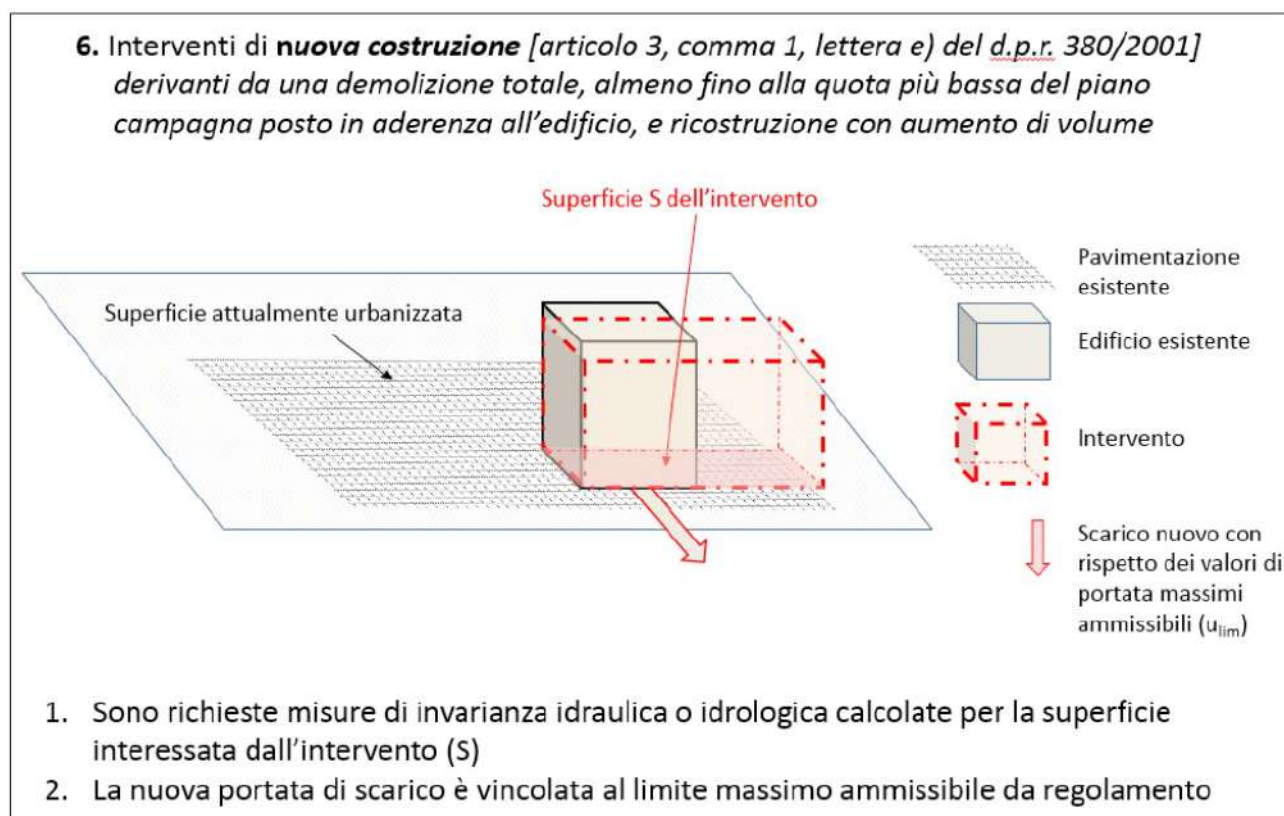


FIG. 2 Schemi esemplificativi degli interventi ai quali applicare o meno le misure di invarianza idraulica e idrologica
(da Tc. del regolamento regionale 23 novembre 2017, n. 7)

L'area di nuova edificazione è soggetta all'ottemperanza dell'invarianza idraulica: infatti, come anticipato, si tratta dell'area entro la quale verrà realizzato un nuovo intervento edilizio.

La superficie complessiva trasformata è **1.290 mq**, pari a **0,129 ha**, e rientra nella **CLASSE 2** ((metodo delle sole piogge, art. 11, allegato G) e/o requisiti minimi, art. 12 R.R.). Nelle successive elaborazioni verrà fatto riferimento al valore in ettari (ha).

2.3 VERIFICA SUPERFICI

Il lotto oggetto dell'intervento presenta una superficie complessiva pari a **0,1290 ha**.

A seguito della realizzazione dell'intervento in progetto il lotto subirà le seguenti modifiche:

- ✓ Superficie impermeabile (box di pertinenza abitazione) → 0,033 ha (330 mq)
- ✓ Superficie semipermeabile → - ha (- mq)
- ✓ Superficie permeabile (considerando la pavimentazione granulare) → 0,096 ha (960 mq)

È necessario quantificare il coefficiente di deflusso medio ponderale φ_m dell'intero lotto e la nuova superficie scolante impermeabile S_{si} sul totale della modifica del suolo attraverso una semplice relazione utilizzando come parametri i coefficienti di deflusso stabiliti per le diverse situazioni come indicati nel R.R. n.7 del 23.11.2017 e successive modifiche.

Il coefficiente di deflusso ai sensi dell'Art. 11 comma 2 lettera d) viene assunto pari a:

- ✓ **1** per le coperture e le pavimentazioni continue
- ✓ **0,70** per le pavimentazioni discontinue drenanti o semipermeabili
- ✓ **0,30** per le aree a verde

Il *coefficiente di deflusso medio ponderale* φ_m dell'intero lotto risulta pari a:

$$\varphi_m = (330 \text{ mq} \times 1,0 + 0 \text{ mq} \times 0,7 + 960 \text{ mq} \times 0,3) / 1.290 \text{ mq} = \mathbf{0,479 \approx 0,48}$$

Il totale della modifica del suolo è pari a **2.290 mq** a cui corrisponde una *superficie scolante impermeabile dell'intervento* (si considera la superficie interessata ragguagliata al coefficiente di deflusso specifico):

$$S_{si} = 330 \text{ mq} \times 1,0 + 0 \text{ mq} \times 0,7 + 960 \text{ mq} \times 0,3 = \mathbf{618 \text{ mq}}$$

La Superficie scolante impermeabile dell'intervento S_{si} , che verrà utilizzata nelle successive elaborazioni, è quindi pari a **618 m²** ovvero **0,0618 ha**.

Di seguito si riporta la tabella 1 della DGR in cui si identifica la metodologia del progetto di invarianza idraulica e idrogeologica e da cui si evince come nel caso in esame per le aree A come il Comune di Jerago con Orago, con superficie compresa tra 0,1 e 1 ha (>1.000 e <10.000 mq), con un *coefficiente di deflusso medio ponderale qualsiasi* (nel caso specifico $c \approx 0,61$), data anche la natura ei terreni e la profondità della falda, si adotta il metodo delle sole piogge (art. 11 e allegato G).

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	$\leq 0,03$ ha (≤ 300 mq)	qualsiasi	Requisiti minimi articolo 12 comma 1	
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	da $> 0,03$ a $\leq 0,1$ ha (da > 300 mq a ≤ 1.000 mq)	$\leq 0,4$	Requisiti minimi articolo 12 comma 2	
2	Impermeabilizzazione potenziale media	da $> 0,03$ a $\leq 0,1$ 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)	$\leq 0,4$		
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		

FIG. 3 Tabella 1 (da Tc. del regolamento regionale 23 novembre 2017, n. 7)

L'intervento ricade tra quelli indicati come a "Impermeabilizzazione potenziale media", classe di intervento 2, nell'Ambito territoriale (art. 7 de RR7/2017 e smi) Area A.

Ai sensi della DGR le verifiche idrauliche e idrologiche sono condotte attraverso diversi approcci progettuali a seconda della superficie dell'intervento; nel caso in esame in particolare si predispone il seguente approccio:

per una superficie compresa tra 0,1 e 1 ha (1.000 e 10.000 mq) e un coefficiente di deflusso medio ponderale ϕ qualsiasi, per un comune in area A, si procede al dimensionamento dei volumi e la verifica delle portate seguendo le prescrizioni del *metodo delle sole piogge art. 11 Allegato G* del RR7/2017 e smi.

2.4 CALCOLO E DIMENSIONAMENTO DELLE COMPONENTI DEL DRENAGGIO: **METODO DELLE PIOGGE**

Al fine di redigere il progetto di invarianza idraulica, per il comune in esame, che rientra nella classe 2, si utilizza il *Metodo delle sole piogge* secondo art. 11 del RR7/2017 e smi.

2.4.1 LINEE SEGNALETRICI DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA - INQUADRAMENTO METODOLOGICO

L'evento meteorico di riferimento da assumere a base della progettazione è quello corrispondente a tempo di ritorno Tr 50 anni, secondo quanto indicato all'art.11 del R.R. 7/2017. Il medesimo articolo stabilisce inoltre che l'opera dovrà essere verificata anche per un evento avente tempo di ritorno Tr 100 anni.

Per la definizione del regime delle piogge intense e per i dimensionamenti progettuali che richiedono l'utilizzo delle Linee Segnaletrici di Possibilità Pluviometrica (LSPP), attraverso le quali è possibile stimare l'altezza di pioggia (o l'intensità), per assegnata durata e tempo di ritorno, si è fatto riferimento allo studio, terminato nel 2015, "Strategie di Adattamento ai cambiamenti climatici per la gestione dei rischi naturali nel territorio transfrontaliero" (STRADA) di ARPA Lombardia. Per il territorio lombardo, la ricerca condotta ha portato al miglioramento dei risultati prodotti dallo studio sviluppato dal Politecnico di Milano, nell'ambito di un contratto di consulenza scientifica con ARPA Regione Lombardia, "*Il regime delle precipitazioni intense sul territorio della Lombardia. Modello di Previsione Statistica delle Precipitazioni di Forte Intensità e Breve Durata*", i cui risultati sono pubblicati nella Relazione Finale del febbraio 2005.

Partendo dai dati ricavati dalla rete pluviometrica gestita da ARPA, per le durate orarie (1, 3, 6, 12 e 24 ore), nello studio citato sono state stimate le LSPP, per ogni sito stazione e quindi per ogni punto griglia del territorio della Lombardia secondo il modello probabilistico GEV scala invariante, con stima dei parametri puntuali tramite il metodo degli L-moments e estrapolazione spaziale dei quantili.

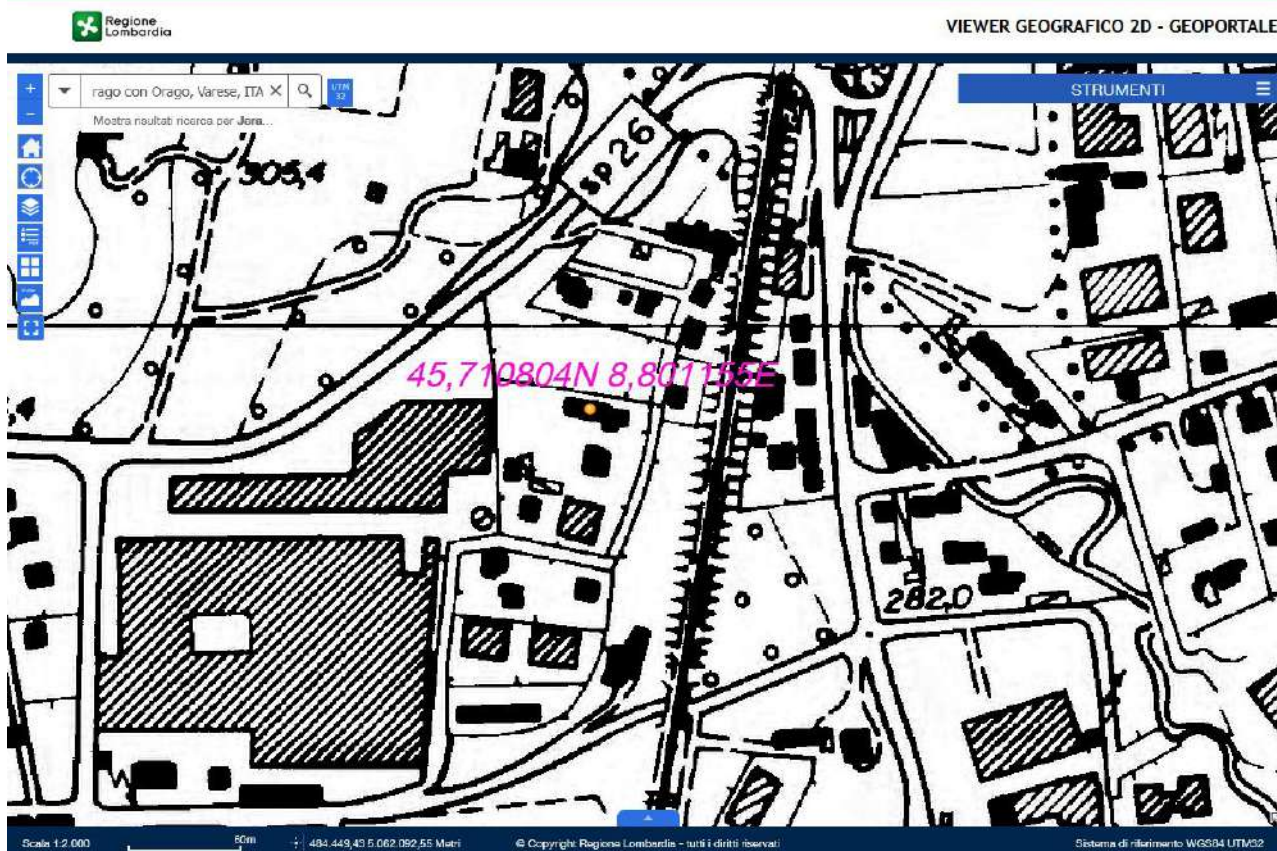
Accedendo al Portale Idrologico Geografico di ARPA Lombardia (https://iris.arpalombardia.it/gisINM/common/webgis_central.php?TYPE=guest) è possibile, tramite ricerca per comune o pluviometro, visualizzare le stazioni e il territorio di interesse e scaricare i valori dei parametri delle LSPP stimati con la metodologia sopra indicata.

2.4.2 LINEE SEGNALETRICI DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA - AREA D'INTERVENTO

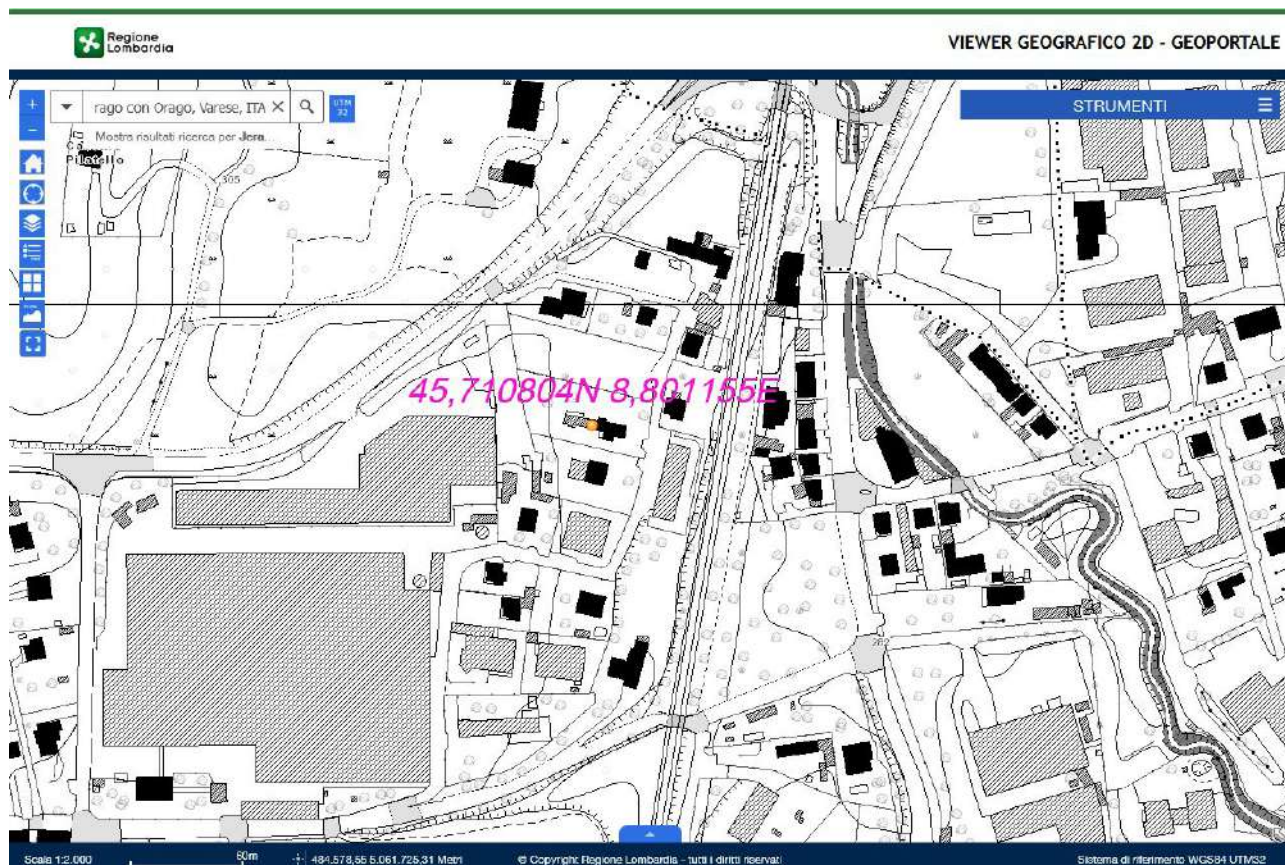
Si propone inizialmente una COROGRAFIA con l'area d'intervento e le coordinate medie caratteristiche del sito.



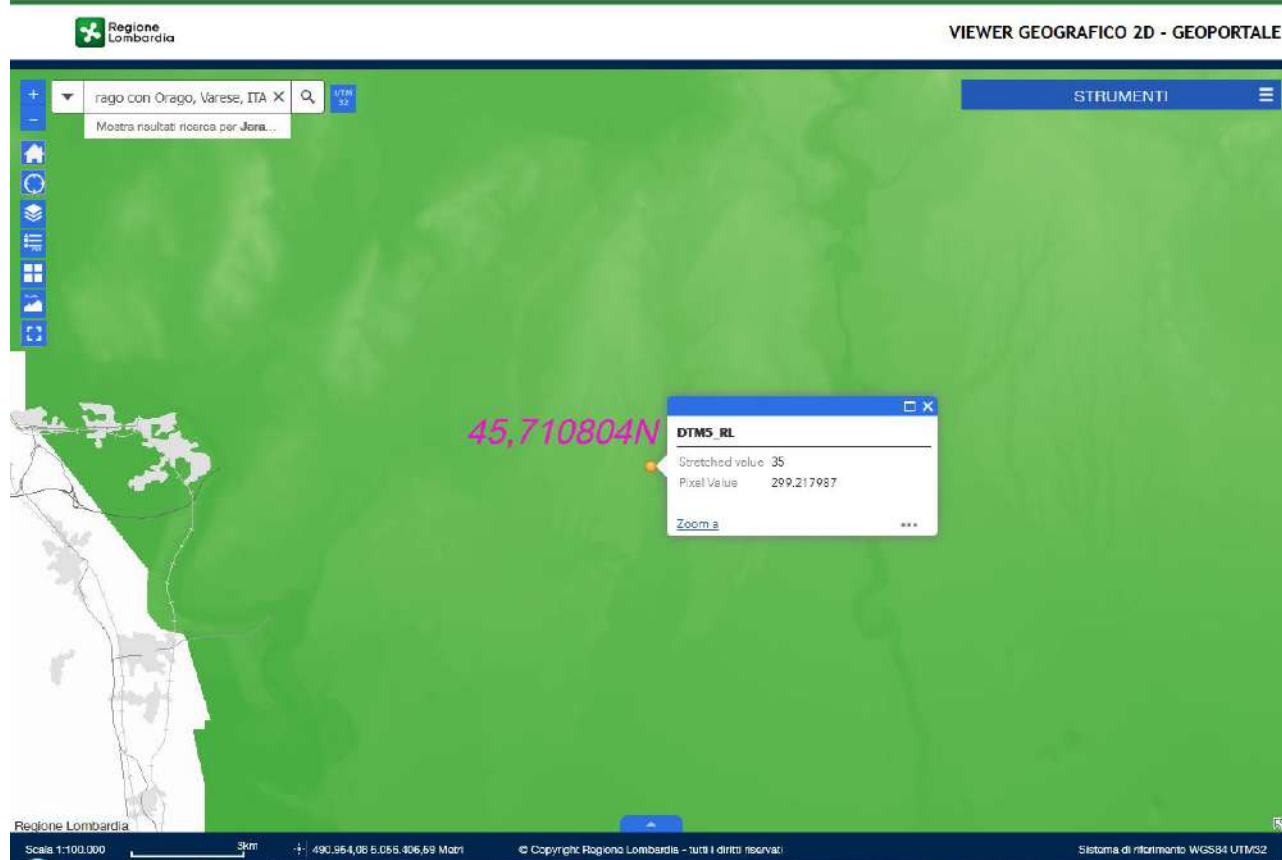
[da sito geoportale Regione Lombardia - Viewer geografico]



[da sito geoportale Regione Lombardia - Viewer geografico]



[da sito geoportale Regione Lombardia - Viewer geografico]



[da sito geoportale Regione Lombardia - Viewer geografico]

Le coordinate geografiche WGS84, calcolate nel baricentro, e la quota sono le seguenti:

	Baricentro intervento (WGS84)
Latitudine	45,710804 N
Longitudine	8,801155 E
Quota (m s.l.m.)	299

COORDINATE WGS84/UTM2: 32 T (E)484522.954 (N)5061935.874

COORDINATE MGRS / UTMREF (WGS84): 32T MR 84522.954 61935.874

Si propongono di seguito le *linee segnalatrici di probabilità pluviometrica con 1-24 ore* per tempi di ritorno di tra 2 e 200 anni: per l'indagine in oggetto ci si concentra solo sui Tr 50 e 100 anni.

Prima di ciascuna elaborazione si presentano i parametri utilizzati.

Calcolo della linea segnatrice 1-24 ore

Località: Jerago con Orago
Coordinate: 45,710804 - 8,801155

Linea segnatrice

Tempo di ritorno (anni) 50

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

A1 - Coefficiente pluviometrico orario 31,77

N - Coefficiente di scala 0,3469

GEV - parametro alpha 0,2821

GEV - parametro kappa -0,012

GEV - parametro epsilon 0,8335

Evento pluviometrico

Durata dell'evento [ore] 1

Precipitazione cumulata [mm] 62,3

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:

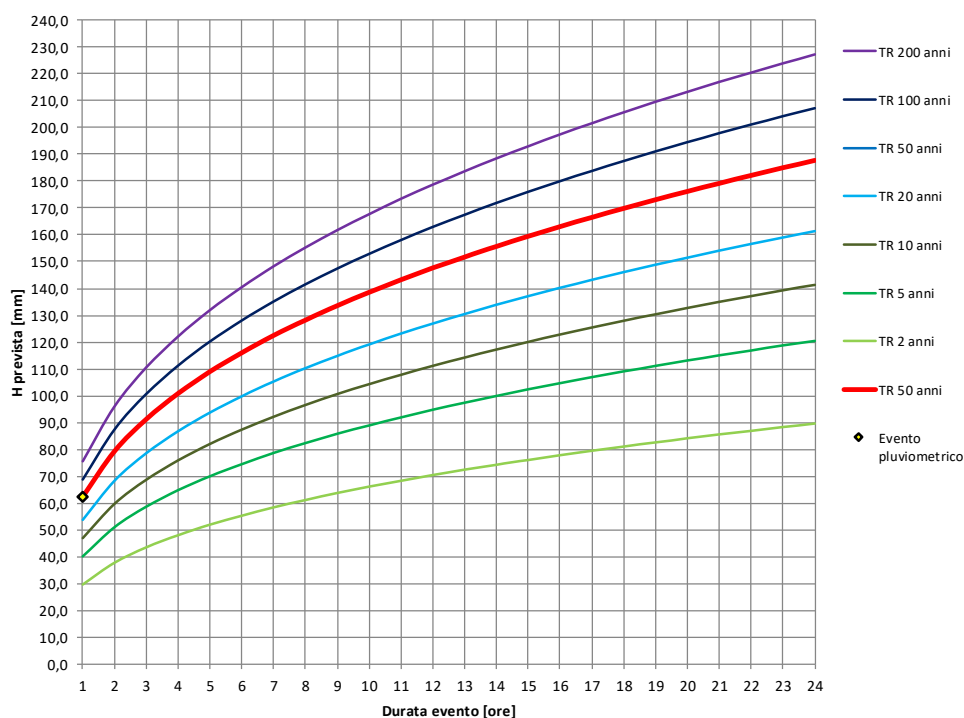
<http://idro.arpalombardia.it/manual/isp.pdf>

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	0,93712	1,26046	1,47698	1,68650	1,96041	2,16769	2,37594	1,96041391
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	29,8	40,0	46,9	53,6	62,3	68,9	75,5	62,2823498
2	37,9	50,9	59,7	68,1	79,2	87,6	96,0	79,2122401
3	43,6	58,6	68,7	78,4	91,2	100,8	110,5	91,1755418
4	48,2	64,8	75,9	86,7	100,7	111,4	122,1	100,744095
5	52,0	70,0	82,0	93,6	108,9	120,4	131,9	108,852319
6	55,4	74,6	87,4	99,8	116,0	128,2	140,5	115,95932
7	58,5	78,7	92,2	105,2	122,3	135,3	148,3	122,329021
8	61,2	82,4	96,5	110,2	128,1	141,7	155,3	128,128843
9	63,8	85,8	100,6	114,8	133,5	147,6	161,8	133,472476
10	66,2	89,0	104,3	119,1	138,4	153,1	167,8	138,441084
11	68,4	92,0	107,8	123,1	143,1	158,2	173,4	143,094886
12	70,5	94,8	111,1	126,9	147,5	163,1	178,7	147,479944
13	72,5	97,5	114,2	130,4	151,6	167,7	183,8	151,632375
14	74,4	100,0	117,2	133,8	155,6	172,0	188,6	155,581088
15	76,2	102,5	120,1	137,1	159,3	176,2	193,1	159,349626
16	77,9	104,8	122,8	140,2	163,0	180,2	197,5	162,957447
17	79,6	107,0	125,4	143,2	166,4	184,0	201,7	166,420844
18	81,1	109,1	127,9	146,0	169,8	187,7	205,7	169,753611
19	82,7	111,2	130,3	148,8	173,0	191,3	209,6	172,967542
20	84,2	113,2	132,7	151,5	176,1	194,7	213,4	176,07281
21	85,6	115,1	134,9	154,1	179,1	198,0	217,0	179,078259
22	87,0	117,0	137,1	156,6	182,0	201,2	220,6	181,991631
23	88,3	118,8	139,2	159,0	184,8	204,4	224,0	184,819749
24	89,7	120,6	141,3	161,4	187,6	207,4	227,3	187,568657

Linee segnatrici di probabilità pluviometrica



Calcolo della linea segnatrice 1-24 ore

Località: Jerago con Orago
Coordinate: 45,710804 - 8,801155

Linea segnatrice

Tempo di ritorno (anni) 100

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

A1 - Coefficiente pluviometrico orario 31,77

N - Coefficiente di scala 0,3469

GEV - parametro alpha 0,2821

GEV - parametro kappa -0,012

GEV - parametro epsilon 0,8335

Evento pluviometrico

Durata dell'evento [ore] 1

Precipitazione cumulata [mm] 68,9

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:

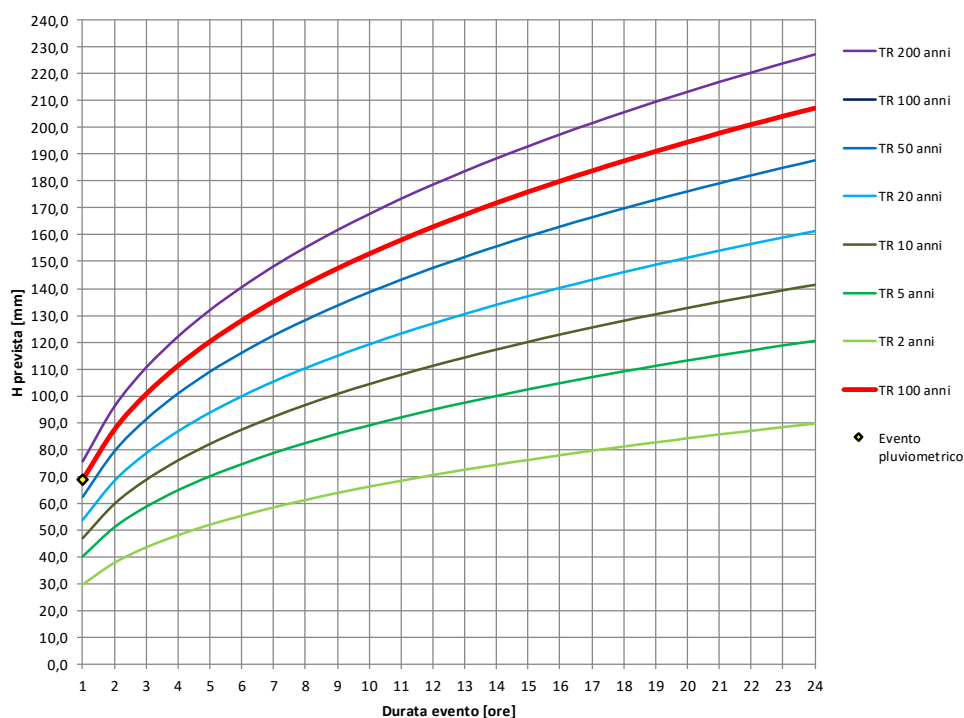
<http://idro.arpalombardia.it/manual/isp.pdf>

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

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

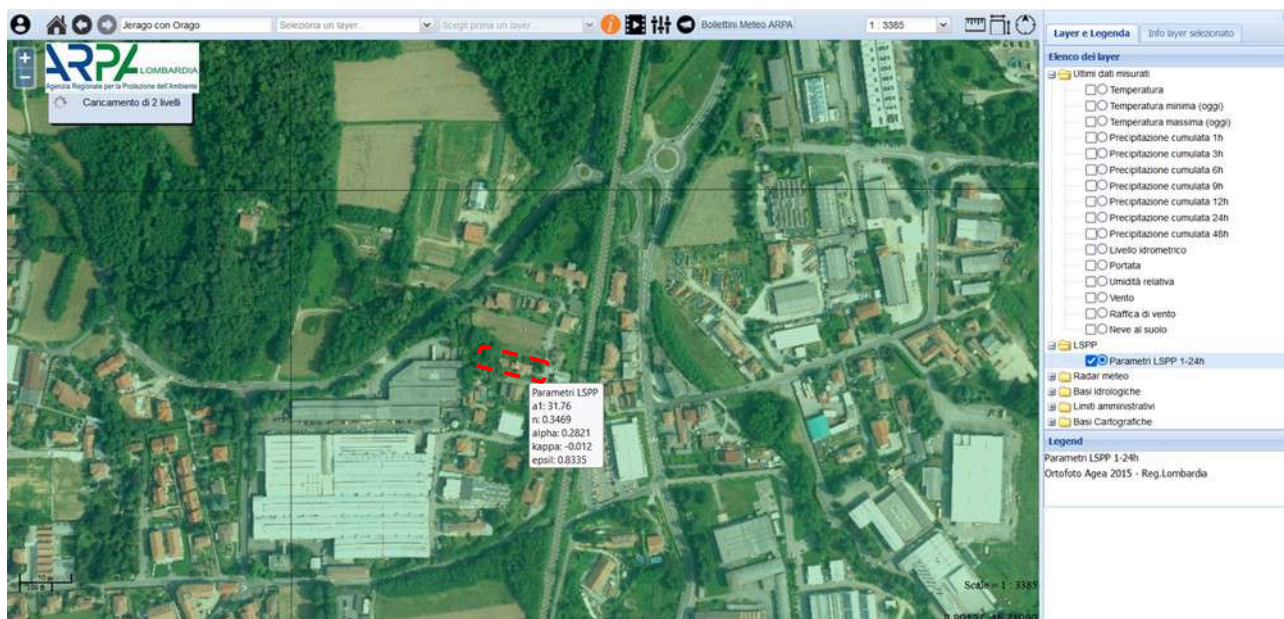
Tr	2	5	10	20	50	100	200	100
wT	0,93712	1,26046	1,47698	1,68650	1,96041	2,16769	2,37594	2,1676881
Durata (ore)	TR 2 anni	TR 5 anni	TR 10 anni	TR 20 anni	TR 50 anni	TR 100 anni	TR 200 anni	TR 100 anni
1	29,8	40,0	46,9	53,6	62,3	68,9	75,5	68,867451
2	37,9	50,9	59,7	68,1	79,2	87,6	96,0	87,5873353
3	43,6	58,6	68,7	78,4	91,2	100,8	110,5	100,815515
4	48,2	64,8	75,9	86,7	100,7	111,4	122,1	111,395749
5	52,0	70,0	82,0	93,6	108,9	120,4	131,9	120,361254
6	55,4	74,6	87,4	99,8	116,0	128,2	140,5	128,219677
7	58,5	78,7	92,2	105,2	122,3	135,3	148,3	135,262845
8	61,2	82,4	96,5	110,2	128,1	141,7	155,3	141,675882
9	63,8	85,8	100,6	114,8	133,5	147,6	161,8	147,584496
10	66,2	89,0	104,3	119,1	138,4	153,1	167,8	153,078433
11	68,4	92,0	107,8	123,1	143,1	158,2	173,4	158,224281
12	70,5	94,8	111,1	126,9	147,5	163,1	178,7	163,072971
13	72,5	97,5	114,2	130,4	151,6	167,7	183,8	167,664438
14	74,4	100,0	117,2	133,8	155,6	172,0	188,6	172,030648
15	76,2	102,5	120,1	137,1	159,3	176,2	193,1	176,197632
16	77,9	104,8	122,8	140,2	163,0	180,2	197,5	180,186907
17	79,6	107,0	125,4	143,2	166,4	184,0	201,7	184,016489
18	81,1	109,1	127,9	146,0	169,8	187,7	205,7	187,701628
19	82,7	111,2	130,3	148,8	173,0	191,3	209,6	191,255368
20	84,2	113,2	132,7	151,5	176,1	194,7	213,4	194,688955
21	85,6	115,1	134,9	154,1	179,1	198,0	217,0	198,012169
22	87,0	117,0	137,1	156,6	182,0	201,2	220,6	201,233572
23	88,3	118,8	139,2	159,0	184,8	204,4	224,0	204,360706
24	89,7	120,6	141,3	161,4	187,6	207,4	227,3	207,400256

Linee segnatrici di probabilità pluviometrica



1-24 ore

Dal punto di vista meteorologico, il sito in esame ricade in un'area in cui i parametri della LSPP 1-24 ore sono evidenziati nella cartografia di seguito proposta:



Parametri delle LSPP validi per il territorio in esame [dal sito di Arpa Lombardia]

Per chiarezza di lettura si riportano i parametri generali del sito utilizzati:

A1 - Coefficiente pluviometrico orario	31,76
N - Coefficiente di scala	0,3469
GEV - parametro alpha	0,2821
GEV - parametro kappa	-0,012
GEV - parametro epsilon	0,8335

Di seguito si riporta il grafico con la tabella delle precipitazioni per i vari tempi di ritorno e le LSPP: sono evidenziati i valori del Tr_{50} anni, sui quali fare riferimento per il dimensionamento delle opere, ma sono presenti anche i dati relativi ai Tr_{100} anni necessari per la verifica delle opere come da normativa vigente.

Di seguito si riassumono i valori ottenuti con i due tempi di ritorno considerati, che verranno utilizzati nelle successive elaborazioni:

TR 50 anni	TR 100 anni
1,96041391	2,1676881
62,3	68,8
0,3469	

wT

Altezza di pioggia H mm in Durata (ore) 1 (parametro a)

Coefficiente di scala (parametro n)

Verranno successivamente calcolati i valori dell'invaso di laminazione e le portate di riferimento, valori che verranno utilizzati con il metodo delle sole piogge e raffrontati con i diversi tempi di ritorno.

Ai sensi dell'articolo 12 comma 2 del Regolamento regionale, in ogni caso, il valore minimo dell'invaso di laminazione da considerare è di 800 mc per ettaro di superficie scolante impermeabile per le aree A o ad alta criticità idraulica di cui all'art.7:

REQUISITI MINIMI	
CRITICITÀ AREA	VOLUME SPECIFICO STANDARD DI LAMINAZIONE
Area A - alta criticità	800 m³/ha_{imp}
Area B - media criticità	500 m ³ /ha _{imp}
Area C - bassa criticità	400 m ³ /ha _{imp}

Il valore ottenuto come requisito minimo, riferito all'effettiva dimensione del lotto in esame, senza riduzioni, diventa:

$$W = 800 \times \varphi \times \text{Sup. Tot.} / 1 \text{ Ettaro} = 800 \text{ mc} \times 0,48 \times 0,129 \text{ ha} = 49,44 \text{ mc}$$

Di seguito verrà calcolato tale valore utilizzando il metodo delle sole piogge considerando il TEMPO DI RITORNO 50 ANNI e il TEMPO DI RITORNO 100 ANNI per le verifiche dei franchi si di sicurezza delle opere, utilizzando le precipitazioni ottenute in precedenza con i dati ARPA, ovvero i parametri a e n , inoltre verrà effettuato il calcolo del volume di invaso e il tempo di svuotamento degli invasi e, infine, il dimensionamento del sistema di scarico.

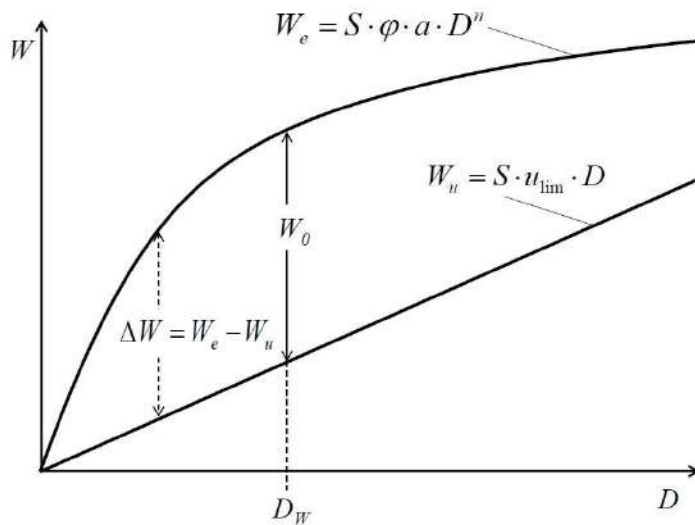
Il volume di laminazione, per ogni durata di pioggia, è dato dalla differenza tra i volumi dell'onda entrante e dell'onda uscente calcolati al termine della durata di pioggia.

Il volume di dimensionamento della vasca è pari al volume critico di laminazione, cioè quello calcolato per l'evento di durata critica che rende massimo il volume di laminazione.

Con riferimento agli allegati dello stesso Regolamento Regionale, il grafico proposto mostra:

- la curva del volume di pioggia entrante in un bacino, in funzione del tempo $W_e(D)$, curva che risulta concava verso l'asse delle ascisse, in aderenza alla curva di possibilità pluviometrica;
- la retta $W_u(D)$, che esprime il volume uscente, nel nostro caso coincide con una portata da far defluire pari al massimo consentito dal regolamento, ovvero 10 l/s per ettaro di superficie scolante (cfr. art. 8 comma 1 lett. b Testo coordinato RR n.7/2017), contestualmente all'ingresso della

portata di pioggia.



La distanza verticale ΔW tra tali due curve ammetta una condizione di massimo che individua così l'evento di durata D_w critica per la laminazione.

Ponendo dunque:

W_0 (m³): volume d'invaso di progetto

S (ha): superficie lorda

a (mm/ora): coeff. equazione delle piogge

n (-): coeff. equazione delle piogge

ϕ (-): coeff. di impermeabilità medio ponderale

D_w (ore): durata critica per il bacino

$Q_{u,lim}$ (l/s): portata massima prescritta a valle (da Regolamento 10 l/s ha_{imp})

Le equazioni di durata critica D_w per l'invaso di laminazione e il conseguente volume di laminazione W_0 diventano:

$$D_w = \left(\frac{Q_{u,lim}}{2.78 \cdot S \cdot \phi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

$$W_0 = 10 \cdot S \cdot \phi \cdot a \cdot D_w^n - 3.6 \cdot Q_{u,lim} \cdot D_w$$

dove

$$u_{lim} = Q_{u,lim} / S \text{ (in l/s per ettaro)}$$

è la portata specifica di scarico

$$w_0 = W_0 / S \text{ (in m}^3/\text{ha)}$$

è il volume specifico di invaso

Le equazioni che portano all'individuazione del **tempo critico D_w** e del **volume d'invaso w_0** necessario diventano quindi:

$$D_w = \left(\frac{u_{\text{lim}}}{2.78 \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

$$W_0 = 10 \cdot \varphi \cdot a \cdot D_w^n - 3.6 \cdot u_{\text{lim}} \cdot D_w$$

Di seguito vengono calcolati i volumi d'invaso per i due tempi di ritorno considerati.

Viene fatto riferimento all' EVENTO CRITICO, ovvero quello che determina la situazione più gravosa.

Tr 50 anni

I parametri utilizzati, per l'area in esame, sono i seguenti:

S= 1.290,00 mq (superficie lorda) = **0,129 ha**

$\varphi \cong 0,48$ (coeff. di impermeabilità medio ponderale)

a = **62,3** mm/ora (coeff. equazione delle piogge -Arpa)

n = 0,3469 (esponente di scala) ma dato che $D > 1$ ora $\Rightarrow n = 0,28$

Si ricorda che il valore **a** è stato ottenuto utilizzando il fattore di crescita w_T (quantile normalizzato per i diversi tempi di ritorno T e dalla distribuzione di probabilità prescelta) e il parametro GEV a_1 (coefficiente pluviometrico orario):

$w_T = 1,96041391$ mentre $a_1 = 31,76$ mm

a = $w_T \times a_1 = 1,96041391 \times 31,76 = 62,3$ mm

Si è determinato il valore della portata $Q_{u,\text{lim}}$ (valore massimo ammissibile di scarico nel ricettore, art. 8 del regolamento regionale) secondo l'espressione:

$$Q_{u,\text{lim}} = 10 \times (S \text{ ha}) \times \varphi \quad (\text{in l/s})$$

dove 10 corrispondono a u_{lim} l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile ammessi per legge per le aree ad elevata criticità idraulica.

L'espressione diventa quindi:

$$Q_{u,\text{lim}} = 10 \times (0,129) \times 0,48 = 0,62 \text{ l/s}$$

Successivamente è stata calcolata la **durata critica D_w** (ore) e il **volume di laminazione W_0** (m^3) caratterizzanti il caso di interesse, secondo le formule esposte:

durata critica D_w (ore)	volume di laminazione W_0 (m^3)
$D_w = \left(\frac{Q_{u,\text{lim}}}{2.78 \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$	$W_0 = 10 \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot D_w^n - 3.6 \cdot Q_{u,\text{lim}} \cdot D_w$
$(0,62/2,78 \times 0,129 \times 0,48 \times 62,3 \times 0,28)^{(1/0,28-1)}$	$10 \times 0,129 \times 0,48 \times 62,3 \times (8,95)^{0,28} - (3,6 \times 0,62 \times 8,95)$

Valore ottenuto	8,95 ore	51,16 m ³
-----------------	----------	----------------------

Una volta ottenuti questi dati viene calcolato il volume specifico di invaso di laminazione w_0 (m³/ha) secondo la seguente relazione:

volume specifico di invaso di laminazione w_0 (m ³ /ha)	Valore ottenuto	
$w_0 = W_0/S \cdot \varphi$	51,16/(0,129×0,48)	827,91 m ³ / ha

Il valore w_0 ottenuto per Tr50 anni pari a 827,91 m³/ha è superiore a quello prescritto dal calcolo mediante i minimi da regolamento, calcolati con il metodo semplificato, che sono risultati $w_0 = 800$ m³/ha e, di conseguenza, nel dimensionamento dei volumi si farà riferimento al valore più gravoso che riportato alla effettiva superficie risulta pari a:

$W_0 = 51,16 \text{ m}^3$

Tr 100 anni

I parametri utilizzati, per l'area in esame, sono i seguenti:

$S = 1.290$ mq (superficie lorda) = 0,129 ha

$\varphi \cong 0,48$ (coeff. di impermeabilità medio ponderale)

$a = 68,8$ mm/ora (coeff. equazione delle piogge -Arpa)

$n = 0,3469$ ma essendo $D > 1$ ora (esponente di scala) diventa $n = 0,28$

Si ricorda che il valore **a** è stato ottenuto utilizzando il fattore di crescita w_T (quantile normalizzato per i diversi tempi di ritorno T e dalla distribuzione di probabilità prescelta) e il parametro GEV a_1 (coefficiente pluviometrico orario):

$w_T = 2,1676881$ e $a_1 = 31,76$ mm

$a = w_T \times a_1 = 2,1676881 \times 31,76 = 68,8$ mm

Si è determinato il valore della portata $Q_{u,lim}$ (valore massimo ammissibile di scarico nel ricettore, art. 8 del R.R.) che, come precedentemente esplicitato, è pari a **0,62 l/s**.

Successivamente è stata calcolata la **durata critica D_w (ore)** e il **volume di laminazione W_0 (m³)** caratterizzanti il caso di interesse, secondo le seguenti formule:

durata critica D_w (ore)	volume di laminazione W_0 (m ³)
$D_w = \left(\frac{Q_{u,lim}}{2.78 \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$	$W_0 = 10 \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot D_w^n - 3.6 \cdot Q_{u,lim} \cdot D_w$

	$(0,62/2,78 \times 0,129 \times 0,48 \times 68,8 \times 0,28)^{(1/0,28-1)}$	$10 \times 0,129 \times 0,48 \times 68,8 \times (10,29)^{0,28} - (3,6 \times 0,62 \times 10,29)$
Valore ottenuto	10,29 ore	58,83 m³

Una volta ottenuti questi dati viene calcolato il volume specifico di invaso di laminazione w_0 (m³/ha) secondo la seguente relazione

volume specifico di invaso di laminazione w_0 (m³/ha)	<i>Valore ottenuto</i>	
$w_0 = W_0/S \varphi$	$58,83/(0,129 \times 0,48)$	951,93 m³/ ha

Il valore w_0 ottenuto per Tr100 anni, pari a 951,93 m³/ha, viene riportato alla effettiva superficie e risulta pari a: $W_0 = 58,83 \text{ m}^3 \cong 59 \text{ m}^3$.

2.4.3 CONSIDERAZIONI SULLE COMPONENTI DI GESTIONE DELLE ACQUE

In base al metodo delle sole piogge, è stato verificato come il valore del volume di laminazione in m³/ha di superficie sia superiore a quello indicato ai sensi dell'articolo 12 comma 2 del Regolamento regionale, in ogni caso, come valore minimo dell'invaso di laminazione pari a 800 mc per ettaro di superficie scolante impermeabile, ovvero 49,44 m³. Quindi il valore di riferimento per il dimensionamento delle opere di smaltimento risulta essere quello corrispondente al valore ottenuto con Tr 50 anni:

$w_0 = 51,16 \text{ m}^3 \cong 51 \text{ m}^3$ con Tr 50 anni

Per la verifica del grado di sicurezza invece viene considerato il volume di invaso riferito a Tr di 100 anni:

$w_0 = 58,83 \text{ m}^3 \cong 59 \text{ m}^3$ con Tr 100 anni

Data la natura stratigrafica e idrogeologica del sito, la soluzione di procedere attraverso smaltimento nel terreno per mezzo di pozzi disperdenti risulta impraticabile.

La soluzione quindi è quella di predisporre uno o più serbatoi impermeabili "a tenuta" sotterranei per lo stoccaggio dei volumi delle acque raccolte e successivamente, una volta dimensionati i volumi di laminazione secondo art. 12, recapitarle in ricettore finale secondo le modalità dell'*art.8 del R.R. comma 1 p.to a* (10 l/s per i comuni in classe A) che nel caso in esame, rapportato all'estensione della superficie impermeabile scolante del lotto interessato dall'intervento, è pari a 0,62 l/sec: **la capacità di accumulo dei/del serbatoio interrato non deve essere inferiore a 51 m³.**

Si precisa come il calcolo del volume di accumulo è stato effettuato considerando, oltre alla superficie complessiva dell'edificio (che comprende anche la parte esistente), una importante superficie "modificata" in fase di progetto; tale condizione è ovviamente conservativa, ai fini dei calcoli.

Per tale motivo, valutazioni più approfondite (anche con coinvolgimento dell'Ente Pubblico) potranno rivalutare al ribasso le superfici realmente modificate dal progetto, con una possibile conseguente riduzione dei volumi di invaso.

2.4.4 TEMPO DI SVUOTAMENTO - OPERE DI DRENAGGIO

In base all'art. 5 "(Sistemi di controllo e gestione delle acque pluviali)", comma 3 che così recita "Lo smaltimento dei volumi invasati deve avvenire secondo il seguente ordine decrescente di priorità:" al punto d) "scarico in fognatura, con i limiti di portata di cui all'articolo 8.". Nel caso in esame il ricettore finale è costituito dalla tubazione pubblica di collettamento delle acque bianche.

L'art. 8 "(Valori massimi ammissibili della portata meteorica scaricabile nei ricettori)" indica al comma 1 "Gli scarichi nel ricettore sono limitati mediante l'adozione di interventi atti a contenere l'entità delle portate scaricate entro valori compatibili con la capacità idraulica del ricettore stesso e comunque entro i seguenti valori massimi ammissibili (Q_{lim}):" punto a) "per le aree A di cui al comma 3 dell'articolo 7: 10 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento;".

Viene così calcolato il tempo di svuotamento, che per legge deve essere inferiore a 48 ore (valore fissato nell'art.11, comma2, lt. f) del R.R. 8/2019) secondo la seguente espressione:

$$t_{svuot} = W_{acc} / Q_u$$

Verifica del TEMPO DI SVUOTAMENTO (t) dell'opera di mitigazione prevista con Tr 50 anni:

nel caso in esame, con i volumi complessivi $W_{acc} = 51 \text{ m}^3$ e la $Q_u = 0,62 \text{ l/sec} = 0,00062 \text{ m}^3/\text{s}$, si ottiene quindi

$t_{svuotamento} = W_0 \times 1000 / Q_{ulim} \times 3600 = 51 \times 1000 / 0,62 \times 3600 = \mathbf{22,99 \text{ ore} < 48 \text{ ore}}$, valore fissato nell'art.11, comma2, lt. f) del R.R. 8/2019.

Il valore del tempo di svuotamento garantisce il funzionamento di tutto il sistema, ovvero lo svuotamento entro le 48 ore.

Da sottolineare come nel calcolo del tempo di svuotamento sono stati utilizzati i volumi del serbatoio ed è stato ipotizzato, cautelativamente, che il serbatoio si riempra completamente prima dello svuotamento.

3. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

In conclusione dell'indagine effettuata è possibile riassumere e sottolineare i seguenti aspetti:

- la Committenza incaricava lo scrivente di predisporre il progetto per la gestione e il trattamento delle acque meteoriche afferenti nel lotto in cui è in progetto la realizzazione del nuovo asilo, in Via Pilatello in Comune di Jerago con Orago, posto a una quota media di 299 m s.l.m., in un settore pianeggiante, impostato all'interno dei depositi glaciali quaternari;
- falda rilevata a -5,8 m da p.c., con continuità; venute d'acqua più superficiali e corrispondenti a falde sospese anche discontinue, si sono rilevate a quote più vicine al piano campagna;
- la permeabilità, misurata direttamente da prova in sito a -2,5 m da p.c., risulta "molto scarsa";
- ai sensi del R.R. del 23 novembre 2017, n. 7 e s.m.i., il territorio Lombardo è stato suddiviso in tre ambiti in cui sono inseriti i comuni, in base alla criticità idraulica dei bacini dei corsi d'acqua ricettori;
- a ogni Comune è associata quindi una criticità (Allegato C del R.R.):
A –alta criticità; B –media criticità; C –bassa criticità
- il territorio di Jerago con Orago, oggetto del nostro intervento, ricade in area A (coef. P 1) con alta criticità.

L'intervento in progetto è soggetto all'invarianza idraulica, in particolare:

→ *classe di intervento 2* → metodo delle sole piogge art. 11, allegato G del R.R..

La superficie impermeabile ragguagliata è pari a $1.290 \text{ m}^2 = 0,129 \text{ ha}$.

Si prevede quanto segue:

- ✓ i volumi calcolati sulla superficie modificata sono i seguenti:

volume di laminazione W_0 (m^3)
$W_0 = 10 \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot D_w^n - 3.6 \cdot Q_{u, \text{lim}} \cdot D_w$
$10 \times 0,129 \times 0,48 \times 62,3 \times (8,95)^{0,28} - (3,6 \times 0,62 \times 8,95)$
51,16 m^3

**VALORE DA UTILIZZARE PER
DIMENSIONAMENTO OPERE DI
SMALTIMENTO**

- ✓ le condizioni stratigrafiche e idrogeologiche non permettono un funzionale sistema di dispersione delle acque superficiali nel sottosuolo, mediante infiltrazione;

- ✓ applicazione invarianza idraulica che prevede la posa di uno o più serbatoi “a tenuta” in grado di accumulare 51 m³ di acqua; tali acque andranno smaltite nella tubazione e/o collettamento pubblica esistente;
- ✓ *Si precisa come il calcolo del volume di accumulo è stato effettuato considerando, oltre alla superficie complessiva dell'edificio (che comprende anche la parte esistente), una importante superficie “modificata” in fase di progetto; tale condizione è ovviamente conservativa, ai fini dei calcoli. Per tale motivo, valutazioni più approfondite (anche con coinvolgimento dell'Ente Pubblico) potranno rivalutare al ribasso le superfici realmente modificate dal progetto, con una possibile conseguente riduzione dei volumi di invaso;*
- ✓ il tempo di svuotamento considerando i volumi in grado di essere immagazzinati dal serbatoio e considerando che lo svuotamento non inizi contemporaneamente all'evento meteorico, è pari a circa 23 ore << 48 ore fissato nell'art. 11, comma 2, lettera f) del regolamento.
- ✓ la portata di rilascio al recettore finale, non dovrà essere superiore a 0,62 l/s.

Il sistema di trattamento dovrà essere ispezionato con la frequenza di almeno 1 volta all'anno e in occasione di eventi meteorici particolarmente intensi per verificare possibili intasamenti del sistema e di ostruzione delle condotte a causa di detriti e residui vegetali.

Allegati