

FUTURA

LA SCUOLA PER L'ITALIA DI DOMANI



Unione Europea
NextGenerationEU



Ministero dell'Istruzione



Italiadomani



COMUNE DI CINISELLO BALSAMO

CITTA' METROPOLITANA DI MILANO

**"REALIZZAZIONE DI UN PONTE TRA LA SCUOLA SEMPIONE ED IL NIDO
LA NAVE - IL NUOVO POLO DELL'INFANZIA DI VIA BRAMANTE"**
CIG: 9827493FC3 CUP: C71B22001550001

PNRR MISSIONE 4 – ISTRUZIONE E RICERCA – COMPONENTE 1 – POTENZIAMENTO
DELL'OFFERTA DEI SERVIZI DI ISTRUZIONE: DAGLI ASILI NIDO ALLE
UNIVERSITÀ – INVESTIMENTO 1.1 "PIANO PER ASILI NIDO E SCUOLE DELL'INFANZIA E
SERVIZI DI EDUCAZIONE E CURA PER LA PRIMA INFANZIA".

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA E VERIFICA DELL'INVARIANZA IDRAULICA

DATA	SCALA	DESCRIZIONE ELABORATO	ELABORATO
30.10.2023	-	RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA VERIFICA DELL'INVARIANZA IDRAULICA	RII

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Arch. Maurizio OSTINII

IMPRESA APPALTATRICE



RICAM GROUP
Via Aldo Moro, 6
24064 Grumello del Monte (BG) Italy
+39 035 44.20.122
ricamgroup.it
  

RTP PROGETTAZIONE

Ing. Nicola PAPEO (Capogruppo/Mandatario)
Progetto Acustica Studio dB(A) (Mandante)
Ing. Francesco SPINOZZA (Mandante)
Geol. Elena MAGNIFICO (Mandante)
Ing. Adriano Vito MAGGI (Mandante/Giovane Prof.ta)

REV.	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
00	30.10.2023			

Indice

1. PREMESSA GENERALE E SCOPO DEL LAVORO.....	2
1.1 IL CONCETTO DI INVARIANZA IDRAULICA E LA NORMATIVA REGIONALE IN MATERIA	2
1.2 RIFERIMENTI NORMATIVI.....	4
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO ED ELEMENTI DI PROGETTO.....	5
3. CLASSIFICAZIONE DELL'INTERVENTO AI FINI DELL'INVARIANZA IDRAULICA.....	9
4. INDAGINI E STUDI ESEGUITI	10
5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	11
5.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	11
5.2 IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA	15
5.3 VALUTAZIONE DELLA PERMEABILITA' DEI TERRENI.....	15
6. INQUADRAMENTO IDROLOGICO, IDRAULICO ED INVARIANZA IDRAULICA	17
6.1 DETERMINAZIONE DELLE LINEE SEGNALETICHE DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA (LSPP).....	17
6.2 DEFINIZIONE DELLA SUPERFICIE SCOLANTE IMPERMEABILE E DEI CRITERI DI INVARIANZA PER LO SMALTIMENTO DELLE ACQUE	20
7. ALLESTIMENTO DEL MODELLO IDROLOGICO – IDRAULICO.....	24
7.1 CONFIGURAZIONE DELLA RETE DI PROGETTO.....	24
7.2 RISULTATI DELLA MODELLAZIONE IDRAULICA DETTAGLIATA	24
8. CONSIDERAZIONI GENERALI.....	28

1. PREMESSA GENERALE E SCOPO DEL LAVORO

La presente Relazione Tecnico Idraulica ed Idrogeologica, redatta su incarico del Comune di Cinisello Balsamo, ha per oggetto la **verifica della progettazione relativa alla gestione delle acque meteoriche e la compatibilità dell'intervento in materia di invarianza idraulica** ai sensi dell'art. 7 della L.R. 4/2016 e ss.mm.ii. (recenti disposizioni del R.R. 8//2019 di cui alla D.g.r. N° XI / 1516 del 15/04/2019) di un'area sita nel Comune di Cinisello Balsamo (Città Metropolitana di Milano) in via Bramante.

Tale sistema di smaltimento è stato indicato nella "Relazione idrogeologica ed idraulica ai sensi del R.R. 8/2019 a supporto del progetto di realizzazione di Nuovo Polo dell'Infanzia di via Bramante - Un ponte tra la Scuola Sempione e il Nido La Nave", a firma dei Dott. Geol. Luca Arieni e Dott. Geol. Marco Canavesi, fornita dalla Committenza.

La presente relazione ha lo specifico compito di verificare con gli stessi dati di partenza quanto progettato al livello esecutivo.

In fase di studio di fattibilità, in relazione alle modalità di attuazione del progetto ed alle caratteristiche delle opere che si prevedono, è stata organizzata un'apposita serie di rilievi geologici e di indagini geognostiche finalizzate alla ricostruzione del locale assetto litologico-stratigrafico e alla definizione delle caratteristiche tecniche dei materiali in situ onde procedere ad una valutazione delle interazioni fra terreno e opere. I risultati di tali studi sono riportati nella "Relazione geologico-tecnica e sismica ai sensi delle NTC 2018 e relazione geologica ai sensi della D.G.R. IX/2616 a supporto del progetto di realizzazione di Nuovo Polo dell'Infanzia di via Bramante - Un ponte tra la Scuola Sempione e il Nido La Nave", sempre fornita dalla Committenza.

1.1 IL CONCETTO DI INVARIANZA IDRAULICA E LA NORMATIVA REGIONALE IN MATERIA

L'invarianza idraulica può essere intesa come "il principio in base al quale le portate di deflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelle preesistenti all'urbanizzazione".

La Legge Regionale 15 marzo 2016, n. 4, inerente la "revisione della normativa regionale in materia di difesa del suolo, di prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico e di gestione dei corsi d'acqua" (BURL n. 11, suppl. del 18 Marzo 2016) all'art. 7) comma 1 recita: "*al fine di prevenire e di*

mitigare i fenomeni di esondazione e di dissesto idrogeologico provocati dall'incremento dell'impermeabilizzazione dei suoli e, conseguentemente, di contribuire ad assicurare elevati livelli di salvaguardia idraulica e ambientale, gli strumenti urbanistici e i regolamenti edilizi comunali recepiscono il principio di invarianza idraulica e idrologica per le trasformazioni di uso del suolo".

Tale legge introduce delle modifiche alla legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio), prescrivendo che i principi di invarianza idraulica si applichino, fra l'altro, "a tutti gli interventi che comportano una riduzione della permeabilità del suolo rispetto alla sua condizione preesistente all'urbanizzazione".

Dopo l'articolo 58 della L.R. 12/2005 la legge inserisce quindi il seguente Art. 58 bis. "[omissis]

3. Al fine di non aggravare le condizioni di criticità idraulica dei corpi idrici recettori delle acque meteoriche urbane, nel PGT:

a) il documento di piano stabilisce che le trasformazioni dell'uso del suolo comportanti variazioni di permeabilità superficiale debbano rispettare il principio dell'invarianza idraulica e idrologica, anche mediante l'applicazione dei principi e dei metodi del drenaggio urbano sostenibile. Tali principi vanno rispettati anche per le aree già urbanizzate oggetto di interventi edilizi, così come stabiliti nel regolamento di cui al comma 5;

b) il piano dei servizi individua e definisce le infrastrutture pubbliche necessarie per soddisfare il principio dell'invarianza idraulica e idrologica sia per la parte già urbanizzata del territorio, sia per gli ambiti di nuova trasformazione, secondo quanto stabilito dal regolamento di cui al comma 5.

4. Il regolamento edilizio comunale disciplina le modalità per il conseguimento dell'invarianza idraulica e idrologica secondo i criteri e i metodi stabiliti con il regolamento regionale di cui al comma 5. Il regolamento edilizio recepisce i criteri e i metodi di cui al primo periodo entro sei mesi dalla pubblicazione del regolamento regionale di cui al comma 5 nel Bollettino ufficiale della Regione Lombardia. Decorso inutilmente il termine di cui al secondo periodo, i comuni sono comunque tenuti a dare applicazione alle disposizioni del regolamento regionale.

5. Entro centottanta giorni dalla data di entrata in vigore della legge regionale recante (Revisione della normativa regionale in materia di difesa del suolo, di prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico e di gestione dei corsi d'acqua), la Giunta regionale, sentite le rappresentanze degli enti locali e di altri soggetti competenti con professionalità tecnica in materia, approva un regolamento contenente criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica e idrologica. Il regolamento acquista efficacia alla data di recepimento dello stesso nel regolamento

edilizio comunale di cui al comma 4 o, al più tardi, decorso il termine di sei mesi di cui al medesimo comma 4.

La L.R. 4/2016 è di fatto da considerarsi una legge d'indirizzo, il cui regolamento attuativo è stato approvato con 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)".

Con D.G.R. N° XI/1516 del 15/04/2019 è stato approvato il nuovo Regolamento Regionale "Disposizioni sull'applicazione dei principi dell'invarianza idraulica ed idrologica. Modifiche al regolamento regionale 23 novembre 2017, n. 7".

1.2 RIFERIMENTI NORMATIVI

- "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018;
- D.G.R. 28.05.2008 n. VIII/7374 Aggiornamento dei "Criteri e indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della L.R. 11/03/2005, n. 12", in particolare l'Allegato 5 – "Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito in Lombardia finalizzate alla definizione dell'aspetto sismico nei Piani di Governo del Territorio".
- D.G.R. n.2616/2011: *"Aggiornamento dei criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT"*;
- Regione Lombardia Legge Regionale 15 marzo 2016, n. 4 *"Revisione della normativa regionale in materia di difesa del suolo, di prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico e di gestione dei corsi d'acqua"* (BURL n. 11, suppl. del 18 Marzo 2016);
- 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)"*;
- D.G.R. n° XI/1516 del 15/04/2019 – *"Disposizioni sull'applicazione dei principi dell'invarianza idraulica ed idrologica. Modifiche al regolamento regionale 23 novembre 2017, n. 7 (Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio))"*.

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO ED ELEMENTI DI PROGETTO

La zona in oggetto è individuabile sulla corografia di Tavola 1 (scala 1:10.000) stralciata dalle sezioni B5b5-B5c5-B6c1-B6b1 della Carta Tecnica Regionale (volo aggiornato al 2011) e sull'inquadramento di dettaglio di Tavola 2 (scala 1:2.000) stralciata dal Rilievo Aerofotogrammetrico Comunale. In particolare, l'area d'intervento si inserisce in un contesto territoriale urbanizzato nella zona occidentale del territorio comunale di Cinisello Balsamo (MI).

Questa porzione di territorio è contraddistinta da un andamento planoaltimetrico di tipo subpianeggiante, debolmente degradante verso Sud.

Più in dettaglio l'intervento in progetto interessa una porzione di terreno ad una quota media di circa 157 m s.l.m. all'interno di un lotto di terreno occupato allo stato attuale da un complesso scolastico. Il lotto di terreno, della superficie di oltre 8.000 mq, è identificato catastalmente al mappale n. 4 al foglio 17 del Comune censuario di Cinisello Balsamo.

Le opere in progetto, come rappresentato nel dettaglio in Tavola 3 (planimetria di progetto estratta dagli elaborati forniti dalla Committenza), prevedono la realizzazione del nuovo polo dell'infanzia. La proposta progettuale prevede la realizzazione di un corpo fabbricato principale sviluppato nell'area verde posta ad Ovest rispetto alla Scuole dell'Infanzia "Sempione" su una superficie di circa 430 mq.

A questo edificio sarà affiancata una porzione di fabbricato "gruppo di servizi" di circa 75 mq. Il nuovo polo dell'infanzia sarà collegato all'edificio esistente mediante un ponte di collegamento (circa 50 mq).

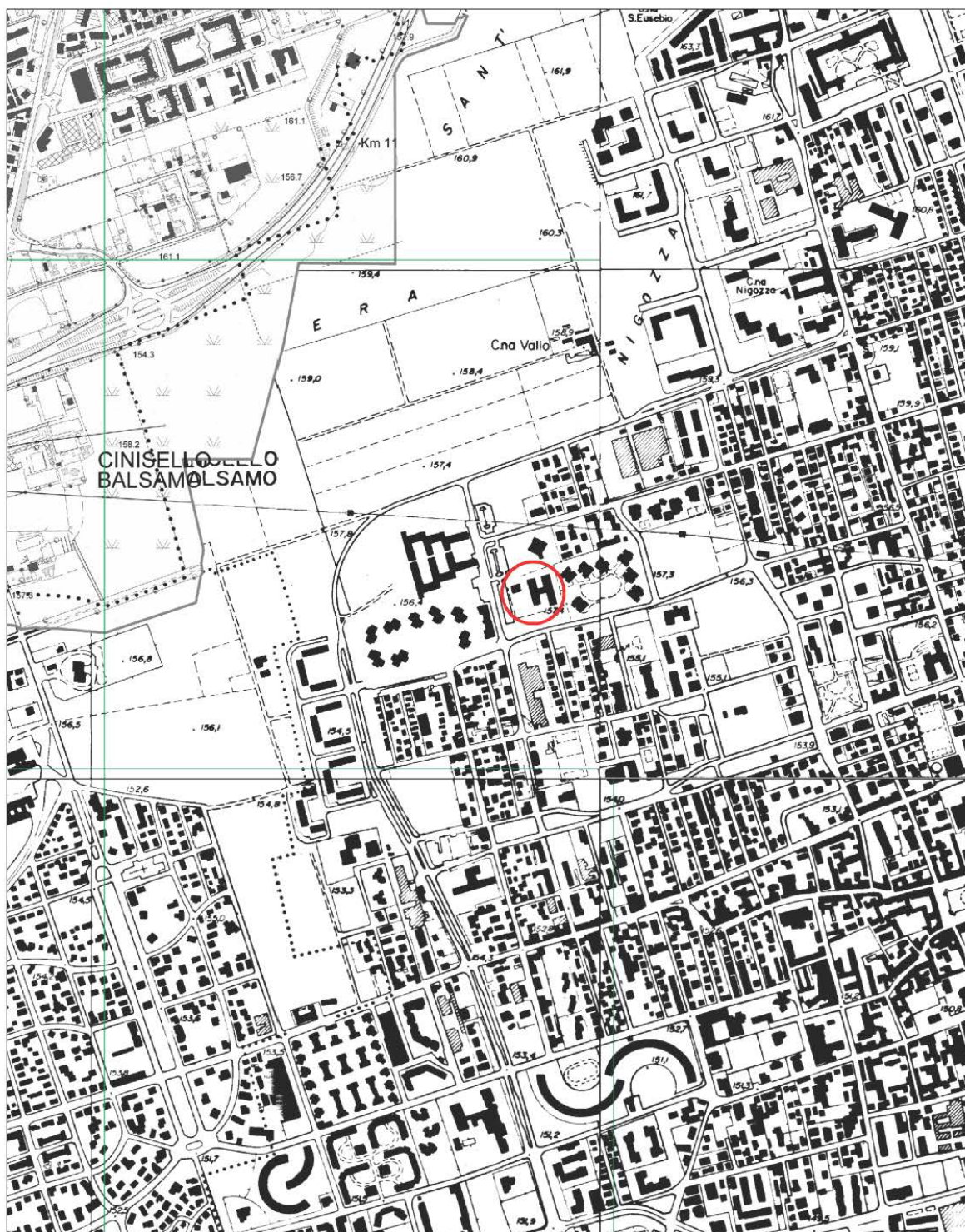


Tavola 1

Corografia di inquadramento alla scala 1:10.000
(base topografica stralcio sezioni B5B5-B5C5-B6B1-B6C1 della C.T.R.)

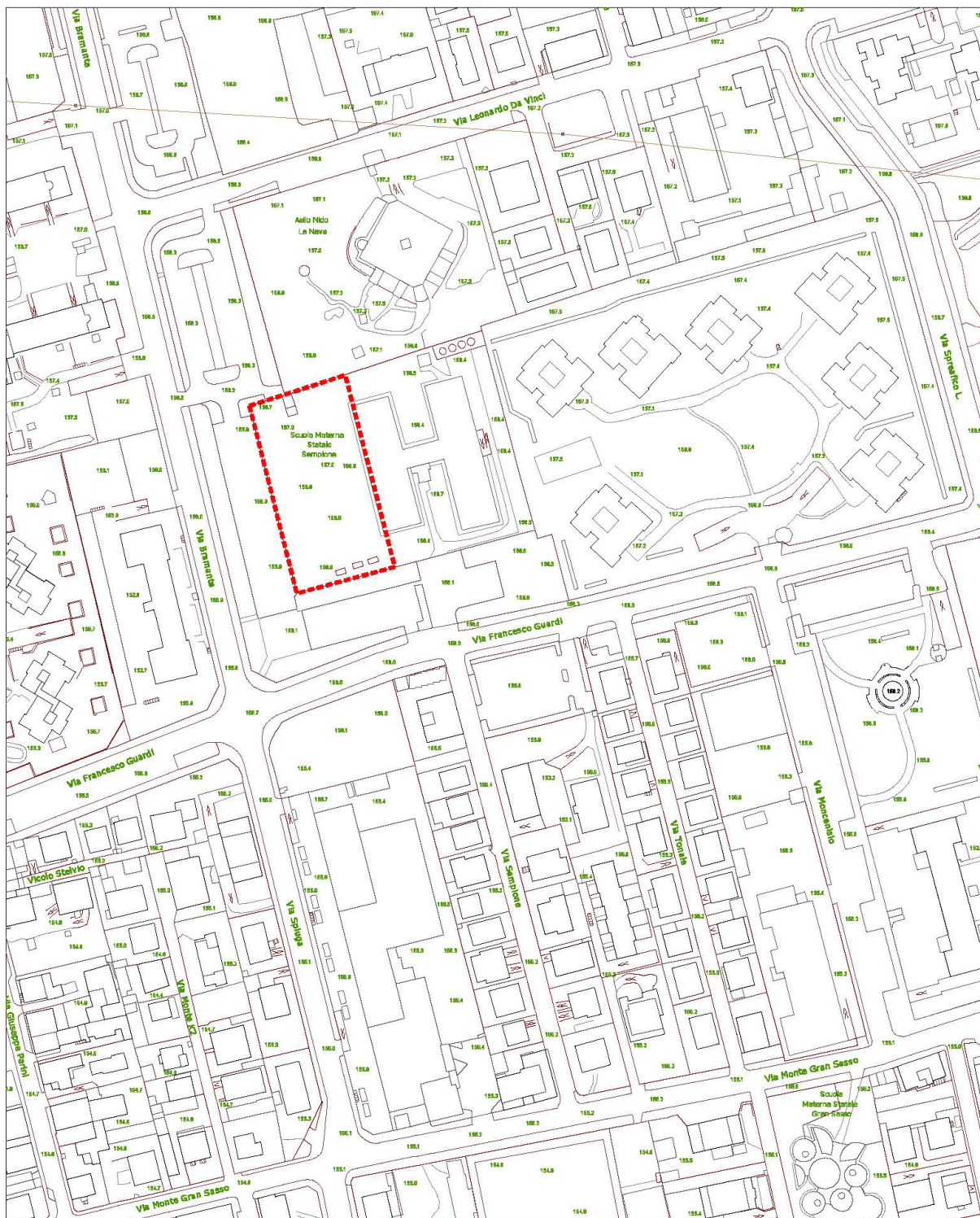


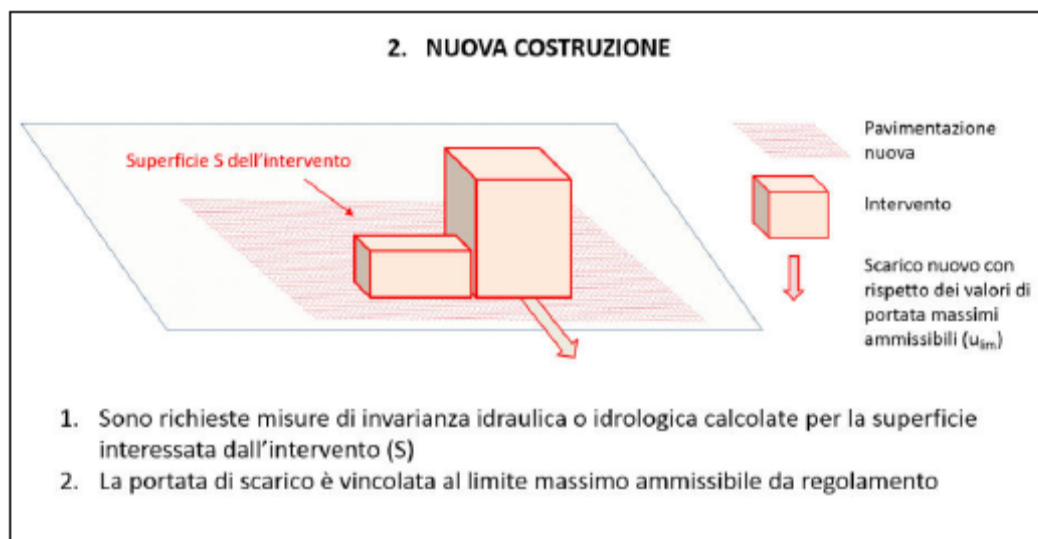
Tavola 2

Inquadramento di dettaglio alla scala 1:2.000
(base topografica stralcio Rilievo Aerofotogrammetrico Comunale)



3. CLASSIFICAZIONE DELL'INTERVENTO AI FINI DELL'INVARIANZA IDRAULICA

L'intervento in esame, ai sensi del Regolamento regionale 23 novembre 2017 - n. 7 così come modificato dal R.R. 8//2019 di cui alla D.g.r. N° XI / 1516 del 15/04/2019, è classificabile come “nuova costruzione” con lo schema applicativo di seguito rappresentato.



Per le “nuove costruzioni” sono richieste misure di invarianza idraulica o idrologica calcolate per la superficie S interessata dall'intervento e la cui portata di scarico al ricettore finale è vincolata al limite massimo ammissibile da regolamento.

Il Comune di Cinisello Balsamo entro cui verrà realizzato l'intervento, ai sensi dell'allegato B, risulta inserito in “Ambito A - alta criticità” in relazione alla criticità idraulica dei bacini dei potenziali corsi d'acqua ricettori per il quale, in base all'art. 8, vige il limite di scarico al ricettore finale di 10 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento oltre ad un requisito minimo di laminazione pari a 800 mc per ettaro di superficie scolante impermeabile.

Inoltre, come meglio dettagliato nei capitoli successivi, ai fini del Regolamento Regionale, dato che il “coefficiente di deflusso medio ponderale” delle strutture esistenti è pari a $\gamma = 0.27$ mentre post intervento diventa $\gamma = 0.39$, quindi inferiore a $\gamma = 0.40$, la superficie interessata dall'intervento è classificabile come “**Classe 1 - Impermeabilizzazione potenziale bassa**”. Inoltre, il Comune di Cinisello Balsamo è classificato in area “A” come ambito territoriale. Secondo la tabella 1 del RR n.7 del 23/11/2017, così come variato dalla D.G.R. N° IX/1516 del 15/04/2019 “Disposizioni

sull'applicazione dei principi dell'invarianza idraulica ed idrologica; modifiche al Regolamento Regionale 23 Novembre 2017, N. 7", le modalità di calcolo previste sono quelle dei Requisiti minimi (art. 12 comma 2).

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)	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		

L'evento meteorico di riferimento da assumere a base della progettazione è quello corrispondente a tempo di ritorno 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 100 anni: tale verifica è mirata a valutare che, in presenza di un evento con T 100, non si determinino esondazioni che arrechino danni a persone o a cose, siano esse le opere stesse o le strutture presenti nell'intorno.

Allo stato attuale della progettazione, la rete di raccolta delle acque chiare relativa all'area è costituita da pozzetti di raccolta dei pluviali posti agli angoli delle coperture, oltre a caditoie stradali per la raccolta delle acque delle aree esterne realizzate con superfici impermeabili.

Le opere di laminazione (vasca di laminazione con pompa sommersa per il rilancio verso la fognatura comunale) risultano invece poste sulla porzione sud-ovest dell'intero lotto, nella zona a verde.

4. INDAGINI E STUDI ESEGUITI

In relazione agli obiettivi della presente relazione sono state previste e seguite queste procedure:

- raccolta e analisi dei dati di letteratura sull'assetto geologico, geomorfologico ed idrogeologico locale;
- analisi idrologica locale con ricostruzione delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica con un tempo di ritorno $T=10$ anni ($Q T=10$), $T=30$ anni ($Q T=30$) e $T=50$ anni ($Q T=50$);
- individuazione e analisi dei bacini e sottobacini idrografici in base ai piani quotati e geo-referenziati di progetto;
- verifica della capacità ricettiva e di smaltimento dei collettori e degli attuali sistemi di dispersione e laminazione (pozzi perdenti, trincee drenanti, vasche, ecc.);
- individuazione e valutazione delle criticità idrauliche del sistema di drenaggio e relativa restituzione dei risultati sotto forma di criteri progettuali ai sensi dell'invarianza idraulica;
- indicazioni progettuali sulla base delle problematiche evidenziate.

5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

In questa sezione, s'intende descrivere sinteticamente la situazione geologica ed idrogeologica locale, ai fini di definire le caratteristiche geologiche dell'area d'intervento

5.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

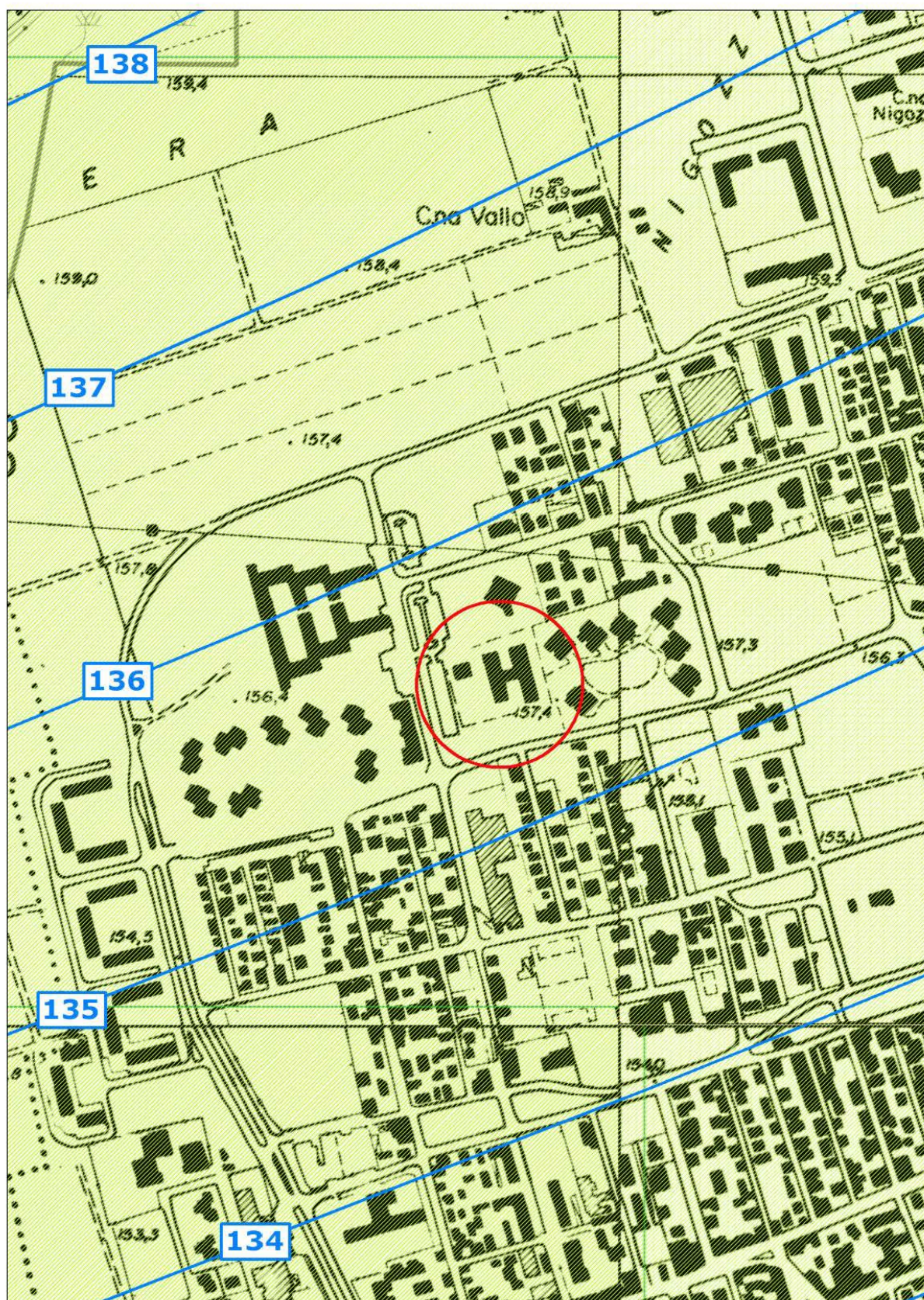
Il comune di Cinisello Balsamo si colloca nel settore settentrionale della pianura lombarda il cui sottosuolo è caratterizzato da una successione di sedimenti di natura marina e continentale accumulatisi a partire dal tardo Miocene fino a tutto il Quaternario.

Dal punto di vista geomorfologico il territorio di Cinisello Balsamo è localizzato sulla porzione settentrionale del terrazzo fluvioglaciale Wurmiano o livello fondamentale della pianura, nel tratto compreso tra il Torrente Seveso a ovest e il Fiume Lambro a est (alveo fluviale). Tale superficie è costituita da sedimenti inconsolidati ghiaiosi immersi in una matrice sabbiosa e deve la sua origine alle acque di fusione glaciale che, nelle fasi finali dell'ultima glaciazione (circa 15.000 anni fa), alluvionavano continuamente la pianura padana. A est del Comune, lungo una fascia morfologicamente più depressa, il Fiume Lambro è presente con i suoi meandri (piana attuale di divagazione dei corsi d'acqua).

In tutto il territorio comunale affiorano infatti depositi fluvioglaciali e fluviali accumulati dagli scaricatori glaciali durante il Wurm (Pleistocene superiore), depositi che costituiscono il livello

fondamentale della pianura. Trattasi di ghiaie e sabbie immerse in matrice limosa, deposte secondo una stratificazione più o meno evidente.

Come rappresentato in Tavola 4, l'area di studio è quindi rappresentata da una sola unità litologica costituita dall' **Unità di Guanzate** appartenente al Supersistema di Besnate (Pleistocene medio-superiore). L'unità come detto è caratterizzata da ghiaie a supporto clastico con matrice sabbiosa o sabbioso limosa; localmente sabbie limose con clasti residuali (depositi fluvioglaciali).



LEGENDA

Supersintema di Besnate: Unità di Guanzate
(Pleistocene medio-superiore)



Ghiaie a supporto clastico con matrice sabbiosa o sabbioso limosa; localmente sabbie limose con clasti residuali (depositi fluvioglaciali).



Linee isopiezometriche e relative quote in m s.l.m.



Ubicazione dell'area di indagine

Tavola 4

Inquadramento geologico-idrogeologico alla scala 1:5.000
(base topografica stralcio sezioni B5B5-B5C5-B6B1-B6C1 della C.T.R.)

5.2 IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA

Il territorio comunale di Cinisello Balsamo non risulta essere solcato da corsi idrici di reticolo principale né tantomeno da corsi facenti parte del Bacino Idrografico del Fiume Po o nella fascia fluviale degli stessi. Il Torrente Seveso ed il Fiume Lambro defluiscono nei comuni limitrofi ad Ovest (Paderno Dugnano e Cusano Milanino per il Seveso) e ad Est (Monza e Sesto S Giovanni per il Fiume Lambro).

Gli unici elementi che costituiscono la rete idrografica presente sul territorio comunale sono costituiti da canali diramatori di pertinenza del Consorzio di Bonifica Est Ticino-Villoresi denominati 3/1 NOVA, 3/2 NOVA (il cui corso termina in oasi Sant'Eusebio all'interno delle ex vasche di ravvenamento), 3/3 NOVA e 3/4 NOVA nella porzione occidentale del territorio.

A questi si aggiunge inoltre il Canale Breda il cui tratto a cielo aperto, ubicato in corrispondenza del confine meridionale comunale, attraversa un settore del Parco Nord. Tale canale rappresenta il collettore finale del sistema fognario di Cinisello il depuratore e poi nel Seveso.

Dal punto di vista idrogeologico, nel territorio comunale di Cinisello Balsamo la falda freatica presenta una direzione di flusso generalmente NNO-SSE. In corrispondenza dell'area di studio la falda è caratterizzata da una quota piezometrica di circa 135-136 m s.l.m., con una soggiacenza di oltre 20 m da piano campagna.

5.3 VALUTAZIONE DELLA PERMEABILITA' DEI TERRENI

In relazione alla litologia ipotizzata ed allo stato d'addensamento dei terreni in posto ricavata dai dati di letteratura esistenti, è stato possibile attribuire alle diverse unità riconosciute un valore di permeabilità basso, in linea con metodi qualitativi ben noti in letteratura.

Il coefficiente di permeabilità dipende per la maggior parte dalle caratteristiche del mezzo attraversato, sotto forma di:

- dimensione e forma dei grani, granulometria (con particolare riferimento alla quantità, al tipo e alla distribuzione delle parti fini);
- stato di addensamento dei terreni (ad esempio per terreni a granulometria uniforme all'aumentare della densità relativa il coefficiente di permeabilità diminuisce).

In particolare, in funzione della granulometria si possono definire per i vari tipi di terreno valori orientativi del coefficiente di permeabilità, riportati in Tabella 5.1 e in Tabella 5.2, in cui si osserva innanzitutto un campo di variabilità tra i terreni a supporto prevalentemente granulare (ghiaie e

sabbie) caratterizzati da valori medio alti ($>10^{-2}$ m/s), e definiti permeabili, e terreni a grana fine o supporto coesivo (limi e argille) caratterizzati da valori bassi ($<10^{-6}$ m/s), definiti impermeabili.

k (m/s)	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}	10^{-11}
<i>Grado di permeabilità</i>	alto			medio		basso			molto basso		impermeabile	
<i>Drenaggio</i>	buono					povero			praticamente impermeabile			
<i>Tipo di terreno</i>	ghiaia pulita		sabbia pulita e miscele di sabbia e ghiaia pulita			sabbia fine, limi organici e inorganici, miscele di sabbia, limo e argilla, depositi di argilla stratificati			terreni impermeabili argille omogenee sotto la zona alterata dagli agenti atmosferici			
						terreni impermeabili modificati dagli effetti della vegetazione e del tempo						

Tabella 5.1: Valori indicativi del coefficiente di permeabilità dei terreni, in funzione della litologia

Grado di permeabilità	Valore di k (cm/sec.)
ALTO	superiore a 10^{-1}
MEDIO	$10^{-1} \div 10^{-3}$
BASSO	$10^{-3} \div 10^{-5}$
MOLTO BASSO	$10^{-5} \div 10^{-7}$
IMPERMEABILE	minore di 10^{-7}

Tabella 5.2: Valori indicativi del coefficiente di permeabilità dei terreni, in funzione del grado di permeabilità (da studio geologico comunale)

In base ai dati utili riportati in tabella, la conducibilità idraulica media individuata e stimata è pari a circa 1×10^{-4} m/s, permettendo di assegnare ai terreni una permeabilità media, tipica dei depositi rinvenuti in fase di scavo a componente sabbiosa e ghiaiosa.

6. INQUADRAMENTO IDROLOGICO, IDRAULICO ED INVARIANZA IDRAULICA

L'inquadramento climatico risulta fondamentale per la valutazione degli afflussi e dei deflussi che determinano il dimensionamento delle opere di smaltimento delle acque meteoriche.

Si riconferma la tendenza, iniziata negli anni '80, ad un lento e progressivo aumento delle temperature medie e ad una estremizzazione dei fenomeni atmosferici violenti. Le precipitazioni tendono a divenire concentrate in brevi periodi, intervallate a periodi più o meno lunghi di siccità.

In particolare, le stagioni intermedie, primavera e autunno, già tendenzialmente piovose, tendono a concentrare ancora maggiormente le precipitazioni dell'anno, portando il clima verso una "tropicalizzazione", ossia verso un clima tipico dei paesi tropicali, che conoscono due sole stagioni, una asciutta e una molto umida.

In questo senso, soprattutto per le valutazioni relative alle modalità di smaltimento delle acque di prima pioggia, è importante avere a disposizione statistiche relative a precipitazioni di breve durata, allo scopo di poter valutare la massima intensità di pioggia prevedibile e, di conseguenza, le necessità d'invaso.

Durata ed intensità della precipitazione sono legate tra loro dalle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica (LSPP) che rappresentano la caratterizzazione meteoclimatica del sito indagato: a tale proposito, i parametri pluviometrici sono stati recuperati dal portale idrologico geografico di ARPA Lombardia.

6.1 DETERMINAZIONE DELLE LINEE SEGNALATRICI DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA (LSPP)

La previsione quantitativa delle piogge intense in un determinato punto è effettuata attraverso la determinazione della curva di probabilità pluviometrica, cioè della relazione che lega l'altezza di precipitazione alla sua durata, per un assegnato tempo di ritorno. Si ricorda che con il termine altezza di precipitazione in un punto, comunemente misurata in mm, si intende l'altezza d'acqua

che si formerebbe al suolo su una superficie orizzontale e impermeabile, in un certo intervallo di tempo (durata della precipitazione) e in assenza di perdite.

La curva di probabilità pluviometrica è comunemente espressa da una legge di potenza del tipo:

$$h(t) = a t^n$$

in cui i parametri a e n dipendono dallo specifico tempo di ritorno considerato.

Per il calcolo della linea segnatrice 1-24 ore, i parametri sono stati ricavati dal portale idrologico geografico di ARPA Lombardia.

I dati ottenuti dalla pagina di ARPA riportano le seguenti altezze massime di pioggia regolarizzate (mm):

Durata (ore)	TR 2 anni	TR 5 anni	TR 10 anni	TR 20 anni	TR 50 anni	TR 100 anni	TR 200 anni
1	28.8	39.4	46.5	53.5	62.7	69.7	76.7
2	35.6	48.7	57.5	66.1	77.5	86.1	94.9
3	40.3	55.1	65.1	74.8	87.7	97.5	107.4
4	44.0	60.2	71.1	81.7	95.8	106.5	117.3
5	47.1	64.4	76.1	87.5	102.5	114.0	125.6
6	49.9	68.1	80.5	92.5	108.4	120.5	132.8
7	52.3	71.4	84.4	97.0	113.6	126.3	139.2
8	54.4	74.4	87.9	101.0	118.4	131.6	145.0
9	56.4	77.1	91.1	104.7	122.7	136.4	150.3
10	58.3	79.6	94.1	108.2	126.7	140.9	155.3
11	60.0	82.0	96.9	111.4	130.5	145.1	159.8
12	61.6	84.2	99.5	114.4	134.0	149.0	164.2
13	63.2	86.3	102.0	117.2	137.3	152.7	168.2
14	64.6	88.3	104.3	119.9	140.5	156.2	172.1
15	66.0	90.2	106.5	122.5	143.5	159.5	175.8
16	67.3	92.0	108.6	124.9	146.3	162.7	179.3
17	68.6	93.7	110.7	127.2	149.1	165.8	182.6
18	69.8	95.3	112.6	129.5	151.7	168.7	185.8
19	70.9	96.9	114.5	131.7	154.3	171.5	188.9
20	72.1	98.5	116.3	133.7	156.7	174.2	191.9
21	73.1	99.9	118.1	135.7	159.0	176.8	194.8
22	74.2	101.4	119.8	137.7	161.3	179.4	197.6
23	75.2	102.8	121.4	139.6	163.5	181.8	200.3
24	76.2	104.1	123.0	141.4	165.7	184.2	202.9

ed i coefficienti “ n ” ed “ a ”:

A1 - Coefficiente pluviometrico orario	30.94
N - Coefficiente di scala	0.306
GEV - parametro alpha	0.2949
GEV - parametro kappa	-0.0223
GEV - parametro epsilon	0.8227

Riportando in grafico i parametri calcolati sono state quindi tracciate le linee segnalatrici di possibilità pluviometrica per i tempi di ritorno di 2, 5, 10, 20, 50, 100 e 200 anni, come riportato nella figura seguente:



Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica

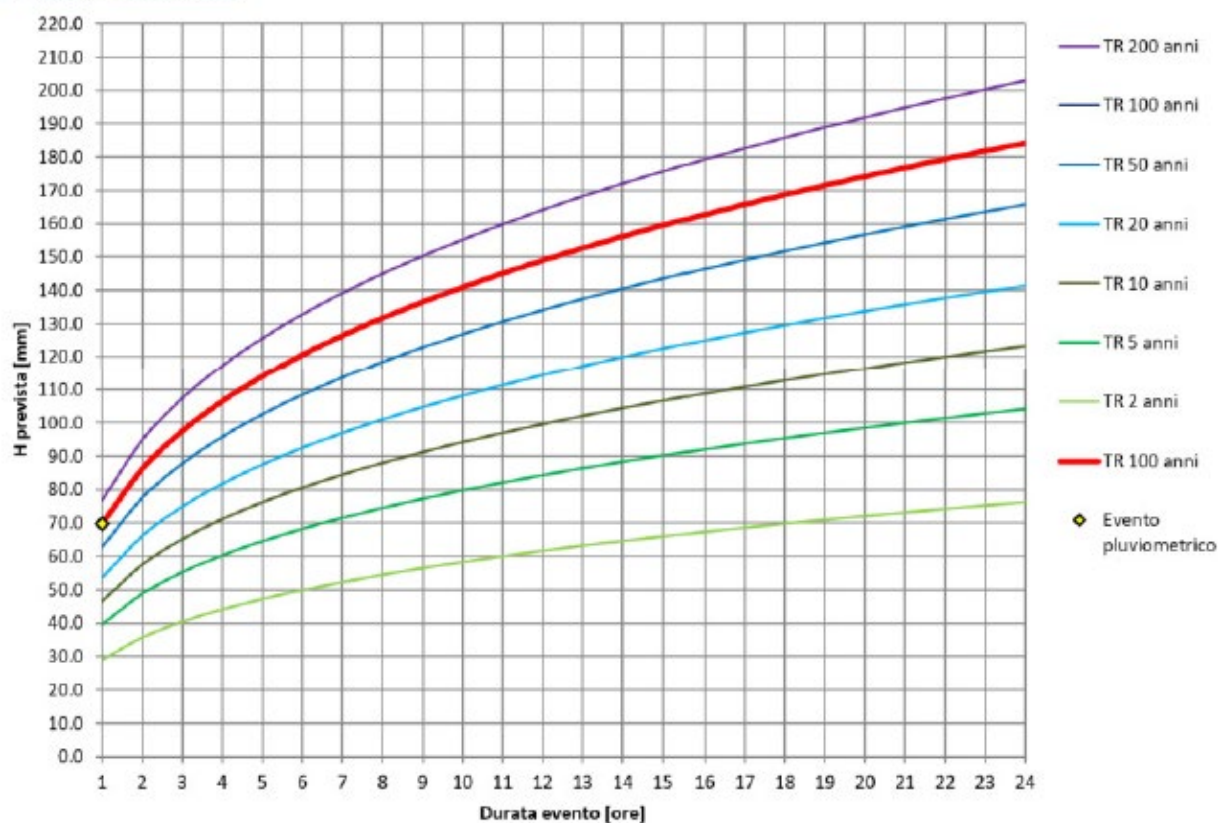


Figura 1: Grafico delle Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica

L'evento meteorico di riferimento da assumere a base della progettazione è quello corrispondente a tempo di ritorno 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 100 anni: tale verifica è mirata a valutare che, in presenza di un evento con T 100, non si determinino esondazioni che arrechino danni a persone o a cose, siano esse le opere stesse o le strutture presenti nell'intorno.

Inoltre, per verificare il franco di sicurezza di un evento con tempi di ritorno di 100 anni, verranno quindi utilizzate per la modellazione piogge con Tr100.

6.2 DEFINIZIONE DELLA SUPERFICIE SCOLANTE IMPERMEABILE E DEI CRITERI DI INVARIANZA PER LO SMALTIMENTO DELLE ACQUE

Attualmente, il lotto dove verranno realizzate le opere in progetto risulta di circa 5029,4 mq, di cui circa 964,4 mq occupati dalle coperture degli edifici esistenti, circa 148,1 mq dalle superfici in asfalto, circa 237,2 mq dalle pavimentazioni impermeabili e circa 3682,7 mq dalle superfici a verde drenante.

Allo stato di progetto, circa 1522,5 mq saranno occupati dalle coperture degli edifici (di questi circa 561,1 appartengono al nuovo polo dell'infanzia), circa 467,8 mq saranno occupati dalle pavimentazioni impermeabili (di questi circa 234,9 appartengono alle nuove pavimentazioni), circa 148,1 mq dalle superfici in asfalto e circa 2891 mq dalle superfici a verde drenante.

In base alle differenti tipologie di coperture e pavimentazioni in progetto ed alle ulteriori considerazioni svolte nei paragrafi precedenti, è possibile fornire alcune indicazioni sulle modalità di gestione delle acque chiare in aggiunta a quelle esistenti allo scopo di fornire un bilancio idrico preliminare circa le quantità d'acqua conseguenti alle precipitazioni meteoriche che vengono recapitate direttamente all'interno del comparto, limitatamente agli edifici di nuova realizzazione. Sono state infatti analizzate le modalità di raccolta delle acque chiare e la loro destinazione. Le coperture e le superfici non permeabili che contribuiscono a generare il deflusso delle acque meteoriche sono riassunte nella seguente tabella suddivisa nelle differenti tipologie di copertura e pavimentazione (come riassunto in Tavola 5).

STATO DI FATTO

SUPERFICI IMPERMEABILI		mq reali	coeff.	mq ragguagliati
Superficie 1	EDIFICIO ESISTENTE SCUOLA "SEMPIONE"	961.4	1.0	961.4
Superficie 2	ASFALTO	148.1	1.0	148.1
Superficie 3	PAVIMENTAZIONE	237.2	1.0	237.2
Superficie 4	AREA A VERDE	3,682.7	0.0	0.0
TOTALE		5,029.4		1,346.8

Tabella 6.1: Riassuntiva superfici impermeabili dello stato di fatto**PROGETTO**

SUPERFICI IMPERMEABILI		mq reali	coeff.	mq ragguagliati
Superficie 1	EDIFICIO ESISTENTE SCUOLA "SEMPIONE"	961.4	1.0	961.4
Superficie 2	EDIFICIO IN PROGETTO "POLO INFANZIA"	510.3	1.0	510.3
Superficie 3	PONTE	50.8	1.0	50.8
Superficie 4	ASFALTO	148.1	1.0	148.1
Superficie 5	PAVIMENTAZIONE	467.8	1.0	467.8
Superficie 6	VERDE	2,891.0	0.0	0.0
TOTALE		5,029.4		2,138.4

Tabella 6.2: Riassuntiva superfici impermeabili dello stato di fatto da smaltire attraverso la rete di acque chiare

I dati di cui alle precedenti tabelle contribuiscono a fornire un valore complessivo di superfici non permeabili da smaltire attraverso la rete di acque chiare (ragguagliati per i coefficienti di deflusso), pari a 791,6 mq (2138,4 mq - 1346,8 mq).

Ai fini del Regolamento Regionale, dato che il "coefficiente di deflusso medio ponderale" dell'intervento è pari a $y = 0.22$, quindi inferiore a $y = 0.40$, con superficie dell'intervento superiore ai 300 mq ed inferiore ai 1000 mq, l'intervento è classificabile come "**Classe 1 - Impermeabilizzazione potenziale bassa**". Inoltre, il Comune di Cinisello Balsamo è classificato in area "A" come ambito territoriale.

Secondo la Tabella 1 del RR n.7 del 23/11/2017, così come variato dalla D.G.R. N° IX/1516 del 15/04/2019 "Disposizioni sull'applicazione dei principi dell'invarianza idraulica ed idrologica;

modifiche al Regolamento Regionale 23 Novembre 2017, N. 7", le modalità di calcolo previste sono quelle dei Requisiti minimi articolo 12 comma 2.

L'evento meteorico di riferimento da assumere a base della progettazione è quello corrispondente a tempo di ritorno 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 100 anni per verifica franco di sicurezza.

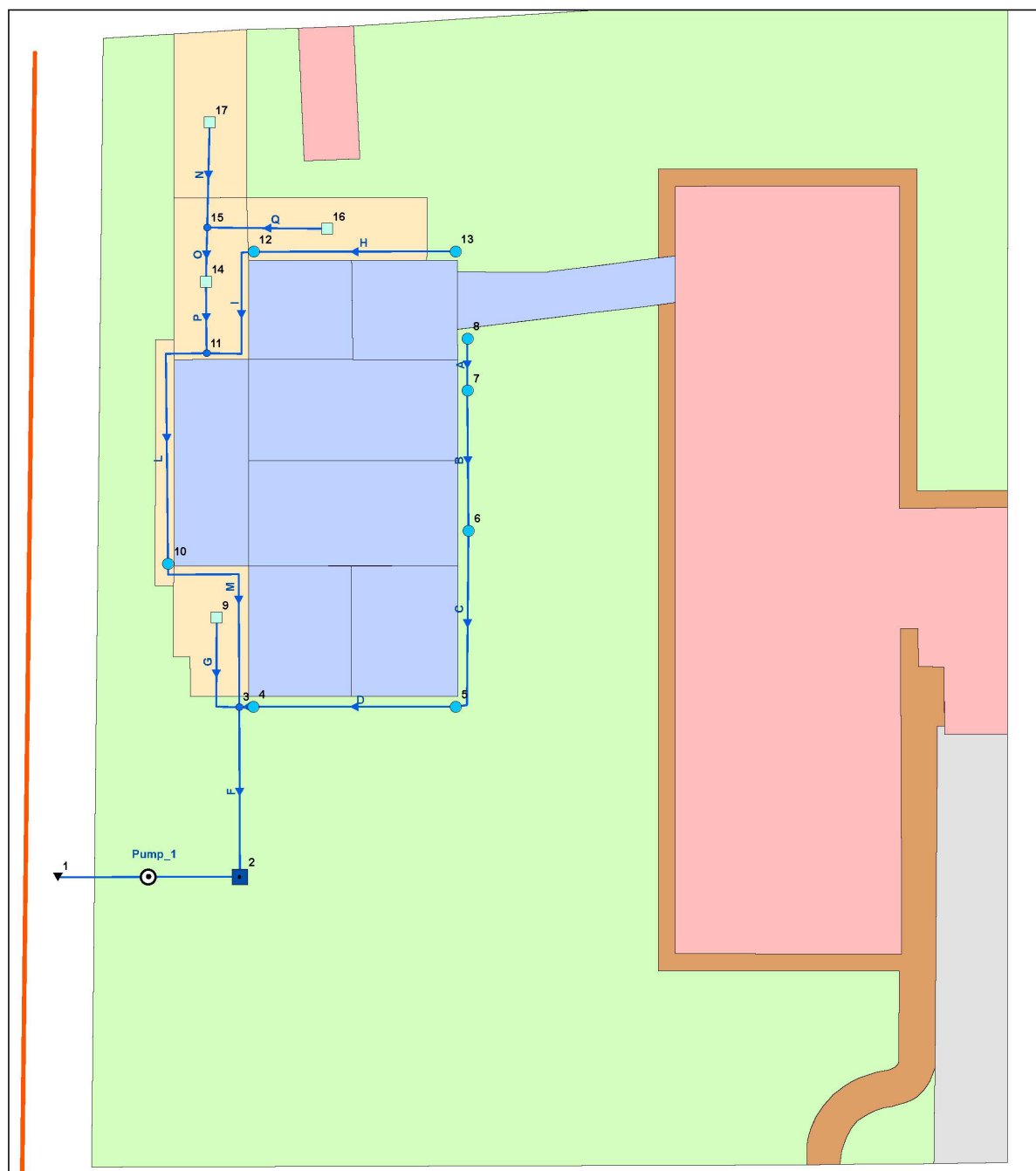
Pertanto, ai fini dell'invarianza idraulica, l'intervento dovrà soddisfare i seguenti requisiti minimi corrispondenti ai volumi calcolati con il metodo delle sole piogge:

- volume di laminazione (requisiti minimi) superiore a 800 mc/ha di superficie scolante impermeabile, cioè superiore a 64,81 mc;
- eventuale troppo pieno finale recapitato al ricettore (fognatura comunale) con portata specifica inferiore ai limiti imposti dal Regolamento Regionale per il Comune di Cinisello Balsamo (Zona A) pari a 10 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile che per il sito d'intervento e le superfici in esame risulta pari a 0,81 l/s;
- tempo di svuotamento del volume di laminazione inferiore a 48 ore.

Per la verifica prevista dall'art. 11 comma 2.a)2, circa il rispetto del tempo di ritorno Tr_{100} da adottare per la verifica dei franchi di sicurezza delle opere, verrà convalidato il funzionamento della rete con piogge con Tr_{100} tramite il modello idraulico di dettaglio descritto ai capitoli successivi.

Per il calcolo ed il dimensionamento delle infrastrutture di laminazione e dispersione delle acque, in fase di redazione dello studio di fattibilità è stato utilizzato apposito software di calcolo per le modellizzazioni idrauliche riferite alle reti di smaltimento acque denominato "MIKE URBAN Collection System", distribuito dal Danish Hydraulic Institute (DHI).

Nel capitolo successivo si riportano i dati utilizzati e i risultati ottenuti.



Legenda

	Copertura nuovo polo dell'infanzia (coeff. 1.0)		Verde permeabile (coeff. 0.0)		Outlet - allaccio in fognatura
	Copertura edificio esistente (coeff. 1.0)		Pluviale		Tubazioni
	Pavimentazione nuova (coeff. 1.0)		Caditoia		Pompa sommersa (portata max 0.8 l/s)
	Pavimentazione esistente (coeff. 1.0)		Allaccio tubazione		Fognatura comunale
	Asfalto esistente (coeff. 1.0)		Vasca di laminazione (5.0 x 6.50 x 2.0 m)		

Tavola 5
Delimitazione dei bacini e schema idraulico del lotto di intervento
alla scala 1:250

Tavola 5: Delimitazione dei bacini e schema idraulico del lotto di intervento alla scala 1:250

7. ALLESTIMENTO DEL MODELLO IDROLOGICO – IDRAULICO

7.1 CONFIGURAZIONE DELLA RETE DI PROGETTO

La rete è stata schematizzata tramite l'inserimento di 8 pozzetti in cls di dimensioni standard cubici di 0.40 m di lato come recapito dei pluviali delle coperture del nuovo polo dell'infanzia e di n. 4 caditoie poste nelle porzioni pavimentate, collegati da tubazioni circolari in PVC con diametro da 0,16 a 0,20 m con pendenze positive verso valle.

Per quanto riguarda le infrastrutture necessarie per rispettare i limiti dell'invarianza idraulica, sono state schematizzate secondo step di avanzamento progettuali successivi diversi elementi allo scopo di soddisfare i criteri sia in termini di volume di laminazione che di portata in eccesso verso il ricettore finale.

In particolare, è stato ipotizzato un intervento di invarianza idraulica sotto forma di n. 1 vasca di laminazione (lung. 6.50 x largh. 5.0 x alt. 2.0 m) da realizzare nella porzione a verde (VOLUME 65 MC).

I bacini contribuenti e risultanti dalla suddivisione della copertura come in Tavola 6 sono stati collegati ad ogni nodo di riferimento e quindi alla rete di smaltimento. Alla luce delle caratteristiche del sito di studio, è stato assegnato ai bacini delle coperture impermeabili del nuovo polo dell'infanzia e delle nuove pavimentazioni un valore di "impermeabilità" (imperviousness) corrispondente ad un coefficiente di deflusso di 1.00 e a tutti i bacini delle superfici a verde un valore di "impermeabilità" (imperviousness) corrispondente ad un coefficiente di deflusso di 0.0. La forma dell'idrogramma contribuente, determinata dal tempo di corrivazione e della relazione tempo-area definita (T-A curve), è stata invece assegnata in maniera automatica con un tempo di corrivazione mediato in relazione alla dimensione planimetrica di ciascun bacino.

7.2 RISULTATI DELLA MODELLAZIONE IDRAULICA DETTAGLIATA

Per la simulazione idraulica sono stati utilizzati i parametri di pioggia relativi ad una precipitazione di 60 minuti, durata critica calcolata in base al "Metodo delle sole piogge". Analizzando la linea segnatrice 1-24 ore ricavata dai parametri del portale idrologico geografico di ARPA Lombardia si evince un'intensità di pioggia di 69,7 mm in un'ora di precipitazioni, per tempi di ritorno di 100 anni. È stato creato quindi un idrogramma di tipo rettangolare di 2940 minuti, con pioggia continua di 1162 mm/min per i primi 60 minuti per poi azzerarsi nei restanti 2880, per simulare

l'onda di deflusso a precipitazioni esaurite e di scarico dei volumi d'acqua. Come descritto nei capitoli precedenti, ai fini dell'invarianza idraulica, la modellazione idraulica dell'intervento dovrà soddisfare i seguenti requisiti minimi:

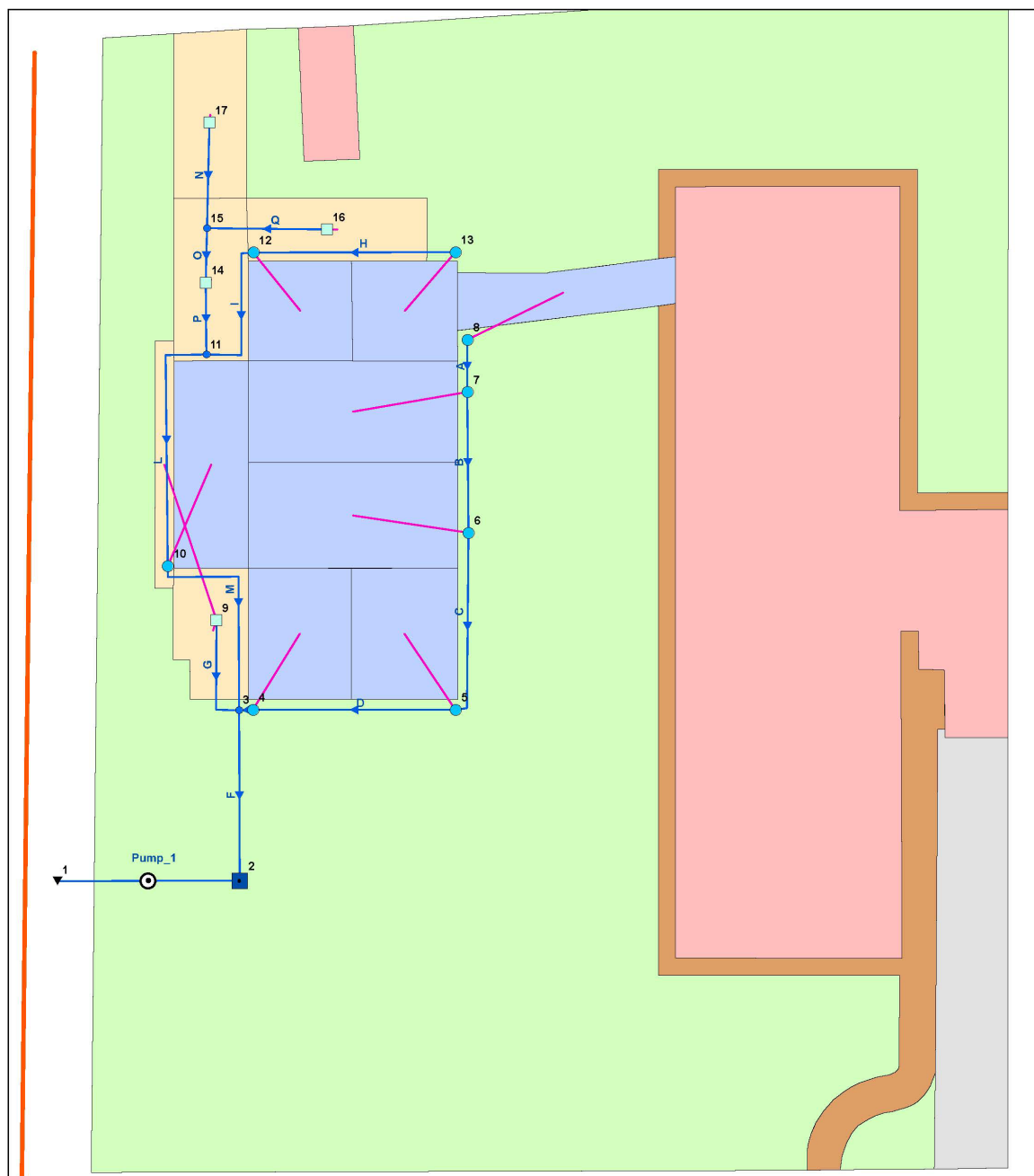
- volume di laminazione superiore a 64,81 mc;
- troppo pieno finale con recapito alla fognatura chiara comunale con portata specifica inferiore ai limiti imposti dal Regolamento Regionale per il Comune di Cinisello Balsamo (Zona A) pari a 10 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile che per il sito d'intervento e le superfici in esame risulta pari a 0,81 l/s;
- tempo di svuotamento del volume di laminazione inferiore a 48 ore.

La configurazione di progetto che ha permesso di rispettare i limiti dell'invarianza ha le seguenti caratteristiche:

- n. 1 vasca di laminazione (codice nodo 2) con dimensioni minime: larghezza 5,0 m, lunghezza 6,0 m e profondità 2,0 m, con un volume di 65,0 mc che si traduce in un volume utile per la laminazione complessivo pari a 65,0 mc, superiore a 64,81 mc, volume minimo necessario.

L'art. 11 comma 2.a)2 prevede la verifica dei franchi di sicurezza delle opere con tempo di ritorno Tr100. Questo punto viene convalidato tramite il funzionamento corretto del modello idraulico, i cui risultati sono riportati di seguito. Infatti, tramite modellazione idrologica ed idraulica è stato verificato il completo contenimento del volume di acqua nelle opere previste riferibile ad un evento con Tr100.

Rispettando i limiti imposti allo scaricatore finale (0,81 l/s), attraverso una pompa sommersa per il rilancio verso la fognatura comunale, con una portata fissa di 0,8 l/s, il tempo di svuotamento di tale volume risulta essere inferiore alle 48 h previste dal regolamento.



Legenda

 Copertura nuovo polo dell'infanzia (coeff. 1.0)	 Verde permeabile (coeff. 0.0)	 Outlet - allaccio in fognatura
 Copertura edificio esistente (coeff. 1.0)	 Pluviale	 Tubazioni
 Pavimentazione nuova (coeff. 1.0)	 Caditoia	 Pompa sommersa (portata max 0.8 l/s)
 Pavimentazione nuova (coeff. 1.0)	 Allaccio tubazione	 Fognatura comunale
 Asfalto esistente (coeff. 1.0)	 Vasca di laminazione (5.0 x 6.50 x 2.0 m)	 Collegamento bacini scolanti / rete

Tavola 6
Modello idraulico del lotto di intervento
alla scala 1:250

Tavola 6: Modello idraulico del lotto di intervento alla scala 1:250

Fra i vari risultati della simulazione che il modello utilizzato può fornire, si è scelto di analizzare e restituire la portata massima riferita ad ogni tubazione comprensiva della tubazione di scarico al ricettore finale tramite pompa sulla quale è necessario soddisfare i limiti da R.R. 7/2017, ora R.R. 8/2019.

In particolare, è da considerare la portata in uscita dalla pompa sommersa (codice nodo "1", codice tubazione "Pump_1").

Di seguito si riportano sia l'ipotesi progettuale di schema della rete (Tavola 6) che la tabella di restituzione dei calcoli elaborata dal software di modellizzazione idraulica relativamente ad ogni tratto di tubazione, individuabile in planimetria.

RISULTATI

CODICE Tubo	Diametro [m]	Portata massima [m ³ /s]
A	0.16	0.00088713
B	0.16	0.00265468
C	0.16	0.00448691
D	0.16	0.00564293
E	0.16	0.00676180
F	0.20	0.01388051
G	0.16	0.00114702
H	0.16	0.00087324
I	0.16	0.00173311
L	0.20	0.00469435
M	0.20	0.00597738
N	0.16	0.00100734
O	0.16	0.00194868
P	0.16	0.00295372
Q	0.16	0.00094136

Tabella 7.1: Riassuntiva portate massime per ogni tubazione

Codice pompa	Portata massima [m ³ /s]
Pump_1	0.0008

Tabella 7.2: Riassuntiva portata massima della pompa sommersa

Per quanto riguarda gli ultimi pozzetti di ispezione con outlet, dalla tabella si evince che la portata massima in uscita dalla vasca di laminazione dotata di pompa sommersa per lo svuotamento, verso la fognatura comunale, è uguale a 0.8 l/s, compatibile con i limiti fissati dal Regolamento.

8. CONSIDERAZIONI GENERALI

Il modello idrologico-idraulico è stato realizzato, come già illustrato nei paragrafi precedenti, per poter laminare e successivamente disperdere quasi totalmente in sito una quantità d'acqua in condizione di piovosità critica, ipotizzando anche eventi di pioggia ripetuti con probabile condizione di pozzo parzialmente pieno, in modo da non sovraccaricare le reti di raccolta delle acque chiare.

Nonostante il benefico effetto degli elementi di laminazione ed allo scopo di ovviare all'invarianza idraulica, a tutela del locale assetto geomorfologico ed idrogeologico, è in ogni caso consigliabile prevedere le seguenti attività:

- prevedere l'utilizzo di materiali drenanti nelle aree libere in modo da non alterare le attuali condizioni di infiltrazione e deflusso delle acque sotterranee e di conseguenza l'equilibrio idrogeologico dell'area;
- evitare variazioni significative della morfologia attuale dei siti a seguito delle attività di scavo per la realizzazione delle strutture, ripristinando per quanto possibile nelle aree non occupate dal sedime dei manufatti l'andamento planoaltimetrico preesistente e favorendo le naturali condizioni di drenaggio, al fine di non generare possibili fenomeni di ristagno delle acque meteoriche, concentrazioni di acque di ruscellamento e/o direzioni preferenziali di deflusso;
- lo scarico di svuotamento della vasca di laminazione dovrà in ogni caso rispettare i limiti di 0,81 l/s ammissibili al ricettore finale: tale condizione è ampiamente verificata in quanto è stata prevista l'installazione di una pompa sommersa con rilancio verso la fognatura comunale per garantire lo svuotamento della vasca entro 48 ore, con portata fissata a 0,8 l/s, compatibile con i limiti imposti dal Regolamento.