

committente

COMUNE DI SANT'ANGELO LODIGIANO

Indirizzo: Piazza Cardinale Nicola De Martiri, 10



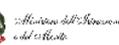
progetto

COSTRUZIONE NUOVO ASILO NIDO COMUNALE

Ubicazione immobile: via M. Giovanni Bracchi

Identificativo catastale: F20 P23

CUP: C25E24000040006



oggetto

PROGETTO FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA

elaborato

RELAZIONE DI INVARIANZA IDRAULCA



**diennepierre
architetti associati**

arch. Massimo Negri
arch. Chiara Pagano
arch. Giovanni Ripamonti
Via Corti 2/c
23900 Lecco
tel/fax 0341.286647
dnpr@pec.it
www.dnpr.eu
P.IVA e C.F. 03059320139



**Architetto
Mattia Sala**

via Ziniga 17
22039 Valbrona (CO)
tel 349.5031281
mattiasala125@gmail.com
mattia.sala1@archiworldpec.it
P.IVA 03953420134



**P&P
consulting engineers
studio associato**

Via Pastrengo 9
24068 Seriate (BG)
tel/fax 035.3235700
info@pepconsultingengineers.it
pep.consulting@legalmail.it
P.IVA e C.F. 02451250167



**Technion s.r.l.
ingegneria impiantistica**

Via Giovanni Amendola 4
23900 Lecco
tel/fax 0341.286464
technion@pec.it
www.technion.it
P.IVA e C.F. 10758310154

data

agosto 2024

rev.

00

elaborato n.

GEOP. 3



PROGETTO DI REALIZZAZIONE
NUOVO ASILO NIDO
IN VIA BRACCHI
A SANT'ANGELO LODIGIANO
(LODI)

RELAZIONE DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA



Agosto 2024

dott. geol. Alessandro Chiodelli



INDICE

1	PREMESSA	3
2	UBICAZIONE DELL'AREA D'INTERVENTO	4
3	DISAMINA VINCOLISTICA	4
4	STUDIO DELL'INVARIANZA IDRAULICA ED IDROLOGICA	5
4.1	<i>Premessa</i>	5
4.2	<i>Individuazione dell'ambito territoriale di applicazione</i>	9
4.3	<i>Superfici interessate dall'intervento</i>	10
4.4	<i>Determinazione della procedura di calcolo</i>	11
4.5	<i>Definizione delle curve di possibilità pluviometrica</i>	12
4.6	<i>Il metodo delle sole piogge - richiami teorici</i>	15
4.7	<i>Calcolo del volume di laminazione con il metodo delle sole piogge</i>	18
4.8	<i>Verifica del requisito minimo delle misure di invarianza idraulica e idrologica</i>	18
5	SCelta DEL SISTEMA DI SMALTIMENTO DELLE ACQUE PLUVIALI .	20
6	CALCOLO DEL TEMPO DI SVUOTAMENTO DEL SISTEMA DI LAMINAZIONE	22
7	DIMENSIONAMENTO SISTEMA DI SCARICO TERMINALE	23
8	PIANO DI MANUTENZIONE DELLE OPERE DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA	24
8.1	<i>Piano di manutenzione</i>	24
8.2	<i>Costi di gestione delle opere</i>	24
9	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	26



1 PREMESSA

Su incarico dell'Amministrazione Comunale di Sant'Angelo Lodigiano (Lo) è stata predisposta la presente relazione riguardante la definizione degli interventi atti a garantire il rispetto del principio di invarianza idraulica ed idrologica, ai sensi del Regolamento Regionale 23 novembre 2017 n. 7, pubblicato sul supplemento n. 48 BURL del 27 novembre 2017, così come modificato dal R.R. 19 aprile 2019, n. 8, a supporto del progetto di realizzazione di un nuovo asilo nido, presso via Bracchi a Sant'Angelo Lodigiano (Lo).

Secondo quanto stabilito dall'Art. 2, commi 2, 2bis e 3 del R.R. n. 8/2019 sono infatti soggetti al principio di invarianza idraulica ed idrologica tutti gli interventi che comportano una riduzione della permeabilità del suolo rispetto “...*alla condizione naturale originaria, preesistente all'urbanizzazione [...], sia in caso di intervento su suolo libero, sia in caso di intervento su suolo già trasformato*”, secondo quanto specificato nel regolamento regionale di cui al comma 5.

Ai sensi del predetto regolamento la progettazione esecutiva degli interventi dovrà comprendere anche il progetto di invarianza idraulica e idrologica, finalizzato alla corretta *gestione delle acque meteoriche* redatto conformemente alle disposizioni del regolamento stesso.



2 UBICAZIONE DELL'AREA D'INTERVENTO

L'area oggetto di studio è situata sul territorio comunale di Sant'Angelo Lodigiano, Via Bracchi, sulla sponda idrografica destra del Fiume Lambro.

Nel dettaglio la zona oggetto di studio è situata a S del centro abitato, in un'area prettamente pianeggiante, interessata dalla presenza di impianti sportivi, posta ad una quota di 75 m s.l.m..

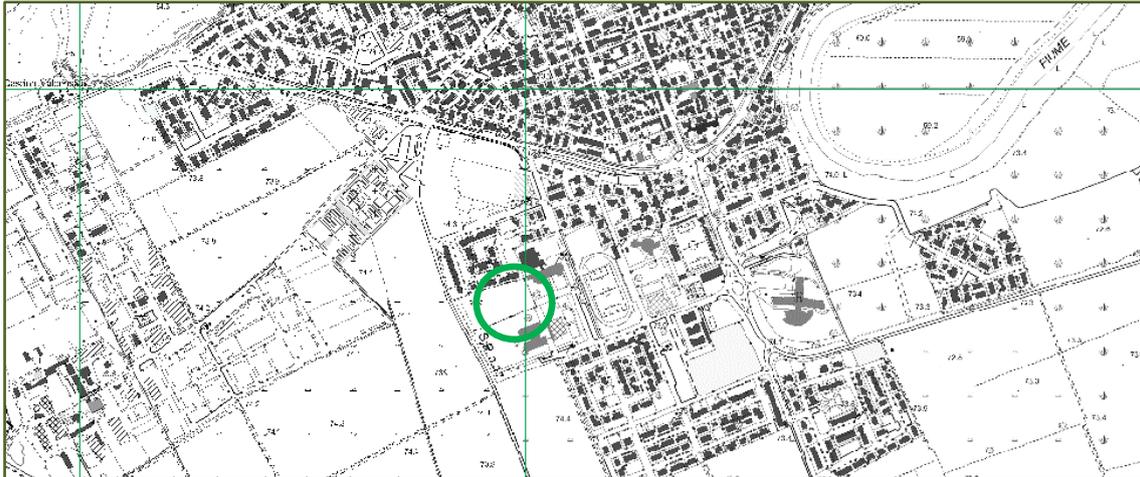


Fig. 1 – Stralcio di Carta Tecnica Regionale 1:10.000 con indicata l'area di intervento

3 DISAMINA VINCOLISTICA

Al fine di analizzare compiutamente l'area di studio, è stata eseguita anche una disamina vincolistica di carattere geologico sui principali elementi della pianificazione comunale (Piano di Governo del Territorio). Dalla suddetta analisi è emerso quanto segue:

1. per quanto riguarda la Carta di Fattibilità geologica (Dott. Geol. A. Lategana, 01/2022) l'area ricade entro la classe 1: “*Fattibilità senza limitazioni*”
2. Per quanto concerne la vincolistica geo-idrogeologica non è ricompresa entro le aree di salvaguardia di captazioni pubbliche idropotabili individuate ai sensi dell'art. 94 del D.Lgs. 152/2006.
3. Non viene individuata la presenza di zone esondabili del P.G.R.A. (“Direttiva Alluvioni”), delle Fasce Fluviali del P.A.I. e nemmeno fenomeni di dissesto morfologico o idrogeologico in atto o pregressi interferenti con l'area in esame e con il suo adeguato attorno.



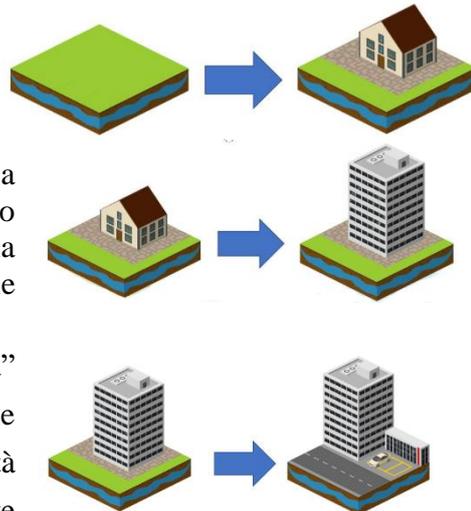
4 STUDIO DELL'INVARIANZA IDRAULICA ED IDROLOGICA

4.1 Premessa

La verifica e il dimensionamento delle opere di scarico delle acque meteoriche dell'area in esame è stato predisposto ai sensi del Regolamento Regionale 23 novembre 2017 n. 7 pubblicato sul supplemento n. 48 BURL del 27 novembre 2017, così come modificato dal R.R. 19 aprile 2019, n. 8, al fine di garantire il rispetto del principio di invarianza idraulica ed idrologica.

Nell'ambito degli interventi edilizi di cui all'articolo 3, comma 1, lettere d), e) ed f), del decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380 (Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia) sono soggetti ai requisiti di invarianza idraulica e idrologica ai sensi del presente regolamento gli interventi di:

- a) "interventi di nuova costruzione", compresi gli ampliamenti;
- b) "interventi di ristrutturazione edilizia", compresa la demolizione, totale o parziale fino al piano terra, e ricostruzione indipendentemente dalla modifica o dal mantenimento della superficie edificata preesistente;
- c) "interventi di ristrutturazione urbanistica" comportante un ampliamento della superficie edificata o una variazione della permeabilità rispetto alla condizione preesistente all'urbanizzazione.



In base all'art. 5, comma 3 della RR 7/2017 e s.m.i. lo smaltimento dei volumi invasati deve avvenire secondo il seguente ordine decrescente di priorità:

- a) mediante il riuso dei volumi stoccati, in funzione dei vincoli di qualità e delle effettive possibilità, quali innaffiamento di giardini, acque grigie e lavaggio di pavimentazioni e auto;
- b) mediante infiltrazione nel suolo o negli strati superficiali del sottosuolo, compatibilmente con le caratteristiche pedologiche del suolo e idrogeologiche del sottosuolo, con le normative ambientali e sanitarie e con le pertinenti indicazioni contenute nella componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio (PGT) comunale;



- c) scarico in corpo idrico superficiale naturale o artificiale (con i limiti di portata definiti all'Art. 8 del R.R. 7/2017 (10/20 l/s/ha));
- d) scarico in fognatura (con i limiti di portata definiti all'Art. 8 del R.R. 7/2017 (10/20 l/s/ha)).

Le misure di invarianza idraulica ed idrologica si applicano a tutto il territorio regionale per promuovere la partecipazione di ogni proponente agli oneri connessi all'impatto idrico e ambientale nonché all'incremento del rischio idraulico conseguente agli interventi precedentemente indicati, e per tutti i tipi di permeabilità del suolo, seppure con calcoli differenziati in relazione alla natura del suolo e all'importanza degli interventi.

I limiti allo scarico devono essere diversificati in funzione delle caratteristiche delle aree di formazione e di possibile scarico delle acque meteoriche, in considerazione dei differenti effetti dell'apporto di nuove acque meteoriche nei sistemi di drenaggio nelle aree urbane o extraurbane, di pianura o di collina, e della dipendenza di tali effetti dalle caratteristiche del ricettore finale, in termini di capacità idraulica dei tratti soggetti ad incremento di portata e dei tratti a valle. In considerazione di ciò, il territorio regionale è suddiviso nelle seguenti tipologie di aree, in funzione del livello di criticità idraulica dei bacini dei corsi d'acqua ricettori:

- a) **aree A**, ovvero ad **alta criticità idraulica**: aree che comprendono i territori dei comuni, elencati nell'allegato C del R.R. 8/2019, ricadenti, anche parzialmente, nei bacini idrografici elencati nell'allegato B;
- b) **aree B**, ovvero a **media criticità idraulica**: aree che comprendono i territori dei comuni, elencati nell'allegato C della R.R. 8/2019, non rientranti nelle aree A e ricadenti, anche parzialmente, all'interno dei comprensori di bonifica e Irrigazione;
- c) **aree C**, ovvero a **bassa criticità idraulica**: aree che comprendono i territori dei comuni, elencati nell'allegato C della R.R. 8/2019, non rientranti nelle aree A e B.

Di seguito si propone lo stralcio cartografico della Regione Lombardia con indicati gli ambiti territoriali a diversa criticità idraulica.

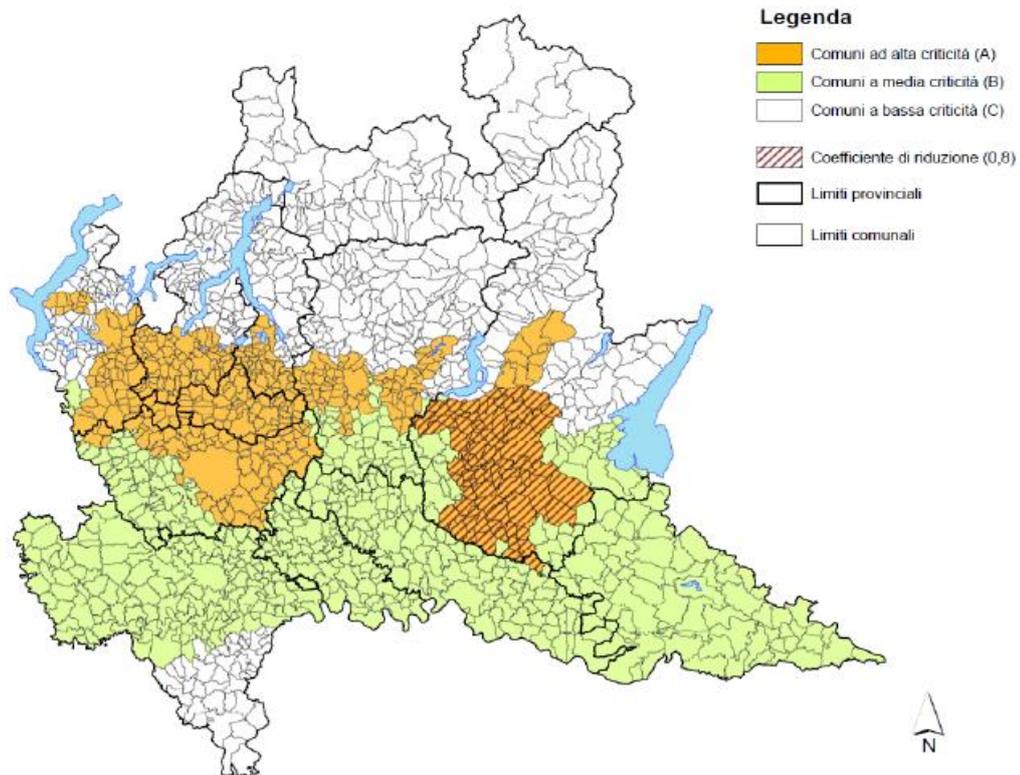


Fig. 2 - Stralcio cartografico della Regione Lombardia degli ambiti territoriali a diversa criticità idraulica

IL COMUNE DI SANT'ANGELO LODIGIANO (LO)

RICADE ENTRO LE AREE "B" A MEDIA CRITICITÀ IDRAULICA

In base all'art.7, comma 5 del RR 7/2017, gli ambiti di trasformazione ed i piani attuativi previsti nei PGT sono equiparati alle aree A – ad alta criticità, indipendentemente dal comune in cui ricadono.

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 (u_{lim}):

- a) per le **aree A**: **10 l/s** per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento;
- b) per le **aree B**: **20 l/s** per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento;
- c) per le **aree C**: **20 l/s** per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento.



Si ricorda ad ogni modo che il gestore del ricettore può imporre limiti più restrittivi di quelli soprariportati, qualora sia limitata la capacità idraulica del ricettore stesso ovvero ai fini della funzionalità del sistema di raccolta e depurazione delle acque reflue.

Ai fini dell'individuazione delle diverse modalità di calcolo dei volumi da gestire per il rispetto del principio di invarianza idraulica e idrologica, gli interventi sono suddivisi nelle classi di cui alla tabella seguente (Tabella 1 R.R. 8/2019), a seconda della superficie interessata dall'intervento e del coefficiente di deflusso medio ponderale, calcolato ai sensi dell'articolo 11, comma 2, lettera d), numero 1) del medesimo regolamento.

Per la definizione della superficie interessata dall'intervento, lo stesso deve essere considerato nella sua unitarietà e non può essere frazionato. La modalità di calcolo da applicare per ogni intervento dipende dalla classe di intervento indicata e dall'ambito territoriale in cui lo stesso ricade.

Nella redazione del progetto di invarianza idraulica e idrologica devono essere rispettati i seguenti elementi:

- a) **tempi di ritorno di riferimento**: il RR 7/2017 prevede che siano valutate le condizioni locali di rischio di allagamento residuo per eventi di tempo di ritorno alti, quelli cioè che determinano un superamento anche rilevante delle capacità di controllo assicurate dalle strutture fognarie; gli interventi di contenimento e controllo delle acque meteoriche sono conseguentemente dimensionati in modo da rispettare i valori di portata limite precedentemente indicati, assumendo i seguenti valori di tempi di ritorno:
 - **T = 50 anni**: tempo di ritorno da adottare per il dimensionamento delle opere di invarianza idraulica e idrologica;
 - **T = 100 anni**: tempo di ritorno da adottare per la verifica dei franchi di sicurezza delle opere e delle eventuali ulteriori misure locali anche non strutturali di protezione idraulica dei beni insediati, quali barriere e paratoie fisse o rimovibili a difesa di ambienti.
- b) **calcolo delle precipitazioni di progetto**: i parametri caratteristici delle curve di possibilità pluviometrica per la determinazione delle precipitazioni di progetto da assumere sono quelli riportati da ARPA Lombardia per tutte le località del territorio regionale.
- c) **calcolo del processo di infiltrazione**: deve tenere conto della qualità delle acque, delle possibili interferenze con le strutture e del progressivo intasamento dei suoli che riduce la permeabilità.



d) **calcolo dell'idrogramma netto**: la valutazione delle perdite idrologiche per il calcolo dell'idrogramma netto di piena in arrivo nell'opera di laminazione o nell'insieme delle opere di laminazione, può essere effettuata anche in via semplificata adottando i seguenti valori standard del coefficiente di deflusso:

- pari a **1** per tutte le sotto-aree interessate da tetti, coperture e pavimentazioni continue di strade, vialetti, parcheggi;
- pari a **0,7** per i tetti verdi, i giardini pensili e le aree verdi sovrapposti a solette comunque costituite, per le aree destinate all'infiltrazione delle acque gestite ai sensi del R.R. 8/2019 e per le pavimentazioni discontinue drenanti o semipermeabili, di strade, vialetti, parcheggi
- pari a **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;
- pari a **0** per superfici verdi non collettate, quelle incolte o di uso agricolo.



e) **tempi di svuotamento degli invasi**: massimo 48 ore. In caso di impossibilità a rispettare tale limite temporale è necessario sovradimensionare l'opera per garantire un volume disponibile dopo 48 ore pari almeno a quello richiesto dalla norma.

4.2 Individuazione dell'ambito territoriale di applicazione

In base a quanto stabilito dall'Allegato C del RR 8/2019 (Elenco dei comuni ricadenti nelle aree ad alta, media e bassa criticità idraulica), il Comune di Sant'Angelo Lodigiano ricade in classe di criticità MEDIA, a cui è associata una portata massima di scarico pari a 20 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento.

COMUNE	PROVINCIA	CRITICITÀ IDRAULICA	Ulim [l/s per ha sup scolante imp.]
Sant'Angelo Lodigiano	LO	B	20



4.3 Superfici interessate dall'intervento

Come indicato dal Progettista le diverse superfici d'intervento, a diverso grado di permeabilità, sono identificate nella planimetria progettuale il cui stralcio è proposto a seguire:

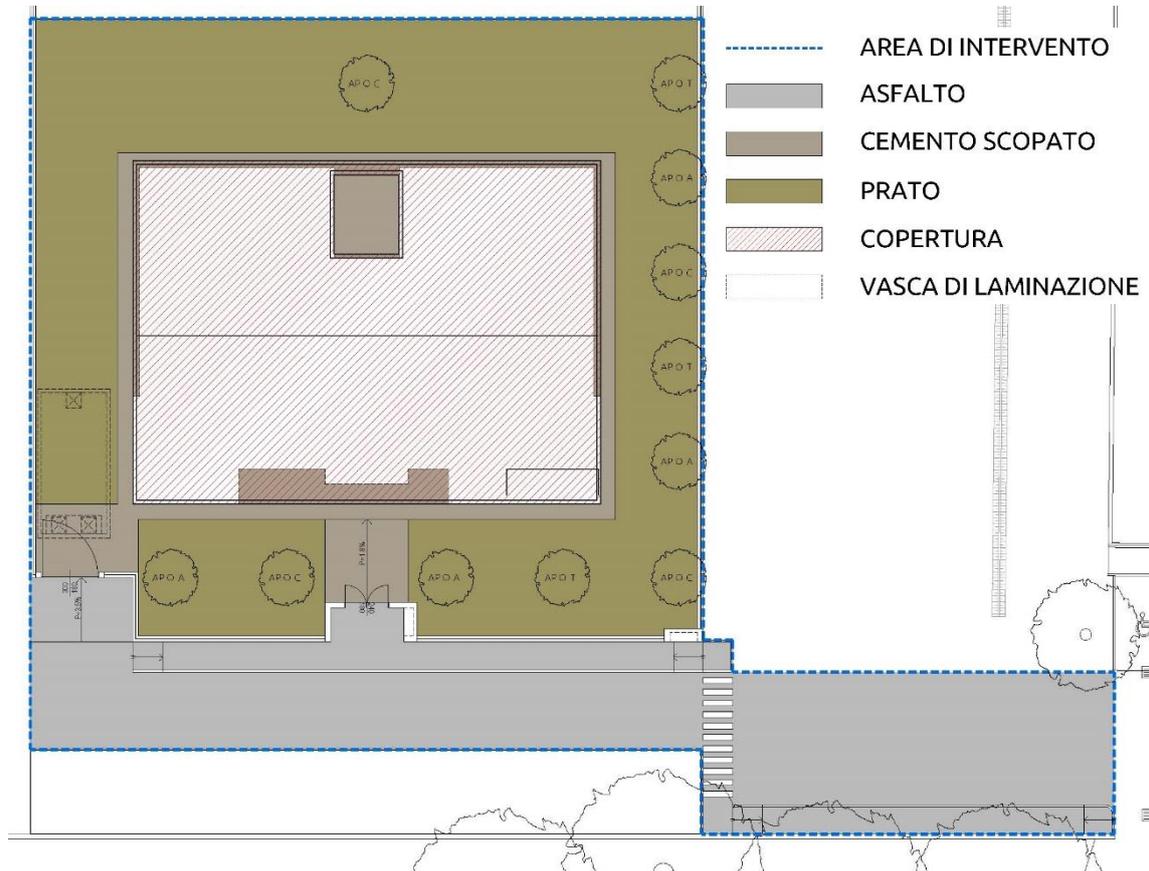


Fig. 3 – Planimetrie con superfici impermeabili, semipermeabili, drenanti

La superficie complessiva d'intervento, che comprende le aree verdi, è pari a 1.592 mq. Le aree permeabili (verde, 578 mq) non essendo collettate e non destinate ad interventi finalizzati al rispetto del regolamento di invarianza idraulica e idrologica, sono escluse dall'applicazione del regolamento. Tenendo conto che l'opera di laminazione verrà posta entro l'area a verde, nel conteggio dovrà essere aggiunta una superficie pari a 35 mq, a cui, come da normativa, verrà attribuito coefficiente di deflusso pari 0,7 (sup. semipermeabili).

Pertanto, in relazione ai dati comunicati, risultano le seguenti superfici a cui associare i relativi coefficienti di deflusso:



ROGETTO DI REALIZZAZIONE NUOVO ASILO NIDO
IN VIA BRACCHI A SANT'ANGELO LODIGIANO (LODI)

RELAZIONE DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA

TIPOLOGIA COSTRUTTIVA	TIPOLOGIA IMPERMEABILIZZAZIONE	SUPERFICIE [mq]	COEFFICIENTE DI DEFLUSSO
NUOVO ASILO NIDO			
Tetti, coperture, pavimentazioni, ecc.	IMPERMEABILE	450 (copertura) + 154 (cemento) + 410 (asfalto) = 1.014	1,0
Aree destinate all'invarianza idraulica	SEMIPERMABILI	35	0,7

Tab. 1 – Sintesi superfici d'intervento e relativi coeff. di deflusso

4.4 Determinazione della procedura di calcolo

Visto che l'intervento in progetto ricade entro l'ambito territoriale A – criticità idraulica alta e che la superficie di intervento è compresa tra 1.000 e 10.000 mq, ne consegue che la classe di intervento è la “2 - Impermeabilizzazione potenzialmente media” e la modalità di calcolo da adottare ai fini del dimensionamento del sistema di smaltimento prevede l'utilizzo del METODO DELLE SOLE PIOGGE, del R.R. 7/2017 e s.m.i.

CLASSE DI INTERVENTO	SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	COEFFICIENTE DEFLUSSO 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)
		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	

Tab. 2 - Modalità di calcolo in funzione della classe d'intervento e dall'ambito territoriale (Tabella 1 RR 8/2019)



4.5 Definizione delle curve di possibilità pluviometrica

Il concetto di tempo di ritorno non deve essere scambiato con il rischio di superamento della grandezza h in un determinato intervallo di tempo.

Il rischio viene infatti definito come la probabilità P che il massimo annuale h venga superato almeno una volta in N anni ed è legato al tempo di ritorno T_r dall'espressione:

$$P = 1 - (1 - 1/T_r)^N$$

Quindi, la probabilità o il rischio di superamento in N anni di un evento con 100 anni di tempo di ritorno sarà:

- in 1 anno: $P = 0.01 = 1\%$
- in 10 anni: $P = 0.096 = 9.6\%$
- in 20 anni: $P = 0.182 = 18.2\%$
- in 50 anni: $P = 0.395 = 39.5\%$
- in 100 anni: $P = 0.634 = 63.4\%$.

Come previsto dal RR 7/2017 e ss.mm.ii. è stata ricostruita la curva di possibilità pluviometrica avente un $TR = 100$ anni partendo dai dati ARPA Regione Lombardia, nell'ambito del progetto *SHAKEUP-2* in tema di "Regime delle precipitazioni intense sul territorio della Lombardia".

Tale progetto è stato affidato dall'ARPA Lombardia al DIIAR (Dipartimento di Ingegneria Idraulica, Ambientale, infrastrutture viarie e Rilevamento) del Politecnico di Milano, con l'obiettivo di modellazione probabilistica ai fini della previsione statistica delle precipitazioni di forte intensità e breve durata.

In tal modo, sono stati formulati i criteri e i metodi per la caratterizzazione idrologica del regime pluviale in Lombardia sviluppando, in particolare, la parametrizzazione della LSPP (linea segnalatrice di probabilità pluviometrica) per ogni sito stazione e per ogni punto griglia del territorio della Lombardia secondo il modello probabilistico GEV (Generalized Extreme Value) scala-invariante (cfr. schermata di esempio del portale Webgis dell'ARPA Lombardia).



ROGETTO DI REALIZZAZIONE NUOVO ASILO NIDO
IN VIA BRACCHI A SANT'ANGELO LODIGIANO (LODI)

RELAZIONE DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA

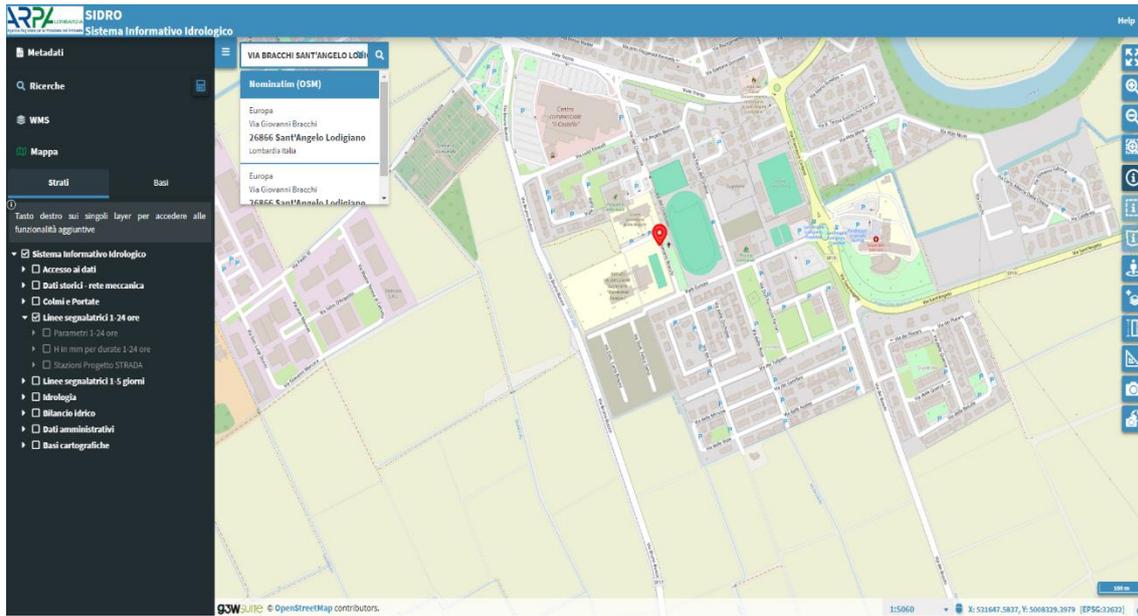


Fig. 4 - Schermata del portale webgis dell'ARPA Lombardia per la stima dei parametri delle LSPP

Il sito di ARPA Lombardia fornisce i parametri della curva di possibilità pluviometrica valida per ogni località della Lombardia espressa nella forma:

$$h = a_1 \cdot w_T \cdot D^n$$
$$w_T = \varepsilon + \frac{\alpha}{k} \left\langle 1 - \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right]^k \right\rangle$$

in cui h è l'altezza di pioggia, D è la durata, a_1 è il coefficiente pluviometrico orario, w_T è il coefficiente probabilistico legato al tempo di ritorno T , n è l'esponente della curva (parametro di scala), α , ε , k sono i parametri delle leggi probabilistiche GEV adottate.

Poiché tali parametri caratteristici delle curve di possibilità pluviometrica riportati da ARPA Lombardia si riferiscono generalmente a durate di pioggia maggiori dell'ora, per le durate inferiori all'ora si possono utilizzare, in carenza di dati specifici, tutti i parametri indicati da ARPA tranne il parametro n per il quale si indica il valore $n = 0,5$ in aderenza agli standard suggeriti dalla letteratura tecnica idrologica.

Per il caso in esame si sono ottenuti i seguenti parametri:

DOTT. GEOL. ALESSANDRO CHIODELLI

13

via Garibaldi, 4 - 24030 Mozzo (Bg)
e_mail: alessandrochiodelli1973@gmail.com - Cell. 338.9041561



ROGETTO DI REALIZZAZIONE NUOVO ASILO NIDO
IN VIA BRACCHI A SANT'ANGELO LODIGIANO (LODI)

RELAZIONE DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA

PARAMETRO	VALORE
A1 - Coefficiente pluviometrico orario	26,39
N - Coefficiente di scala	0,2904
GEV - parametro alpha	0,2811
GEV - parametro kappa	-0,0781
GEV - parametro epsilon	0,8140

Corrispondenti alla seguente curva di possibilità pluviometrica per **Tr = 100 anni**:

PARAMETRO	VALORE
a	62,54
n per D < 1h	0,5
n per D ≥ 1h	0,29



Calcolo della linea segnatrice 1-24 ore

Località:
Coordinate:

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

Linea segnatrice
Tempo di ritorno (anni) **100**

A1 - Coefficiente pluviometrico orario 26,39
N - Coefficiente di scala 0,2904
GEV - parametro alpha 0,2811
GEV - parametro kappa -0,0781
GEV - parametro epsilon 0,814

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

Formulazione analitica

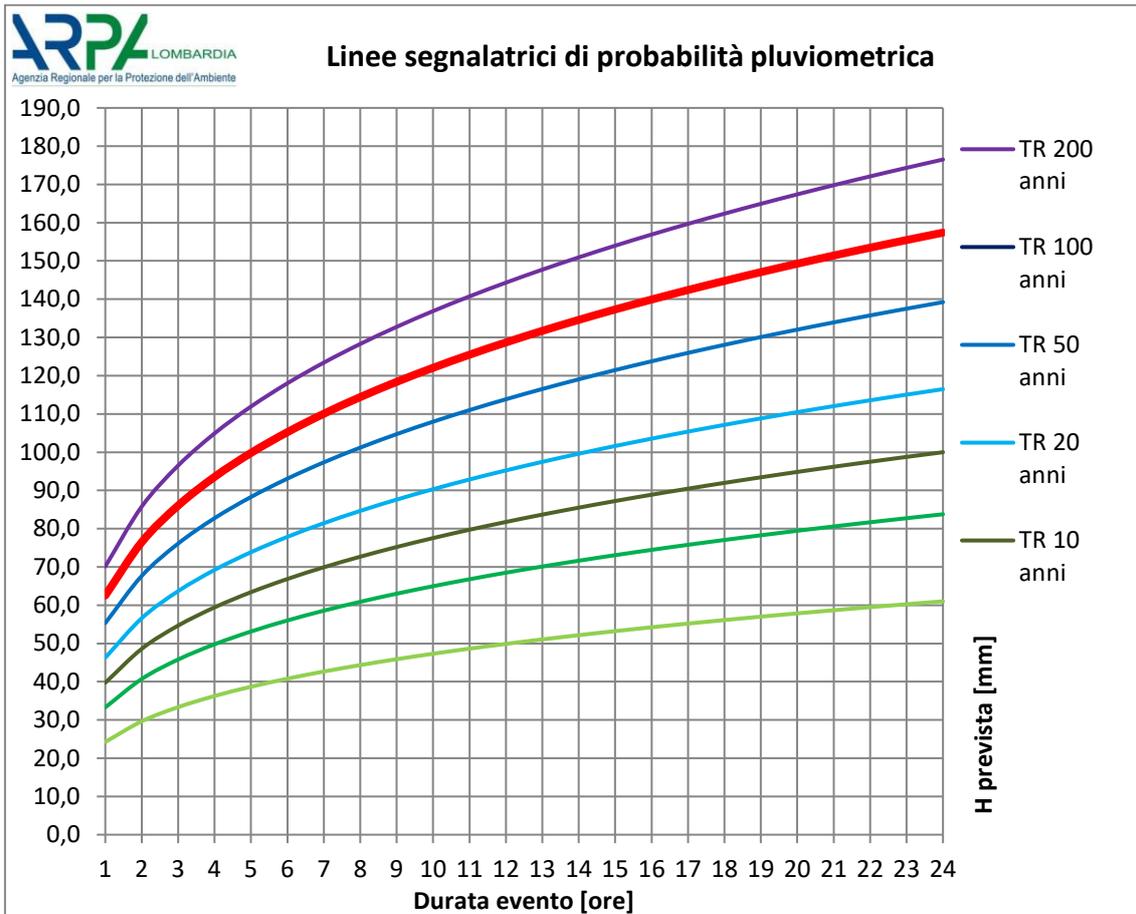
$$h_T(D) = a_1 w_T D^n$$

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

Bibliografia ARPA Lombar
<http://idro.arpalombardia.it/man>
<http://idro.arpalombardia.it/man>

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

Tr	2	5	10	20	50	100	200	100
wT	0,91852	1,26132	1,50557	1,75370	2,09631	2,36990	2,65773	2,3698969
Durata (ore)	TR 2 anni	TR 5 anni	TR 10 anni	TR 20 anni	TR 50 anni	TR 100 ann	TR 200 ann	TR 100 anni
1	24,2	33,3	39,7	46,3	55,3	62,5	70,1	62,541579
2	29,6	40,7	48,6	56,6	67,7	76,5	85,8	76,487058
3	33,3	45,8	54,7	63,7	76,1	86,0	96,5	86,044845
4	36,3	49,8	59,4	69,2	82,7	93,5	104,9	93,542089
5	38,7	53,1	63,4	73,9	88,3	99,8	111,9	99,80441
6	40,8	56,0	66,9	77,9	93,1	105,2	118,0	105,23107
7	42,7	58,6	69,9	81,4	97,3	110,0	123,4	110,0488
8	44,3	60,9	72,7	84,7	101,2	114,4	128,3	114,40004
9	45,9	63,0	75,2	87,6	104,7	118,4	132,8	118,38069
10	47,3	65,0	77,5	90,3	108,0	122,1	136,9	122,05873
11	48,6	66,8	79,7	92,9	111,0	125,5	140,7	125,48427
12	49,9	68,5	81,8	95,2	113,8	128,7	144,3	128,69542
13	51,1	70,1	83,7	97,5	116,5	131,7	147,7	131,7219
14	52,2	71,6	85,5	99,6	119,1	134,6	150,9	134,58741
15	53,2	73,1	87,2	101,6	121,5	137,3	154,0	137,31113
16	54,2	74,5	88,9	103,5	123,8	139,9	156,9	139,90888
17	55,2	75,8	90,5	105,4	126,0	142,4	159,7	142,39384
18	56,1	77,1	92,0	107,1	128,1	144,8	162,4	144,77714
19	57,0	78,3	93,4	108,8	130,1	147,1	164,9	147,06824
20	57,9	79,4	94,8	110,5	132,0	149,3	167,4	149,2753
21	58,7	80,6	96,2	112,0	133,9	151,4	169,8	151,40539
22	59,5	81,7	97,5	113,6	135,7	153,5	172,1	153,46466
23	60,3	82,7	98,8	115,0	137,5	155,5	174,3	155,45855
24	61,0	83,8	100,0	116,5	139,2	157,4	176,5	157,39183



4.6 Il metodo delle sole piogge - richiami teorici

Il “Metodo delle sole piogge” si basa sulle seguenti assunzioni:

- l'onda entrante dovuta alla precipitazione piovosa $Q_e(t)$ nell'invaso di laminazione 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 dell'intervento afferente all'invaso; con questa assunzione si ammette che, data la limitata estensione del bacino scolante, sia trascurabile l'effetto della trasformazione afflussi-deflussi operata dal bacino e dalla rete drenante afferente all'invaso. Conseguentemente l'onda entrante nell'invaso coincide con la precipitazione piovosa sulla superficie scolante impermeabile dell'intervento. La portata costante entrante è quindi pari a:

$$Q_e = S \cdot \varphi \cdot a \cdot D^{n-1}$$



e il volume di pioggia complessivamente entrante è pari a:

$$W_e = S \cdot \phi \cdot a \cdot D^n$$

in cui S è la superficie scolante del bacino complessivamente afferente all'invaso, ϕ è il coefficiente di deflusso medio ponderale del bacino medesimo calcolabile con i valori standard esposti nell'Art. 11, comma 2, lettera d) del RR 7/2017 (quindi $S \cdot \phi$ è la superficie scolante impermeabile dell'intervento), D è la durata di pioggia, $a = a_1 w_T$ e n sono i parametri della curva di possibilità pluviometrica (desunti da ARPA Lombardia) espressa nella forma:

$$h = a \cdot D^n = a_1 \cdot w_T \cdot D^n$$

- l'onda uscente $Q_u(t)$ è anch'essa un'onda rettangolare caratterizzata da una portata costante $Q_{u,lim}$ (laminazione ottimale) e commisurata al limite prefissato in aderenza alle indicazioni sulle portate massime ammissibili di cui all'articolo 8 del regolamento. La portata costante uscente è quindi pari a:

$$Q_{u,lim} = S \cdot u_{lim}$$

e il volume complessivamente uscito nel corso della durata D dell'evento è pari a:

$$W_u = S \cdot u_{lim} \cdot D$$

in cui u_{lim} è la portata specifica limite ammissibile allo scarico, di cui all'articolo 8 comma 1 del RR 7/2017.

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, cioè quello calcolato per l'evento di durata critica che rende massimo il volume di laminazione.

Quindi, il volume massimo ΔW che deve essere trattenuto nell'invaso di laminazione al termine dell'evento di durata generica D (invaso di laminazione) è pari a:

$$\Delta W = W_e - W_u = S \cdot \phi \cdot a \cdot D^n - S \cdot u_{lim} \cdot D$$



La figura seguente mostra graficamente la curva $W_e(D)$, concava verso l'asse delle ascisse, in aderenza alla curva di possibilità pluviometrica, e la retta $W_u(D)$ e indica come 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.

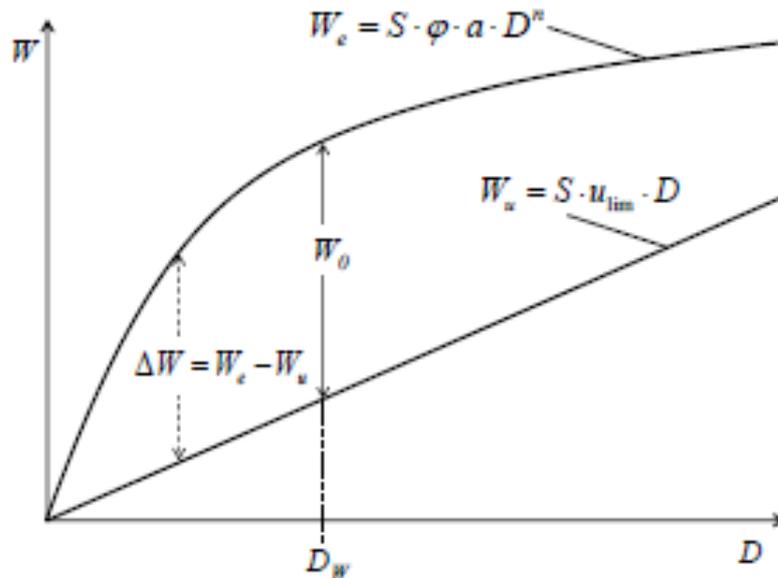


Fig. 5 – Individuazione con il metodo delle sole piogge dell'evento critico D_w e del corrispondente volume critico W_0 di laminazione, ovvero quello che massimizza il volume invasato

Esprimendo matematicamente la condizione di massimo, ossia derivando rispetto alla durata D la differenza $\Delta W = W_e - W_u$, si ricava la durata critica D_w per l'invaso di laminazione e di conseguenza il volume di laminazione W_0 :

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

$$W_0 = S \cdot \phi \cdot a \cdot D_w^n - Q_{u,lim} \cdot D_w \quad (2)$$

Se si considerano per le varie grandezze le unità di misura solitamente utilizzate nella pratica:

W_0	in [m ³]
S	in [ha]
a	in [mm/ora ⁿ]
θ	in [ore]
D_w	in [ore]
$Q_{u,lim}$	in [l/s]



le equazioni (4) e (5) diventano:

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

$$W_0 = 10 \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot D_w^n - 3.6 \cdot Q_{u,lim} \cdot D_w \quad (2')$$

Introducendo in esse la portata specifica di scarico $u_{lim} = Q_{u,lim}/S$ (in l/s per ettaro) e il volume specifico di invaso $w_0 = W_0/S$ (in m³/ha) si ha:

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

$$w_0 = 10 \cdot \varphi \cdot a \cdot D_w^n - 3.6 \cdot u_{lim} \cdot D_w \quad (2'')$$

Si osservi che il parametro n (esponente della curva di possibilità pluviometrica) da utilizzare nelle equazioni precedenti deve essere congruente con la durata D_w risultante dal calcolo, tenendo conto che il valore di n è generalmente diverso per le durate inferiori all'ora, per le durate tra 1 e 24 ore e per le durate maggiori di 24 ore.

4.7 Calcolo del volume di laminazione con il metodo delle sole piogge

Il volume di laminazione da adottare per la progettazione degli interventi di invarianza idraulica è il maggiore tra quello risultante adottando la specifica modalità di calcolo (nel caso in esame il volume di laminazione ottenuto adottando il metodo delle sole piogge) e quello valutato in termini parametrici come requisito minimo di cui all'Art. 12, comma 2, del RR 7/2017 e s.m.i. (coeff. $P' = 1$).

Applicando le formule (1') e (2') del metodo delle sole piogge si ottengono i seguenti risultati:

- durata critica $D_w = 3,68$ ore (utilizzando l'esponente $n = 0,29$ valido per $D \geq 1$ ora)
- ***volume di laminazione $W_0 = 67,25$ mc***

4.8 Verifica del requisito minimo delle misure di invarianza idraulica e idrologica

In base all'art. 12, comma 2 del RR 7/2017, il volume minimo di invaso delle misure di invarianza idraulica e idrologica **per le aree B** a media criticità idraulica è pari a: **500 mc per ettaro di superficie scolante impermeabile** dell'intervento; quindi essendo le



superfici scolanti impermeabili ragguagliate pari a circa 0,1 ha, il volume minimo di
invaso risulta pari a 51,92 mc

**Tale volume è minore rispetto a quello ottenuto con i calcoli idrologici e quindi dovrà
essere garantito il volume di laminazione calcolato con il metodo delle sole piogge.**

Volume di vasca calcolato con il metodo delle sole piogge	Volume di vasca Art. 12 comma 2 RR 7/2017
• 67,25 mc	• 551,92 mc

Tab. 3 – Confronto volume di stoccaggio calcolato con il metodo delle sole piogge
rispetto al volume minimo (Art. 12, comma 2, R.R. 7/2017)

Pertanto si stabilisce in 68 mc il volume utile di laminazione, calcolato con temo di ritorno
centennale.

VOLUME DI INVASO 68 mc



5 SCELTA DEL SISTEMA DI SMALTIMENTO DELLE ACQUE PLUVIALI

Come accennato precedentemente secondo quanto stabilito dall'Art. 5, comma 3 della R.R. 7/2017, lo smaltimento dei volumi invasati deve avvenire secondo il seguente ordine decrescente di priorità:

- a) mediante il riuso dei volumi stoccati, in funzione dei vincoli di qualità e delle effettive possibilità, quali innaffiamento di giardini, acque grigie e lavaggio di pavimentazioni e auto;
- b) mediante infiltrazione nel suolo o negli strati superficiali del sottosuolo, compatibilmente con le caratteristiche pedologiche del suolo e idrogeologiche del sottosuolo che, in funzione dell'importanza dell'intervento, possono essere verificate con indagini geologiche ed idrogeologiche sito specifiche, con le normative ambientali e sanitarie e con le pertinenti indicazioni contenute nella componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio (PGT) comunale;
- c) scarico in corpo idrico superficiale naturale o artificiale (con i limiti di portata definiti all'Art. 8 del R.R. 7/2017 (20 l/s/ha));
- d) scarico in fognatura (con i limiti di portata definiti all'Art. 8 del R.R. 7/2017 (20 l/s/ha)).

Considerato che in adiacenza all'area d'intervento non vi sono corpi idrici utili al recapito delle meteoriche e che nella zona, la documentazione tecnica disponibile indica la presenza di falda frataica entro i 5 m da p.c., ***i volumi di acque pluviali provenienti dalla superficie scolante saranno scaricati nel sistema fognario (p.to d, comma 3, Art. 5 del Regolamento Regionale)***, previa laminazione e previa l'acquisizione dell'autorizzazione del gestore del sistema fognario (permesso di allacciamento).

In allegato alla presente relazione viene proposta una tavola grafica predisposta dal progettista con indicata il sistema di raccolta e allontanamento delle acque meteoriche.



ROGETTO DI REALIZZAZIONE NUOVO ASILO NIDO
IN VIA BRACCHI A SANT'ANGELO LODIGIANO (LODI)

RELAZIONE DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA

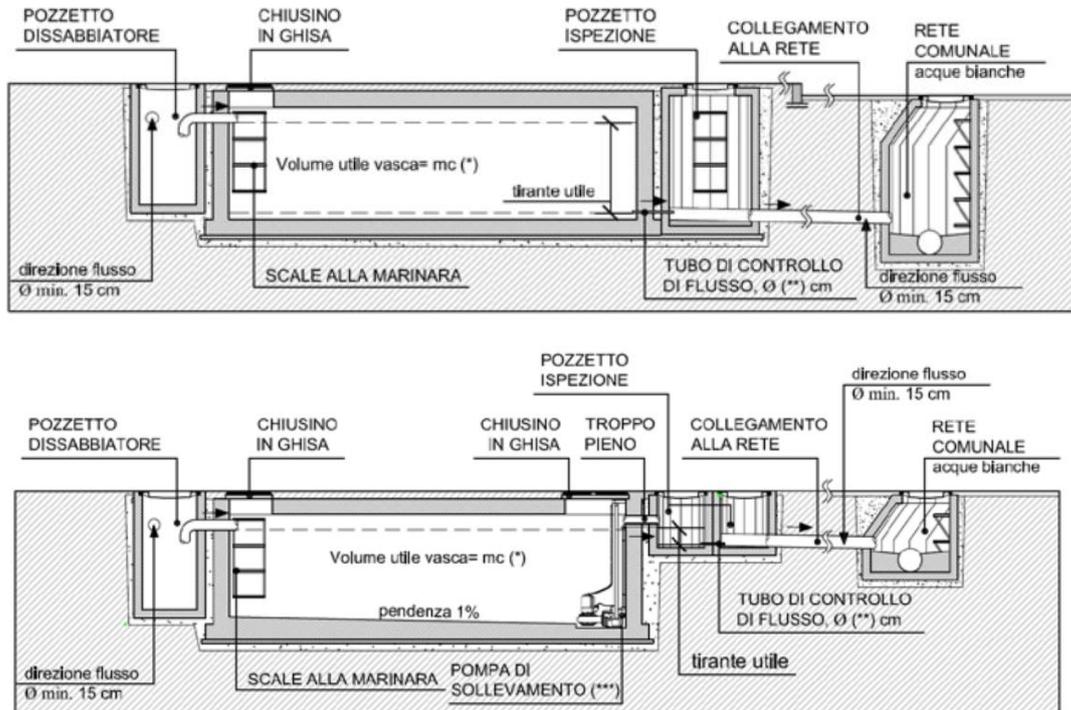


Figura 4 - Esempi di vasca di laminazione con scarico verso la fognatura senza pompaggio (sopra) e con pompaggio (sotto)



6 CALCOLO DEL TEMPO DI SVUOTAMENTO DEL SISTEMA DI LAMINAZIONE

Secondo quanto stabilito dall'Allegato G del RR 7/2017 il tempo di svuotamento del sistema di stoccaggio delle acque meteoriche non deve superare le 48 ore, così da ripristinare la capacità d'invaso quanto prima possibile. Ciò tiene conto dell'eventualità che una seconda precipitazione possa avvenire in condizioni di parziale pre-riempimento del sistema.

In considerazione del fatto che il volume di invaso definito al § 4.8 è pari a 68 m³, e che la portata uscente dall'invaso di laminazione Q_u (nel rispetto della portata limite ammissibile di cui all'articolo 8 del regolamento pari a 20 l/s ha, il tempo di svuotamento, a partire dal massimo invaso W_{lam} , sarà si ottiene dall'applicazione della formula:

$$t_{svuot} = \frac{W_{lam}}{Q_u + Q_{inf}}$$

Ne deriva che lo svuotamento del sistema di raccolta/dispersione avviene in:

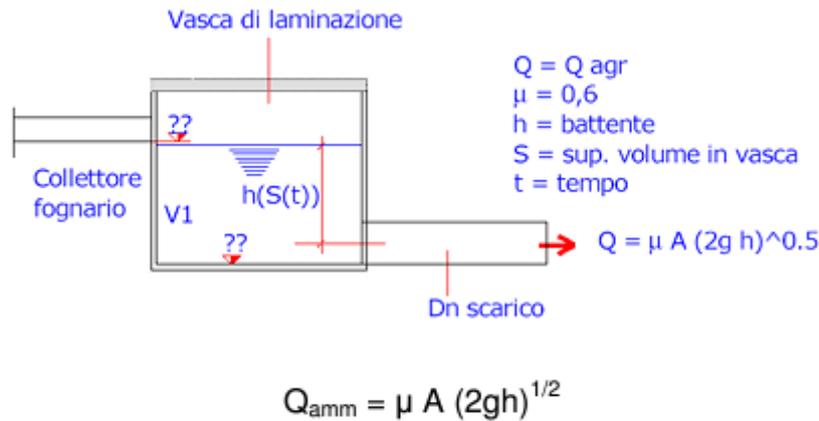
$$t_{svuot} = 68.000 \text{ litri} / 2 \text{ l/s} = 34.000 \text{ s, pari a circa 9 ore e } \frac{1}{2}$$

Tali tempi sono minori del limite di 48 h fissato dall'art. 11, comma 2, lettera f) del Regolamento, definito per tenere conto di possibili eventi meteorici ravvicinati, pertanto sono accettabili.



7 DIMENSIONAMENTO SISTEMA DI SCARICO TERMINALE

Ai fini del dimensionamento del tubo di deflusso al sistema fognario, può essere utilizzato il seguente schema esemplificativo, a cui sono associate le relative formule:



Nell'ipotesi di vasca di laminazione piena (approssimazione non determinante ai fini del calcolo) e di tirante h , inteso come differenza di quota tra il fondo del tubo in ingresso alla vasca e il fondo del tubo di controllo di flusso, ipotizzato pari a 0,5 m, lo sviluppo dell'espressione indicata definisce un'area del tubo pari a circa 0,000752539 m², corrispondenti a un diametro pari a poco superiore a 3 cm.

Il diametro del tubo così determinato potrebbe tuttavia risultare facilmente ostruibile, in ragione del fatto che le acque piovane contengono comunque un carico di materiale solido, naturale; pertanto, qualora fosse adottato un sistema di smaltimento con tubo di deflusso privo di pompa di rilancio, si consiglia di adottare un tubo di scarico del diametro minimo di 1,5 pollici, a cui associare una valvola di regolazione della portata a vortice (es. tipo Pozzoli Depurazione).

Qualora invece venisse si optasse per lo smaltimento dei volumi meteorici mediante pompa sommersa, si raccomanda di scegliere un modello avente curva portata-prevalenza compatibile con i valori indicati (circa 2 l/s), inserire un pozzetto di calma al termine del tubo di mandata prima della confluenza con la rete funzionante a gravità e prevedere l'inserimento in vasca di una seconda pompa di sicurezza.



8 PIANO DI MANUTENZIONE DELLE OPERE DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA

8.1 Piano di manutenzione

La vasca di accumulo deve essere soggette a una pulizia periodica dei sedimenti accumulati ed un controllo di funzionamento degli organi di regolazione e scarico. Con periodicità stagionale dovranno essere controllati i pozzetti di recapito dei pluviali prima dell'immissione nella vasca. Si dovrà controllare anche la superficie circostante alla vasca per verificare eventuali anomalie e/o cedimenti/avvallamenti del materiale di riempimento. Si dovrà verificare che all'interno della vasca non siano presenti materiali solidi, fogliame, materiale verde putrescente o, in generale, elementi che possano creare ostruzioni o depositi di fondo.

Particolare attenzione dovrà essere posta alla manutenzione della elettropompa per il rispetto dei tempi di svuotamento e un corretto funzionamento del manufatto. Devono essere evitate disfunzioni dello scarico, con conseguente prolungamento del tempo di svuotamento e quindi con la possibilità di stato di pre-riempimento dell'invaso in un evento successivo tale da non rendere disponibile il volume calcolato ai sensi dell'articolo 11, comma 2, lettera e).

Tipologia	Tempo	Azione
Ispezione della vasca	Ogni 6 / 8 mesi e/o in caso di evento meteo particolarmente gravoso	Controllo del deposito di fondo e dello scarico della vasca
Rimozione e smaltimento dei sedimenti	Quando necessario	Servizi autospurgo
In caso di qualsiasi intervento di manutenzione, attenersi alle normative di sicurezza concernenti le operazioni in aree confinate ("spazi confinati" ai sensi del D.Lgs 81/2008 e s.m.) all'interno di impianti per acque reflue, nonché alle procedure tecniche di validità generale e alle vigenti norme di sicurezza.		

8.2 Costi di gestione delle opere

Come previsto dal comma 2 dell'art. 13 del RR 7, i costi di manutenzione ordinaria e straordinaria ai fini dell'efficienza nel tempo dell'intero sistema ricadono interamente ed esclusivamente sul proprietario del manufatto e/o ente gestore, il quale deve fare in modo che non si verifichino:

- a) Allagamenti provocati da insufficienze dimensionali o da inefficienze manutentive del sistema di invarianza idraulica e idrologica, ivi inclusi eventuali stati di pre-riempimento delle vasche di infiltrazione e laminazione tali da non



ROGETTO DI REALIZZAZIONE NUOVO ASILO NIDO
IN VIA BRACCHI A SANT'ANGELO LODIGIANO (LODI)

RELAZIONE DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA

- rendere disponibile il volume calcolato come da articolo 11, comma 2, lettera e),
come specificato nell'articolo 11, comma 2, lettere f) e g)
- b) b) Allagamenti provocati da sovraccarichi e/o rigurgiti del ricettore, essendo previsti nel progetto di invarianza idraulica e idrologica i dispositivi di cui all'articolo 11, comma 2, lettera g)



9 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Su incarico dell'Amministrazione Comunale di Sant'Angelo Lodigiano (Lo) è stata predisposta la presente relazione riguardante la definizione degli interventi atti a garantire il rispetto del principio di invarianza idraulica ed idrologica, a supporto del progetto di realizzazione di un nuovo asilo nido, presso via Bracchi a Sant'Angelo Lodigiano (Lo).

Il progetto di invarianza è finalizzato alla corretta gestione delle acque meteoriche, con l'obiettivo di diminuire il deflusso verso le reti di drenaggio urbano e da queste verso i corsi d'acqua.

Considerato che in adiacenza all'area d'intervento non vi sono corpi idrici utili al recapito delle meteoriche e che nella zona, la documentazione tecnica disponibile indica la presenza di falda fratica entro i 5 m da p.c., ***i volumi di acque pluviali provenienti dalla superficie scolante saranno scaricati nel sistema fognario*** (p.to d, comma 3, Art. 5 del Regolamento Regionale), previa laminazione e previa l'acquisizione dell'autorizzazione del gestore del sistema fognario (permesso di allacciamento).

Per quanto riguarda i volumi di stoccaggio, si raccomanda l'impiego di un sistema di raccolta in grado di stoccare un volume non inferiore a 68 mc (vedasi § 4.7 e 4.8).

Si demanda al progettista la definizione della posizione dei pozzi disperdenti e della rete di raccolta e drenaggio delle acque pluviali.

Mozzo, Agosto 2024

Dott. Geol. Alessandro Chiodelli

