



COMUNE di
BINASCO
Città Metropolitana
di Milano



Oggetto

**VARIANTE PIANO ATTUATIVO
AMBITO DI TRASFORMAZIONE TR5 "MOLINO NUOVO"**

Titolo dell'elaborato

**Progetto di invarianza idraulica e idrologica
ai sensi R.R. 7/2017 e R.R. 8/2019**

Elaborato

C

Proprietà

ZUST AMBROSETTI s.p.a.

Via Toffetti 104
20139 Milano
P.iva 05865900962

Scala

Progettista

timbro e firma

Dott. Geologo Andrea Brambati

Corso Lodi, 26 - 20135 Milano (MI)
Tel.: +39 348 3939629
Mail: andreabrambati@alice.it
Ordine Geologi Regione Lombardia, n° 1535



Data
Novembre 2020

Aggiornamento
Aprile 2021

Collaboratori
Dott. Ing. Lorenzo Cadei

1. Premesse
2. Quadro normativo di riferimento
3. Terminologia utilizzata
4. Inquadramento geologico e geomorfologico
5. Componente idrografica e idrogeologica
6. Stima della permeabilità dei terreni mediante prove infiltrometriche
7. L'applicazione del regolamento sull'invarianza idraulica e idrologica
8. Calcolo delle precipitazioni di progetto
9. Il progetto di invarianza
10. Dimensionamento invaso di laminazione
 - 10.1. Ietogramma di progetto
 - 10.2. Calcolo della portata in ingresso
 - 10.3. Dimensionamento del sistema di laminazione
11. Stima delle portate critiche e dimensionamento delle tubazioni
12. Verifica dei franchi idraulici di sicurezza
 - 12.1. Verifica sulle tubazioni
 - 12.2. Verifica del volume della rete di scarico
13. Verifiche statiche delle tubazioni
 - 13.1. Calcolo e verifica dell'inflessione diametrale
 - 13.2. Calcolo e verifica della sollecitazione massima di flessione
 - 13.3. Verifica all'instabilità all'equilibrio elastico (buckling)
 - 13.4. Verifiche su tubazioni in PVC
14. Dimensionamento della stazione di sollevamento
15. Pavimentazioni permeabili
16. Piano d'uso e di manutenzione degli interventi (art. 38 - D.P.R. 5 ottobre 2010, n. 207)
17. Sottoprogramma delle prestazioni, degli interventi e dei controlli

<i>Appendice 1</i>	Modulo per il monitoraggio dell'efficacia delle disposizioni sull'invarianza
<i>Appendice 2</i>	Asseverazione in merito alla conformità del progetto ai contenuti del regolamento

1. Premesse

Il R.R. n. 7 del 23/11/2017 di Regione Lombardia, definisce i criteri e i metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica e idrologica, ai sensi dell'art. 58 bis della L.R. n. 12/2005.

Per *invarianza idraulica* si intende 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. Per *invarianza idrologica*, invece, si intende il principio in base al quale sia le portate sia i volumi di deflusso meteorico scaricati dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelli preesistenti all'urbanizzazione.

Il criterio dell'invarianza prevede pertanto che il deflusso risultante dal drenaggio di un'area debba rimanere invariato dopo una qualunque trasformazione d'uso del suolo all'interno dell'area stessa. In particolare, con tale regolamento, Regione Lombardia definisce:

- ✓ gli interventi edilizi richiedenti le misure di invarianza idraulica e idrologica;
- ✓ gli ambiti territoriali di applicazione differenziati in funzione del livello di criticità idraulica dei bacini dei corsi d'acqua ricettori;
- ✓ il valore massimo della portata meteorica scaricabile nei ricettori per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica e idrologica nei diversi ambiti territoriali individuati;
- ✓ la classificazione degli interventi richiedenti misure di invarianza idraulica e idrologica e le modalità di calcolo;
- ✓ le indicazioni tecniche costruttive e degli esempi di buone pratiche di gestione delle acque meteoriche in ambito urbano;
- ✓ la possibilità, per i comuni, di prevedere la monetizzazione come alternativa alla diretta realizzazione per gli interventi previsti in ambiti urbani caratterizzati da particolari condizioni urbanistiche o idrogeologiche.

La presente relazione idrologico - idraulica illustra il Progetto di invarianza delle opere in variante relative all'Ambito di Trasformazione TR5 "Molino Nuovo", situato in Comune di Binasco (Città Metropolitana di Milano, Codice Istat 15024 - Codice belfiore A872). Il documento si pone i seguenti obiettivi:

- ✓ descrivere il sistema di raccolta e smaltimento delle acque reflue piovane, che saranno successivamente conferite nel limitrofo Cavo Mandrugno;
- ✓ dimostrare che, per effetto delle nuove impermeabilizzazioni del suolo, non viene aggravata l'entità del deflusso, ovvero che non viene scaricata una portata maggiore di quella ammissibile dal R.R. n. 8/2019.

L'ambito oggetto di intervento risulta collocato ai margini del tessuto urbanizzato. Allo stato attuale l'area risulta adibita a prato e sgombra da qualsiasi manufatto edilizio. La trasformazione territoriale prevista comporta una modifica delle permeabilità dello stato naturale, da qui la necessità di prevedere un idoneo sistema di raccolta e smaltimento delle acque piovane nel rispetto del regolamento sull'invarianza idraulica e idrologica.

Nei capitoli successivi si descriveranno le metodologie di calcolo impiegate per il dimensionamento dei diversi elementi costituenti le reti, nonché i risultati ottenuti.

Il comparto in esame può essere inquadrato all'interno di un centroide ideale le cui coordinate geografiche (angolari) sono:

- ✓ Lat. 45,33644
- ✓ Long. 9,110506

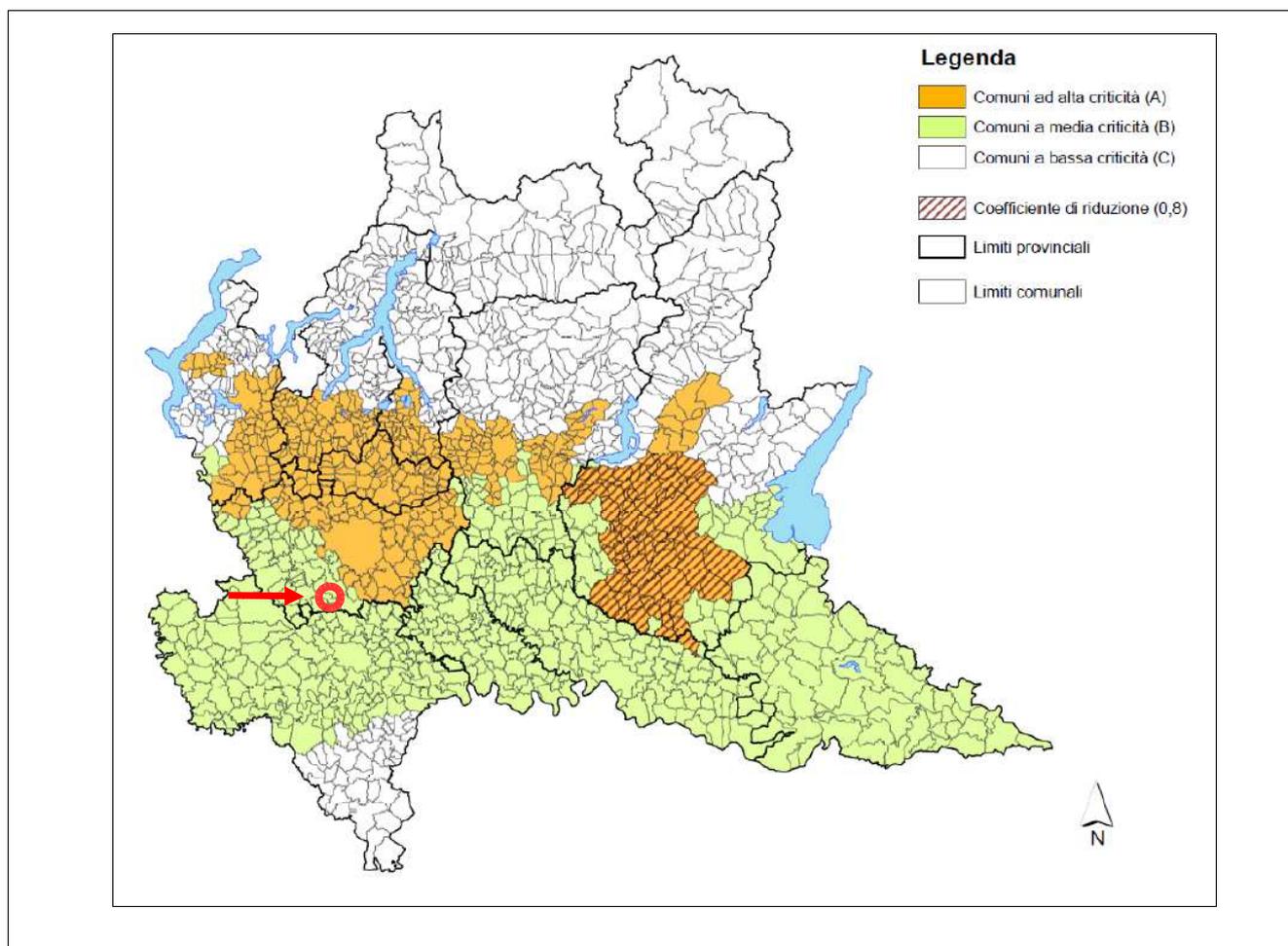
Le stesse, espresse in coordinate UTM (Universal Transverse of Mercator) secondo il sistema di riferimento 32NWGS84 (sigla di World Geodetic System 1984), sono:

- ✓ 508.658 m E
- ✓ 5.020.331 m N

L'art. 7 del R.R n. 7/2017 stabilisce che le misure di invarianza idraulica e idrologica debbano applicarsi a tutto il territorio regionale, identificando i limiti di scarico in funzione delle caratteristiche delle aree di formazione e di possibile scarico delle acque meteoriche, e in considerazione dei differenti effetti dell'apporto di nuove acque meteoriche nei sistemi di drenaggio. Il comma 3 dell'art. 7 descrive la suddivisione del territorio regionale in 3 ambiti in funzione del livello di criticità idraulica:

- ✓ alta criticità idraulica: aree A
- ✓ media criticità idraulica: aree B
- ✓ bassa criticità idraulica: aree C

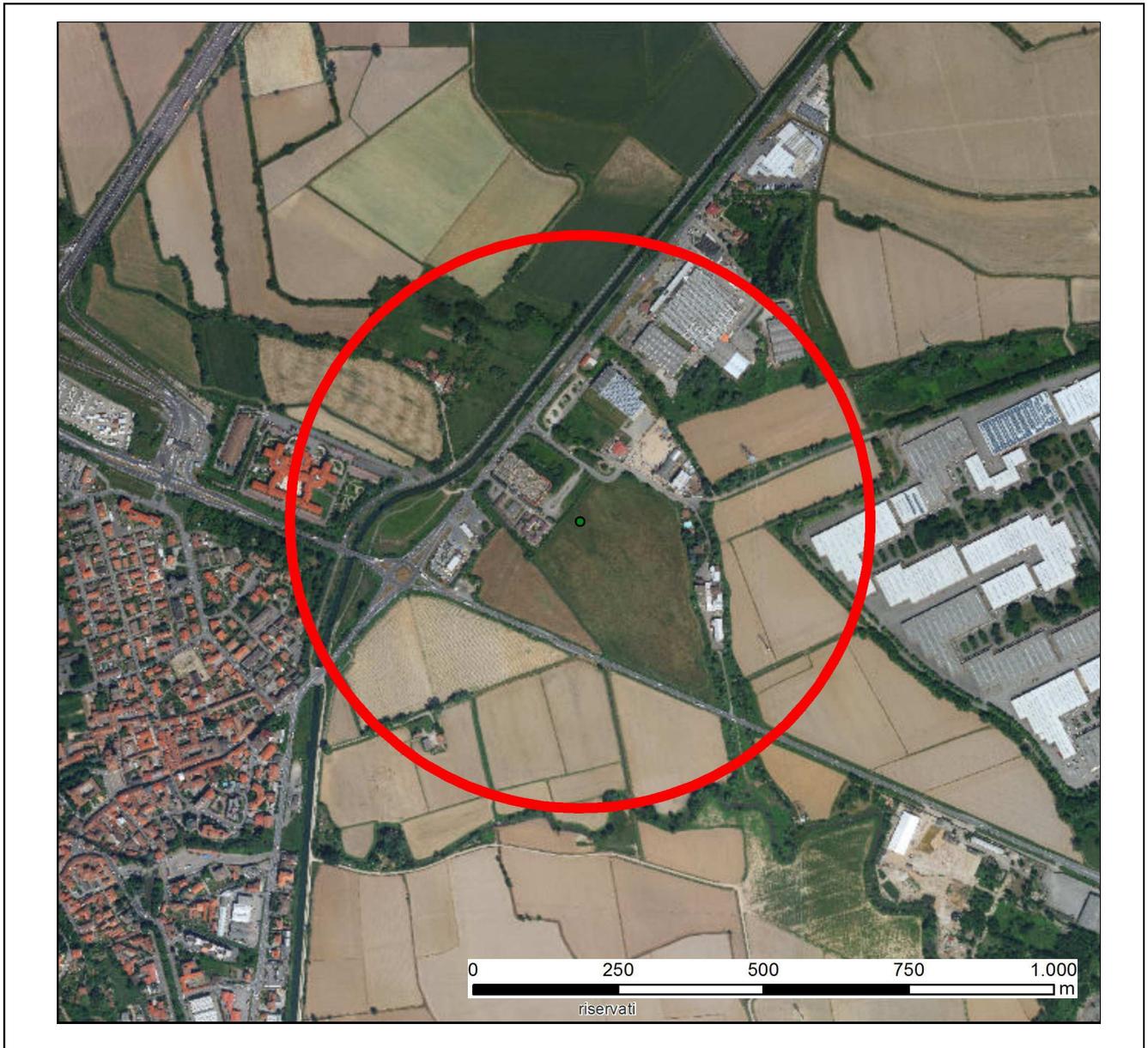
L'immagine di seguito mostra la suddivisione del territorio regionale in questi tre ambiti, mentre l'Allegato C alla norma riporta l'elenco comune per comune con l'indicazione del livello criticità idraulica associato. Secondo l'Allegato C il Comune di Binasco risulta inserito nell'elenco dei comuni a media criticità idraulica (area B).



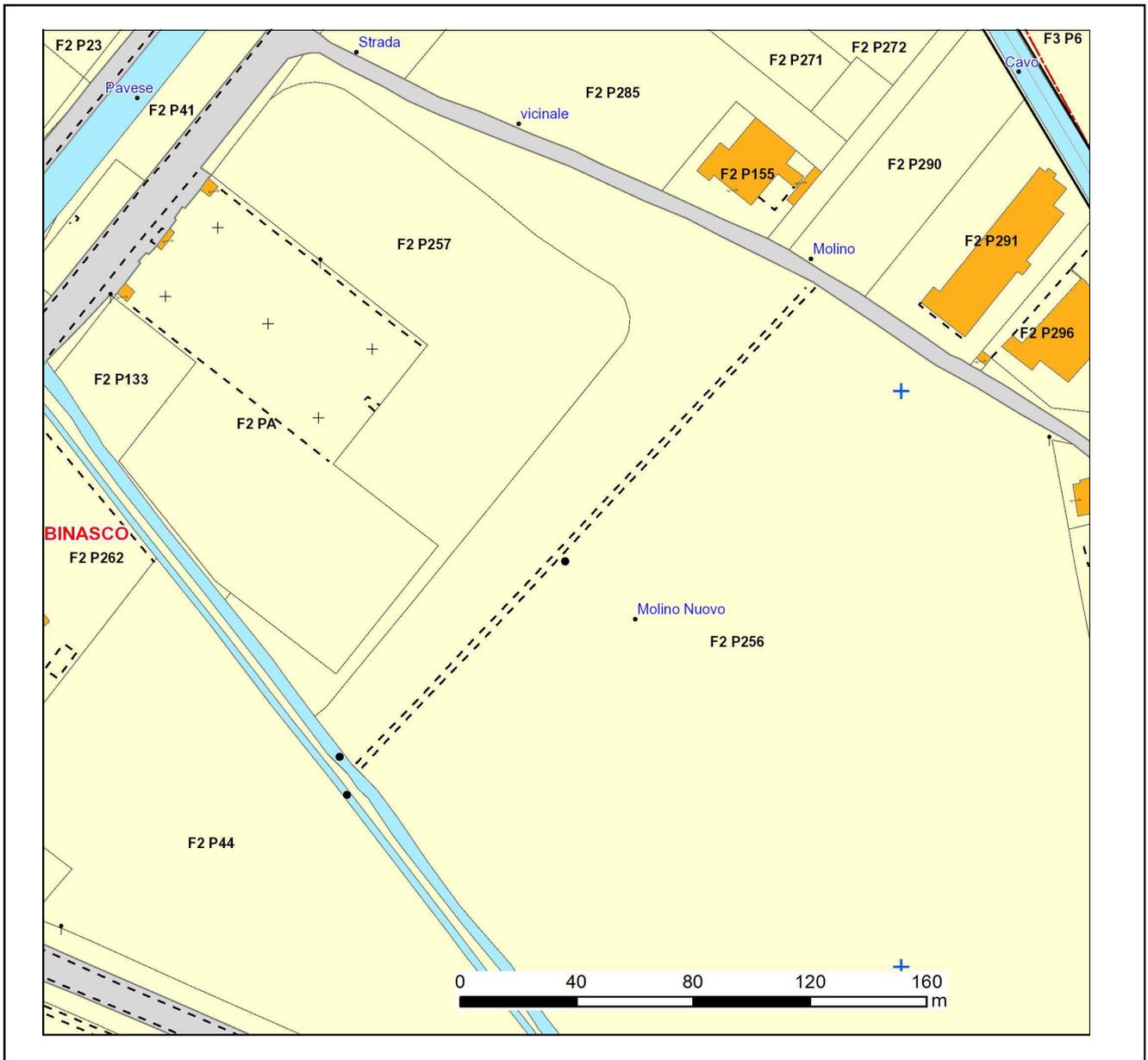
“Cartografia degli ambiti a diversa criticità idraulica”, estratta dal R.R. n. 8/2019. In rosso, il Comune di Binasco.

L'ambito di intervento non risulta interessato dagli scenari di pericolosità e rischio individuati nel P.G.R.A. (Piano di Gestione del Rischio Alluvioni – rev. 2019), predisposto in attuazione del D.Lgs. 49/2010 di recepimento della Direttiva 2007/60/CE (la cosiddetta “Direttiva Alluvioni”), e adottato con deliberazione n. 4 del 17 dicembre 2015 dall’Autorità di Bacino del Fiume Po e successivamente con D.P.C.M. del 27 ottobre 2016.

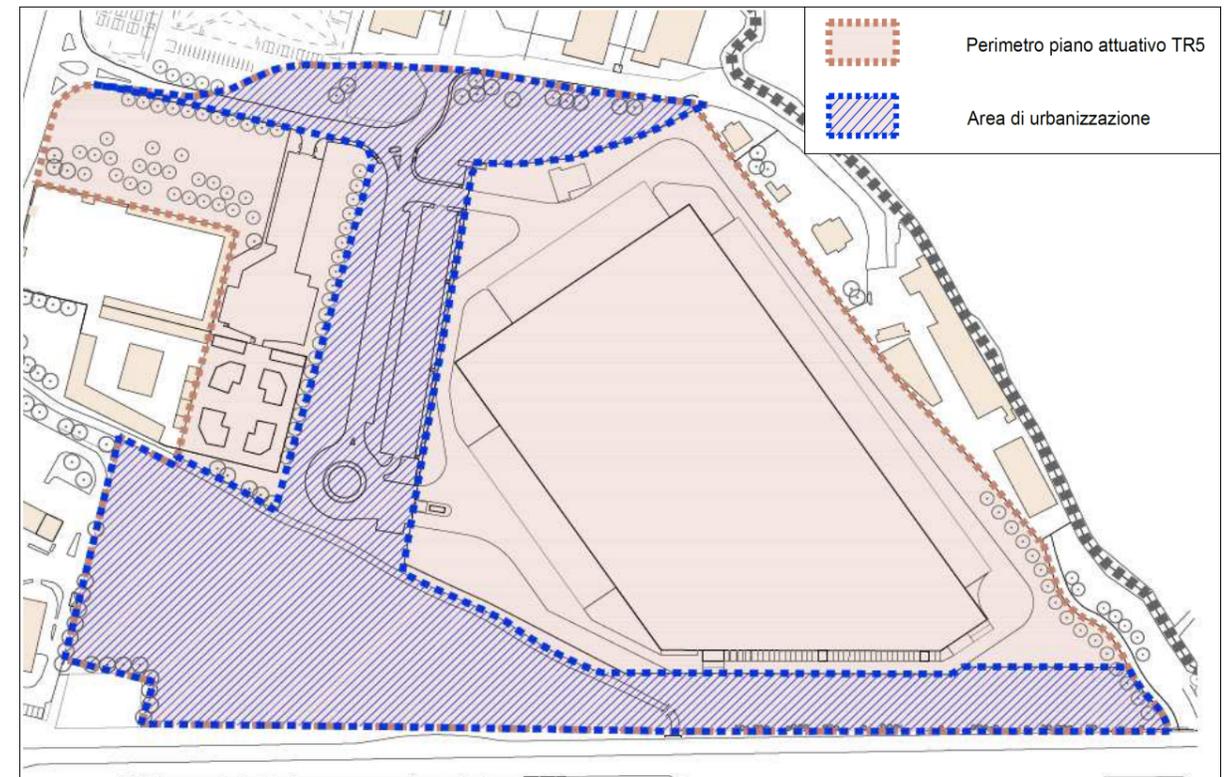
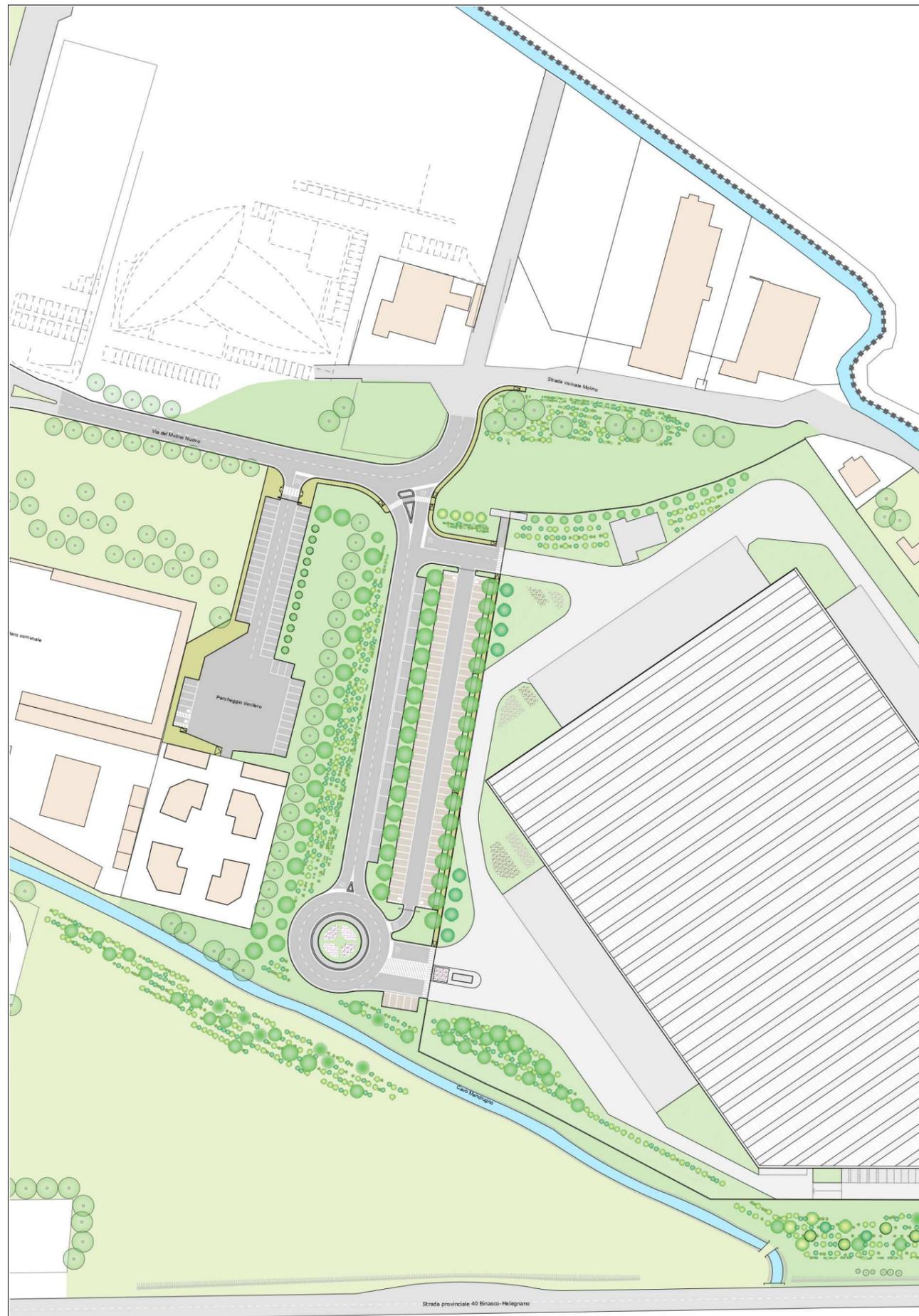
La presente documentazione è stata redatta per la sola progettazione, senza che il professionista incaricato per il Progetto di invarianza idraulica e idrologica abbia ricevuto alcun incarico in merito all'attività di Direzione Lavori, che verrà pertanto assolta da altro professionista abilitato.



Inquadramento territoriale dell'area su ortofoto 2015 rilevata da AGEA (Agenzia per le erogazioni in agricoltura).



Inquadramento catastale (fonte: banca dati regionale messa a disposizione da D.G. Territorio e Protezione Civile).

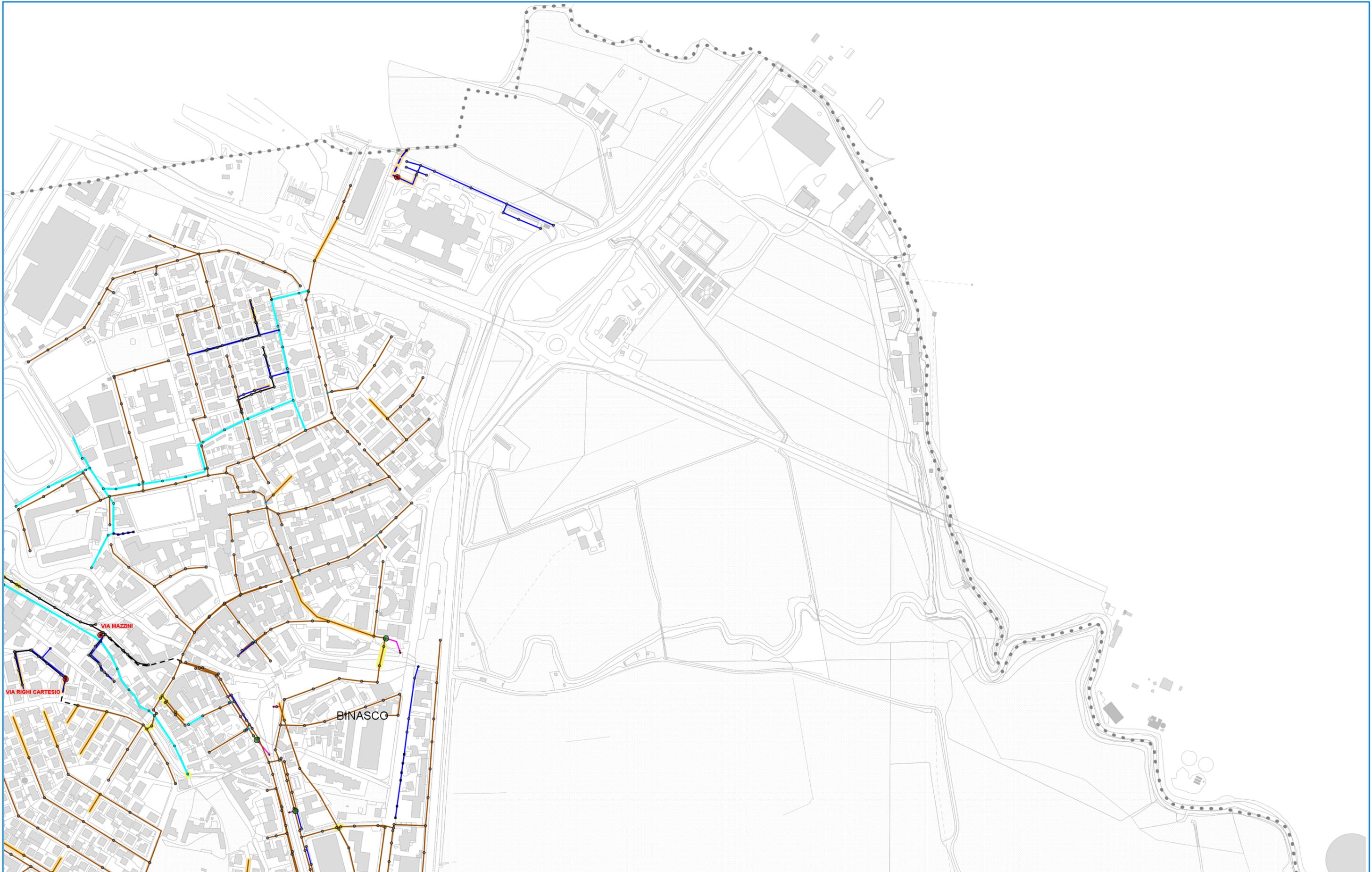


Stato di fatto	Progetto	
		Edifici
		Viabilità
		Parcheggi in autobloccanti
		Portale di accesso ai parcheggi (h=2,20 mt)
		Percorsi pedonali
		Verde urbano
		Verde privato
		Macchie e fasce arboreo-arbustive
		Alberi
		Cavo irriguo

Planimetria generale



	RETE DI ADDUZIONE		IDRANTE SOTTOSUOLO CON SARACINESCA
	RETE DI DISTRIBUZIONE		IDRANTE SOTTOSUOLO SENZA SARACINESCA
	CONDOTTA DI PRODUZIONE		IDRANTE SOPRASUOLO CON SARACINESCA
	CONDOTTA ALTRI USI		IDRANTE SOPRASUOLO SENZA SARACINESCA
	CONDOTTA DI SCARICO		VALVOLA IDRANTE
	CONDOTTA IDRANTE		VALVOLA DI DERIVAZIONE UTENZA
	CONDOTTA DI ALLACCIAMENTO		VALVOLA DI GESTIONE
	CONDOTTA PRIVATA		SARACINESCA NORMALMENTE APERTA
	TUBO GUAINA		SARACINESCA NORMALMENTE CHIUSA
	CONDOTTE PROTETTE PPC		SARACINESCA APERTA IN CAMERETTA
	CONDOTTE NON PROTEGGIBILI PPC		SARACINESCA CHIUSA IN CAMERETTA
	RELINING		
	SORGENTE		VALVOLA DI RITEGNO
	POZZO		RIDUZIONE
	SERBATOIO		FONDELLO - FLANGIA
	IMPIANTO DI TRATTAMENTO		CONNESSIONE RETE
	ELEMENTO DI INTERCONNESSIONE		CONNESSIONE ALLACCIAMENTO
	IMPIANTO DI SPINTA		PUNTO DI FORNITURA
	PIEZOMETRO		GIUNTO DIELETTRICO
	PUNTO DI PRELIEVO		GIUNTO GIBAULT
	FONTANELLA		SFIATO
	FONTANA		SCARICO DI FONDO
	CAMERETTA		CONTATORE IDRAULICO
	CASA DELL'ACQUA		PALINA SEGNALAZIONE TUBO



	ACQUE NERE		CAMERETTA DUALE
	ACQUE NERE IN PRESSIONE		CAMERETTA DI ISPEZIONE
	ACQUE BIANCHE		IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO
	ACQUE BIANCHE IN PRESSIONE		SFIORATORE
	ACQUE MISTE		DISOLEATORE
	ACQUE MISTE IN PRESSIONE		DISSABBIATORE
	TRATTA DI ALLACCIAMENTO		SEPARATORE PRIMA PIOGGIA
	ACQUE SFIORATE		POZZETTO UTENZA
	ACQUE DEPURATE		INNESTO ALLACCIAMENTO
	COLLETTORE		INNESTO CONDOTTA
	COLLETTORE IN PRESSIONE		SCARICO FINALE SENZA ISPEZIONE
	RETICOLO IDRICO VERIFICATO		NODO DI EMISSIONE SENZA ISPEZIONE
	FOGNATURA TERZI		SCARICO FINALE IN CAMERETTA
	TRACCIATO INCERTO		NODO DI EMISSIONE IN CAMERETTA
	TUBO GUAINA		SCARICO FINALE A CIELO APERTO
	RELINING		NODO DI EMISSIONE A CIELO APERTO
	TRATTO SIFONATO		NODO DI IMMISSIONE
	FOSSA BIOLOGICA		NODO RETICOLO IDRICO VERIFICATO
	VASCA DI PRIMA PIOGGIA		MISURATORE DI PORTATA
	VASCA DI DISPERSIONE		POZZO PERDENTE
	VASCA DI LAMINAZIONE		CADITOIA
	VASCA VOLANO		GRIGLIATURA
	VASCA IMHOFF		VALVOLA DI RITEGNO
	IMPIANTO DI DEPURAZIONE		PUNTO CAMPIONAMENTO UTE. IND.
	FITODEPURAZIONE		PUNTO ALLACCIAMENTO UTE. IND.

2. Quadro normativo di riferimento

Partendo da indirizzi europei, la L.R. n. 4 del 15/03/2016 aveva già indicato nel suo art. 7 la necessità di applicare i principi di invarianza idraulica e idrologica a tutti gli interventi che comportino una riduzione della permeabilità del suolo rispetto alla sua condizione preesistente all'urbanizzazione. La Giunta regionale ha in seguito approvato, il 23/11/2017 (pubblicazione sul BURL il 27 novembre), il relativo regolamento attuativo. Il 29/06/2018 la Giunta ha quindi modificato l'art. 17 del regolamento del 2017, introducendo un periodo transitorio di disapplicazione delle norme di invarianza e di fatto limitando la normativa per i nuovi interventi edificatori. Contestualmente gli uffici regionali hanno attivato una consultazione con i cosiddetti stakeholder (amministratori comunali, tecnici, gestori dei servizi idrici integrati, università, ANCE, ANCI, ecc.) per acquisire pareri o proposte di modifica. In data 24/04/2019, infine, è stato pubblicato sul Supplemento n. 17 il R.R. n. 8 del 19/04/2019, recante alcune modifiche al R.R. n. 7/2017. Le suddette modifiche sono entrate in vigore a partire dal 25/04/2019. Il R.R. n. 8/2019 in sostanza:

- ✓ corregge alcuni errori materiali del R.R. n. 7/2017 e recepisce le proposte di miglioramento terminologico del testo in alcuni punti, finalizzate a rendere più chiaro e intellegibile il testo stesso;
- ✓ specifica meglio alcune norme in esso contenute, con particolare riferimento all'art. 3 concernente gli interventi richiedenti le misure di invarianza idraulica e idrologica;
- ✓ calibra meglio il parametro di superficie massimo per gli interventi che possono applicare il regolamento in modo semplificato (qualora si attui il regolamento mediante la realizzazione di sole strutture di infiltrazione, e quindi non siano previsti scarichi verso ricettori, il requisito minimo di cui all'art. 12 comma 2 è ridotto del 30%, purché i calcoli di dimensionamento delle strutture di infiltrazione siano basati su prove di permeabilità in situ, allegate al progetto, rispondenti ai requisiti riportati nell'Allegato F).

Il quadro normativo a cui si è fatto riferimento è il seguente:

- ✓ Norme tecniche rete fognaria - Circolare del ministero dei lavori pubblici 07/01/1974, n. 11633 *“Istruzioni per la progettazione delle fognature e degli impianti di trattamento delle acque di rifiuto”*;
- ✓ D.Lgs. 18/08/2000, n. 258 *“Disposizioni correttive e integrative del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152, in materia di tutela delle acque dall'inquinamento, a norma dell'articolo 1, comma 4, della legge 24 aprile 1998, n. 128”*;
- ✓ D.P.R. n. 380 del 6/6/2001 *“Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia”*;
- ✓ D.Lgs. 15/05/2003, n. 152 *“Decreto legislativo recante disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole”*;
- ✓ D.Lgs. 12/06/2003, n. 185 - Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio *“Regolamento recante norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue in attuazione dell'articolo 26, comma 2, del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152”*;
- ✓ L.R. n. 26 del 12/12/2003 *“Disciplina dei servizi locali di interesse economico generale. Norme in materia di gestione dei rifiuti, di energia, di utilizzo del sottosuolo e di risorse idriche”*;
- ✓ L.R. n. 12 del 11 marzo 2005 *“Legge per il governo del territorio”*;
- ✓ R.R. n. 4 del 24 marzo 2006 *“Disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne”*;
- ✓ D.L. n. 49 del 23 febbraio 2010 *“Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvione”*;
- ✓ L.R. n. 17 del 21 novembre 2011 *“Partecipazione della Regione Lombardia alla formazione e attuazione del diritto dell'Unione europea”*;
- ✓ D.G.R. X/4549 del 10 dicembre 2015 *“Direttiva 2007/60/CE contributo Regione Lombardia al piano di gestione del rischio alluvioni relativo al distretto idrografico Padano in attuazione dell'art. 7 del D.Lgs. 49/2010”*;
- ✓ L.R. n. 4 del 15 marzo 2016 *“Revisione della normativa regionale in materia di difesa del suolo, di prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico e di gestione dei corsi d'acqua”*, pubblicata sul BURL n. 11, suppl. del 18 marzo 2016;

- ✓ D.P.C.M. 27 ottobre 2016 “*Approvazione del Piano di gestione del rischio di alluvioni del distretto idrografico Padano*”;
- ✓ L.R. n. 7 del 10 marzo 2017 “*Recupero dei vani e locali seminterrati esistenti*”;
- ✓ D.G.R. 10/6738 del 19/06/2017 “*Disposizioni regionali concernenti l’attuazione del Piano di Gestione dei Rischi di Alluvione (PGRA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell’emergenza, ai sensi dell’art. 58 delle norme di attuazione del Piano stralcio per l’Assetto Idrogeologico (PAI) del bacino del fiume Po così come integrate dalla variante adottata in data 07/12/2016 con Deliberazione n. 5 dal Comitato istituzionale dell’autorità di bacino del fiume Po*”, pubblicata sul BURL n. 25 Serie Ordinaria del 21/06/2017;
- ✓ R.R. n. 7 del 23 novembre 2017 “*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)*”;
- ✓ R.R. n. 7 del 29 giugno 2018 “*Disposizioni sull’applicazione dei principi dell’invarianza idraulica ed idrologica. Modifica dell’articolo 17 del regolamento regionale 23 novembre 2017, n. 7*”, pubblicato sul BURL n. 27, Serie Supplemento, del 3 luglio 2018;
- ✓ D.G.R. n. XI/470 del 2 agosto 2018 “*Integrazioni alle disposizioni regionali concernenti l’attuazione del Piano di Gestione dei Rischi di Alluvione (PGRA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell’emergenza, di cui alla D.G.R. 19 giugno 2017 – n. X/6738*”;
- ✓ R.R. n. 8 del 19/04/2019 “*Disposizioni sull’applicazione dei principi di invarianza idraulica ed idrologica. Modifiche al R.R. 23/11/2017, n. 7 (Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell’invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell’articolo 58 bis della L.R. 11/03/2005, n. 12 “Legge per il governo del territorio”)*”, pubblicato sul Supplemento 17.
- ✓ Testo coordinato del R.R. 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)*»

In ambito comunitario le direttive più importanti in materia di acque sono le seguenti:

- ✓ UNI/TS 1445, maggio 2012 - *Impianti per la raccolta e utilizzo dell’acqua piovana per usi diversi dal consumo umano. Progettazione, installazione e manutenzione*;
- ✓ UNI EN 1717, novembre 2002 - *Protezione dall’inquinamento dell’acqua potabile negli impianti idraulici e requisiti generali dei dispositivi atti a prevenire l’inquinamento da riflusso*;
- ✓ UNI EN 12053-3 - *Sistema d’intercettazione, raccolta ed evacuazione (superfici di raccolta, bocchettoni, canali di gronda, doccioni, pluviali, pozzetti, caditoie, collettori differenziati ed opere di drenaggio)*;
- ✓ UNI 9184 - *Sistemi di scarico delle acque meteoriche - Criteri di progettazione, collaudo e gestione*.

La Direttiva quadro sulle acque 2000/60/CE presenta evidenti connessioni con le acque meteoriche e, con l’obiettivo generale di raggiungere un buono stato ecologico e chimico per tutte le acque comunitarie, ha istituito un quadro che persegue obiettivi specifici quali:

- ✓ la prevenzione e la riduzione dell’inquinamento,
- ✓ la promozione di un utilizzo sostenibile dell’acqua,
- ✓ la protezione dell’ambiente,
- ✓ il miglioramento delle condizioni degli ecosistemi acquatici e la mitigazione degli effetti delle inondazioni e della siccità.

La direttiva prevede l’individuazione e l’analisi di tutte le acque europee, classificate per bacino e per distretto idrografico di appartenenza, nonché l’adozione di piani di gestione e di programmi di tutela adeguate per ciascun corpo idrico.

Ulteriore direttiva di rilievo per l’argomento trattato è la 2006/11/CE concernente l’inquinamento provocato da alcune sostanze pericolose, successivamente modificata dalla Direttiva 2008/105/CE “*Standard di qualità ambientale nel settore della politica delle acque*”, recepita con D.Lgs. n. 219 del 10 dicembre 2010, che reca anche modifiche alla direttiva 2000/60/CE.

3. Terminologia utilizzata

Acque di prima pioggia: le acque corrispondenti, nella prima parte di ogni evento meteorico, ad una precipitazione di 5 mm uniformemente distribuita sull'intera superficie scolante servita dalla rete di raccolta.

Acque di seconda pioggia: la parte delle acque meteoriche di dilavamento eccedente le acque di prima pioggia.

Acque meteoriche di dilavamento: la parte delle acque di una precipitazione atmosferica che, non assorbita o evaporata, dilava le superfici scolanti.

Acque pluviali: le acque meteoriche di dilavamento, escluse le acque di prima pioggia scolanti dalle aree esterne elencate all'art. 3 del R.R. n. 4 del 24 marzo 2006 “*Disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne, in attuazione dell'art. 52, comma 1, lettera a) della L.R. 12 dicembre 2003, n. 26*”, che sono soggette alle norme previste nel medesimo regolamento.

Acque reflue domestiche: acque reflue provenienti da insediamenti di tipo residenziale e da servizi, derivanti prevalentemente dal metabolismo umano e da attività domestiche.

Acque reflue industriali: qualsiasi tipo di acque reflue scaricate da edifici o impianti in cui si svolgono attività commerciali o di produzione di beni, diverse dalle acque reflue domestiche e dalle acque meteoriche di dilavamento.

Acque reflue urbane: acque reflue domestiche o il miscuglio di acque reflue domestiche, di acque reflue industriali ovvero meteoriche di dilavamento convogliate in reti fognarie, anche separate, e provenienti da agglomerato.

Drenaggio urbano sostenibile: sistema di gestione delle acque meteoriche urbane, costituito da un insieme di strategie, tecnologie e buone pratiche volte a ridurre i fenomeni di allagamento urbano, a contenere gli apporti di acque meteoriche ai corpi idrici ricettori mediante il controllo alla sorgente delle acque meteoriche e a ridurre il degrado qualitativo delle acque.

Evento meteorico: una o più precipitazioni, anche tra loro temporalmente distanziate, di altezza complessiva di almeno 5 mm, che si verificano o che si susseguono a distanza di almeno 96 ore da un analogo precedente evento.

Portata specifica massima ammissibile allo scarico, espressa in l/s per ettaro: portata (espressa in litri al secondo) massima ammissibile allo scarico nel ricettore per ogni ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento.

Ricettore: corpo idrico naturale o artificiale o rete di fognatura, nel quale si immettono le acque meteoriche disciplinate dal regolamento.

Superficie scolante impermeabile: superficie risultante dal prodotto tra la superficie scolante totale per il suo coefficiente di deflusso medio ponderale.

Superficie scolante impermeabile dell'intervento: superficie risultante dal prodotto tra la superficie interessata dall'intervento per il suo coefficiente di deflusso medio ponderale.

Superficie scolante totale: la superficie, di qualsiasi tipologia, grado di urbanizzazione e capacità di infiltrazione, inclusa nel bacino afferente al ricettore sottesa dalla sezione presa in considerazione.

Titolare: soggetto tenuto alla gestione e manutenzione delle opere di invarianza idraulica e idrologica. Nel caso di infrastrutture stradali e autostradali e loro pertinenze e parcheggi, il titolare è il gestore delle stesse. Nel caso di edificazioni, il titolare è il proprietario o, se diverso dal proprietario, l'utilizzatore a qualsiasi titolo dell'edificio, quale l'affittuario o l'usufruttuario.

4. Inquadramento geologico e geomorfologico

Le caratteristiche geomorfologiche e geologiche dell'area vasta all'interno della quale è collocata la zona di diretto interesse trovano riscontro nella bibliografia geologica, in particolare per gli studi a suo tempo condotti per la realizzazione del Foglio n. 45 - Milano della Carta Geologica d'Italia e dalla pubblicazione della Carta Geomorfologica della Pianura Padana (1997).

L'intero territorio del Comune di Binasco è caratterizzato dalla presenza di un'unica unità fisiografica che caratterizza il paesaggio e che prende il nome di Livello Fondamentale della Pianura, nota anche come "Piano Generale Terrazzato". L'origine di tale livello è connessa all'imponente attività deposizionale esercitata dalle acque di scioglimento glaciale in successive all'ultima espansione glaciale pleistocenica (Würm).

Il territorio in esame si colloca nella parte inferiore della Media Pianura idromorfa, al contatto con la sottostante Bassa Pianura sabbiosa. Per l'area di intervento la litologia di superficie è caratterizzata prevalentemente da materiale tendenzialmente fine, costituito da sabbie limose con sporadiche lenti di argilla. Il territorio costituisce una porzione della pianura fluvioglaciale e presenta una morfologia uniforme sub-pianeggiante con debole inclinazione in direzione NO-SE. La pendenza della superficie topografica è molto blanda, con quote intorno ai 100 m s.l.m.

I suoli sono moderatamente profondi e limitati dalla falda, con scheletro da scarso a comune in superficie, molto abbondante in profondità, tessitura moderatamente grossolana o media, reazione neutra, drenaggio mediocre e permeabilità moderata.

5. Componente idrografica e idrogeologica

Dal punto di vista idrografico, l'area in esame appartiene al Sottobacino del Ticino sublacuale. L'ambito di intervento è delimitato a sud dal Cavo Mandrugno, iscritto alle Acque e classificato dal RIM quale canale artificiale privato per la derivazione, la condotta e l'uso in concessione di acque pubbliche. Il corso d'acqua è inserito al n. 8, di competenza della "Fondazione Collegio della Guastalla", assegnato al reticolo idrico in concessione a consorzi privati. Esso prende origine da due teste di fontanile ubicate nella frazione Tainate del Comune di Noviglio.

Dal punto di vista idrogeologico, secondo la ricostruzione idrostratigrafica tradizionale, nella pianura lombarda, facendo riferimento alle caratteristiche di permeabilità dei litotipi e alla loro disposizione geometrica, vengono identificati i seguenti complessi acquiferi principali:

- ✓ acquifero tradizionale: è l'acquifero superiore, comunemente sfruttato dai pozzi pubblici, la cui base è generalmente definita dai depositi superficiali Villafranchiani (Pleistocene inferiore);
- ✓ acquifero profondo: è costituito dai livelli permeabili presenti all'interno dei depositi continentali del Pleistocene inferiore ed è a sua volta suddiviso in quattro corpi acquiferi minori (acquifero multistrato), separati da banchi argillosi anche molto spessi e continui.

Differentemente, secondo gli studi effettuati da Regione Lombardia in collaborazione con Eni Divisione Agip (cfr. "Geologia degli Acquiferi Padani della Regione Lombardia", 2002), il bacino padano può essere suddiviso in quattro unità idrostratigrafiche (Gruppi Acquiferi A, B, C, D), separate da barriere impermeabili che si sviluppano a scala regionale. Nell'area in esame il Gruppo Acquifero A presenta una superficie basale impermeabile ad una profondità di circa 50 m dal p.c., con uno spessore cumulativo dei livelli poroso-permeabili compreso tra 20 m e 40 m.

Con riferimento alla ricostruzione idrostratigrafica tradizionale della pianura lombarda, desunta dall'Allegato 3 alla Relazione Generale del Programma di Tutela e Uso delle Acque, in cui è effettuata una suddivisione della Lombardia in bacini a loro volta suddivisi in settori, con caratteri idrogeologici omogenei, si osserva che il territorio oggetto di studio ricade nel Settore 19 "Abbiategrasso" del Bacino 3 "Adda-Ticino". La trasmissività media oscilla tra $6 \cdot 10^{-2}$ mq/s e $3 \cdot 10^{-3}$ mq/s.

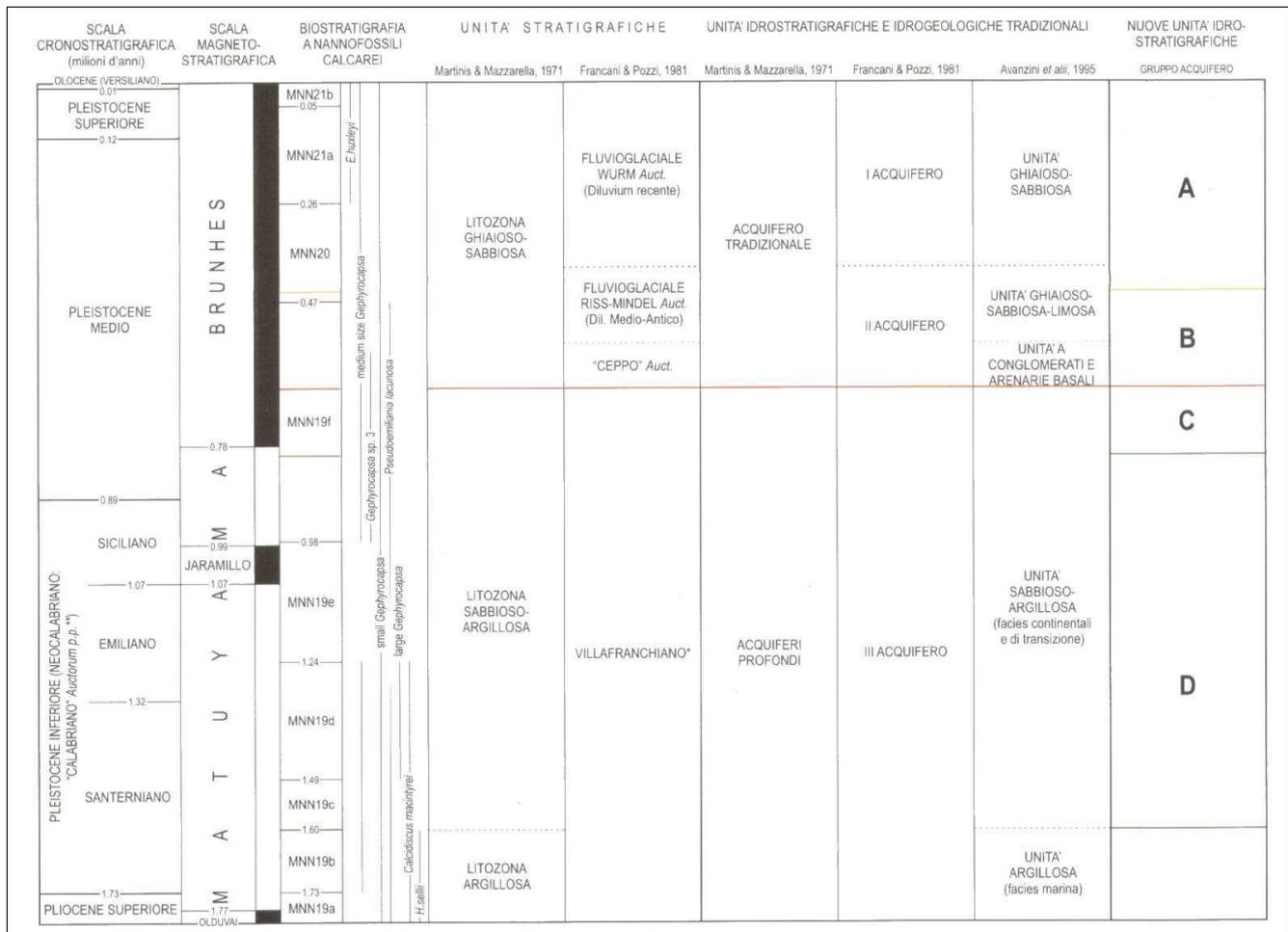


Foto del Cavo Mandrugno.

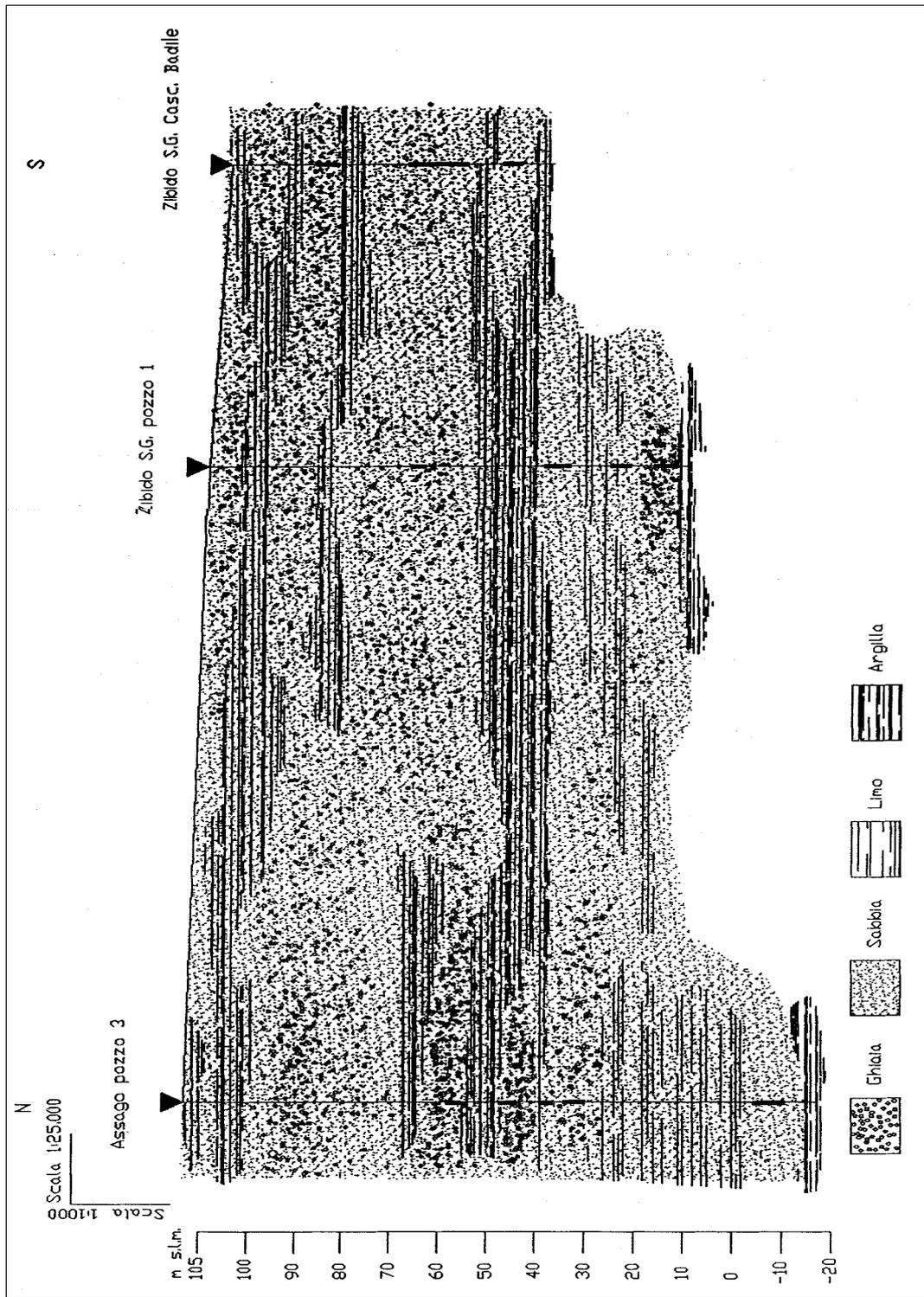
Il gradiente piezometrico della falda superficiale segue parallelamente la superficie topografica, che si trova in prossimità, evidenziando valori alquanto bassi (nell'ordine del 2-3‰). La direzione di deflusso dell'acquifero freatico nell'area di intervento è prevalentemente in senso NO-SE o NNO-SSE, con quote medie oscillanti tra i 96 e i 97 m s.l.m. e soggiacenza media pari a circa 2,5 m dal p.c. La profondità della falda, come è noto, non è costante nel tempo ma soggetta ad oscillazioni di breve, medio e lungo periodo (giornaliere, stagionali o intra-annuali, annuali o interannuali).

A scala annuale, si evidenziano cicliche oscillazioni stagionali legate alla pratica irrigua, che presentano generalmente massimi piezometrici tardo estivi o autunnali (agosto/settembre) e minimi primaverili (aprile/maggio), con escursioni variabili in funzione dell'andamento climatico della stagione irrigua. A stagioni piovose corrispondono escursioni più limitate, determinate dal minor ricorso all'irrigazione per le necessità colturali; viceversa, irrigazioni più frequenti nelle stagioni maggiormente siccitose provocano maggiori escursioni piezometriche.

L'acquifero freatico prossimo al piano campagna risulta particolarmente esposto a possibili episodi di contaminazione da azione antropica, per tale motivo la Componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT comunale individua una vulnerabilità alta / elevata. Anche il Piano di Tutela e Uso delle Acque di Regione Lombardia (PTUA), classifica il grado di vulnerabilità intrinseca dell'acquifero nell'area in oggetto come "elevato".



In Comune di Binasco, nel corso degli anni, sono stati perforati 4 pozzi a servizio dell'acquedotto. Attualmente, risultano in attività 3 pozzi, (Pozzo 1 - Martiri di Merlate; Pozzo 3 – Virgilio, Pozzo 4 - Binaschino) oltre ad uno in "stand by" (Pozzo 2 - Archimede). Le prove di portata eseguite sui pozzi in questione hanno fornito un valore medio di portata specifica $Q_{sm} = 12,5$ l/s/m, che evidenzia un buon potenziale idrico dell'acquifero tradizionale. All'interno del territorio comunale risultano essere stati terebrati anche numerosi pozzi ad uso privato. In corrispondenza dell'area di intervento non si riscontra la presenza di alcun pozzo pubblico e l'area non risulta ricompresa all'interno delle fasce di rispetto di pozzi pubblici esterni al perimetro di intervento.



Sezione idrostratigrafica con andamento nord – sud.

6. Stima della permeabilità dei terreni mediante prove infiltrometriche

Per la valutazione della conducibilità idraulica del primo sottosuolo sono state svolte due indagini infiltrometriche ad anello singolo, a carico variabile.

L'indagine prevede l'infissione di un cilindro metallico all'interno del terreno da indagare, per una profondità sufficiente da evitare il sifonamento delle acque durante l'esecuzione della prova. È quindi necessario garantire una perfetta adesione del terreno alle pareti dello strumento. All'interno del cilindro viene versata una quantità d'acqua sufficiente a riempirlo per 20-25 centimetri e successivamente si misurano gli abbassamenti del livello nel tempo.

Utilizzando la seguente formula è possibile calcolare il valore della conducibilità idraulica del terreno in esame:

$$k = \frac{h_2 - h_1}{t_2 - t_1} \cdot \frac{d}{32 \cdot h_m}$$

con

- ✓ $h_2 - h_1$ = variazione del livello nel pozzetto nell'intervallo di tempo $t_2 - t_1$ [m]
- ✓ $t_2 - t_1$ = intervallo di tempo considerato [s]
- ✓ h_m = altezza media dell'acqua nel pozzetto [m]
- ✓ d = diametro del pozzetto circolare [m]

L'indagine viene normalmente svolta una prima volta in condizioni insature e una seconda volta in condizioni sature. Le due fasi servono per simulare la capacità di drenaggio nel terreno naturale e nel terreno saturo che coincide con la condizione raggiungibile dopo un periodo di precipitazioni.

Le condizioni di sito riscontrate hanno portato ad eseguire un'unica prova di infiltrazione in quanto la conducibilità idraulica stimata, come successivamente descritto, è risultata piuttosto bassa, rendendo sostanzialmente assimilabili le fasi sopra descritte.

Il cilindro metallico utilizzato ha un diametro di 38,5 cm ed è stato infisso nel terreno per circa 5-10 cm.

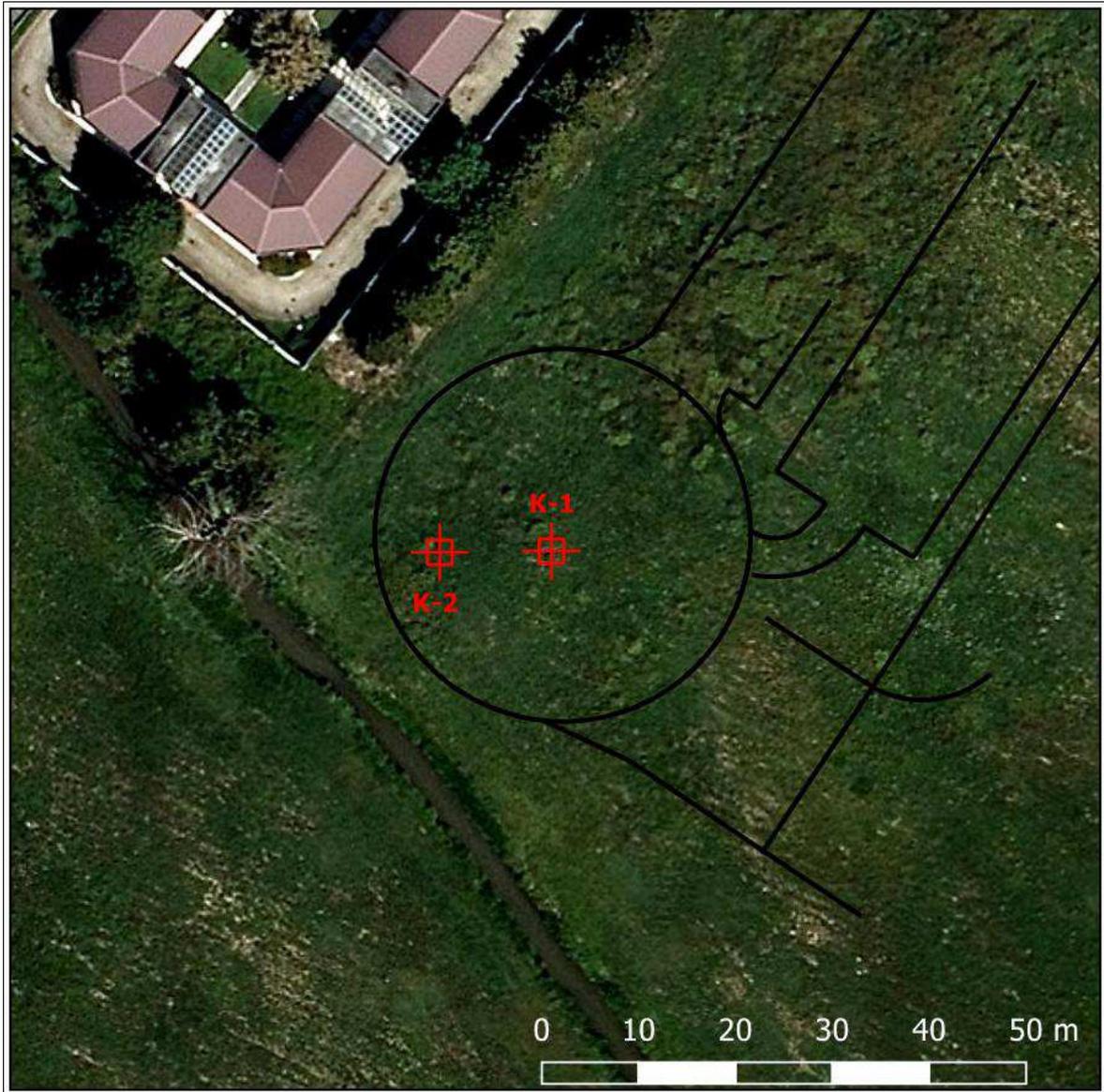
Le due prove sono state svolte alle profondità di 1,5 m e 1,2 m dal piano campagna, sul fondo di uno scavo realizzato per mezzo di un miniescavatore fornito dalla Committenza.

I risultati delle indagini sono riassunti nella seguente tabella.

Prova	Profondità base foro [m]	Conducibilità idraulica [m/s]
k-1	-1,5	$1,70 \cdot 10^{-6}$
k-2	-1,2	$2,02 \cdot 10^{-6}$

Risultati indagini infiltrometriche.

I valori di conducibilità idraulica stimati sono compatibili con un terreno a bassa permeabilità, di natura limoso-sabbioso-argillosa. Questa granulometria è compatibile con le evidenze riscontrate con le indagini geognostiche svolte.



Ubicazioni indagini infiltrometriche.



Preparazione area indagine.



Posizionamento fustella nel sito k-1.



Posizionamento fustella nel sito k-1.



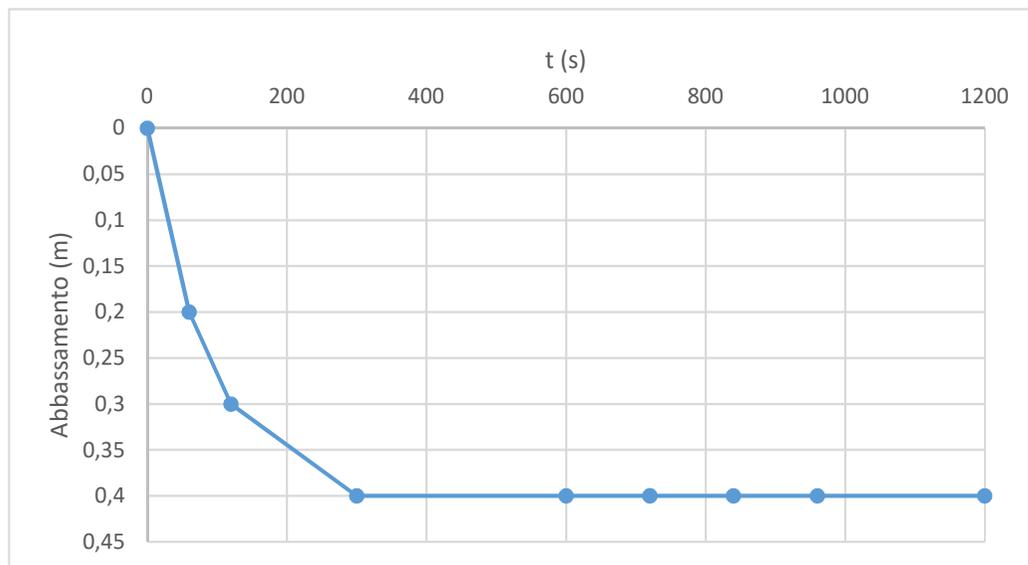
Posizionamento fustella nel sito k-2.

Località **BINASCO**Data **10/11/2020**Prova **K-1**

Diametro foro	38,5	cm
	0,385	m

Quota fondo foro da p.c.	-1,5 m
--------------------------	--------

t [s]	lettura [cm]	H [cm]	H [m]	Dh(tot) [cm]	Dh(tot) [m]	k [m/s]	k [cm/s]
0	21,2	21,2	0,212	0			
60	21	21	0,21	0,2	0,002	1,91E-06	1,91E-08
120	20,9	20,9	0,209	0,3	0,003	2,87E-06	2,87E-08
300	20,8	20,8	0,208	0,4	0,004	1,28E-06	1,28E-08
600	20,8	20,8	0,208	0,4	0,004	7,71E-07	7,71E-09
720	20,8	20,8	0,208	0,4	0,004	1,93E-06	1,93E-08
840	20,8	20,8	0,208	0,4	0,004	1,93E-06	1,93E-08
960	20,8	20,8	0,208	0,4	0,004	1,93E-06	1,93E-08
1200	20,8	20,8	0,208	0,4	0,004	9,64E-07	9,64E-09

**k medio sui gradini**

$$k = 1,70 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$$

k t_{max}

$$k = 7,64 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$$

Località **BINASCO**

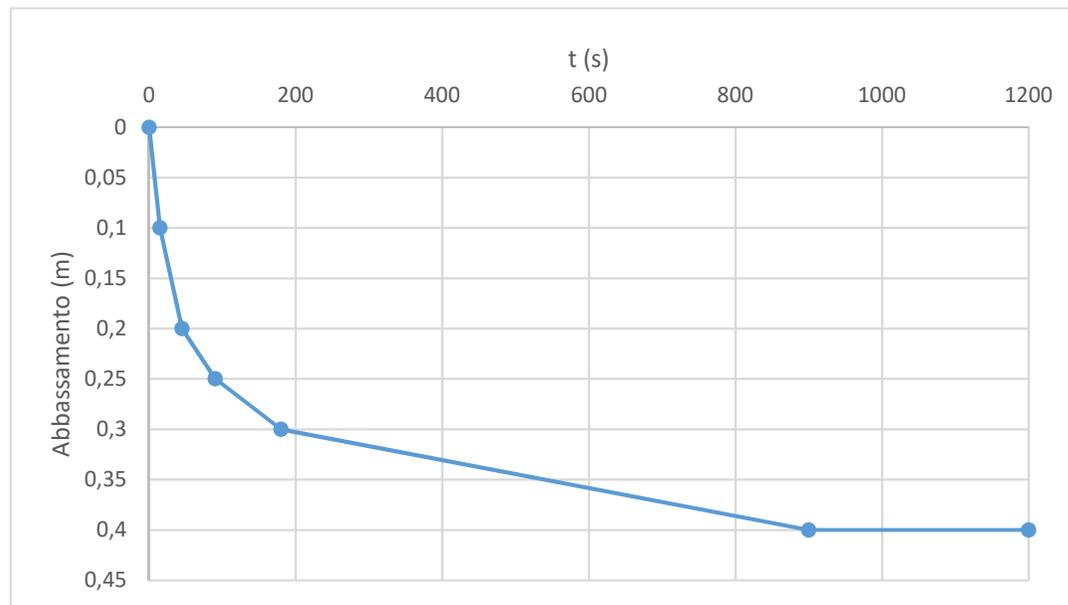
Data **10/11/2020**

Prova **K-2**

Diametro foro	38,5	cm
	0,385	m

Quota fondo foro da p.c. **-1,2 m**

t [s]	lettura [cm]	H [cm]	H [m]	Dh(tot) [cm]	Dh(tot) [m]	k [m/s]	k [cm/s]
0	24	23	0,23	0			
15	23,9	22,9	0,229	0,1	0,001	3,49E-06	3,49E-08
45	23,8	22,8	0,228	0,2	0,002	3,51E-06	3,51E-08
90	23,75	22,75	0,2275	0,25	0,0025	2,93E-06	2,93E-08
180	23,7	22,7	0,227	0,3	0,003	1,18E-06	1,18E-08
900	23,6	22,6	0,226	0,4	0,004	2,95E-07	2,95E-09
1200	23,6	22,6	0,226	0,4	0,004	7,10E-07	7,10E-09



k medio sui gradini

$$k = 2,02 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$$

k tmax

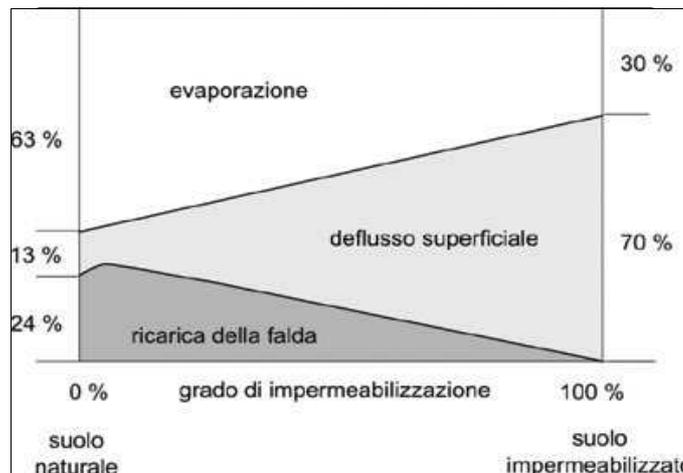
$$k = 2,35 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$$

7. L'applicazione del regolamento sull'invarianza idraulica e idrologica

Con il R.R. n. 7/2017 la gestione delle acque pluviali si orientata verso opere che permettano una laminazione localizzata e diffusa sul territorio, un'eventuale depurazione delle acque di pioggia con sistemi naturali e il loro successivo riuso o dispersione nel suolo, nell'ottica di far confluire nei corsi d'acqua e nelle falde parte della precipitazione meteorica, opportunamente controllata nella qualità, per contribuire al mantenimento dell'equilibrio idrologico e aumentare la biodiversità anche in ambito urbano. Tale gestione delle acque meteoriche si concretizza principalmente nell'applicazione del principio dell'invarianza idraulica e idrologica, che sancisce come la portata al colmo di piena, risultante dal drenaggio di un'area, debba essere costante prima e dopo la trasformazione d'uso del suolo in quell'area.

Di fatto l'unico modo per garantire l'invarianza idraulica e idrologica delle trasformazioni urbanistiche consiste nel prevedere volumi di stoccaggio temporaneo dei deflussi che compensino, mediante una laminazione, l'accelerazione degli apporti d'acqua e la riduzione dell'infiltrazione, che sono un effetto inevitabile di ogni trasformazione d'uso del suolo da non urbanizzato a urbanizzato. Trasformando l'uso del suolo si realizza infatti una diminuzione complessiva dei volumi dei piccoli invasi, ovvero di tutti i volumi che le precipitazioni devono riempire prima della formazione dei deflussi; nei terreni "naturali" i piccoli invasi sono costituiti dalle irregolarità della superficie e da tutti gli spazi delimitati da ostacoli casuali, che consentono l'accumulo dell'acqua.

L'impermeabilizzazione delle superfici a seguito di un'urbanizzazione contribuisce in modo determinante all'incremento del coefficiente di deflusso (la percentuale di pioggia netta che giunge in deflusso superficiale) e all'aumento conseguente del coefficiente udometrico (la portata per unità di superficie drenata). L'impermeabilizzazione del suolo, oltre a generare un rilevante aumento dei volumi di deflusso e delle relative portate al picco, complice anche la diminuzione dei tempi di corrivazione, aumenta l'aliquota del deflusso superficiale, a spese dell'evaporazione e della ricarica delle falde come mostrato nella figura seguente.



Modifiche del bilancio idrico provocate da insediamenti e infrastrutture, con crescente impermeabilizzazione del suolo (Di Fidio e Bischetti, 2012).

Le misure finalizzate all'applicazione del principio di invarianza idraulica e idrologica sono, in ordine decrescente di priorità:

- ✓ 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;
- ✓ l'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;
- ✓ lo scarico in corpo idrico superficiale naturale o artificiale, con i limiti di portata di cui al regolamento;
- ✓ lo scarico in fognatura, con i limiti di portata di cui all'articolo 8.

L'allegato L al regolamento "Indicazioni tecniche costruttive ed esempi di buone pratiche di gestione delle acque meteoriche in ambito urbano", elenca una serie di buone pratiche tecniche per la realizzazione dei sistemi di gestione delle acque meteoriche. Tali indicazioni devono comunque essere calate nel contesto geologico, idrogeologico e geomorfologico di un territorio e pertanto, prima di essere applicate, devono essere analizzati accuratamente tutti gli aspetti che possono oltre che inficiarne la funzionalità comportare il verificarsi di situazioni di dissesto.

Come da art. 8 del regolamento, 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}). Nel caso in esame, in qualità di area lombarda inserita nel PGT comunale come Piano Attuativo, è assoggettata (art. 7, comma 5) ai limiti allo scarico nel ricettore di cui al R.R. per aree A di cui al comma 3 dell'art. 7, ovvero al seguente limite di scarico:

$Q_{limite} = 10 \text{ l/s/ha}$ di superficie scolante impermeabile dell'intervento (art. 8, comma 1, lettera A).

L'art. 9 del regolamento, al comma 1, individua le diverse modalità di calcolo dei volumi da gestire per il rispetto del principio di invarianza idraulica e idrologica, suddividendo gli interventi in classi a seconda della superficie interessata dall'intervento e del coefficiente di deflusso medio ponderale, quest'ultimo calcolato ai sensi dell'articolo 11, comma 2, lettera c), numero 7. La tabella riportata di seguito risulta essere la tabella 1 del regolamento con la suddivisione in classi di intervento.

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	$\leq 0,03 \text{ ha}$ ($\leq 300 \text{ mq}$)	qualsiasi	Requisiti minimi articolo 12 comma 1	
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	da $> 0,03 \text{ a } \leq 0,1 \text{ ha}$ (da $> 300 \text{ mq a } \leq 1.000 \text{ mq}$)	$\leq 0,4$	Requisiti minimi articolo 12 comma 2	
2	Impermeabilizzazione potenziale media	da $> 0,03 \text{ a } \leq 0,1 \text{ ha}$ (da $> 300 \text{ a } \leq 1.000 \text{ mq}$)	$> 0,4$	Metodo delle sole piogge (vedi articolo 11 e allegato G)	Requisiti minimi articolo 12 comma 2
		da $> 0,1 \text{ a } \leq 1 \text{ ha}$ (da $> 1.000 \text{ a } \leq 10.000 \text{ mq}$)	qualsiasi		
		da $> 1 \text{ a } \leq 10 \text{ ha}$ (da $> 10.000 \text{ a } \leq 100.000 \text{ mq}$)	$\leq 0,4$		
3	Impermeabilizzazione potenziale alta	da $> 1 \text{ a } \leq 10 \text{ ha}$ (da $> 10.000 \text{ a } \leq 100.000 \text{ mq}$)	$> 0,4$	Procedura dettagliata (vedi articolo 11 e allegato G)	
		$> 10 \text{ ha}$ ($> 100.000 \text{ mq}$)	qualsiasi		

Classificazione degli interventi richiedenti misure di invarianza idraulica e idrologica.

Ai sensi dell'art. 9 del R.R. n. 7/2017, si è verificata la classe di intervento, definendo di conseguenza le modalità di calcolo da applicare per il progetto di invarianza idraulica e idrologica. Nel caso in esame si ricade in interventi di "impermeabilizzazione potenziale media", classe di intervento n. 2 (superficie interessata dall'intervento compresa tra 0,1 e 1 ha), con conseguente applicazione del cosiddetto "metodo delle sole piogge" di cui all'art. 11.

8. Calcolo delle precipitazioni di progetto

Sia il metodo delle sole piogge che la procedura dettagliata presumono il calcolo della precipitazione di progetto attraverso l'utilizzo delle Linee Segnalatrici di Probabilità Pluviometrica (LSPP), come dato di input per il calcolo del volume di laminazione. L'analisi idrologica relativa all'area in esame è stata implementata pertanto con l'ausilio delle linee segnalatrici di pioggia riportate da ARPA Lombardia, così come indicato dal R.R n. 7/2017.

Le curve hanno espressione:

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

dove:

- ✓ h rappresenta l'altezza di pioggia, fissato un determinato tempo di ritorno T , ed è funzione di una certa durata D della precipitazione;
- ✓ a e w_T sono dei parametri della funzione di probabilità GEV (*Generalized Extreme Values*), con cui si ritengono distribuite le precipitazioni intense.

Tale funzione assume formula:

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

I parametri che compaiono nell'equazione precedente presentano una variabilità spaziale e quindi variano all'interno del territorio regionale.

Considerato che l'applicazione dei principi di invarianza idraulica e idrologica contribuisce in modo fondamentale alle misure di prevenzione dell'esondazione dei corsi d'acqua e delle reti di drenaggio urbano, il regolamento 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 di cui all'articolo 8, assumendo i seguenti valori di tempi di ritorno:

- ✓ $T = 50$ [anni]: tempo di ritorno da adottare per il dimensionamento delle opere d'invarianza idraulica e idrologica per un accettabile grado di sicurezza delle stesse, in considerazione dell'importanza ambientale e economica degli insediamenti urbani;
- ✓ $T = 100$ [anni]: tempo di ritorno da adottare per la verifica dei franchi di sicurezza delle opere come sopra dimensionate; il medesimo tempo di ritorno è adottato anche per il dimensionamento e la verifica 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 sotterranei, cunette di drenaggio verso recapiti non pericolosi.

I metodi proposti dalla normativa per il calcolo del volume di laminazione fanno riferimento alle linee segnalatrici di pioggia a due parametri a e n la cui espressione è:

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

con:

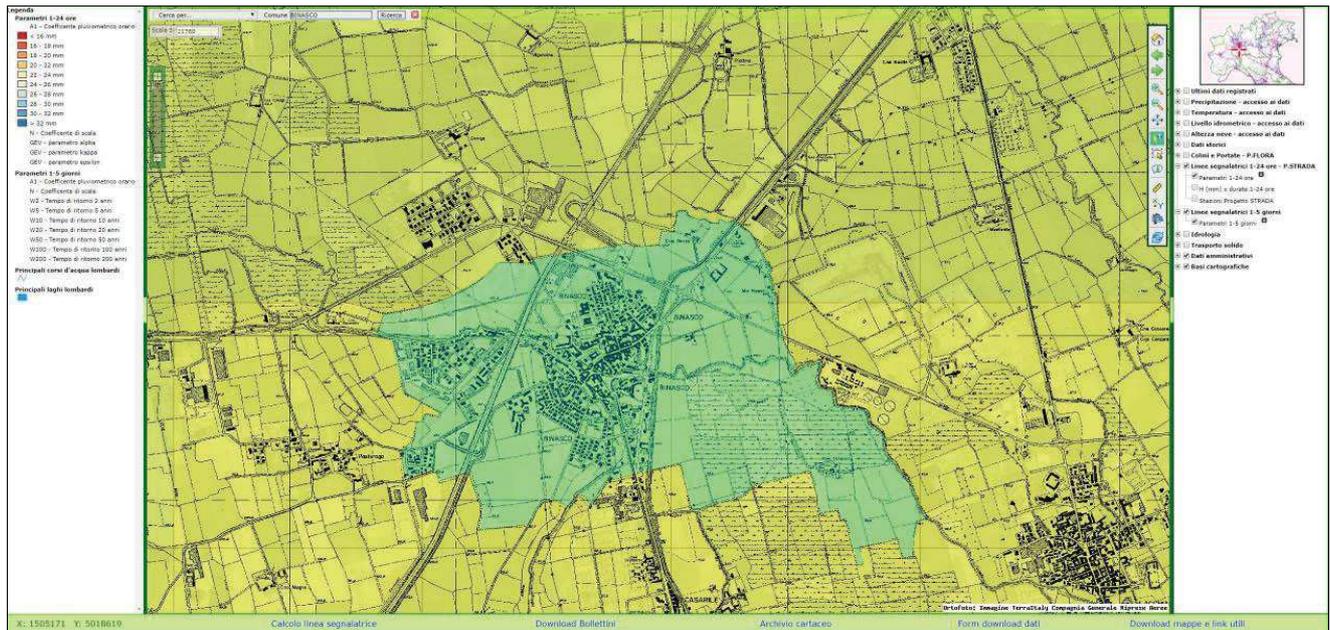
- ✓ h [mm]: altezza di pioggia
- ✓ D [ore]: durata di pioggia
- ✓ n [-]: parametro di scala
- ✓ a [mm/oraⁿ]: parametro della linea segnalatrice di pioggia

$$a = a_1 \cdot w_T$$

con:

- ✓ w_T [-]: coefficiente probabilistico legato al tempo di ritorno T [anni]

✓ a_1 [mm/oraⁿ]: coefficiente pluviometrico orario



Arpa Lombardia fornisce, per il Comune di Binasco, i seguenti parametri relativi all'equazione:

Parametri 1-24 ore	
Parametro	Valore
A1 - Coefficiente pluviometrico orario	28.17
N - Coefficiente di scala	0.29859999
GEV - parametro alpha	0.29429999
GEV - parametro kappa	-0.063600004
GEV - parametro epsilon	0.81

Parametri Linee Segnalatrici di Probabilità riportate da ARPA.

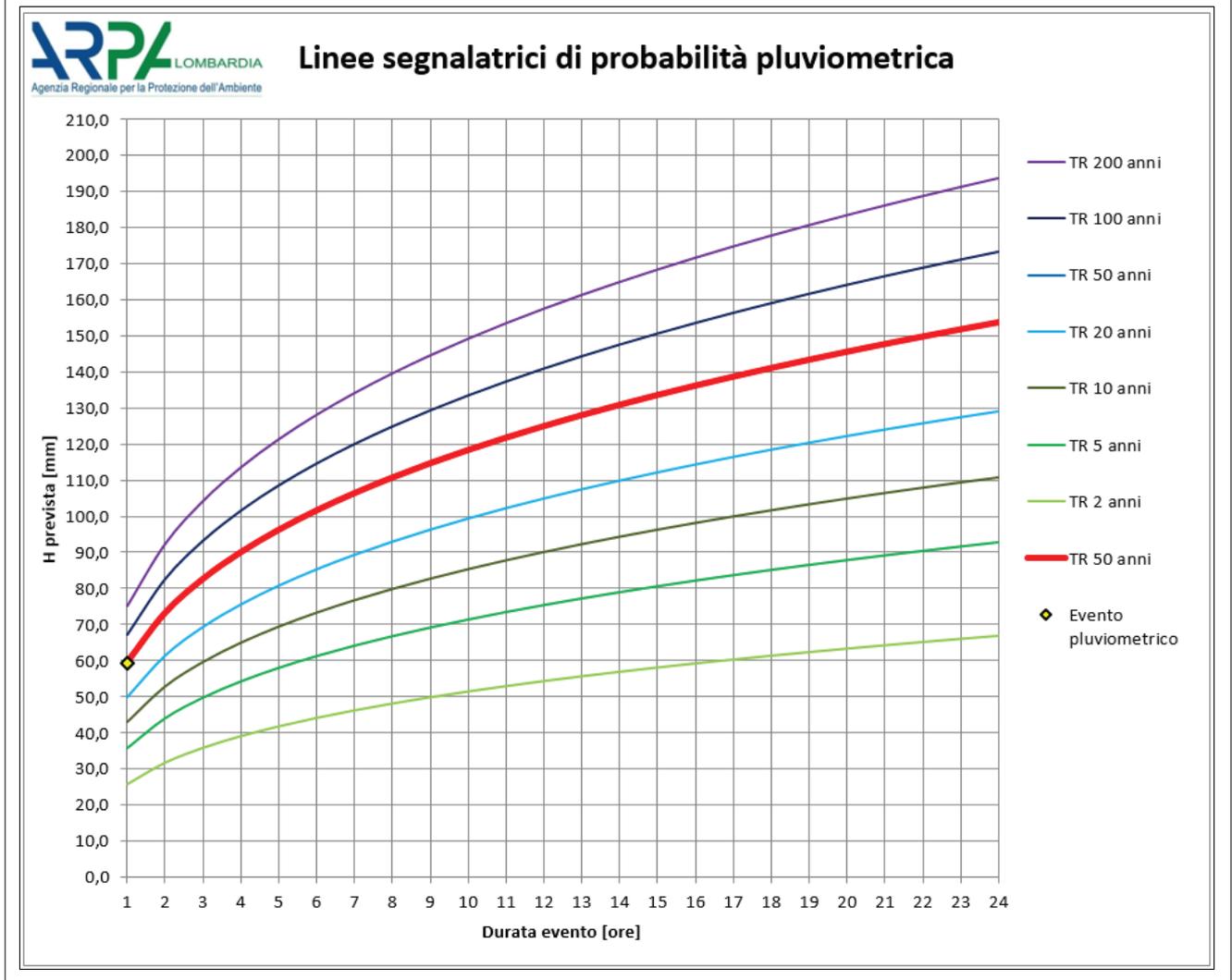
Grazie a questi parametri si ricava il grafico riportato alla pagina seguente e denominato grafico delle curve di Possibilità Pluviometrica. Esso indica, fissato un determinato tempo di ritorno, l'assegnata altezza di pioggia attesa in funzione della durata. Tali curve sono infatti indispensabili per poter stimare, fissato un determinato periodo di ritorno, l'altezza di pioggia attesa sull'area presa in esame, al variare della durata dell'evento meteorico considerato. In particolare, l'intensità di pioggia corrispondente è ricavabile dividendo l'altezza di precipitazione h con la durata:

$$i(D) = a w_T D^{n-1}$$

Per il dimensionamento delle opere di invarianza sono state utilizzate piogge con tempo di ritorno $T = 50$ anni, in accordo con il regolamento sull'invarianza idraulica e idrologica. È poi stata effettuata la verifica dei franchi di sicurezza con $T = 100$ anni, come previsto dal Regolamento. L'intensità di precipitazione è stata calcolata inserendo una durata pari a 1 ora: tale valore è sicuramente maggiore rispetto al tempo di corrivazione di tutto il bacino, per cui tutta l'area contribuisce alla formazione della portata.

Dettagli sui modelli di previsione statistica delle precipitazioni di forte intensità e breve durata e valutazione delle LSPP sono forniti dalla pubblicazione: *IL REGIME DELLE PRECIPITAZIONI INTENSE SUL TERRITORIO DELLA LOMBARDIA - Modello di Previsione Statistica delle Precipitazioni di Forte Intensità e Breve Durata - A cura di Carlo De Michele, Renzo Rosso & Maria Cristina Rulli - DIIAR-CIMI, Politecnico di Milano - Contratto di consulenza per lo svolgimento di un programma di indagine inerente il regime delle precipitazioni intense sul territorio della Lombardia e la sua modellazione probabilistica - Relazione Finale – Febbraio 2005*, alla quale si rimanda per ogni eventuale necessità di approfondimento.

Linee pioggia – Grafico



I parametri delle Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica impiegati nei successivi paragrafi sono riportati nella tabella successiva:

T	<i>a</i>	<i>n</i>	CALCOLO
50 anni	59,5340378860756	0,29859999	DIMENSIONAMENTO OPERE IDRAULICHE
100 anni	67,1201251790849	0,29859999	VERIFICA FRANCHI DI SICUREZZA

9. Il progetto di invarianza

Come previsto dal Regolamento Regionale, il calcolo per il dimensionamento del volume di invaso può essere effettuato applicando il *metodo delle sole piogge*, il quale si basa sull'assunzione delle seguenti ipotesi:

- ✓ 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:

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

in cui S è la superficie scolante del bacino complessivamente afferente all'invaso, φ è il coefficiente di deflusso medio ponderale del bacino medesimo, D è la durata di pioggia, $a = a1wT$ e n sono i parametri della curva di possibilità pluviometrica, desunti da ARPA Lombardia e riportati in precedenza;

- ✓ 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, pari a 10 l/s ha.

Sulla base di tali ipotesi esemplificative 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.

L'immagine seguente mostra l'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 invaso.

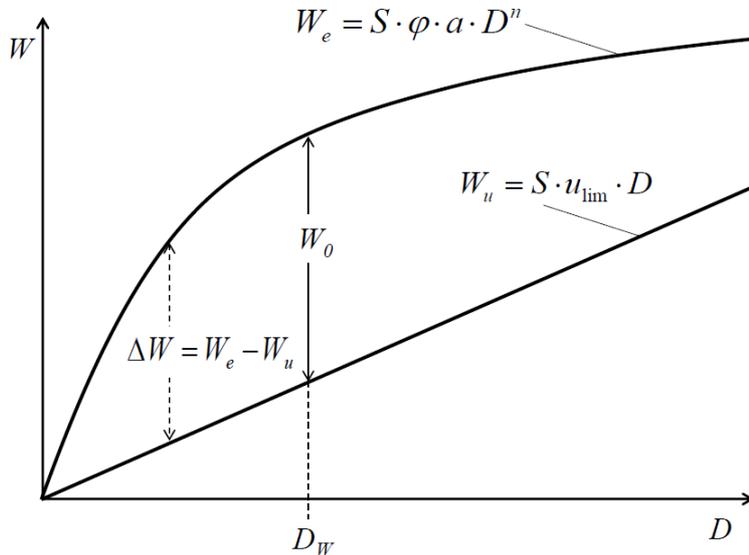
Esprimendo matematicamente le condizioni di massimo inserendo le varie grandezze con le rispettive unità di misura, è possibile determinare la durata dell'evento critico e il conseguente volume di laminazione ottimale mediante l'impiego delle seguenti relazioni:

$$D_w = \left(\frac{Q_{u,lim}}{2.78 \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$
$$W_0 = 10 \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot D_w^n - 3.6 \cdot Q_{u,lim} \cdot D_w$$

dove:

- ✓ S in ha è la superficie impermeabile;
- ✓ φ è coefficiente di deflusso medio;
- ✓ a e n , i parametri delle Linee Segnalatrici di Probabilità Pluviometrica con tempo di ritorno $Tr = 50$ anni;
- ✓ $Q_{u,lim}$ è il valore della portata massima ammissibile stabilita dal regolamento funzione della superficie impermeabile considerata (10 l/s ha S imp.).

L'immagine seguente mostra l'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.



Si è pertanto provveduto mediante analisi grafica a perimetrare le aree di intervento ad uso pubblico aventi il medesimo coefficiente di deflusso. In particolare:

- ✓ *aree impermeabili: strade, rotatorie e parcheggi* ($S = 6114 \text{ m}^2 - \varphi = 1,0$);
- ✓ *aree semi-permeabili: percorsi pedonali* ($S = 1255 \text{ m}^2 - \varphi = 0,7$);
- ✓ *aree permeabili: aiuole (1372 m²) e parcheggi in autobloccante drenante (1146 m²)* ($S = 2518 \text{ m}^2 - \varphi = 0,3$).

Dalle dimensioni riportate in precedenza, mediante media pesata, è stato stimato il valore del coefficiente medio di deflusso, che è risultato essere pari a 0,784 ($S_{tot} = 9887 \text{ m}^2$).

La tabella seguente riepiloga i valori considerati nel calcolo del volume d'invarianza idraulica e idrologica richiesto.

S [ha]	0,9887
φ [-]	0,784
a [-]	59,534
n [-]	0,299
$Q_{u,lim}$ [l/s]	9,89
D_w [h]	6,892
W_0 [m ³]	575,58

Il volume così calcolato è stato raffrontato con il valore del volume derivante dal parametro di requisito minimo (v. articolo 12 del regolamento) per aree ad alta criticità pari a 800 m³/ha S imp. dell'intervento. Tale valore deve essere rapportato rispetto al precedente al fine di considerare il valore maggiore dei due.

W ₀ [m ³]	575,58
W _{MIN} [m ³]	619,85
W [m ³]	619,85

Da tali considerazioni emerge pertanto che il volume di laminazione dovrà essere pari a **619,85 m³**.

Tale volume di laminazione verrà ottenuto mediante la somma dei diversi contributi qui di seguito descritti.

- ✓ Volume 1: disponibile in corrispondenza dello strato di ghiaia al di sotto dei parcheggi in autobloccante drenante. Se si considera infatti una porosità efficace della ghiaia media (rapporto tra volume in cui l'acqua è libera di circolare e volume totale) pari al 30%, valore tipico di una ghiaia media, si ottiene un volume efficace di circa **20,63 m³**. Tale elemento drenante non avrà necessità di manutenzioni in quanto sarà completamente interrato e consentirà solamente all'acqua di infiltrarsi più rapidamente nel terreno.
- ✓ Volume 2: vasca di laminazione di volume pari a **612 m³**, costituita da n. 12 moduli prefabbricati, ognuno dei quali di dimensione esterna pari a 2,46 m x 12,20 m x 2,0 m di altezza (volume interno di 51 m³), in grado di laminare i picchi di piena delle acque in ingresso. Lavorando all'interno della falda, sarà indispensabile provvedere all'ancoraggio della vasca stessa, al fine di evitare possibili sollevamenti della stessa dovuti a sottospinte idrauliche. La verifica al galleggiamento della vasca dovrà essere supportata da idoneo calcolo, quest'ultimo non facente parte del Progetto di invarianza idraulica e idrologica. Lo svuotamento della vasca avverrà mediante installazione di idoneo sistema di pompaggio che garantirà lo svuotamento della vasca nei limiti stabiliti dal regolamento.

La somma dei volumi precedentemente descritti, pari a complessivi **632,63 m³**, soddisfa il requisito relativo al volume di laminazione richiesto dal Regolamento Regionale.

In funzione del valore massimo della portata di scarico ammissibile da regolamento pari a 9,89 l/s, è stato determinato il tempo di svuotamento dell'invaso di laminazione al fine di verificare che lo stesso fosse inferiore al limite di 48 ore fissato nell'art. 11, comma 2, lettera f). Anche tale requisito risulta rispettato; nello specifico, **il tempo di svuotamento dell'invaso risulta pari a 15,15 ore (portata massima di scarico 9,89 l/s).**

Per maggiori dettagli si rimanda ai paragrafi successivi ove viene descritto il sistema di laminazione.

10. Dimensionamento invaso di laminazione

Le acque provenienti dalle nuove superfici asfaltate verranno raccolte mediante caditoie stradali ed inviate alla vasca di laminazione per poi essere rilanciate al limitrofo reticolo idrografico. Al fine di garantire la laminazione dei picchi di piena, il volume della vasca dovrà essere opportunamente dimensionato in funzione della portata massima di scarico del sistema, funzione della portata massima stabilita dal Regolamento. I successivi paragrafi illustreranno il dimensionamento del sistema di laminazione.

10.1. Ietogramma di progetto

Lo ietogramma è un grafico che rappresenta, durante un evento meteorico, l'andamento dell'intensità di pioggia per un dato intervallo di tempo Δt . Per piccoli bacini, come quello oggetto della presente relazione, si utilizza un passo temporale di 1 minuto.

Tra i diversi tipi di piogge sintetiche più comunemente utilizzate nella progettazione di opere idrauliche, si è scelto di utilizzare lo ietogramma cosiddetto Chicago, che, presentando andamenti temporali non costanti, consente una migliore rappresentazione del fenomeno meteorico intenso, normalmente caratterizzato dalla presenza di picchi di intensità di pioggia.

La principale caratteristica di questo ietogramma consiste nel fatto che per ogni durata, anche parziale, l'intensità media della precipitazione dedotta dallo ietogramma stesso è congruente con quella definita dalla curva di possibilità pluviometrica. Inoltre, imponendo che la durata della pioggia sia maggiore del tempo di corrivazione del bacino, si ottiene, proprio per la caratteristica prima detta, che lo scroscio critico è certamente contenuto nella pioggia di progetto.

La costruzione dello ietogramma Chicago è stata eseguita numericamente, ad intervalli di 1 minuto, attraverso l'equazione:

$$i(t) = n \cdot a \cdot \left(\frac{tb}{r}\right)^{n-1}$$

nel tratto precedente il picco, e

$$i(t) = n \cdot a \cdot \left(\frac{ta}{1-r}\right)^{n-1}$$

nel tratto successivo al picco.

In tali equazioni, $i(t)$ è l'intensità all'istante t , a e n sono i parametri della curva di possibilità pluviometrica, ta e tb i tempi (contati rispettivamente dal picco verso la fine dell'evento e dal picco verso l'inizio dello stesso), r la posizione del picco lungo l'asse dei tempi (rapporto tra il tempo di picco e la durata totale).

La posizione del picco risulta di fondamentale importanza per questo tipo di ietogramma e generalmente nei bacini urbani si ha $0.3 < r < 0.4$. In questo caso si è scelto di posizionarlo a $3/8$ ($r = 0.375$) della durata complessiva (1 ora) dell'evento sintetizzato.

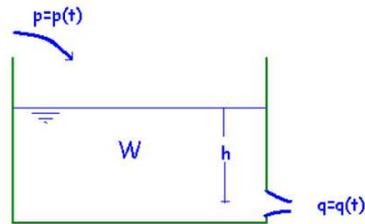
Viste le ridotte dimensioni del bacino non si è provveduto al ragguglio dello ietogramma.

Per ricavare lo ietogramma Chicago netto, si moltiplicherà lo ietogramma lordo per il coefficiente di afflusso $\phi = 0,784$ nel caso in esame.

10.2. Calcolo della portata in ingresso

Per la determinazione della portata in ingresso alla rete occorre applicare la trasformazione afflussi-deflussi. In questo caso si è utilizzato il modello dell'invaso lineare per il calcolo dell'idrogramma di piena.

Questo tipo di modellazione assimila il comportamento del bacino a quello di un serbatoio soggetto ad afflussi variabili nel tempo e a deflussi dipendenti dalle caratteristiche idrauliche della sua bocca d'uscita.



Schematizzazione del modello dell'invaso lineare.

La portata in entrata è rappresentata dalla precipitazione (variabile nel tempo) che si abbatte sul bacino che è calcolata come prodotto tra il coefficiente d'afflusso ϕ , l'intensità di pioggia i [mm/h] e la superficie del bacino. La portata uscente q rappresenta la portata che transita nella sezione di chiusura in seguito all'evento di pioggia. Scopo del metodo è determinare la legge $q=q(t)$, ossia l'andamento delle portate nel corso del tempo nella sezione di chiusura del bacino.

L'equazione che descrive l'andamento della portata nel tempo può essere ricavata applicando l'equazione di continuità al bacino:

$$p(t) - q(t) = \frac{dW}{dt}$$

Nell'ipotesi che si tratti di serbatoio lineare, il legame tra la portata uscente q ed il volume invasato W è dato dalla relazione:

$$W = k \cdot q$$

in cui k è denominata "costante d'invaso".

Per la risoluzione dell'equazione suddetta, ossia la ricostruzione dell'idrogramma $q(t)$, è stato utilizzato il software URBIS 2003. I dati di input del modello di calcolo sono:

- ✓ idetogramma di pioggia netto;
- ✓ idrogramma unitario istantaneo (IUH), cioè la risposta del sistema all'impulso unitario $D(t)$ (delta di Dirac). L'IUH serve per esprimere una serie di caratteristiche del bacino che assumiamo indipendenti dall'evento di pioggia, assumendo che il bacino si comporti come un unico invaso lineare.

L'IUH dipende esclusivamente dalla costante d'invaso k ed è dato dall'espressione:

$$u(t) = \frac{1}{k} e^{-t/k}$$

Il valore della costante d'invaso k è legato al tempo di corrvazione t_c attraverso la relazione:

$$K = 0.7 t_c$$

dove t_c è il tempo di corrivazione, che si calcola come somma tra il tempo di entrata in rete della goccia di pioggia (t_e [min] assunto pari a 10 min) e il tempo di rete t_r [min] pari al rapporto tra la lunghezza del tronco fognario più lungo e 2,5 m/s:

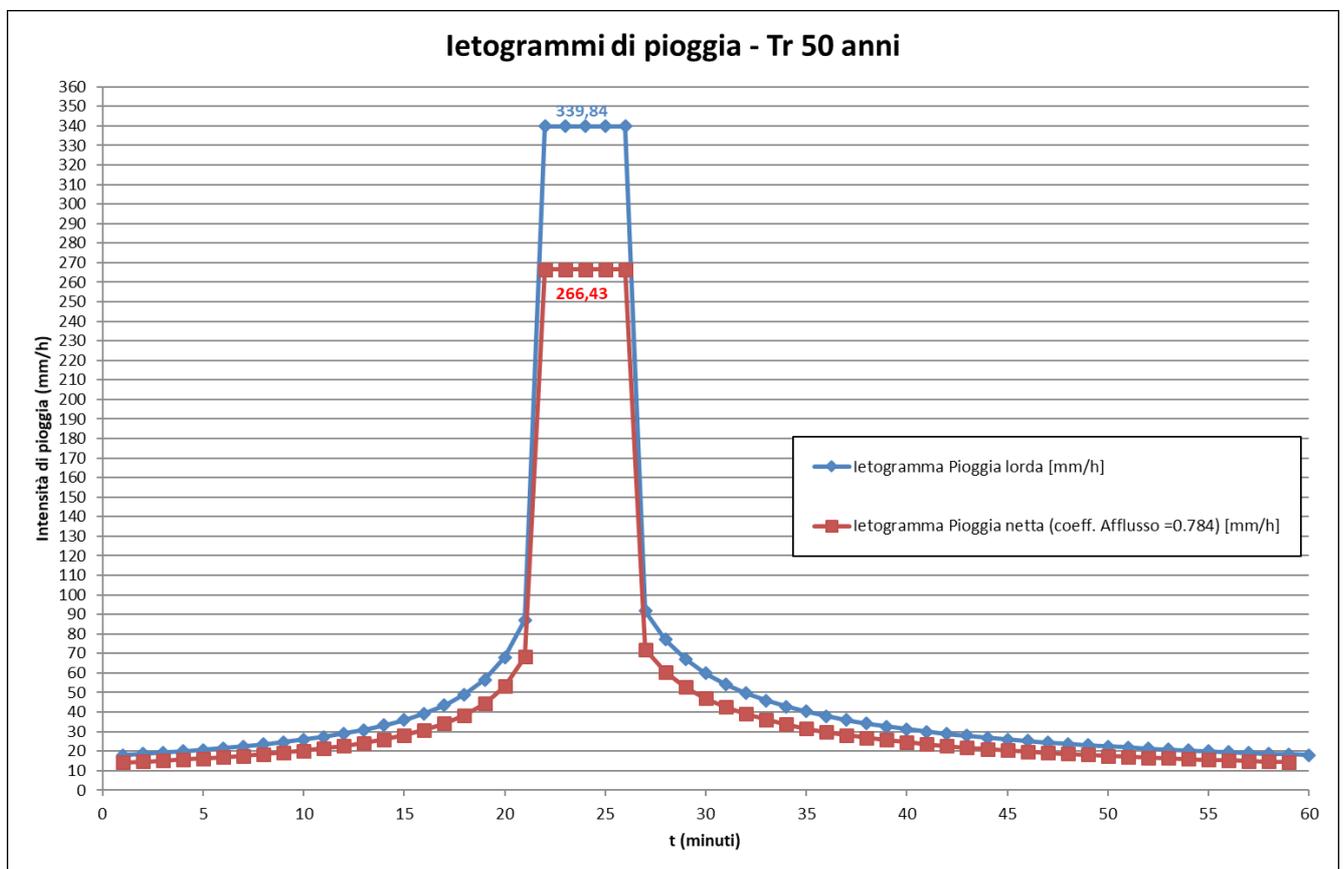
$$t_c \text{ [ore]} = [t_e + t_r / 2,5] / 60$$

Per la rete in questione risulta $t_c = 12$ min, da cui $K = 8,4$ min.

Inserendo i dati nel modello dell'invaso lineare si ottiene:

Portata al colmo [l/s]
447,00

Gli ietogrammi di pioggia (lordo e netto) e l'idrogramma di portata in ingresso sono rappresentati nelle figure di seguito.



10.3. Dimensionamento del sistema di laminazione

Per determinare il volume di laminazione, necessario per garantire l'accumulo del deflusso creatosi a seguito di eventi meteorici, si è provveduto a "tagliare" l'idrogramma delle portate in ingresso con l'idrogramma delle portate in uscita, quest'ultimo costante nel tempo e pari al valore di scarico ammissibile stabilito da Regolamento. L'area compresa tra le due curve rappresenta il volume da laminare.

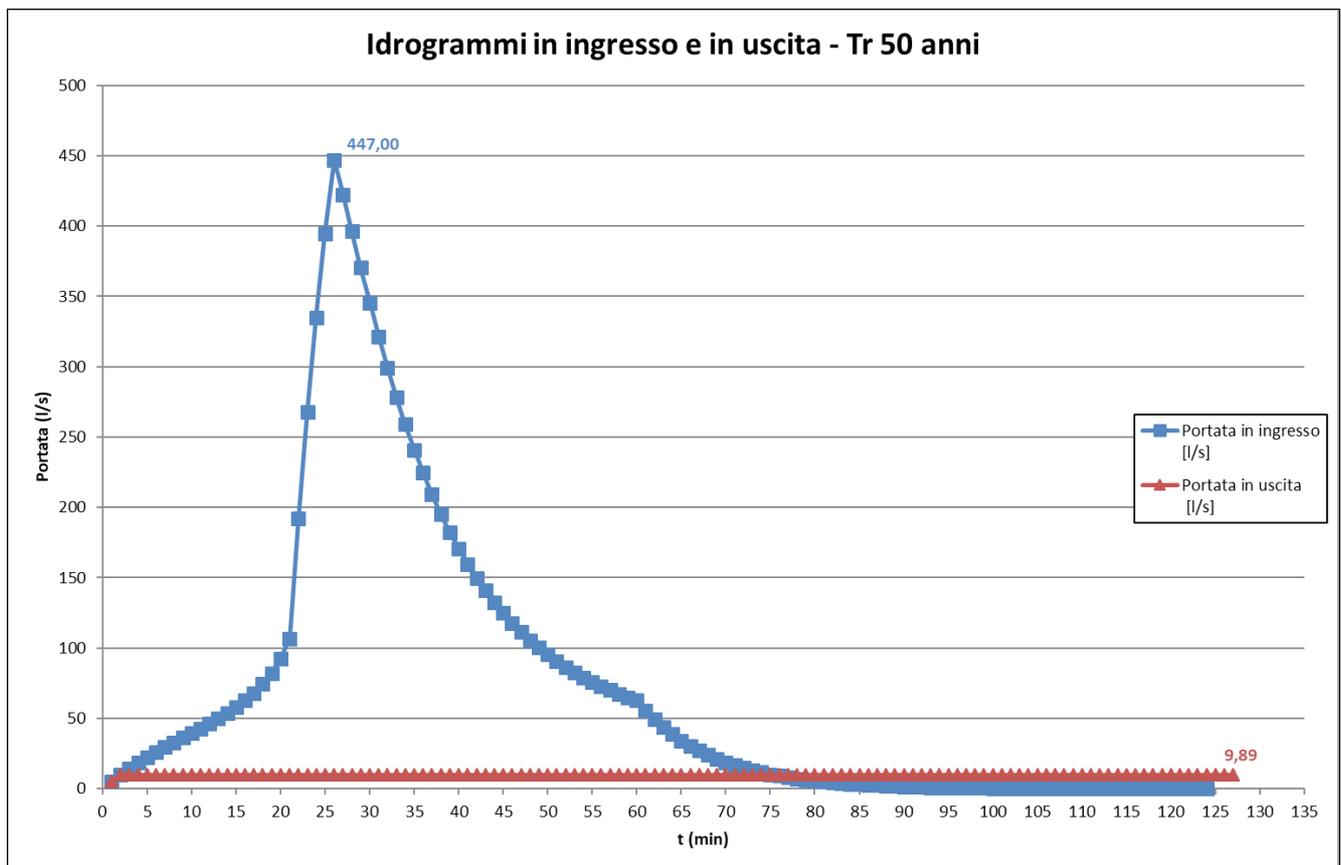
Analizzando la curva dei volumi cumulati in ingresso e in uscita è possibile ricavare la curva che descrive l'andamento nel tempo del volume d'acqua stoccato all'interno del volume di laminazione, quest'ultimo creato sempre al di sotto del campo.

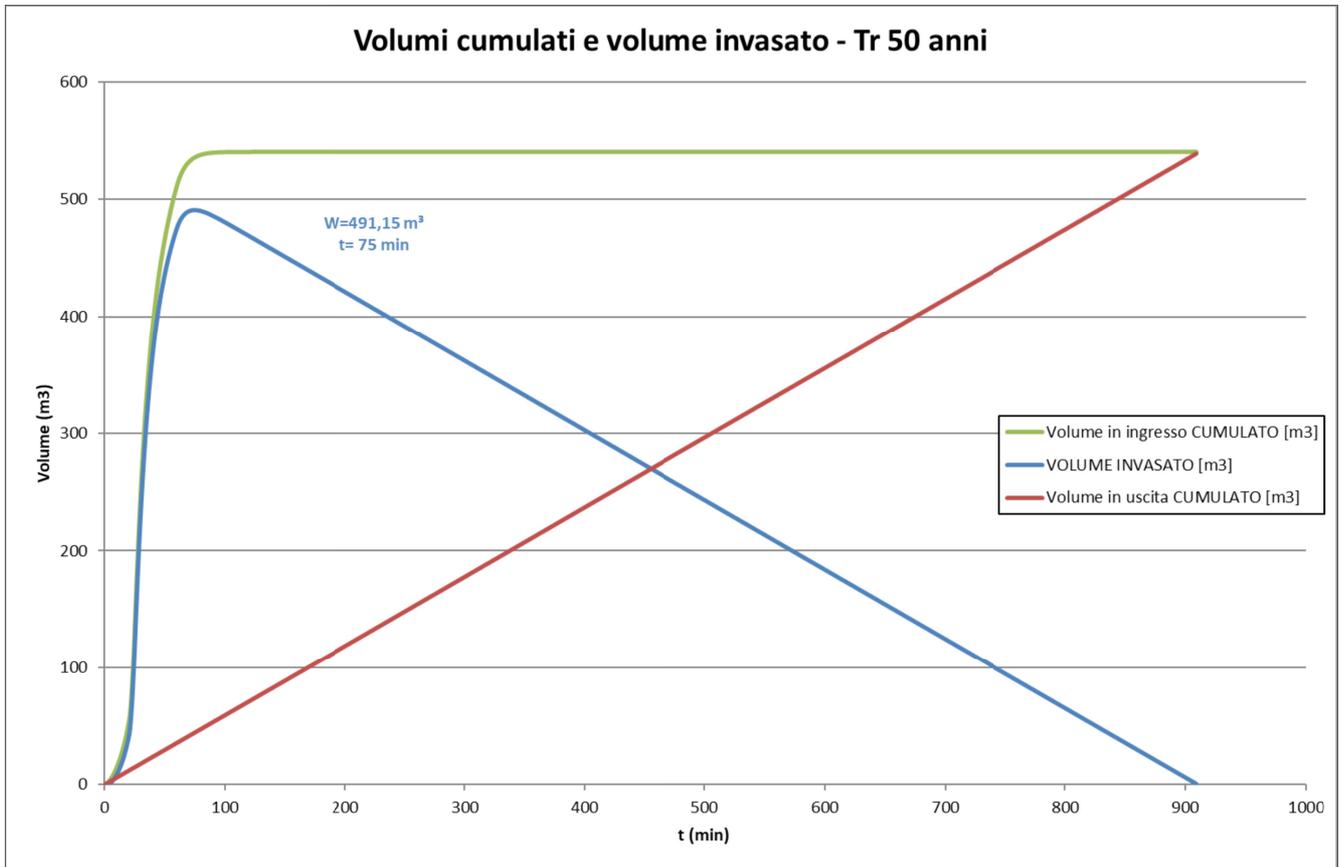
I punti significativi del grafico dei volumi sotto:

- ✓ il punto di massimo del volume invasato, che rappresenta il volume di laminazione richiesto ($491,15 \text{ m}^3$);
- ✓ il punto di intersezione della curva con l'asse delle ascisse, che rappresenta il tempo di svuotamento dell'invaso (circa 910 min).

La vasca di laminazione sarà costituita da n. 12 moduli prefabbricati, ognuno dei quali di dimensione esterna pari a $2,46 \text{ m} \times 12,20 \text{ m} \times 2,0 \text{ m}$ di altezza (volume interno di 51 m^3). il volume complessivo sarà pari a 612 m^3 , valore maggiore rispetto a quello richiesto dal calcolo e pertanto accettabile.

Sarà necessario mantenere sempre in piena efficienza il sistema di pompaggio per garantire lo svuotamento della vasca stessa.





11. Stima delle portate critiche e dimensionamento delle tubazioni

La determinazione delle portate critiche della rete di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche è stata condotta valutando l'area d'influenza di ogni singolo elemento idraulico (caditoia/griglia), in funzione della pendenza reale di deflusso delle acque. La posizione degli elementi idraulici è riportata all'interno delle planimetrie generali delle reti di smaltimento acque bianche, facenti parte della documentazione progettuale.

La stima del valore del coefficiente di afflusso è molto importante ai fini della stima della portata critica, in quanto definisce la reale quantità d'acqua che fluisce alla rete esaminata. Nel caso in esame è stato considerato un coefficiente omogeneo per le aree impermeabili, assunto pari a 1,0 (strade e parcheggi asfaltati), un coefficiente pari a 0,7 per le aree semi-permeabili (percorsi pedonali in autobloccanti) e un coefficiente pari a 0,3 per le aree permeabili (parcheggi in autobloccante drenante e aiuole).

Attraverso analisi grafica è stato possibile evidenziare le aree d'influenza di ogni singolo elemento idraulico e il relativo coefficiente di deflusso. I dati ottenuti sono espressi nella tabella seguente.

PUNTO	S _{imp} [m ²]	S _{semi} [m ²]	S _{perm} [m ²]	S _{tot} [m ²]	φ _{medio} [-]
C1	231,75	212,06	0,00	443,81	0,86
C2	304,35	51,90	0,00	356,25	0,96
C3	293,65	64,52	0,00	358,17	0,95
C4	277,64	137,21	0,00	414,85	0,90
C5	181,73	78,70	0,00	260,43	0,91
C6	228,64	0,00	0,00	228,64	1,00
C7	243,86	131,85	0,00	375,71	0,89
C8	261,22	0,00	0,00	261,22	1,00
C9	191,11	0,00	0,00	191,11	1,00
C10	507,67	0,00	0,00	507,67	1,00
C11	171,48	0,00	0,00	171,48	1,00
C12	253,63	34,12	0,00	287,75	0,96
C13	314,08	50,44	0,00	364,52	0,96
C14	187,80	17,32	0,00	205,12	0,97
C15	126,96	13,85	0,00	140,81	0,97
C16	233,67	41,24	0,00	274,91	0,95
C17	223,83	0,00	43,99	267,82	0,89
C18	237,50	0,00	47,35	284,85	0,88
C19	237,52	0,00	47,46	284,98	0,88
C20	237,49	0,00	47,48	284,97	0,88
C21	237,47	0,00	47,48	284,95	0,88
C22	238,81	0,00	47,70	286,51	0,88
C23	185,28	0,00	71,05	256,33	0,81
C24	103,58	8,68	0,00	112,26	0,98
C25	113,99	8,84	0,00	122,83	0,98
C26	196,23	0,00	54,69	250,92	0,85
C27	130,58	0,00	56,93	187,51	0,79
C28	115,26	0,00	50,65	165,91	0,79
C29	102,27	0,00	44,76	147,03	0,79
C32	202,23	22,53	0,00	224,76	0,97
C33	76,92	23,10	181,83	281,85	0,52
C34	114,00	29,93	273,74	417,67	0,52

C35	114,00	33,75	270,72	418,47	0,52
C36	114,00	29,22	273,60	416,82	0,52
C37	114,00	32,14	270,65	416,79	0,52
C38	114,00	29,88	273,65	417,53	0,52
C39	96,54	33,33	270,78	400,65	0,50
C40	67,48	0,00	28,93	96,41	0,79
C41	166,75	0,00	114,65	281,40	0,71

Per il calcolo delle portate critiche è stata utilizzata la "Formula Razionale Corretta" [$tc[h]=te+tr/2$], utilizzando come metodo di trasformazione afflussi-deflussi il metodo di corrivazione. Stabilita la maglia della rete e determinate tutte le grandezze geometriche necessarie, è stato possibile determinare i valori delle portate critiche attese. Nelle tabelle alle pagine seguenti si riportano le portate utilizzate per il dimensionamento della rete in oggetto con T = 50 anni.

Il dimensionamento delle tubazioni a pelo libero è stato eseguito utilizzando la formula di Chezy. La scelta progettuale ha optato per l'impiego di tubazioni in PVC con classe di carico SN8 per condotte di scarico interrate di acque civili, contrassegnate ogni metro con marchio del produttore, diametro, data di produzione e simbolo IIP e di diametro variabile a seconda del tratto considerato.

Le tabelle riportate nelle pagine seguenti mostrano i valori di riempimento (h/D) e di velocità (v) attesi all'interno dei diversi rami delle dorsali. Dall'analisi emerge come, in tutti i casi, il grado riempimento massimo per tubazione di diametro ≤ 400 mm sia sempre minore del 50% e solamente in alcuni casi leggermente superiore a quest'ultimo. Tale evenienza viene comunque accettata in quanto riferito a tratti di tubazione finali oramai prossimi al cambio diametro, con diametro commerciale superiore. Per quanto attiene le tubazioni con diametro > 400 mm il grado di riempimento risulta sempre inferiore al 60%. Dall'analisi dei dati emerge anche come i valori di velocità sempre inferiori a 5 m/s e maggiori, comunque, del valore di 0,5 m/s.

È pertanto possibile affermare che i valori relativi al dimensionamento delle tubazioni risultino in linea con i requisiti stabiliti dalle normative tecniche e con le prescrizioni impartite dall'Ente Gestore.

È importante infine sottolineare che, trattandosi di tubazioni posate prevalentemente con pendenza ridotta (considerata pari allo 0,5%), è opportuno prevedere periodici interventi manutentivi sulla rete, al fine di escludere possibili otturazioni che possano limitare, o addirittura ostacolare, il regolare deflusso delle acque. Sarà buona norma in fase realizzativa cercare di incrementare il più possibile i valori di pendenza delle tubazioni al fine di agevolare lo smaltimento delle acque per gravità.

PUNTO	lunghezza (m)	te (min)	t rete (min)	tc (min)	area imp. (m ²)	φ_i	Q'c (m ³ /s)	Q'c (l/s)
RB01	0,00	10	0,00	10,00	443,81	0,86	0,022	22,11
RB02	18,90	10	0,16	10,16	800,06	0,90	0,041	41,47
RB03	29,80	10	0,25	10,25	800,06	0,90	0,041	41,21
RB04	34,40	10	0,29	10,29	1158,23	0,91	0,060	60,42
RB05	52,80	10	0,44	10,44	2062,15	0,92	0,107	107,15
RB06	0,00	10	0,00	10,00	636,93	0,94	0,035	34,74
RB07	8,30	10	0,07	10,07	828,04	0,95	0,046	45,64
RB08	52,80	10	0,44	10,44	2890,19	0,93	0,152	151,64
RB09	0,00	10	0,00	10,00	507,67	1,00	0,030	29,52
RB10	12,00	10	0,10	10,10	679,15	1,00	0,039	39,22
RB11	30,30	10	0,25	10,25	966,90	0,99	0,055	54,67
RB12	0,00	10	0,00	10,00	364,52	0,96	0,020	20,32
RB13	19,30	10	0,16	10,16	569,64	0,96	0,032	31,59
RB14	36,80	10	0,31	10,31	1536,54	0,98	0,086	85,75
RB15	52,40	10	0,44	10,44	1677,35	0,98	0,093	92,71
RB16	56,20	10	0,47	10,47	1952,26	0,98	0,107	107,30
RB17	67,30	10	0,56	10,56	2220,08	0,96	0,120	119,91
RB18	86,30	10	0,72	10,72	2504,93	0,96	0,133	132,60
RB19	94,20	10	0,79	10,79	2504,93	0,96	0,132	132,04
RB20	102,70	11	0,86	11,86	2789,91	0,95	0,137	136,55
RB21	121,70	10	1,01	11,01	3074,88	0,94	0,157	157,47
RB22	140,70	10	1,17	11,17	3359,83	0,94	0,169	169,44
RB23	145,30	10	1,21	11,21	6250,02	0,93	0,313	313,28
RB24	157,30	10	1,31	11,31	6536,53	0,93	0,325	324,84
RB25	176,30	10	1,47	11,47	6792,86	0,93	0,333	332,60
RB26	0,00	10	0,00	10,00	500,45	0,79	0,023	22,90
RB27	179,40	10	1,50	11,50	7293,31	0,92	0,353	352,85
RB28	0,00	10	0,00	10,00	224,76	0,97	0,013	12,68
RB29	7,50	10	0,06	10,06	506,61	0,72	0,021	21,17
RB30	26,50	10	0,22	10,22	924,28	0,63	0,033	33,37
RB31	36,00	10	0,30	10,30	924,28	0,63	0,031	31,43
RB32	42,60	10	0,36	10,36	1342,75	0,60	0,045	45,49
RB33	61,60	10	0,51	10,51	1759,57	0,58	0,057	57,17
RB34	80,60	10	0,67	10,67	2176,36	0,57	0,069	68,67

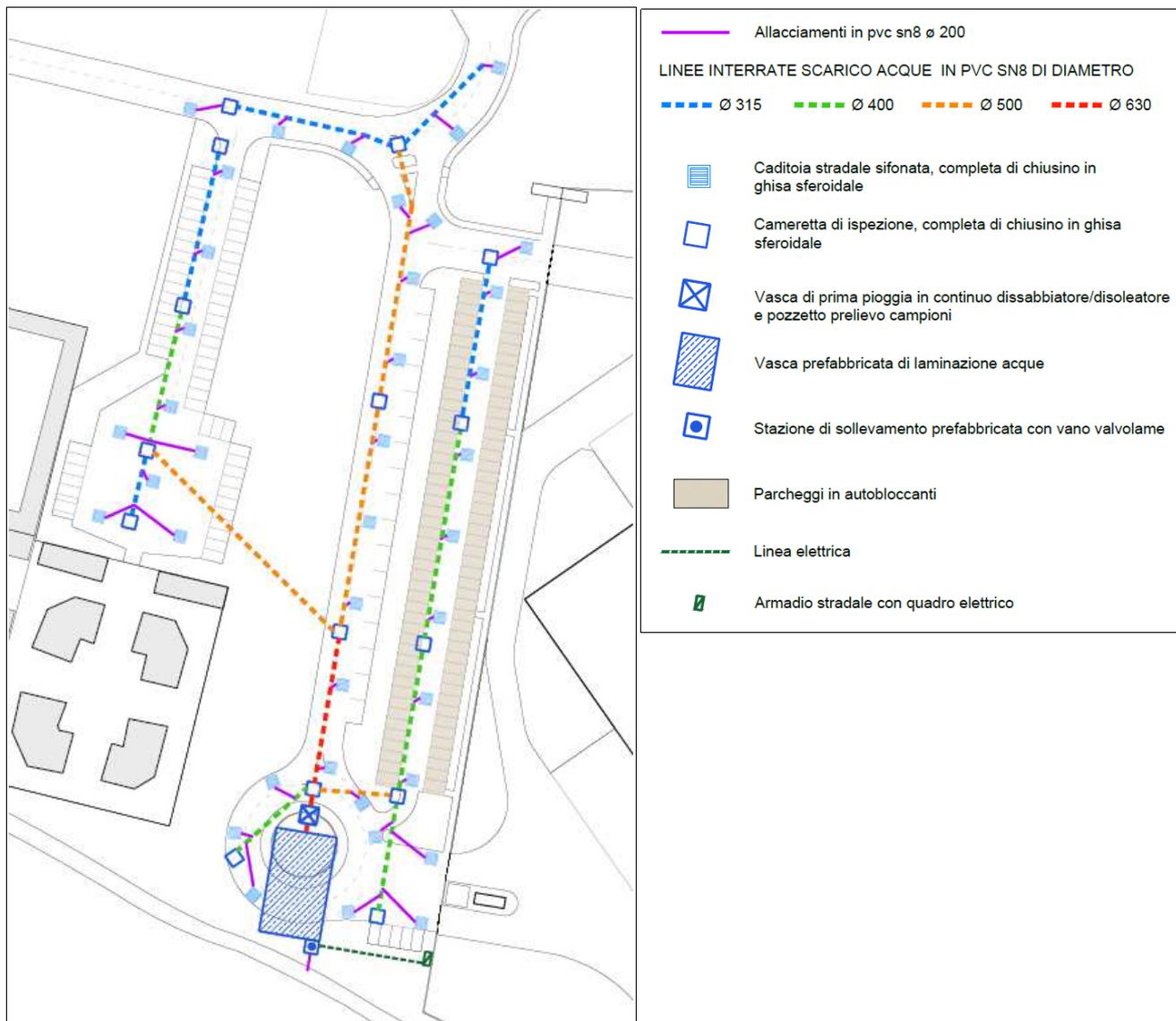
RB35	84,60	10	0,71	10,71	2176,36	0,57	0,069	68,52
RB36	96,60	10	0,81	10,81	2593,89	0,56	0,080	80,02
RB37	115,60	10	0,96	10,96	2994,54	0,55	0,090	90,18
RB38	0,00	10	0,00	10,00	486,01	0,91	0,026	25,73
RB39	117,15	10	0,98	10,98	3480,55	0,60	0,114	114,21
RB40	125,31	10	1,04	11,04	3858,36	0,62	0,129	128,76

Portate critiche (T = 50 anni).

Ramo	L (m)	De (mm)	Di (mm)	R (m)	i	h (m)	h/D	ri	P bagn.	A bag.	Qd (l/s)	v (m/s)
RB01	18,9	315,0	296,6	0,148	0,5%	0,107	0,362	0,059	0,383	0,023	22,2	0,98
RB02	10,9	315,0	296,6	0,148	0,5%	0,152	0,514	0,075	0,474	0,036	41,5	1,16
RB03	4,6	400,0	376,6	0,188	0,5%	0,135	0,359	0,074	0,484	0,036	41,3	1,15
RB04	18,4	400,0	376,6	0,188	0,5%	0,166	0,442	0,087	0,548	0,048	60,5	1,27
RB05	8,3	400,0	376,6	0,188	0,5%	0,235	0,625	0,107	0,687	0,073	107,2	1,46
RB06	8,3	315,0	296,6	0,148	0,5%	0,138	0,464	0,071	0,444	0,031	34,8	1,11
RB07	3,1	315,0	296,6	0,148	0,5%	0,161	0,544	0,078	0,492	0,038	45,7	1,19
RB08	58,2	500,0	470,8	0,235	0,5%	0,251	0,534	0,123	0,771	0,095	151,7	1,60
RB09	12,0	315,0	296,6	0,148	0,5%	0,125	0,423	0,066	0,420	0,028	29,6	1,06
RB10	18,3	315,0	296,6	0,148	0,5%	0,148	0,497	0,074	0,464	0,034	39,3	1,15
RB11	6,5	315,0	296,6	0,148	0,5%	0,181	0,610	0,083	0,532	0,044	54,7	1,24
RB12	19,3	315,0	296,6	0,148	0,5%	0,102	0,345	0,057	0,373	0,021	20,4	0,96
RB13	9,5	315,0	296,6	0,148	0,5%	0,130	0,439	0,068	0,430	0,029	31,6	1,08
RB14	15,6	500,0	470,8	0,235	0,5%	0,182	0,386	0,098	0,631	0,062	85,8	1,38
RB15	3,8	500,0	470,8	0,235	0,5%	0,190	0,403	0,101	0,647	0,066	92,8	1,41
RB16	11,1	500,0	470,8	0,235	0,5%	0,205	0,436	0,107	0,680	0,073	107,3	1,47
RB17	19,0	500,0	470,8	0,235	0,5%	0,219	0,465	0,112	0,706	0,079	120,0	1,51
RB18	7,9	500,0	470,8	0,235	0,5%	0,232	0,493	0,117	0,733	0,085	132,7	1,55
RB19	8,5	500,0	470,8	0,235	0,5%	0,231	0,491	0,116	0,732	0,085	132,1	1,55

RB20	19,0	500,0	470,8	0,235	0,5%	0,236	0,501	0,118	0,741	0,087	136,6	1,56
RB21	19,0	500,0	470,8	0,235	0,5%	0,257	0,546	0,124	0,783	0,097	157,5	1,62
RB22	4,6	500,0	470,8	0,235	0,5%	0,269	0,572	0,127	0,807	0,103	169,5	1,65
RB23	12,0	630,0	593,2	0,297	0,5%	0,339	0,571	0,160	1,016	0,163	313,3	1,92
RB24	19,0	630,0	593,2	0,297	0,5%	0,347	0,584	0,162	1,032	0,168	324,9	1,94
RB25	3,1	630,0	593,2	0,297	0,5%	0,352	0,593	0,164	1,043	0,171	332,7	1,95
RB26	21,0	400,0	376,6	0,188	0,5%	0,100	0,264	0,058	0,407	0,024	23,0	0,98
RB27	11,0	630,0	593,2	0,297	1,0%	0,295	0,497	0,148	0,929	0,137	352,9	2,57
RB28	7,5	315,0	296,6	0,148	0,5%	0,080	0,271	0,047	0,325	0,015	12,7	0,84
RB29	19,0	315,0	296,6	0,148	0,5%	0,105	0,353	0,058	0,377	0,022	21,2	0,97
RB30	9,5	315,0	296,6	0,148	0,5%	0,134	0,453	0,069	0,438	0,030	33,4	1,10
RB31	6,6	400,0	376,6	0,188	0,5%	0,117	0,311	0,066	0,446	0,030	31,5	1,07
RB32	19,0	400,0	376,6	0,188	0,5%	0,142	0,378	0,077	0,499	0,039	45,5	1,18
RB33	19,0	400,0	376,6	0,188	0,5%	0,161	0,428	0,085	0,537	0,046	57,2	1,26
RB34	4,0	400,0	376,6	0,188	0,5%	0,179	0,475	0,091	0,573	0,052	68,7	1,32
RB35	12,0	400,0	376,6	0,188	0,5%	0,179	0,475	0,091	0,573	0,052	68,6	1,32
RB36	19,0	400,0	376,6	0,188	0,5%	0,196	0,520	0,096	0,607	0,059	80,1	1,37
RB37	1,6	400,0	376,6	0,188	0,5%	0,211	0,559	0,101	0,636	0,064	90,2	1,41
RB38	25,0	400,0	376,6	0,188	0,5%	0,106	0,281	0,061	0,421	0,026	25,8	1,01
RB39	8,2	500,0	470,8	0,235	0,5%	0,213	0,452	0,110	0,695	0,076	114,3	1,49
RB40	5,7	500,0	470,8	0,235	0,5%	0,228	0,484	0,115	0,725	0,084	128,8	1,54
SCARICO	VAR	200,0	188,2	0,094	0,5%	0,085	0,452	0,044	0,278	0,012	9,9	0,81

Dimensionamento tubazioni (T = 50 anni).



Schema grafico della rete di smaltimento.

12. Verifiche idrauliche dei franchi idraulici di sicurezza

Come previsto dal Regolamento e come richiesto dall'Ente Gestore del Servizio Idrico Integrato, si è provveduto ad effettuare la verifica dei franchi di sicurezza delle opere come sopra dimensionate e come di seguito descritte:

- ✓ verifica che le tubazioni sia in grado di smaltire le portate in ingresso con $T = 100$ anni;
- ✓ verifica che il volume del sistema di scarico sia in grado di sopperire all'onda di piena con $T = 100$ anni.

Tale verifica mira a valutare che, in presenza di un evento con $T = 100$ anni, non si determinino esondazioni che arrechino danni a persone o a cose, siano esse le opere stesse o le strutture presenti nell'intorno.

12.1. Verifica sulle tubazioni

Tale verifica mira a verificare che le tubazioni precedentemente dimensionate siano in grado di smaltire anche le portate in ingresso con $T = 100$ anni.

A partire dall'analisi grafica effettuata in precedenza che ha determinato le aree d'influenza di ogni singola elemento idraulico ed il relativo coefficiente di deflusso, sono state determinate le portate critiche della rete di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche applicando l'intensità pluviometrica corrispondente ad un tempo di ritorno di 100 anni.

Per il calcolo delle portate critiche è stata utilizzata nuovamente la "*Formula Razionale Corretta*" [$tc/h = te + tr/2$], utilizzando sempre come metodo di trasformazione afflussi-deflussi il metodo di corrivazione. Nelle tabelle alle pagine seguenti si riportano le portate utilizzate per la verifica della rete in oggetto con $T = 100$ anni. La verifica delle tubazioni a pelo libero è stata eseguita utilizzando sempre la formula di Chezy e verificando i diametri precedentemente calcolati, tratto per tratto.

Le tabelle riportate nelle pagine seguenti mostrano i valori di riempimento (h/D) e di velocità (v) attesi all'interno dei diversi rami delle dorsali con $T = 100$ anni. Dalle analisi emerge come, in tutti i casi, il grado riempimento massimo sia sempre minore del 70% e i valori di velocità sempre inferiori a 5 m/s e maggiori, comunque, del valore di 0,5 m/s. È pertanto possibile affermare che i valori relativi alla verifica idraulica di sicurezza siano in linea con i requisiti stabiliti dalle normative tecniche e con le prescrizioni impartite dall'Ente Gestore.

PUNTO	lunghezza (m)	te (min)	t rete (min)	tc (min)	area imp. (m ²)	φ_i	Q'c (m ³ /s)	Q'c (l/s)
RB01	0,00	10	0,00	10,00	443,81	0,86	0,025	24,93
RB02	18,90	10	0,16	10,16	800,06	0,90	0,047	46,75
RB03	29,80	10	0,25	10,25	800,06	0,90	0,046	46,46
RB04	34,40	10	0,29	10,29	1158,23	0,91	0,068	68,12
RB05	52,80	10	0,44	10,44	2062,15	0,92	0,121	120,80
RB06	0,00	10	0,00	10,00	636,93	0,94	0,039	39,17
RB07	8,30	10	0,07	10,07	828,04	0,95	0,051	51,45

RB08	52,80	10	0,44	10,44	2890,19	0,93	0,171	170,96
RB09	0,00	10	0,00	10,00	507,67	1,00	0,033	33,29
RB10	12,00	10	0,10	10,10	679,15	1,00	0,044	44,22
RB11	30,30	10	0,25	10,25	966,90	0,99	0,062	61,64
RB12	0,00	10	0,00	10,00	364,52	0,96	0,023	22,91
RB13	19,30	10	0,16	10,16	569,64	0,96	0,036	35,62
RB14	36,80	10	0,31	10,31	1536,54	0,98	0,097	96,67
RB15	52,40	10	0,44	10,44	1677,35	0,98	0,105	104,52
RB16	56,20	10	0,47	10,47	1952,26	0,98	0,121	120,97
RB17	67,30	10	0,56	10,56	2220,08	0,96	0,135	135,19
RB18	86,30	10	0,72	10,72	2504,93	0,96	0,150	149,50
RB19	94,20	10	0,79	10,79	2504,93	0,96	0,149	148,86
RB20	102,70	11	0,86	11,86	2789,91	0,95	0,154	153,95
RB21	121,70	10	1,01	11,01	3074,88	0,94	0,178	177,53
RB22	140,70	10	1,17	11,17	3359,83	0,94	0,191	191,03
RB23	145,30	10	1,21	11,21	6250,02	0,93	0,353	353,20
RB24	157,30	10	1,31	11,31	6536,53	0,93	0,366	366,23
RB25	176,30	10	1,47	11,47	6792,86	0,93	0,375	374,98
RB26	0,00	10	0,00	10,00	500,45	0,79	0,026	25,82
RB27	179,40	10	1,50	11,50	7293,31	0,92	0,398	397,81
RB28	0,00	10	0,00	10,00	224,76	0,97	0,014	14,29
RB29	7,50	10	0,06	10,06	506,61	0,72	0,024	23,87
RB30	26,50	10	0,22	10,22	924,28	0,63	0,038	37,63
RB31	36,00	10	0,30	10,30	924,28	0,63	0,035	35,43
RB32	42,60	10	0,36	10,36	1342,75	0,60	0,051	51,29
RB33	61,60	10	0,51	10,51	1759,57	0,58	0,064	64,45
RB34	80,60	10	0,67	10,67	2176,36	0,57	0,077	77,42

RB35	84,60	10	0,71	10,71	2176,36	0,57	0,077	77,25
RB36	96,60	10	0,81	10,81	2593,89	0,56	0,090	90,22
RB37	115,60	10	0,96	10,96	2994,54	0,55	0,102	101,67
RB38	0,00	10	0,00	10,00	486,01	0,91	0,029	29,01
RB39	117,15	10	0,98	10,98	3480,55	0,60	0,129	128,76
RB40	125,31	10	1,04	11,04	3858,36	0,62	0,145	145,16

Portate critiche (T = 100 anni).

Ramo	L (m)	De (mm)	Di (mm)	R (m)	i	h (m)	h/D	ri	P bagn.	A bag.	Qd (l/s)	v (m/s)
RB01	18,9	315,0	296,6	0,148	0,5%	0,114	0,385	0,062	0,397	0,025	25,0	1,02
RB02	10,9	315,0	296,6	0,148	0,5%	0,164	0,552	0,079	0,497	0,039	46,8	1,20
RB03	4,6	400,0	376,6	0,188	0,5%	0,144	0,382	0,078	0,502	0,039	46,5	1,19
RB04	18,4	400,0	376,6	0,188	0,5%	0,178	0,473	0,091	0,571	0,052	68,2	1,32
RB05	8,3	400,0	376,6	0,188	0,5%	0,256	0,680	0,110	0,730	0,081	120,8	1,50
RB06	8,3	315,0	296,6	0,148	0,5%	0,147	0,497	0,074	0,464	0,034	39,2	1,14
RB07	3,1	315,0	296,6	0,148	0,5%	0,174	0,587	0,081	0,518	0,042	51,5	1,22
RB08	58,2	500,0	470,8	0,235	0,5%	0,271	0,575	0,128	0,810	0,104	171,0	1,65
RB09	12,0	315,0	296,6	0,148	0,5%	0,134	0,452	0,069	0,437	0,030	33,3	1,10
RB10	18,3	315,0	296,6	0,148	0,5%	0,159	0,534	0,077	0,486	0,038	44,3	1,18
RB11	6,5	315,0	296,6	0,148	0,5%	0,197	0,663	0,086	0,564	0,049	61,7	1,27
RB12	19,3	315,0	296,6	0,148	0,5%	0,109	0,368	0,060	0,387	0,023	23,0	1,00
RB13	9,5	315,0	296,6	0,148	0,5%	0,140	0,470	0,071	0,448	0,032	35,7	1,12
RB14	15,6	500,0	470,8	0,235	0,5%	0,194	0,412	0,103	0,656	0,068	96,7	1,43
RB15	3,8	500,0	470,8	0,235	0,5%	0,203	0,430	0,106	0,674	0,072	104,6	1,46
RB16	11,1	500,0	470,8	0,235	0,5%	0,220	0,467	0,113	0,709	0,080	121,0	1,52
RB17	19,0	500,0	470,8	0,235	0,5%	0,235	0,498	0,117	0,738	0,087	135,2	1,56
RB18	7,9	500,0	470,8	0,235	0,5%	0,249	0,529	0,122	0,767	0,094	149,6	1,60
RB19	8,5	500,0	470,8	0,235	0,5%	0,248	0,528	0,122	0,766	0,093	148,9	1,60
RB20	19,0	500,0	470,8	0,235	0,5%	0,254	0,539	0,123	0,776	0,096	154,0	1,61
RB21	19,0	500,0	470,8	0,235	0,5%	0,277	0,589	0,129	0,824	0,107	177,6	1,67
RB22	4,6	500,0	470,8	0,235	0,5%	0,291	0,618	0,133	0,852	0,113	191,1	1,69
RB23	12,0	630,0	593,2	0,297	0,5%	0,366	0,617	0,167	1,072	0,179	353,3	1,97
RB24	19,0	630,0	593,2	0,297	0,5%	0,375	0,633	0,169	1,091	0,184	366,3	1,99
RB25	3,1	630,0	593,2	0,297	0,5%	0,381	0,643	0,170	1,104	0,188	375,0	2,00
RB26	21,0	400,0	376,6	0,188	0,5%	0,106	0,281	0,061	0,421	0,026	25,9	1,01

RB27	11,0	630,0	593,2	0,297	1,0%	0,317	0,534	0,154	0,972	0,150	397,9	2,65
RB28	7,5	315,0	296,6	0,148	0,5%	0,085	0,288	0,049	0,336	0,016	14,3	0,87
RB29	19,0	315,0	296,6	0,148	0,5%	0,112	0,376	0,061	0,392	0,024	23,9	1,01
RB30	9,5	315,0	296,6	0,148	0,5%	0,144	0,486	0,073	0,457	0,033	37,7	1,13
RB31	6,6	400,0	376,6	0,188	0,5%	0,125	0,331	0,070	0,462	0,032	35,5	1,10
RB32	19,0	400,0	376,6	0,188	0,5%	0,152	0,403	0,081	0,518	0,042	51,3	1,22
RB33	19,0	400,0	376,6	0,188	0,5%	0,173	0,458	0,089	0,560	0,050	64,5	1,30
RB34	4,0	400,0	376,6	0,188	0,5%	0,192	0,510	0,095	0,599	0,057	77,5	1,36
RB35	12,0	400,0	376,6	0,188	0,5%	0,192	0,509	0,095	0,598	0,057	77,3	1,36
RB36	19,0	400,0	376,6	0,188	0,5%	0,211	0,560	0,101	0,637	0,064	90,3	1,41
RB37	1,6	400,0	376,6	0,188	0,5%	0,227	0,604	0,105	0,670	0,070	101,7	1,45
RB38	25,0	400,0	376,6	0,188	0,5%	0,112	0,299	0,064	0,435	0,028	29,1	1,04
RB39	8,2	500,0	470,8	0,235	0,5%	0,228	0,484	0,115	0,725	0,084	128,8	1,54
RB40	5,7	500,0	470,8	0,235	0,5%	0,245	0,520	0,121	0,758	0,091	145,2	1,59
SCARI-CO	VAR	200,0	188,2	0,094	0,5%	0,085	0,452	0,044	0,278	0,012	9,9	0,81

Dimensionamento tubazioni (T = 100 anni).

12.2. Verifica del volume della rete di scarico

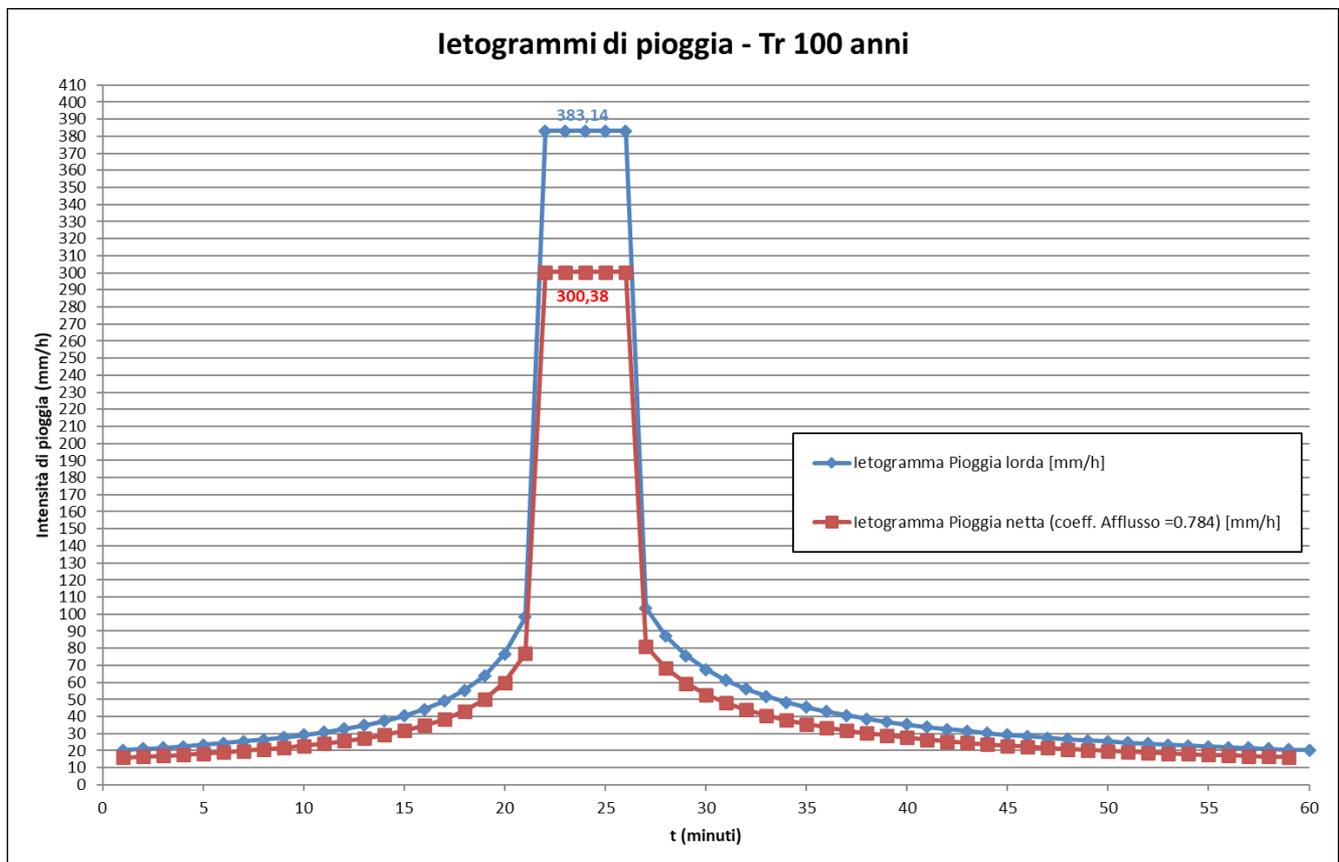
Tale verifica mira a verificare che l'intero sistema di scarico sia in grado di laminare il picco di piena corrispondente ad un $T = 100$ anni, garantendo che non si verifichino esondazioni.

La metodologia di calcolo impiegata risulta essere la medesima di quella descritta per il dimensionamento dell'invaso di laminazione, al quale si rimanda per tutti i dettagli in merito alla procedura di calcolo ed ai parametri di calcolo utilizzati.

Di seguito in maniera speditiva si riportano gli elementi ricavati per la verifica:

- ✓ ietogramma lordo e netto in rapporto al periodo di ritorno considerato;
- ✓ stima dell'idrogramma di piena in ingresso e dell'ingromma in uscita;
- ✓ calcolo dei volumi cumulati e del volume invasato.

Si riportano nelle pagine successive i diagrammi descritti in precedenza.

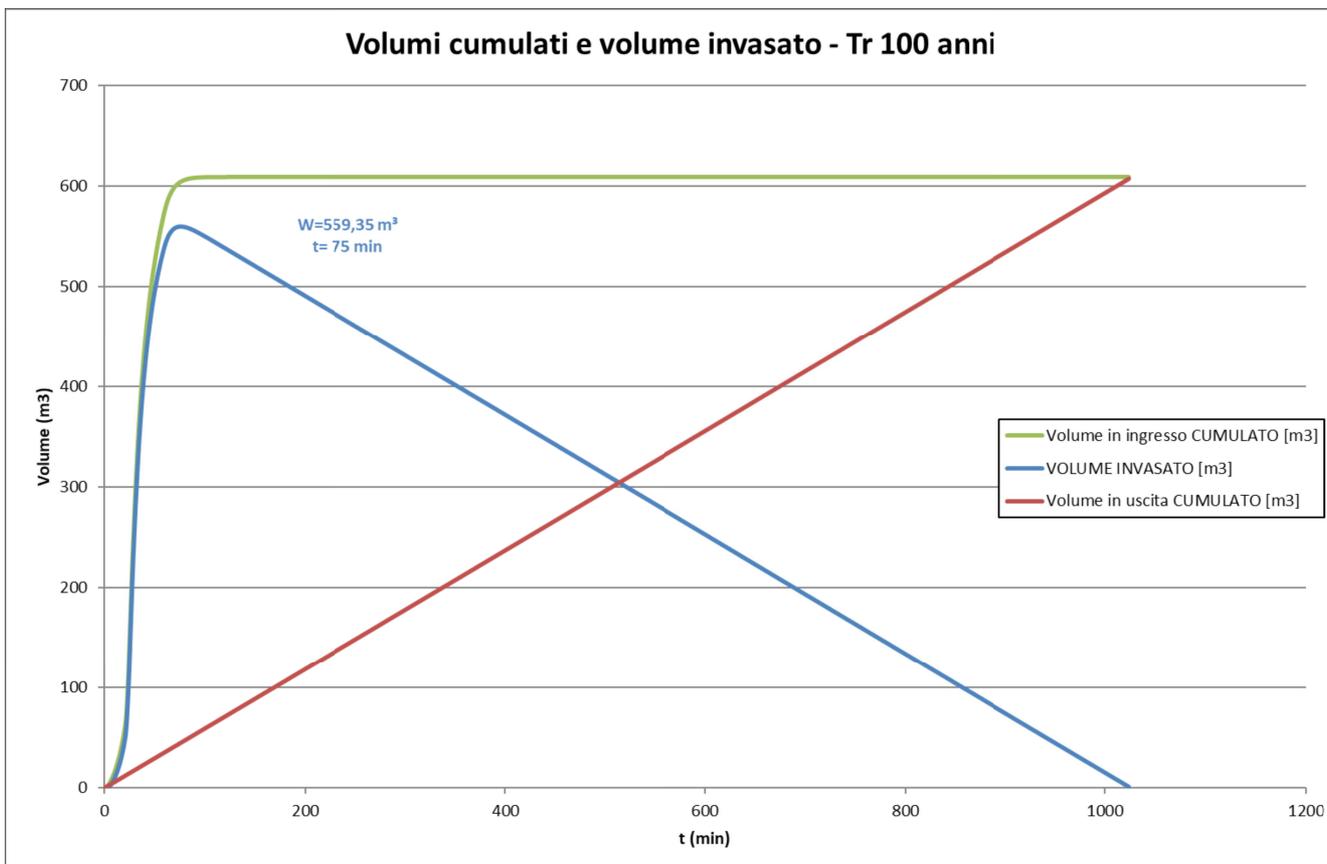
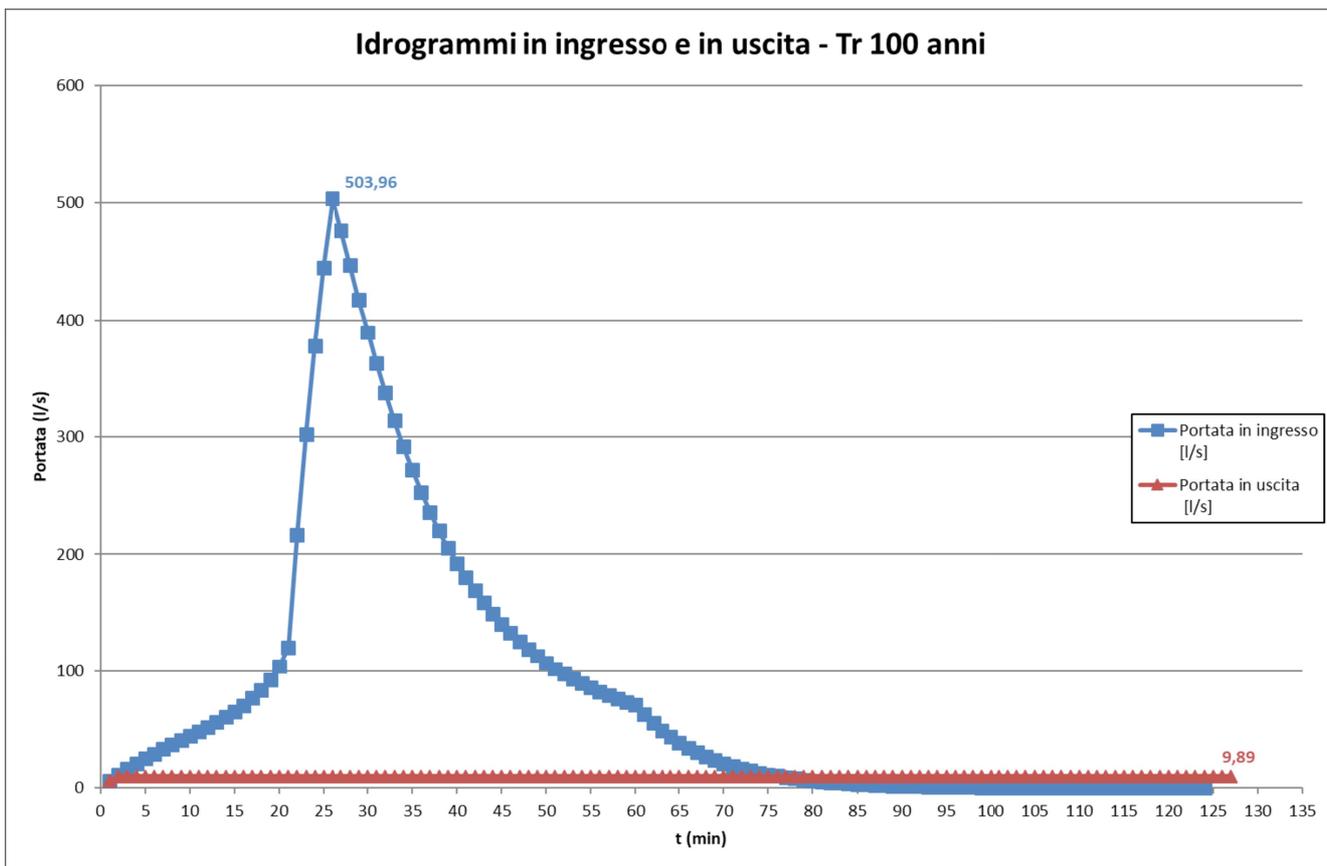


Inserendo i dati descritti in precedenza con le intensità riferite al periodo di ritorno considerato nel modello dell'invaso lineare si ottiene una portata la colmo di piena di 503,96 l/s.

Anche in tal caso per determinare il volume di laminazione necessario per garantire l'accumulo del deflusso creatosi a seguito di eventi meteorici, si è provveduto a "tagliare" l'idrogramma delle portate in ingresso con l'idrogramma delle portate in uscita, costante nel tempo e pari al valore di scarico ammissibile stabilito da Regolamento. L'area compresa tra le due curve rappresenta il volume da laminare.

I punti significativi del grafico dei volumi sotto:

- ✓ il punto di massimo del volume invasato, che rappresenta il volume di laminazione richiesto (559,35 m³);
- ✓ il punto di intersezione della curva con l'asse delle ascisse, che rappresenta il tempo di svuotamento dell'invaso (circa 1026 min = 17,10 ore).



Il volume di laminazione richiesto per la verifica con $T = 100$ anni sarà garantito dai seguenti contributi:

- ✓ vasca di laminazione di volume pari a 612 m^3 , costituita da n. 12 moduli prefabbricati, ognuno dei quali di dimensione esterna pari a $2,46 \text{ m} \times 12,20 \text{ m} \times 2,0 \text{ m}$ di altezza (volume interno di 51 m^3), in grado;
- ✓ rete di scarico composta da tubazioni di diverso diametro pari a complessivi $71,38 \text{ m}^3$;

Ne consegue che il volume totale disponibile risulta pari a $683,38 \text{ m}^3$, valore maggiore rispetto al valore richiesto di $559,35 \text{ m}^3$.

Ne consegue che anche in tal caso la verifica risulta soddisfatta e che il sistema è in grado di laminare il picco di piena corrispondente ad un periodo di 100 anni senza che si verifichino esondazioni o allagamenti delle aree esterne.

13. Verifiche statiche delle tubazioni

Si eseguono ora le verifiche statiche sulle tubazioni posate al fine di accertarsi che le condotte, sottoposte a carichi permanenti (carichi del terreno) oppure carichi mobili puntuali o distribuiti, non subiscano, a lungo termine, deformazioni che superano le deformazioni ammissibili e si mantengano nel campo degli sforzi ammissibili. L'andamento degli sforzi normali attorno a una tubazione varia, oltre a causa delle condizioni di posa, anche a seconda che la tubazione posata sia in materiale rigido o flessibile. Tubazioni maggiormente flessibili coinvolgono anche il terreno nell'offrire resistenza alla deformazione causata dal carico. Si dovrebbe più correttamente parlare di flessibilità intrinseca tubazione-terreno, come suggerito in letteratura. Tuttavia tubazioni come quelle utilizzate in questo progetto vengono sempre definite flessibili (materiale plastico, PVC).

Per la determinazione delle azioni sono stati consultati:

- ✓ “*Criteri generali per le verifiche della sicurezza delle costruzioni e dei carichi e dei sovraccarichi*”, D.M. 09/01/1996, pubblicato sulla G.U. n° 29 del 05/02/1996;
- ✓ “*Criteri generali per le prescrizioni tecniche, per la progettazione e esecuzione collaudo dei ponti stradali*”, D.M. 04/05/1990, pubblicato sulla G.U. n° 24/1991;
- ✓ Norme DIN specifiche e relative circolari.

A parità di condizioni di posa e di reinterro, il carico agente su tubazioni flessibili risulta minore di quello agente su tubazione rigida e più uniformemente distribuito sull'intera circonferenza del tubo per effetto della deformazione laterale della tubazione e della reazione che ne consegue.

Come per il caso delle tubazioni rigide, anche nelle tubazioni flessibili i carichi in gioco sono:

- ✓ carico del terreno di reinterro,
- ✓ sovraccarichi mobili,
- ✓ massa dell'acqua contenuta all'interno del tubo.

Per le caratteristiche del terreno di riempimento si è generalmente adottato un terreno a grana fine con meno del 25% di particelle a grana grossolana, plasticità da media a nulla:

- ✓ peso specifico $\gamma_t = 18,50 \text{ KN/m}^3$
- ✓ angolo di attrito interno $\varphi = 30^\circ$
- ✓ modulo di elasticità del terreno: 6.9 Mpa

Il costipamento deve essere elevato (>95% Proctor, >70% densità relativa)

Carico dovuto al reinterro

In questa circostanza il carico del terreno sovrastante dipende dal peso specifico del terreno riportato, dalla profondità del reinterro e dal diametro del tubo.

Carico dovuto ai sovraccarichi mobili

Il carico verticale mobile viene stimato con la seguente formula:

$$P_{vc} = p_v D \varphi$$

in cui:

- ✓ p_v è la pressione verticale indotta dal carico
- ✓ D è il diametro del tubo
- ✓ φ è il fattore dinamico $\varphi = 1 + 0,3 / H$
- ✓ H è l'altezza di ricoprimento

I carichi verticali mobili sono rappresentati da un mezzo convenzionale a tre assi da 60 tonnellate; viene considerato un carico equivalente uniforme scegliendo tra il più gravoso dei seguenti:

- ✓ una ruota da 10 tonn;
- ✓ un asse da 20 tonn;
- ✓ due assi da 20 tonn;
- ✓ tre assi da 20 tonn.

Carico dovuto alla massa dell'acqua all'interno dei tubi

Le verifiche vanno effettuate considerando le caratteristiche di resistenza a lungo termine dei materiali; è noto infatti che i materiali plastici presentano un decadimento nel tempo delle caratteristiche meccaniche. Si definiscono requisiti di lungo termine i risultati valutati dopo 50 anni o 100.000 ore di servizio.

Le operazioni effettuate per la verifica statica delle tubazioni flessibili sono le seguenti:

- ✓ calcolo e verifica dell'inflessione diametrale a lungo termine;
- ✓ calcolo e verifica della sollecitazione o deformazione a flessione della sezione trasversale;
- ✓ verifica all'instabilità all'equilibrio elastico.

Nel caso in cui una delle tre verifiche non abbia fornito esito positivo si sarebbero dovute adottare le seguenti misure:

- ✓ migliorare i parametri d'installazione;
- ✓ migliorare le proprietà meccaniche della parete strutturale del tubo;
- ✓ entrambe le soluzioni combinate.

13.1 Calcolo e verifica dell'inflessione diametrale

L'inflessione massima a lungo termine delle tubazioni flessibili interrate non deve superare il valore cui corrisponde la sollecitazione o deformazione ammissibile stabilita dal fabbricante; l'inflessione non dovrà comunque inficiare la funzionalità dell'opera, compresa la tenuta dei giunti e l'integrità dell'eventuale rivestimento. Per tubazioni in PVC, l'inflessione diametrale a lungo termine non deve superare il 5% del diametro iniziale della condotta.

L'inflessione è fortemente dipendente dal modulo elastico del suolo e praticamente inversamente proporzionale al medesimo, mentre dipende relativamente poco dal fattore di rigidità della tubazione e di conseguenza è anche poco influenzata dal decadimento nel tempo delle caratteristiche meccaniche. Ai fini del contenimento dell'inflessione è quindi teoricamente più conveniente agire sul miglioramento delle condizioni di posa piuttosto che sull'aumento dell'indice di rigidezza delle tubazioni impiegate.

13.2 Calcolo e verifica della sollecitazione massima di flessione

La sollecitazione massima di flessione che risulta dall'inflessione del tubo non deve eccedere la resistenza a flessione a lungo termine del prodotto, ridotta di un fattore di sicurezza.

13.3 Verifica all'instabilità all'equilibrio elastico (buckling)

Una tubazione sollecitata da forze radiali uniformemente distribuite e dirette verso il centro di curvatura, dapprima rimane circolare, poi, all'aumentare delle forze, si inflette ovalizzandosi.

In una tubazione interrata, la pressione che determina instabilità elastica dipende però non solamente dall'indice di rigidità RG, ma anche dal modulo elastico del suolo che circonda la tubazione in quanto il sistema terreno-tubazione si comporta come un'unica entità.

La norma ANSI-AWWA C950/88 fornisce la stima della pressione ammissibile di Buckling.

La verifica all'instabilità elastica si esegue confrontando la pressione ammissibile di Buckling con la risultante della pressione dovuta ai carichi esterni applicati.

L'inflessione diametrale e conseguentemente le sollecitazioni e le deformazioni, come pure la pressione massima ammissibile di Buckling, in una tubazione flessibile interrata dipendono in maniera determinante dal modulo di elasticità del suolo, quindi dal tipo di terreno utilizzato per il sottofondo e il rinfianco della tubazione e il suo grado di costipamento.

13.4 Verifiche su tubazioni in PVC

Le verifiche sono state effettuate per la profondità di posa massima e minima. La prima condizione è infatti più gravosa per il sovraccarico del terreno, la seconda per i sovraccarichi mobili. Il carico di riempimento dell'acqua è costante rispetto alla profondità di posa.

Di seguito tabella riepilogativa delle verifiche condotte:

Tubazione	Ø esterno	Ø interno	H min	H max
315 (SN8)	315 mm	296,6 mm	0,90 m	1,27 m
400 (SN8)	400 mm	376,6 mm	1,08 m	1,60 m
500 (SN8)	500 mm	470,8 mm	0,90 m	1,57 m
630 (SN8)	630 mm	593,2 mm	1,31 m	1,52 m

Come si evince dai fogli di calcolo riportati alle pagine seguenti, le verifiche statiche delle tubazioni risultano tutte soddisfatte sia con la profondità di posa massima che minima.

Verifica statica tubazione PVC SN 8 Ø315 mm – Ricoprimento minimo

DATI DI INPUT:

Tipologia tubazione	PVC
Diametro interno tubo $d =$	0,2966 m
Spessore tubazione $s =$	0,0092 m
Diametro esterno $D =$	0,315 m
Ricoprimento tubazione $R =$	0,90 m
Tipologia ricoprimento	Reintegro poco profondo con grado
Indice di rigidità trasversale(SN) =	8000,00 KN/m ²
Coefficiente di Sicurezza $C_c =$	1,50 -
Coefficiente d'inflessione	0,103
Parametro K_a	0,75
Parametro Δ_a	0,00
Modulo elastico del terreno E_s	6,90 Mpa
Fattore di forma D_f	4,50
Tensione limite ultima	3750,00 N/cm ²
Altezza acqua di falda sopra la tubazione	0,90 m

AZIONI:

Peso del terreno di riempimento:	
Tipo misto coerente	
Peso specifico	18,5 KN/m ³
Angolo di attrito interno $\rho =$	30 °
Coefficiente di spinta attiva $K_a =$	0,33 -
Angolo di attrito terreno naturale - terreno di riempimento $\rho' =$	25 °
Carico mobile per strade di 1ª categorie:	
Mezzo convenzionale a 2 assi da 60 tonnellate	
Angolo di ripartizione del carico	45 °
Pressione idrostatica	
Altezza della superficie libera $H_w =$	0,9 m
Peso specifico $\gamma_w =$	9,81 KN/m ³

CARATTERISTICHE SEZIONE:

Larghezza trincea nella generatrice superiore $B =$	0,8 m
Coefficiente dinamico amplificativo del carico mobile $\varphi =$	1,27 -

CARICHI:

A) Carico del dovuto al reintegro	
Tipologia di posa	TRINCEA LARGA
Coefficiente di carico del terreno in funzione della geometria della trincea $C =$	4,90
Carico verticale sul tubo	8,99 KN/m
B) Carico dovuto ai sovraccarichi mobili: mezzo convenzionale da 60 t	
1 Carico mobile gravante sulla tubazione: 1 asse da 30 t	30 t
larghezza impronta	2,2 m
lunghezza impronta	4,2 m
pressione verticale lungo la generatrice superiore $p_v =$	32,47 KN/m ²
2 carico mobile gravante sulla tubazione: 2 assi da 60 t	60 t
larghezza impronta	3,4 m
lunghezza impronta	4,2 m
pressione verticale lungo la generatrice superiore $p_v =$	42,02 KN/m ²
3 carico mobile gravante sulla tubazione: 1 ruota da 15 t	15 t
larghezza impronta	2,2 m
lunghezza impronta	2,2 m
pressione verticale lungo la generatrice superiore $p_v =$	30,99 KN/m ²
Carico dovuto ai sovraccarichi mobili	16,81 KN/m
C1) Fattore di rigidità trasversale	22877,18 N*cm
C1') Fattore di rigidità trasversale a lungo termine	11438,59 N*cm
C2) Fattore di ritardo d'inflessione	2,00
C3) Coefficiente d'inflessione	0,10
C4) Raggio medio del tubo	15,29 cm
D1) Calcolo di $\Delta y/D$	0,033
D2) Calcolo di s/D	0,029

VERIFICA:

Calcolo dell'inflessione diametrale della tubazione	1,03 cm
Inflessione diametrale relativa	3,27 %
Inflessione diametrale inferiore del 5% dunque ammissibile	
Sollecitazione massima di flessione	645,20 N/cm ²
Coefficiente di sicurezza	5,81
Verificato	
Pressione ammissibile di Buckling	29,43 N/cm ²
Pressione dovuta ai carichi esterni applicati	15,90 N/cm ²

Verifica di instabilità all'equilibrio positiva

Verifica statica tubazione PVC SN 8 Ø315 mm – Ricoprimento massimo

DATI DI INPUT:

Tipologia tubazione	PVC
Diametro interno tubo $d =$	0,2966 m
Spessore tubazione $s =$	0,0092 m
Diametro esterno $D =$	0,315 m
Ricoprimento tubazione $R =$	1,27 m
Tipologia ricoprimento	Reintegro poco profondo con grado
Indice di rigidità trasversale(SN) =	8000,00 KN/m ²
Coefficiente di Sicurezza $C_c =$	1,50 -
Coefficiente d'inflessione	0,103
Parametro K_a	0,75
Parametro Δ_a	0,00
Modulo elastico del terreno E_s	6,90 Mpa
Fattore di forma D_f	4,50
Tensione limite ultima	3750,00 N/cm ²
Altezza acqua di falda sopra la tubazione	1,27 m

AZIONI:

Peso del terreno di riempimento:	
Tipo misto coerente	
Peso specifico	18,5 KN/m ³
Angolo di attrito interno $\rho =$	30 °
Coefficiente di spinta attiva $K_a =$	0,33 -
Angolo di attrito terreno naturale - terreno di riempimento $\rho' =$	25 °
Carico mobile per strade di 1ª categorie:	
Mezzo convenzionale a 2 assi da 60 tonnellate	
Angolo di ripartizione del carico	45 °
Pressione idrostatica	
Altezza della superficie libera $H_w =$	1,27 m
Peso specifico $\gamma_w =$	9,81 KN/m ³

CARATTERISTICHE SEZIONE:

Larghezza trincea nella generatrice superiore $B =$	0,8 m
Coefficiente dinamico amplificativo del carico mobile $\varphi =$	1,381 -

CARICHI:

A) Carico del dovuto al reintegro	
Tipologia di posa	TRINCEA LARGA
Coefficiente di carico del terreno in funzione della geometria della trincea $C =$	6,87
Carico verticale sul tubo	12,62 KN/m
B) Carico dovuto ai sovraccarichi mobili: mezzo convenzionale da 60 t	
1 Carico mobile gravante sulla tubazione: 1 asse da 30 t	30 t
larghezza impronta	2,94 m
lunghezza impronta	4,94 m
pressione verticale lungo la generatrice superiore $p_v =$	20,66 KN/m ²
2 carico mobile gravante sulla tubazione: 2 assi da 60 t	60 t
larghezza impronta	4,14 m
lunghezza impronta	4,94 m
pressione verticale lungo la generatrice superiore $p_v =$	29,34 KN/m ²
4 carico mobile gravante sulla tubazione: 1 ruota da 15 t	15 t
larghezza impronta	2,94 m
lunghezza impronta	2,94 m
pressione verticale lungo la generatrice superiore $p_v =$	17,35 KN/m ²
Carico dovuto ai sovraccarichi mobili	12,76 KN/m
C1) Fattore di rigidità trasversale	22877,18 N*cm
C1') Fattore di rigidità trasversale a lungo termine	11438,59 N*cm
C2) Fattore di ritardo d'inflessione	2,00
C3) Coefficiente d'inflessione	0,10
C4) Raggio medio del tubo	15,29 cm
D1) Calcolo di $\Delta y/D$	0,036
D2) Calcolo di s/D	0,029

VERIFICA:

Calcolo dell'inflessione diametrale della tubazione	1,13 cm
Inflessione diametrale relativa	3,57 %
Inflessione diametrale inferiore del 5% dunque ammissibile	
Sollecitazione massima di flessione	704,50 N/cm ²
Coefficiente di sicurezza	5,32
Verificato	
Pressione ammissibile di Buckling	29,43 N/cm ²
Pressione dovuta ai carichi esterni applicati	14,99 N/cm ²

Verifica di instabilità all'equilibrio positiva

Verifica statica tubazione PVC SN 8 Ø400 mm – Ricoprimento minimo

DATI DI INPUT:

Tipologia tubazione	PVC
Diametro interno tubo $d =$	0,3766 m
Spessore tubazione $s =$	0,0117 m
Diametro esterno $D =$	0,400 m
Ricoprimento tubazione $R =$	1,08 m
Tipologia ricoprimento	Reintegro poco profondo con grado
Indice di rigidità trasversale(SN) =	8000,00 KN/m ²
Coefficiente di Sicurezza $C_c =$	1,50 -
Coefficiente d'inflessione	0,103
Parametro K_a	0,75
Parametro Δ_a	0,00
Modulo elastico del terreno E_s	6,90 Mpa
Fattore di forma D_f	4,50
Tensione limite ultima	3750,00 N/cm ²
Altezza acqua di falda sopra la tubazione	1,08 m

AZIONI:

Peso del terreno di riempimento:

Tipo misto coerente	
Peso specifico	18,5 KN/m ³
Angolo di attrito interno $\rho =$	30 °
Coefficiente di spinta attiva $K_a =$	0,33 -
Angolo di attrito terreno naturale - terreno di riempimento $\rho' =$	25 °

Carico mobile per strade di 1ª categorie:

Mezzo convenzionale a 2 assi da 60 tonnellate	
Angolo di ripartizione del carico	45 °

Pressione idrostatica

Altezza della superficie libera $H_w =$	1,08 m
Peso specifico $\gamma_w =$	9,81 KN/m ³

CARATTERISTICHE SEZIONE:

Larghezza trincea nella generatrice superiore $B =$	0,8 m
Coefficiente dinamico amplificativo del carico mobile $\varphi =$	1,324 -

CARICHI:

A) Carico del dovuto al reintegro		TRINCEA LARGA
Tipologia di posa		4,64
Coefficiente di carico del terreno in funzione della geometria della trincea $C =$		13,72 KN/m
Carico verticale sul tubo		
B) Carico dovuto ai sovraccarichi mobili: mezzo convenzionale da 60 t		
1 Carico mobile gravante sulla tubazione: 1 asse da 30 t		30 t
larghezza impronta		2,56 m
lunghezza impronta		4,56 m
pressione verticale lungo la generatrice superiore $p_v =$		25,70 KN/m ²
2 carico mobile gravante sulla tubazione: 2 assi da 60 t		60 t
larghezza impronta		3,76 m
lunghezza impronta		4,56 m
pressione verticale lungo la generatrice superiore $p_v =$		34,99 KN/m ²
3 carico mobile gravante sulla tubazione: 1 ruota da 15 t		15 t
larghezza impronta		2,56 m
lunghezza impronta		2,56 m
pressione verticale lungo la generatrice superiore $p_v =$		22,89 KN/m ²
Carico dovuto ai sovraccarichi mobili		18,53 KN/m
C1) Fattore di rigidità trasversale		46837,33 N*cm
C1') Fattore di rigidità trasversale a lungo termine		23418,67 N*cm
C2) Fattore di ritardo d'inflessione		2,00
C3) Coefficiente d'inflessione		0,10
C4) Raggio medio del tubo		19,42 cm
D1) Calcolo di $\Delta y/D$		0,034
D2) Calcolo di s/D		0,029

VERIFICA:

Calcolo dell'inflessione diametrale della tubazione	1,36 cm
Inflessione diametrale relativa	3,41 %
Inflessione diametrale inferiore del 5% dunque ammissibile	
Sollecitazione massima di flessione	672,33 N/cm ²
Coefficiente di sicurezza	5,58
Verificato	
Pressione ammissibile di Buckling	29,43 N/cm ²
Pressione dovuta ai carichi esterni applicati	13,33 N/cm ²

Verifica di instabilità all'equilibrio positiva

Verifica statica tubazione PVC SN 8 Ø400 mm – Ricoprimento massimo

DATI DI INPUT:

Tipologia tubazione	PVC
Diametro interno tubo $d =$	0,3766 m
Spessore tubazione $s =$	0,0117 m
Diametro esterno $D =$	0,400 m
Ricoprimento tubazione $R =$	1,60 m
Tipologia ricoprimento	Reinterramento poco profondo con grado
Indice di rigidità trasversale(SN) =	8000,00 KN/m ²
Coefficiente di Sicurezza $C_c =$	1,50 -
Coefficiente d'inflessione	0,103
Parametro K_a	0,75
Parametro Δ_a	0,00
Modulo elastico del terreno E_s	6,90 Mpa
Fattore di forma D_f	4,50
Tensione limite ultima	3750,00 N/cm ²
Altezza acqua di falda sopra la tubazione	1,60 m

AZIONI:

Peso del terreno di riempimento:

Tipo misto coerente	
Peso specifico	18,5 KN/m ³
Angolo di attrito interno $\rho =$	30 °
Coefficiente di spinta attiva $K_a =$	0,33 -
Angolo di attrito terreno naturale - terreno di riempimento $\rho' =$	25 °

Carico mobile per strade di 1ª categorie:

Mezzo convenzionale a 2 assi da 60 tonnellate	
Angolo di ripartizione del carico	45 °

Pressione idrostatica

Altezza della superficie libera $H_w =$	1,6 m
Peso specifico $\gamma_w =$	9,81 KN/m ³

CARATTERISTICHE SEZIONE:

Larghezza trincea nella generatrice superiore $B =$	0,8 m
Coefficiente dinamico amplificativo del carico mobile $\varphi =$	1,48 -

CARICHI:

A) Carico del dovuto al reinterramento	
Tipologia di posa	TRINCEA STRETTA
Coefficiente di carico del terreno in funzione della geometria della trincea $C =$	1,49
Carico verticale sul tubo	17,63 KN/m
B) Carico dovuto ai sovraccarichi mobili: mezzo convenzionale da 60 t	
1 Carico mobile gravante sulla tubazione: 1 asse da 30 t	30 t
larghezza impronta	3,6 m
lunghezza impronta	5,6 m
pressione verticale lungo la generatrice superiore $p_v =$	14,88 KN/m ²
2 carico mobile gravante sulla tubazione: 2 assi da 60 t	60 t
larghezza impronta	4,8 m
lunghezza impronta	5,6 m
pressione verticale lungo la generatrice superiore $p_v =$	22,32 KN/m ²
4 carico mobile gravante sulla tubazione: 1 ruota da 15 t	15 t
larghezza impronta	3,6 m
lunghezza impronta	3,6 m
pressione verticale lungo la generatrice superiore $p_v =$	11,57 KN/m ²
Carico dovuto ai sovraccarichi mobili	13,21 KN/m
C1) Fattore di rigidità trasversale	46837,33 N*cm
C1') Fattore di rigidità trasversale a lungo termine	23418,67 N*cm
C2) Fattore di ritardo d'inflessione	2,00
C3) Coefficiente d'inflessione	0,10
C4) Raggio medio del tubo	19,42 cm
D1) Calcolo di $\Delta y/D$	0,036
D2) Calcolo di s/D	0,029

VERIFICA:

Calcolo dell'inflessione diametrale della tubazione	1,44 cm
Inflessione diametrale relativa	3,59 %
Inflessione diametrale inferiore del 5% dunque ammissibile	
Sollecitazione massima di flessione	708,94 N/cm ²
Coefficiente di sicurezza	5,29
Verificato	
Pressione ammissibile di Buckling	29,43 N/cm ²
Pressione dovuta ai carichi esterni applicati	12,52 N/cm ²

Verifica di instabilità all'equilibrio positiva

Verifica statica tubazione PVC SN 8 Ø500 mm – Ricoprimento minimo

DATI DI INPUT:

Tipologia tubazione	PVC
Diametro interno tubo $d =$	0,4708 m
Spessore tubazione $s =$	0,0146 m
Diametro esterno $D =$	0,500 m
Ricoprimento tubazione $R =$	0,90 m
Tipologia ricoprimento	Reintegro poco profondo con grado
Indice di rigidità trasversale(SN) =	8000,00 KN/m ²
Coefficiente di Sicurezza $C_c =$	1,50 -
Coefficiente d'inflessione	0,103
Parametro K_a	0,75
Parametro Δ_a	0,00
Modulo elastico del terreno E_s	6,90 Mpa
Fattore di forma D_f	4,50
Tensione limite ultima	3750,00 N/cm ²
Altezza acqua di falda sopra la tubazione	0,90 m

AZIONI:

Peso del terreno di riempimento:	
Tipo misto coerente	
Peso specifico	18,5 KN/m ³
Angolo di attrito interno $\rho =$	30 °
Coefficiente di spinta attiva $K_a =$	0,33 -
Angolo di attrito terreno naturale - terreno di riempimento $\rho' =$	25 °
Carico mobile per strade di 1ª categorie:	
Mezzo convenzionale a 2 assi da 60 tonnellate	
Angolo di ripartizione del carico	45 °
Pressione idrostatica	
Altezza della superficie libera $H_w =$	0,9 m
Peso specifico $\gamma_w =$	9,81 KN/m ³

CARATTERISTICHE SEZIONE:

Larghezza trincea nella generatrice superiore $B =$	1 m
Coefficiente dinamico amplificativo del carico mobile $\varphi =$	1,27 -

CARICHI:

A) Carico del dovuto al reintro	
Tipologia di posa	TRINCEA LARGA
Coefficiente di carico del terreno in funzione della geometria della trincea $C =$	2,70
Carico verticale sul tubo	12,48 KN/m
B) Carico dovuto ai sovraccarichi mobili: mezzo convenzionale da 60 t	
1 Carico mobile gravante sulla tubazione: 1 asse da 30 t	30 t
larghezza impronta	2,2 m
lunghezza impronta	4,2 m
pressione verticale lungo la generatrice superiore $p_v =$	32,47 KN/m ²
2 carico mobile gravante sulla tubazione: 2 assi da 60 t	60 t
larghezza impronta	3,4 m
lunghezza impronta	4,2 m
pressione verticale lungo la generatrice superiore $p_v =$	42,02 KN/m ²
3 carico mobile gravante sulla tubazione: 1 ruota da 15 t	15 t
larghezza impronta	2,2 m
lunghezza impronta	2,2 m
pressione verticale lungo la generatrice superiore $p_v =$	30,99 KN/m ²
Carico dovuto ai sovraccarichi mobili	26,68 KN/m
C1) Fattore di rigidità trasversale	91493,30 N*cm
C1') Fattore di rigidità trasversale a lungo termine	45746,65 N*cm
C2) Fattore di ritardo d'inflessione	2,00
C3) Coefficiente d'inflessione	0,10
C4) Raggio medio del tubo	24,27 cm
D1) Calcolo di $\Delta y/D$	0,031
D2) Calcolo di s/D	0,029

VERIFICA:

Calcolo dell'inflessione diametrale della tubazione	1,53 cm
Inflessione diametrale relativa	3,06 %
Inflessione diametrale inferiore del 5% dunque ammissibile	
Sollecitazione massima di flessione	603,17 N/cm ²
Coefficiente di sicurezza	6,22
Verificato	
Pressione ammissibile di Buckling	29,43 N/cm ²
Pressione dovuta ai carichi esterni applicati	12,33 N/cm ²

Verifica di instabilità all'equilibrio positiva

Verifica statica tubazione PVC SN 8 Ø500 mm – Ricoprimento massimo

DATI DI INPUT:

Tipologia tubazione	PVC
Diametro interno tubo $d =$	0,4708 m
Spessore tubazione $s =$	0,0146 m
Diametro esterno $D =$	0,500 m
Ricoprimento tubazione $R =$	1,57 m
Tipologia ricoprimento	Reintegro poco profondo con grado
Indice di rigidità trasversale(SN) =	8000,00 KN/m ²
Coefficiente di Sicurezza $C_c =$	1,50 -
Coefficiente d'inflessione	0,103
Parametro K_a	0,75
Parametro Δ_a	0,00
Modulo elastico del terreno E_s	6,90 Mpa
Fattore di forma D_f	4,50
Tensione limite ultima	3750,00 N/cm ²
Altezza acqua di falda sopra la tubazione	1,57 m

AZIONI:

Peso del terreno di riempimento:	
Tipo misto coerente	
Peso specifico	18,5 KN/m ³
Angolo di attrito interno $\rho =$	30 °
Coefficiente di spinta attiva $K_a =$	0,33 -
Angolo di attrito terreno naturale - terreno di riempimento $\rho' =$	25 °
Carico mobile per strade di 1ª categorie:	
Mezzo convenzionale a 2 assi da 60 tonnellate	
Angolo di ripartizione del carico	45 °
Pressione idrostatica	
Altezza della superficie libera $H_w =$	1,57 m
Peso specifico $\gamma_w =$	9,81 KN/m ³

CARATTERISTICHE SEZIONE:

Larghezza trincea nella generatrice superiore $B =$	1 m
Coefficiente dinamico amplificativo del carico mobile $\varphi =$	1,471 -

CARICHI:

A) Carico del dovuto al reintegro	
Tipologia di posa	TRINCEA STRETTA
Coefficiente di carico del terreno in funzione della geometria della trincea $C =$	1,24
Carico verticale sul tubo	22,98 KN/m
B) Carico dovuto ai sovraccarichi mobili: mezzo convenzionale da 60 t	
1 Carico mobile gravante sulla tubazione: 1 asse da 30 t	30 t
larghezza impronta	3,54 m
lunghezza impronta	5,54 m
pressione verticale lungo la generatrice superiore $p_v =$	15,30 KN/m ²
2 carico mobile gravante sulla tubazione: 2 assi da 60 t	60 t
larghezza impronta	4,74 m
lunghezza impronta	5,54 m
pressione verticale lungo la generatrice superiore $p_v =$	22,85 KN/m ²
4 carico mobile gravante sulla tubazione: 1 ruota da 15 t	15 t
larghezza impronta	3,54 m
lunghezza impronta	3,54 m
pressione verticale lungo la generatrice superiore $p_v =$	11,97 KN/m ²
Carico dovuto ai sovraccarichi mobili	16,81 KN/m
C1) Fattore di rigidità trasversale	91493,30 N*cm
C1') Fattore di rigidità trasversale a lungo termine	45746,65 N*cm
C2) Fattore di ritardo d'inflessione	2,00
C3) Coefficiente d'inflessione	0,10
C4) Raggio medio del tubo	24,27 cm
D1) Calcolo di $\Delta y/D$	0,037
D2) Calcolo di s/D	0,029

VERIFICA:

Calcolo dell'inflessione diametrale della tubazione	1,86 cm
Inflessione diametrale relativa	3,72 %
Inflessione diametrale inferiore del 5% dunque ammissibile	
Sollecitazione massima di flessione	733,04 N/cm ²
Coefficiente di sicurezza	5,12
Verificato	
Pressione ammissibile di Buckling	29,43 N/cm ²
Pressione dovuta ai carichi esterni applicati	11,02 N/cm ²

Verifica di instabilità all'equilibrio positiva

Verifica statica tubazione PVC SN 8 Ø630 mm – Ricoprimento minimo

DATI DI INPUT:

Tipologia tubazione	PVC
Diametro interno tubo $d =$	0,5932 m
Spessore tubazione $s =$	0,0184 m
Diametro esterno $D =$	0,630 m
Ricoprimento tubazione $R =$	1,31 m
Tipologia ricoprimento	Reintegro poco profondo con grado
Indice di rigidità trasversale(SN) =	8000,00 KN/m ²
Coefficiente di Sicurezza $C_c =$	1,50 -
Coefficiente d'inflessione	0,103
Parametro K_a	0,75
Parametro Δ_a	0,00
Modulo elastico del terreno E_s	6,90 Mpa
Fattore di forma D_f	4,50
Tensione limite ultima	3750,00 N/cm ²
Altezza acqua di falda sopra la tubazione	1,31 m

AZIONI:

Peso del terreno di riempimento:	
Tipo misto coerente	
Peso specifico	18,5 KN/m ³
Angolo di attrito interno $\rho =$	30 °
Coefficiente di spinta attiva $K_a =$	0,33 -
Angolo di attrito terreno naturale - terreno di riempimento $\rho' =$	25 °
Carico mobile per strade di 1ª categorie:	
Mezzo convenzionale a 2 assi da 60 tonnellate	
Angolo di ripartizione del carico	45 °
Pressione idrostatica	
Altezza della superficie libera $H_w =$	1,31 m
Peso specifico $\gamma_w =$	9,81 KN/m ³

CARATTERISTICHE SEZIONE:

Larghezza trincea nella generatrice superiore $B =$	1 m
Coefficiente dinamico amplificativo del carico mobile $\varphi =$	1,393 -

CARICHI:

A) Carico del dovuto al reintro	
Tipologia di posa	TRINCEA LARGA
Coefficiente di carico del terreno in funzione della geometria della trincea $C =$	3,29
Carico verticale sul tubo	24,19 KN/m
B) Carico dovuto ai sovraccarichi mobili: mezzo convenzionale da 60 t	
1 Carico mobile gravante sulla tubazione: 1 asse da 30 t	30 t
larghezza impronta	3,02 m
lunghezza impronta	5,02 m
pressione verticale lungo la generatrice superiore $p_v =$	19,79 KN/m ²
2 carico mobile gravante sulla tubazione: 2 assi da 60 t	60 t
larghezza impronta	4,22 m
lunghezza impronta	5,02 m
pressione verticale lungo la generatrice superiore $p_v =$	28,32 KN/m ²
3 carico mobile gravante sulla tubazione: 1 ruota da 15 t	15 t
larghezza impronta	3,02 m
lunghezza impronta	3,02 m
pressione verticale lungo la generatrice superiore $p_v =$	16,45 KN/m ²
Carico dovuto ai sovraccarichi mobili	24,86 KN/m
C1) Fattore di rigidità trasversale	183017,42 N*cm
C1') Fattore di rigidità trasversale a lungo termine	91508,71 N*cm
C2) Fattore di ritardo d'inflessione	2,00
C3) Coefficiente d'inflessione	0,10
C4) Raggio medio del tubo	30,58 cm
D1) Calcolo di $\Delta y/D$	0,034
D2) Calcolo di s/D	0,029

VERIFICA:

Calcolo dell'inflessione diametrale della tubazione	2,17 cm
Inflessione diametrale relativa	3,44 %

Inflessione diametrale inferiore del 5% dunque ammissibile

Sollecitazione massima di flessione	678,91 N/cm ²
Coefficiente di sicurezza	5,52

Verificato

Pressione ammissibile di Buckling	29,43 N/cm ²
Pressione dovuta ai carichi esterni applicati	10,09 N/cm ²

Verifica di instabilità all'equilibrio positiva

Verifica statica tubazione PVC SN 8 Ø630 mm – Ricoprimento massimo

DATI DI INPUT:

Tipologia tubazione	PVC
Diametro interno tubo $d =$	0,5932 m
Spessore tubazione $s =$	0,0184 m
Diametro esterno $D =$	0,630 m
Ricoprimento tubazione $R =$	1,52 m
Tipologia ricoprimento	Reintegro poco profondo con grado
Indice di rigidità trasversale(SN) =	8000,00 KN/m ²
Coefficiente di Sicurezza $C_c =$	1,50 -
Coefficiente d'inflessione	0,103
Parametro K_a	0,75
Parametro Δ_a	0,00
Modulo elastico del terreno E_s	6,90 Mpa
Fattore di forma D_f	4,50
Tensione limite ultima	3750,00 N/cm ²
Altezza acqua di falda sopra la tubazione	1,52 m

AZIONI:

Peso del terreno di riempimento:	
Tipo misto coerente	
Peso specifico	18,5 KN/m ³
Angolo di attrito interno $\rho =$	30 °
Coefficiente di spinta attiva $K_a =$	0,33 -
Angolo di attrito terreno naturale - terreno di riempimento $\rho' =$	25 °
Carico mobile per strade di 1ª categorie:	
Mezzo convenzionale a 2 assi da 60 tonnellate	
Angolo di ripartizione del carico	45 °
Pressione idrostatica	
Altezza della superficie libera $H_w =$	1,27 m
Peso specifico $\gamma_w =$	9,81 KN/m ³

CARATTERISTICHE SEZIONE:

Larghezza trincea nella generatrice superiore $B =$	1 m
Coefficiente dinamico amplificativo del carico mobile $\varphi =$	1,456 -

CARICHI:

A) Carico del dovuto al reintegro	
Tipologia di posa	TRINCEA STRETTA
Coefficiente di carico del terreno in funzione della geometria della trincea $C =$	1,21
Carico verticale sul tubo	22,41 KN/m
B) Carico dovuto ai sovraccarichi mobili: mezzo convenzionale da 60 t	
1 Carico mobile gravante sulla tubazione: 1 asse da 30 t	30 t
larghezza impronta	3,44 m
lunghezza impronta	5,44 m
pressione verticale lungo la generatrice superiore $p_v =$	16,03 KN/m ²
2 carico mobile gravante sulla tubazione: 2 assi da 60 t	60 t
larghezza impronta	4,64 m
lunghezza impronta	5,44 m
pressione verticale lungo la generatrice superiore $p_v =$	23,77 KN/m ²
4 carico mobile gravante sulla tubazione: 1 ruota da 15 t	15 t
larghezza impronta	3,44 m
lunghezza impronta	3,44 m
pressione verticale lungo la generatrice superiore $p_v =$	12,68 KN/m ²
Carico dovuto ai sovraccarichi mobili	21,80 KN/m
C1) Fattore di rigidità trasversale	183017,42 N*cm
C1') Fattore di rigidità trasversale a lungo termine	91508,71 N*cm
C2) Fattore di ritardo d'inflessione	2,00
C3) Coefficiente d'inflessione	0,10
C4) Raggio medio del tubo	30,58 cm
D1) Calcolo di $\Delta y/D$	0,031
D2) Calcolo di s/D	0,029

VERIFICA:

Calcolo dell'inflessione diametrale della tubazione	1,97 cm
Inflessione diametrale relativa	3,13 %
Inflessione diametrale inferiore del 5% dunque ammissibile	
Sollecitazione massima di flessione	617,64 N/cm ²
Coefficiente di sicurezza	6,07
Verificato	
Pressione ammissibile di Buckling	29,43 N/cm ²
Pressione dovuta ai carichi esterni applicati	9,81 N/cm ²

Verifica di instabilità all'equilibrio positiva

14. Dimensionamento della stazione di sollevamento

In corrispondenza dell'uscita della vasca di laminazione sarà collocata una stazione di sollevamento, avente la funzione di provvedere allo svuotamento dell'invaso nelle tempistiche massime previste dal Regolamento.

Si ipotizza pertanto l'installazione di due pompe di sollevamento (1+1 di riserva) in grado di sollevare le portate bianche nel limite previsto (9,89 l/s) per rilanciare le acque al limitrofo Cavo Mandrugno con le seguenti caratteristiche:

- ✓ dislivello geodetico = 3,60 m;
- ✓ portata massima = 9,89 l/s.

Sono state poi calcolate le perdite di carico continue che si verificano nella tubazione di mandata della pompa, attraverso la formula di Williams-Hazen.

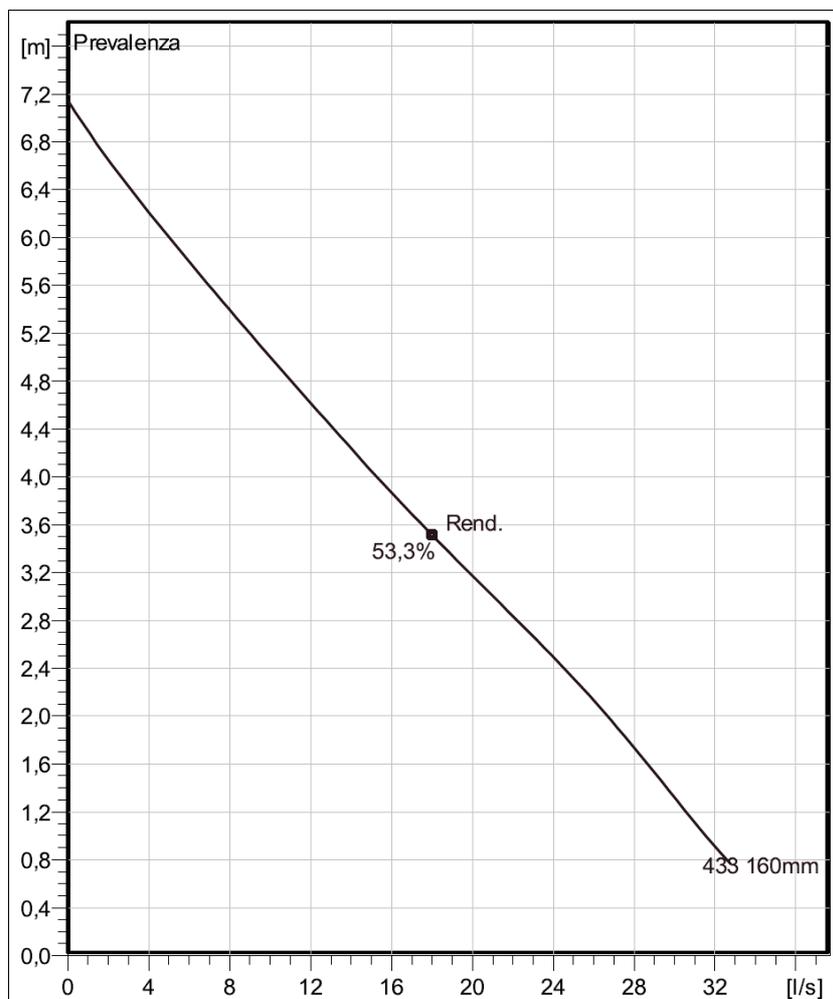
La lunghezza del tratto di mandata (~ 10 m) è stata corretta e aumentata, per far fronte alle perdite di carico concentrate dovute a valvole, raccordi e curve; attraverso opportune tabelle di calibratura, di seguito riportate, si è ottenuta una lunghezza complessiva $L = 24,1$ m. La tubazione (PEAD PE100 PN10) avrà diametro esterno 90 mm (DN 90) e diametro interno pari a 79,2 mm.

DN	Curve			Raccordi		Saracinesca	Valvola di ritegno
	45°	90°	90° ampio raggio	Tes	Croce		
Lunghezza di tubazione equivalente (metri)							
25	0,3	0,6	0,6	1,5	1,5	-	1,5
32	0,3	0,9	0,6	1,8	1,8	-	2,1
40	0,6	1,2	0,6	2,4	2,4	-	2,7
50	0,6	1,5	0,9	3,0	3,0	0,3	3,3
65	0,9	1,8	1,2	3,6	3,6	0,3	4,2
80	0,9	2,1	1,5	4,5	4,5	0,3	4,8
100	1,2	3,0	1,8	6,0	6,0	0,6	6,6
125	1,5	3,6	2,4	7,5	7,5	0,6	8,3
150	2,1	4,2	2,7	9,0	9,0	0,9	10,4
200	2,7	5,4	3,9	10,5	10,5	1,2	13,5
250	3,3	6,6	4,8	15,0	15,0	1,5	16,5
300	3,9	8,1	5,4	18,0	18,0	1,8	19,5

Le perdite di carico calcolate ($J \cdot L$), che tengono conto delle perdite continue e delle perdite concentrate, raggiungono m 1,05 m da sommare al dislivello geodetico. Complessivamente la pompa deve far fronte a una prevalenza di 4,65 m. Quest'ultimo valore con il valore di portata di progetto di 9,89 l/s è stato impiegato per il dimensionamento del sistema di sollevamento.

Per tale ragione, la stazione di sollevamento sarà dimensionata per ospitare 2 pompe uguali, funzionamenti alternativamente per evitare sovraccarichi del singolo elemento, chiamate a sollevare (con prevalenza 4,65 m) la portata massima di 9,89 l/s.

La scelta progettuale ha optato per l'installazione di due pompe tipo NP 3069 MT 1~ Adaptive 433 (o prodotto avente una curva di lavoro simile). Si riporta di seguito la curva caratteristica della pompa, mentre nelle pagine successive la scheda tecnica della stessa.



Curva caratteristica della pompa.

NP 3069 MT 1~ Adaptive 433

Technical specification



Motor - General

Motor number N3069.060 13-10-4BB-W 1.3KW	Fasi 1~	Velocità nominale 1390 rpm	Potenza nominale 1,3 kW
Approvato ATEX No	Numero di poli 4	Corrente nominale 8,7 A	Variante statore 1
Frequenza 50 Hz	Tensione nominale 220 V	Classe di isolamento F	Tipo di servizio S1
Version code 060			

Motor - Technical

Fattore di potenza - 1/1 Load 1,00	Rendimento motore - 1/1 Load 68,3 %	Total moment of inertia 0,00987 kg m ²	Avviamenti/h max. 15
Fattore di potenza - 3/4 Load 1,00	Rendimento motore - 3/4 Load 68,0 %	Corrente di spunto , diretta avviante 26 A	
Fattore di potenza - 1/2 Load 1,00	Rendimento motore - 1/2 Load 61,1 %	Corrente di spunto, stella-triangolo 8,67 A	

NP 3069 MT 1~ Adaptive 433

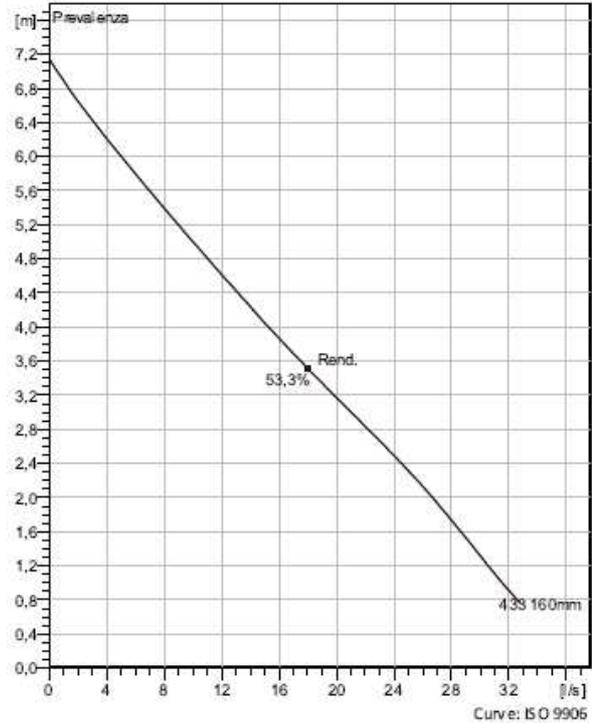
Girante brevettata a canale autopulente semiaperto, ideale per la maggior parte delle applicazioni di pompaggio di acque reflue. Possibilità di eseguire l'aggiornamento con Guide-pin*
Possibilità di eseguire l'aggiornamento con Guide-pin* per una migliore resistenza all'intasamento. Progettazione modulare con elevato grado di adattamento.



Technical specification



Curves according to: Acqua, pulita [100%], 4 °C, 1000 kg/m³, 1,569 mm²/s



Configurazione

Motor number N3069.060 13-10-4BB-W 1.3KW	Installazione P - Installazione semipermanete sommersa
Diámetro girante 160 mm	Diámetro mandata 80 mm

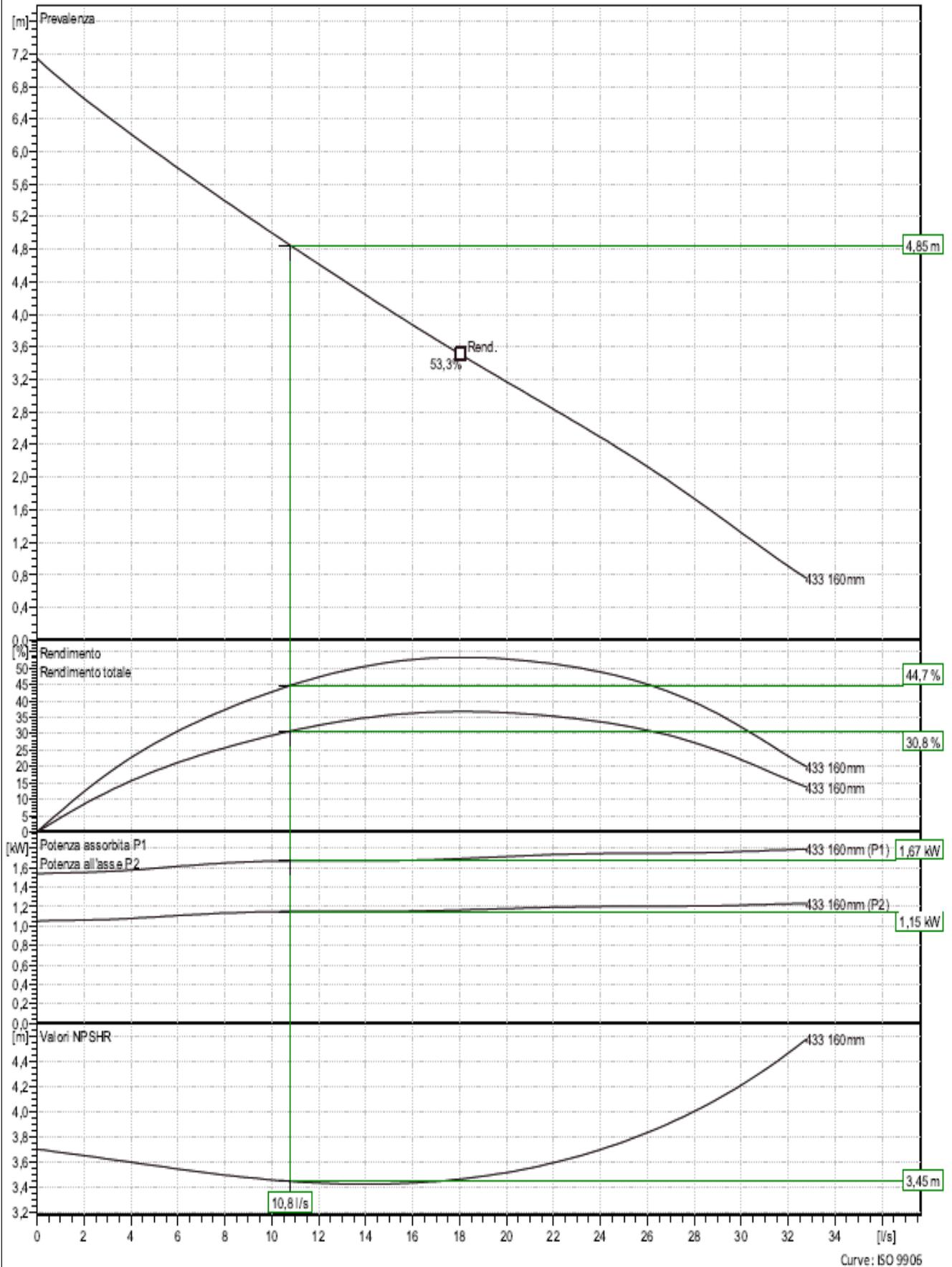
Informazioni pompa

Diámetro girante 160 mm
Diámetro mandata 80 mm
Inlet diameter 113 mm
Maximum operating speed 1390 rpm
Number of blades 2
Max. temperatura fluido 40 °C

Materials

Girante Hard-Iron™
Stator housing material Ghisa grigia

Curves according to: Acqua, pulita [100%], 4 °C, 1000 kg/m³, 1,569 mm²/s

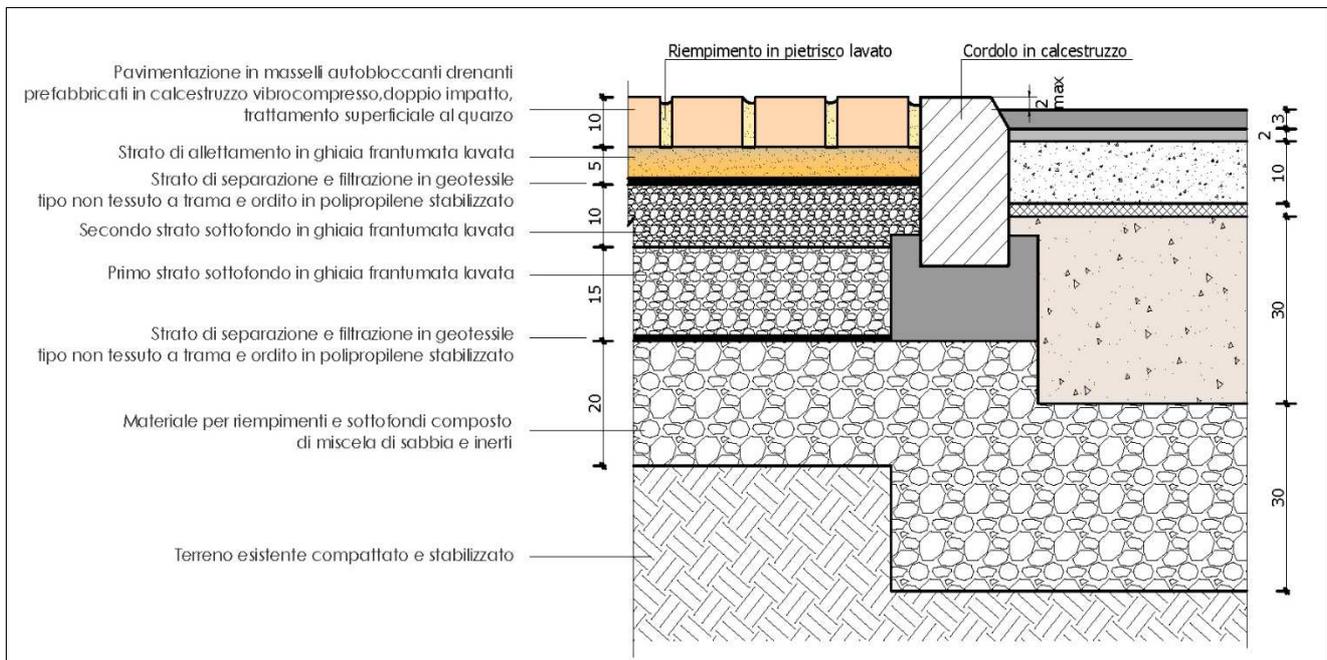


15. Pavimentazioni permeabili

Le pavimentazioni permeabili sono una valida alternativa ai convenzionali lastricati di marciapiedi o zone pedonali, alternativa che si propone di aumentare la permeabilità delle superfici e conseguentemente di minimizzare il deflusso superficiale.

Il progetto prevede l'inserimento di aree a parcheggi realizzate in masselli autobloccanti drenanti; in essi l'acqua passa attraverso la superficie permeabile per poi essere rilasciata e filtrata negli strati inferiori del terreno.

Nei parcheggi in progetto lo strato più superficiale sarà composto da una pavimentazione permeabile con la funzione di assorbire e far penetrare nello strato sottostante le acque meteoriche che defluiscono sulla superficie. La pavimentazione drenante sarà realizzata con masselli autobloccanti drenanti prefabbricati in calcestruzzo vibrocompresso. Gli strati inferiori, posti tra la pavimentazione e il terreno, saranno composti da materiali di pezzatura idonea per facilitare l'infiltrazione delle acque nel suolo sottostante.



Schema di progetto dei parcheggi permeabili in masselli autobloccanti drenanti.

16. Piano d'uso e di manutenzione degli interventi (art. 38 - D.P.R. 5 ottobre 2010, n. 207)

La manutenzione è fondamentale per garantire il mantenimento in efficienza delle strutture e degli elementi realizzati per le funzioni di drenaggio delle acque meteoriche; serve ad assicurare alle strutture stesse un periodo di vita più lungo, permettendo di intervenire periodicamente nell'individuazione di eventuali malfunzionamenti che, se trascurati, ne potrebbero pregiudicare irrimediabilmente le funzioni. A seconda delle tipologie di elementi di drenaggio si presentano ovviamente livelli differenti di complessità nella manutenzione. La prima e più semplice distinzione riguarda sicuramente gli interventi ordinari, da svolgersi periodicamente seguendo un calendario prestabilito, dagli interventi straordinari, necessari al ripristino delle funzioni in caso di malfunzionamento, guasto o successivamente a eventi meteorici o di altra natura (per esempio sversamenti o incidenti rilevanti) che interessino direttamente o indirettamente le strutture.

Gli interventi di manutenzione ordinaria che dovranno essere atti anche a mezzo di un semplice controllo visivo dello stato di efficienza degli elementi drenanti a seguito di ogni evento meteorico che li vede coinvolti sono i seguenti:

- ✓ pulizia rifiuti;
- ✓ rimozione detriti;
- ✓ eliminazione di problemi di scorrimento e/o intasamento;
- ✓ ispezione, controllo dell'efficienza e manutenzione di eventuali componenti meccaniche (es. impianto di sollevamento).

Gli interventi di manutenzione straordinaria da svolgere successivamente al riscontro di malfunzionamenti e sempre successivamente al verificarsi di eventi straordinari che abbiano danneggiato in tutto o in parte gli impianti di drenaggio sono i seguenti:

- ✓ pulizia e smaltimento rifiuti;
- ✓ rimozione e smaltimento detriti;
- ✓ risoluzione di problemi di intasamento;
- ✓ ispezione, controllo dell'efficienza e manutenzione di eventuali componenti meccaniche (es. impianto di sollevamento).

Per quanto riguarda gli interventi che prevedono la rimozione dei sedimenti, occorrerà prevedere adeguate operazioni di pulizia ad-hoc in relazione alle caratteristiche fisico-chimiche del sedimento e alla sua potenzialità inquinante.

Rispetto a quanto descritto, risulta evidente che a seconda del livello e complessità degli interventi di manutenzione gli stessi potranno essere svolti da operai generici (rimozione detriti), da tecnici esperti (ripristino di impianti di sollevamento) o comunque formati a svolgere mansioni specifiche. Tutto ciò dovrà essere realizzato seguendo un programma di manutenzione periodico strutturato secondo un piano nel quale siano individuate le diverse attività da svolgere e i relativi soggetti incaricati. Per tale ragione nelle schede di manutenzione dovranno essere indicati anche i nomi dei progettisti e degli esecutori delle opere che potranno, in caso di dubbio, indicare la modalità migliore di intervento nel caso non sia già indicata nel programma periodico.

Tutti i rifiuti asportati durante le operazioni di espurgo dei collettori unitari per acque meteoriche sono classificati "speciali", pertanto dovranno essere trasportati e conferiti presso impianto e/o discariche autorizzate allo smaltimento di tali rifiuti nel completo rispetto delle normative nazionali e regionali vigenti. In particolare, il trasporto deve essere eseguito da ditte autorizzate iscritte in apposito albo per la categoria del rifiuto da trasportare.

Durante gli eventi meteorici più intensi, in particolare se accompagnati da forti raffiche di vento, essendo in presenza di alberi è necessario controllare che le griglie delle caditoie siano in grado di assicurare lo smaltimento delle acque. In caso contrario, è necessario asportare i depositi di foglie dai fori di drenaggio.

Tutti i lavori di manutenzione dovranno essere eseguiti in conformità alle norme antinfortunistiche secondo quanto previsto dal D.Lgs. 294/64 e/o D.Lgs. 494/96 e s.m.i. In particolare, si evidenzia quanto segue:

- ✓ i cantieri dovranno opportunamente essere recintati e segnalati al fine di evitare il transito sul luogo di lavoro di persone e automezzi estranei al luogo di lavoro;
- ✓ gli operai dovranno essere provvisti di tutte le necessarie protezioni antinfortunistiche quali elmetto, scarpe antinfortunistiche, guanti, cuffie occhiali, tuta da lavoro fluorescente e in particolare di ogni Dispositivo di Protezione Individuale da prevedersi per le singole operazioni;
- ✓ gli automezzi e macchine operative da utilizzare sul cantiere dovranno essere conformi alle norme CEE;
- ✓ prima dell'inizio di ogni cantiere, se e in quanto previsto dalla norma, dovrà essere compilato il piano di sicurezza fisica dei lavoratori.

Le attività di ispezione, da eseguirsi con cadenza temporale stabilita, sono volte:

- ✓ all'accertamento della presenza di materiali sedimentati;
- ✓ al controllo delle strutture dei manufatti che non presentino lesioni o deformazioni che possano compromettere la stabilità dell'intera opera;
- ✓ al buon funzionamento dei manufatti di raccolta delle acque piovane.

Il piano di manutenzione qui presentato è conforme ai “**Criteri Ambientali Minimi**” (CAM), contenuti nell'Allegato al D.M. Ambiente dell'11 ottobre 2017. I livelli prestazionali dei CAM prevedono caratteristiche superiori a quelle prescritte dalle leggi nazionali e regionali vigenti, sono finalizzati alla riduzione dei consumi di energia e risorse naturali e mirano al contenimento delle emissioni inquinanti. Gli interventi manutentivi individuati prevedono l'utilizzo di materiali atossici, riciclati e rigenerabili, per la salvaguardia della salute umana e dell'ambiente e per la mitigazione degli impatti climalteranti. Le prestazioni ambientali contenute nel presente paragrafo si riferiscono sia alle specifiche tecniche di base che a quelle premianti contenute nei CAM, tenendo conto anche del monitoraggio e del controllo della qualità dell'aria interna dell'opera.

1) IMPIANTO DI SMALTIMENTO DELLE ACQUE METEORICHE

L'impianto di smaltimento delle acque meteoriche è l'insieme degli elementi tecnici aventi la funzione di allontanare e convogliare le acque meteoriche verso il recapito finale.

Elementi manutenibili dell'impianto di smaltimento delle acque meteoriche:

- **POZZETTI E CADITOIE**
- **TUBAZIONI IN PVC**
- **POZZETTI DI SCARICO**
- **VASCA DI ACCUMULO**
- **POMPE CENTRIFUGHE**
- **SEPARATORE DI OLI E GRASSI (DISOLEATORE)**

A) POZZETTI E CADITOIE

I pozzetti sono dei dispositivi di scarico la cui sommità è costituita da un chiusino o da una griglia e destinati a ricevere le acque reflue attraverso griglie o attraverso tubi collegati al pozzetto. I pozzetti e le caditoie hanno la funzione di convogliare, per lo smaltimento, le acque meteoriche provenienti dalle strade.

Modalità di uso corretto

Controllare la funzionalità dei pozzetti e delle caditoie e eliminare eventuali depositi e detriti di foglie e altre ostruzioni che possono compromettere il corretto deflusso delle acque meteoriche. È necessario verificare e valutare la prestazione dei pozzetti e delle caditoie durante la realizzazione dei lavori, al termine dei lavori e anche durante la vita del sistema. Le verifiche e le valutazioni comprendono:

- ✓ prova di tenuta all'acqua;

- ✓ prova di tenuta all'aria;
- ✓ prova di infiltrazione;
- ✓ esame a vista;
- ✓ valutazione della portata in condizioni di tempo asciutto;
- ✓ tenuta agli odori.

Un ulteriore controllo può essere richiesto ai produttori facendo verificare alcuni elementi quali l'aspetto, le dimensioni, i materiali, la classificazione in base al carico.

Manutenzione

- ✓ I pozzetti e i relativi dispositivi di tenuta devono garantire in ogni momento la portata e la pressione richiesti dall'impianto. La portata dei pozzetti viene accertata eseguendo la prova indicata dalla norma UNI EN 1253-2. Il pozzetto deve essere montato in modo da essere ermetico all'acqua che deve entrare solo dalla griglia; la portata è ricavata dal massimo afflusso possibile in conformità ai requisiti specificati nel prospetto 3 della norma UNI EN 1253-1.
- ✓ Le caditoie e i relativi dispositivi di tenuta devono essere idonei a impedire fughe dei fluidi assicurando così la durata e la funzionalità nel tempo. La capacità di tenuta delle caditoie e dei pozzetti può essere verificata mediante prova da effettuarsi con le modalità ed i tempi previsti dalla norma UNI EN 1253-2. Montare la scatola sifonica (con uscita chiusa e tutte le entrate laterali sigillate) sul dispositivo di prova; sottoporre la scatola ad una pressione idrostatica di 400 Pa utilizzando le valvole by-pass. Chiudere la serranda e aprire lentamente dopo circa 5 secondi; ripetere fino a quando la scatola non perde più acqua (comunque fino ad un massimo di 5 volte).
- ✓ I pozzetti e i relativi dispositivi di tenuta devono essere realizzati in modo da non emettere odori sgradevoli. L'ermeticità degli elementi può essere accertata effettuando la prova indicata dalla norma UNI EN 1253-2. Riempire la scatola sifonica con acqua ad una pressione di 200 Pa; dopo 15 minuti verificare eventuali perdite di acqua (evidenziate dalla diminuzione della pressione statica) ed interrompere la prova se dopo 2 minuti la pressione non si è stabilizzata.
- ✓ Le caditoie e i relativi dispositivi di tenuta devono essere facilmente pulibili per assicurare la funzionalità dell'impianto. Per la verifica della facilità di pulizia si effettua una prova così come descritto dalla norma UNI EN 1253-2. Immettere nel pozzetto, attraverso la griglia, 200 cm³ di perline di vetro del diametro di 5 mm a una velocità costante e uniforme per 30 sec. Continuando ad alimentare l'acqua per ulteriori 30 secondi bisogna misurare il volume in cm³ delle perline di vetro uscite dal pozzetto. La prova deve essere eseguita per tre volte per ogni velocità di mandata e deve essere considerata la media dei tre risultati ottenuti per ciascuna prova.
- ✓ I pozzetti e i relativi dispositivi di tenuta devono essere in grado di contrastare in modo efficace il prodursi di deformazioni o rotture se sottoposti all'azione di temperature elevate o a sbalzi delle stesse. La capacità di resistere alle temperature e/o agli sbalzi delle stesse dei pozzetti viene accertata con la prova descritta dalla norma UNI EN 1253-2. Secondo tale prova si fa entrare l'acqua attraverso la griglia o attraverso l'entrata laterale nel seguente modo:
 - 0,5 l/s di acqua calda alla temperatura di 93 °C per circa 60 secondi;
 - pausa di 60 secondi;
 - 0,5 l/s di acqua fredda alla temperatura di 15 °C per 60 secondi;
 - pausa di 60 secondi.
 Ripetere questo ciclo per 1500 volte o in alternativa per 100 h. La prova viene considerata valida se non si verificano deformazioni o variazioni dall'aspetto della superficie dei componenti.
- ✓ Le caditoie e i pozzetti devono essere in grado di contrastare in modo efficace il prodursi di deformazioni o rotture sotto l'azione di determinate sollecitazioni in modo da garantire la funzionalità dell'impianto. I pozzetti sono classificati in base alla loro resistenza al carico nelle seguenti classi:
 - H 1,5 (per tetti piani non praticabili);
 - K 3 (aree senza traffico veicolare);
 - L15 (aree con leggero traffico veicolare);
 - M 125 (aree con traffico veicolare).

B) TUBAZIONI IN PVC

I tubi in lega polimerica PVC-A sono costituiti da una lega di cloruro di polivinile e cloruro di polietilene. Il tubo realizzato con tale composto presenta numerosi vantaggi:

- ✓ consente di usare diametri inferiori grazie ai bassi spessori delle pareti;
- ✓ offre una elevata resistenza chimica unitamente ad una grande resistenza meccanica e all'urto;
- ✓ è facile da posare per effetto dei pesi ridotti;
- ✓ presenta una giunzione che richiede poca spinta e nessun intervento di saldatura o rivestimento.

Modalità di uso corretto

Le superfici interne e esterne dei tubi e dei raccordi devono essere lisce, pulite e esenti da cavità, bolle, impurità, porosità e qualsiasi altro difetto superficiale. Le estremità dei tubi e dei raccordi devono essere tagliate nettamente, perpendicolarmente all'asse. I tubi e i raccordi devono essere uniformemente colorati attraverso il loro intero spessore. Il colore raccomandato dei tubi e dei raccordi è il grigio.

Manutenzione

- ✓ Le tubazioni in polivinile devono essere realizzate con materiali privi di impurità. Per quanto riguarda la resistenza agli sbalzi di temperatura, le tubazioni e i relativi complementi non devono subire disgregazioni o dissoluzioni se sottoposti all'azione di temperature elevate. In particolare, deve verificarsi un ritiro longitudinale del tubo minore del 5% e non deve mostrare bolle o crepe.
- ✓ Per quanto riguarda la resistenza all'urto, le tubazioni devono essere in grado di resistere a sforzi che si verificano durante il funzionamento.

C) POZZETTI DI SCARICO

Sono generalmente di forma circolare e vengono prodotti in due tipi adatti alle diverse caratteristiche del materiale trattenuto. Quasi sempre il materiale trattenuto è grossolano, quindi è sufficiente un apposito cestello forato, fissato sotto la caditoia, che lascia scorrere soltanto l'acqua; se è necessario trattenere sabbia e fango, che passerebbero facilmente attraverso i buchi del cestello, occorre far ricorso ad una decantazione in una vaschetta collocata sul fondo del pozzetto. Il pozzetto con cestello-filtro è formato da vari pezzi prefabbricati in calcestruzzo: un pezzo base ha l'apertura per lo scarico di fondo con luce di diametro 150 mm e modellato a bicchiere, il tubo di allacciamento deve avere la punta liscia verso il pozzetto. Al di sopra del pezzo base si colloca il fusto cilindrico e sopra a questo un pezzo ad anello che fa da appoggio alla caditoia. Il cestello è formato da un tronco di cono in lamiera zincata con il fondo pieno e la parete traforata uniti per mezzo di chiodatura, saldatura, piegatura degli orli o flangiatura. Il pozzetto che consente l'accumulo del fango sul fondo ha un pezzo base a forma di catino, un pezzo cilindrico intermedio, un pezzo centrale con scarico a bicchiere del diametro di 150 mm, un pezzo cilindrico superiore senza sporgenze e l'anello d'appoggio per la copertura.

Modalità di uso corretto

È necessario verificare e valutare la prestazione dei pozzetti durante la realizzazione dei lavori, al termine dei lavori e anche durante la vita del sistema. Le verifiche e le valutazioni comprendono per esempio:

- ✓ prova di tenuta all'acqua;
- ✓ prova di tenuta all'aria;
- ✓ prova di infiltrazione;
- ✓ esame a vista;
- ✓ valutazione della portata in condizioni di tempo asciutto;
- ✓ tenuta agli odori.

Manutenzione

- ✓ I pozzetti di scarico devono essere idonei a impedire fughe dei fluidi assicurando così la durata e la funzionalità nel tempo. La capacità di tenuta può essere verificata mediante prova da effettuarsi con le

modalità e i tempi previsti dalla norma UNI EN 1253-2, sottoponendo il pozzetto ad una pressione idrostatica a partire da 0 bar fino a 0,1 bar. La prova deve essere considerata superata con esito positivo quando, nell'arco di 15 minuti, non si verificano fuoriuscite di fluido.

- ✓ I pozzetti devono essere facilmente pulibili per assicurare la funzionalità dell'impianto. Per la verifica della facilità di pulizia si effettua una prova così come descritto dalla norma UNI EN 1253-2. Si monta il pozzetto completo della griglia e si versa nel contenitore per la prova acqua fredda a 15-10 °C alla portata di 0,2 l/s, 0,3 l/s, 0,4 l/s e 0,6 l/s. In corrispondenza di ognuna delle portate, immettere nel pozzetto, attraverso la griglia, 200 cm³ di perline di vetro del diametro di 5 +/- 0,5 mm e della densità da 2,5 g/cm³ a 3,0 g/cm³, a una velocità costante e uniforme per 30 sec. Continuare ad alimentare l'acqua per ulteriori 30 sec. e misurare il volume in cm³ delle perline di vetro uscite dal pozzetto. Eseguire la prova 3 volte per ogni velocità di mandata. Deve essere considerata la media dei 3 risultati.
- ✓ Per quanto riguarda la resistenza meccanica, i pozzetti devono essere in grado di contrastare in modo efficace il prodursi di deformazioni o rotture sotto l'azione di determinate sollecitazioni. La resistenza meccanica di caditoie e pozzetti può essere verificata mediante prova da effettuarsi con le modalità e i tempi previsti dalla norma UNI EN 1253. Non devono prodursi alcuna incrinatura o frattura prima del raggiungimento del carico di prova. Inoltre, nel caso di pozzetti o di scatole sifoniche muniti di griglia o di coperchio in ghisa dolce, acciaio, metalli non ferrosi, plastica oppure in una combinazione di tali materiali con il calcestruzzo, la deformazione permanente non deve essere maggiore dei valori elencati dalla norma suddetta. Per le griglie deve essere applicato un carico di prova P di 0,25 kN e la deformazione permanente f ai 2/3 del carico di prova non deve essere maggiore di 2,0 mm.

D) VASCA DI ACCUMULO

La vasca di accumulo in progetto ha la funzione di ridurre le portate di punta per mezzo dell'accumulo temporaneo delle acque meteoriche all'interno del sistema.

Modalità di uso corretto

I problemi che generalmente possono essere riscontrati per questi sistemi sono l'accumulo di sedimenti e l'ostruzione dei dispositivi di regolazione del flusso. Quando si verifica un'ostruzione l'improvvisa eliminazione della stessa può avere un impatto inaccettabile sugli impianti di trattamento delle acque di scarico pertanto bisogna procedere alla rimozione graduale della stessa. Per eliminare tali inconvenienti e ottimizzare la rimozione dei sedimenti possono essere apportate delle modifiche alla struttura delle vasche per mezzo di rivestimenti a basso attrito o modificando il fondo o creando dei canali di scorrimento o utilizzando apparecchi meccanici all'interno delle vasche per rimuovere periodicamente i sedimenti.

Manutenzione

La vasca di accumulo deve essere realizzata in modo da non produrre o consentire l'emissione di odori sgradevoli. L'ermeticità degli elementi può essere accertata effettuando la prova indicata dalla norma UNI EN 752.

E) POMPE CENTRIFUGHE

Le pompe con motore elettrico vengono collocate a quota più elevata rispetto al livello liquido della vasca di aspirazione. Si utilizza un minimo di due pompe fino ad un massimo di otto e più all'aumentare della potenza installata. L'utilizzo di più pompe serve a ottenere una notevole elasticità di esercizio facendo funzionare soltanto le macchine di volta in volta necessarie. Le pompe sono formate da una girante fornita di pale che imprime al liquido un movimento di rotazione, un raccordo di entrata convoglia il liquido dalla tubazione di aspirazione alla bocca di ingresso della girante.

Modalità di uso corretto

Una copia del manuale di istruzioni deve essere acclusa alla consegna; tale manuale di istruzioni deve comprendere le informazioni relative alla sicurezza per la pompa o per il gruppo di pompaggio, nonché per qualsiasi apparecchio ausiliario fornito e nel caso in cui siano necessarie per ridurre i rischi durante l'uso:

- ✓ generalità;
- ✓ trasporto ed immagazzinaggio intermedio;
- ✓ descrizione della pompa o del gruppo di pompaggio;
- ✓ installazione/montaggio;
- ✓ messa in servizio, funzionamento e arresto;
- ✓ manutenzione ed assistenza post-vendita;
- ✓ guasti; cause e rimedi;
- ✓ documentazione relativa.

Possono essere fornite informazioni aggiuntive.

Manutenzione

- ✓ I componenti delle stazioni di pompaggio devono essere dotati di collegamenti equipotenziali con l'impianto di terra per evitare alle persone qualsiasi pericolo di folgorazioni per contatto diretto, secondo quanto prescritto dalla norma tecnica. L'apparecchiatura elettrica di un gruppo di pompaggio deve soddisfare i requisiti imposti dalla normativa.
- ✓ Le pompe ed i relativi accessori devono essere dotati di dispositivi di protezione per evitare danni alle persone. I mezzi di protezione (barriere per la prevenzione del contatto con le parti in movimento, fermi di fine corsa, ripari) devono essere, a seconda del tipo, conformi alle norme tecniche.
- ✓ La pompa con tutti gli accessori completamente montati non deve emettere un livello di rumore superiore a quello consentito dalla norma. Le misurazioni del rumore devono essere effettuate in conformità alle norme tecniche.

F) SEPARATORE DI OLI E GRASSI (DISOLEATORE)

I disoleatori hanno la funzione di separare gli oli e i grassi presenti nelle acque nonché di trattenere eventuali altri materiali più leggeri presenti nell'acqua; possono realizzati con struttura in cemento vibrato, in ghisa o in materiale plastico (PEAD polietilene ad alta densità).

Modalità di uso corretto

Questi impianti devono essere realizzati in modo tale che non possa fuoriuscire acqua contaminata. I disoleatori possono essere dotati di sistema di allarme per avvisare quando la vaschetta di raccolta degli oli risulta piena. Possono essere utilizzati nel trattamento delle acque meteoriche o di lavaggio di: piazzali di sosta, aree di lavaggio automezzi, parcheggi coperti e scoperti, officine meccaniche, carrozzerie, aeroporti, autodromi e depositi ferroviari.

Manutenzione

I disoleatori e i relativi componenti devono garantire la perfetta tenuta per evitare fuoriuscite di materiale inquinante. Essi devono rispondere a quanto indicato dalla norma EN 858 (separatori di oli e benzine) e EN 1825 (separatori di grassi).

2) PARCHEGGI IN MASSELLI AUTOBLOCCANTI DRENANTI

Per i parcheggi in masselli autobloccanti drenanti la manutenzione consiste principalmente nel mantenere pulita la superficie permeabile secondo le indicazioni prescritte dalle diverse ditte costruttive al momento della posa dell'opera. Nel tempo riparazioni di piccole dimensioni (es. crepe, buchi), possono essere eseguite con materiali convenzionali se l'analogo permeabile è difficilmente reperibile o troppo costoso; se sono interventi contenuti non andranno a incidere sulla capacità di infiltrazione complessiva. Quando più parti sono rotte o danneggiate, i moduli danneggiati dovranno invece essere sostituiti. Se si creano punti vuoti, si dovrà aggiungere della ghiaia lavata e della stessa pezzatura al bisogno.

17. Sottoprogramma delle prestazioni, degli interventi e dei controlli

Di seguito, per ogni elemento manutenibile sono individuati i requisiti e i controlli necessari a preservare nel tempo le prestazioni ambientali dell'opera, obiettivo che si aggiunge a quelli già previsti per legge (conservazione della funzionalità, dell'efficienza, del valore economico e delle caratteristiche di qualità).

- 1) *Requisiti acustici*
 - ✓ Elementi manutenibili: **pompe centrifughe**
 - Requisito: (attitudine al) controllo del rumore prodotto
- 2) *Requisiti di manutenibilità*
 - ✓ Elementi manutenibili: **pozzetti e caditoie**
 - Requisito: pulibilità
 - ✓ Elementi manutenibili: **pozzetti di scarico**
 - Requisito: pulibilità
- 3) *Requisiti di salvaguardia dell'ambiente*
 - ✓ Elementi manutenibili: **impianto di smaltimento acque meteoriche**
 - Requisito: Certificazione ecologica
- 4) *Requisiti di stabilità*
 - ✓ Elementi manutenibili: **pozzetti e caditoie**
 - Requisito: (attitudine al) controllo della tenuta
 - Requisito: resistenza alle temperature e a sbalzi di temperatura
 - Requisito: resistenza meccanica
 - ✓ Elementi manutenibili: **tubazioni in PVC**
 - Requisito: resistenza a sbalzi di temperatura
 - Requisito: resistenza all'urto
 - ✓ Elementi manutenibili: **pozzetti di scarico**
 - Requisito: resistenza meccanica
- 5) *Requisiti di funzionalità d'uso*
 - ✓ Elementi manutenibili: **pozzetti e caditoie**
 - Requisito: (attitudine al) controllo della portata
- 6) *Requisiti di funzionalità tecnologica*
 - ✓ Elementi manutenibili: **pozzetti di scarico**
 - Requisito: (attitudine al) controllo della tenuta
- 7) *Requisiti olfattivi*
 - ✓ Elementi manutenibili: **pozzetti e caditoie**
 - Requisito: assenza della emissione di odori sgradevoli
 - ✓ Elementi manutenibili: **pozzetti di scarico**
 - Requisito: assenza della emissione di odori sgradevoli
 - ✓ Elementi manutenibili: **vasca di accumulo**
 - Requisito: assenza della emissione di odori sgradevoli
- 8) *Utilizzo razionale delle risorse*
 - ✓ Elementi manutenibili: **impianto di smaltimento acque meteoriche**
 - Requisito: utilizzo di materiali, elementi e componenti caratterizzati da un'elevata durabilità
- 9) *Requisiti visivi*
 - ✓ Elementi manutenibili: **tubazioni in PVC**
 - Requisito: regolarità delle finiture

10) *Requisiti di sicurezza d'uso*

- ✓ Elementi manutenibili: **pompe centrifughe**
 - Requisito: (attitudine al) controllo delle dispersioni elettriche
 - Requisito: (attitudine al) controllo dei rischi
- ✓ Elementi manutenibili: **separatore di oli e grassi (disoleatore)**
 - Requisito: (attitudine al) controllo della tenuta

Sottoprogramma degli interventi.

Elementi Manutenibili / Interventi	Frequenza
Pozzetti e caditoie	
Intervento: pulizia	ogni 12 mesi
Tubazioni in PVC	
Intervento: pulizia	ogni 6 mesi
Pozzetti di scarico	
Intervento: pulizia	ogni 12 mesi
Vasca di accumulo	
Intervento: pulizia	quando occorre
Intervento: ripristino rivestimenti	quando occorre
Pompe centrifughe	
Intervento: pulizia	ogni anno
Intervento: revisione generale pompe	ogni anno
Intervento: revisione pompe	ogni 4 anni
Intervento: sostituzione pompe	ogni 20 anni
Separatore di oli e grassi (disoleatore)	
Intervento: svuotamento vaschetta	quando occorre

Sottoprogramma dei controlli.

Elementi Manutenibili / Controlli	Tipologia	Frequenza
Pozzetti e caditoie		
Controllo qualità delle acque meteoriche	Analisi	ogni 3 mesi
Controllo generale	Ispezione	ogni 12 mesi
Tubazioni in PVC		
Controllo stabilità	Ispezione a vista	ogni 3 mesi
Controllo generale	Controllo a vista	ogni 12 mesi
Controllo tenuta	Controllo a vista	ogni 12 mesi
Pozzetti di scarico		
Controllo stabilità	Ispezione a vista	ogni 3 mesi
Controllo generale	Ispezione	ogni 12 mesi
Vasca di accumulo		
Controllo stabilità	Ispezione a vista	ogni 3 mesi
Controllo generale	Ispezione	ogni 6 mesi
Pompe centrifughe		
Controllo stabilità	Ispezione a vista	ogni 3 mesi
Controllo generale delle pompe	Aggiornamento	ogni 6 mesi
Separatore di oli e grassi (disoleatore)		
Controllo efficienza filtri	Ispezione	ogni mese
Verifica generale	Ispezione a vista	ogni 6 mesi

APPENDICE 1

**MODULO PER IL MONITORAGGIO DELL'EFFICACIA DELLE DISPOSIZIONI
SULL'INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA**

**DICHIARAZIONE SOSTITUTIVA DELL'ATTO DI NOTORIETA'
(Articolo 47 D.P.R. 28 dicembre 2000, n. 445)**

Il sottoscritto Dott. Geologo Andrea Brambati, nato a Milano il 19/10/1978, residente a Milano in Corso Lodi n. 26, cap 20135, iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Lombardia al n. 1535, incaricato da Züst Ambrosetti S.p.A. di redigere il Progetto di invarianza idraulica e idrologica per il seguente intervento "Variante Piano Attuativo Ambito di Trasformazione TR5 "Molino Nuovo", sito in Provincia di Milano, Comune di Binasco, in via Molino Nuovo

consapevole che in caso di dichiarazione mendace sarà punito ai sensi del Codice Penale secondo quanto prescritto dall'articolo 76 del succitato D.P.R. 445/2000 e che, inoltre, qualora dal controllo effettuato emerga la non veridicità del contenuto di taluna delle dichiarazioni rese, decadrà dai benefici conseguenti al provvedimento eventualmente emanato sulla base della dichiarazione non veritiera (articolo 75 D.P.R. 445/2000);

DICHIARA

- che l'intervento ricade nel bacino idrografico del fiume TICINO
- che l'intervento è sito nel comune di Binasco (MI), che ricade all'interno dell'area:
 - A: ad alta criticità idraulica
 - B: a media criticità idraulica
 - C: a bassa criticità idraulica
- che l'intervento ricade in un'area inserita nel PGT comunale come ambito di trasformazione e/o come piano attuativo previsto nel piano delle regole e pertanto di applicano i limiti delle aree A ad alta criticità
- ~~che la superficie interessata dall'intervento è minore o uguale a 300 m² e che si è adottato un sistema di scarico sul suolo o negli strati superficiali del sottosuolo o in un lago o in nei fiumi Po, Ticino, Adda, Brembo, Serio, Oglio, Chiese e Mincio (art. 12, comma 1, lettera a)~~
- che il recapito delle acque pluviali è:
 - un corpo idrico naturale o artificiale:
 - nome CAVO MANDRUGNO
 - tratto o sezione di riferimento
 - una rete di fognatura: nome del Gestore
 - il suolo / gli strati superficiali del sottosuolo
- che le coordinate UTM-WGS84-32 del punto di scarico nel recapito sono:
 - ✓ x 508.586 m E
 - ✓ y 5.020.250 m N
 - ✓ z (m s.l.m.) 100
- che:
 - ✓ in caso di scarico in reticolo idrico principale:
 - l'Ente di riferimento per la concessione è:
 - il codice della concessione è:
 - ✓ in caso di scarico in reticolo idrico minore:
 - l'Ente di riferimento per la concessione allo scarico è: FONDAZIONE COLLEGIO DELLA GUASTALLA
 - il codice della concessione è:
 - ✓ in caso di permesso di allacciamento in fognatura, l'Ente di riferimento è:
 - ✓ in caso di accordo per lo scarico in reticolo privato: il soggetto con cui è stato sottoscritto l'accordo è:

- che i dati relativi all'intervento sono:
 - ✓ superficie interessata dall'intervento: 9887 m²
 - ✓ superficie scolante impermeabile dell'intervento: 7369 m² (6114 impermeabili + 1255 semi-permeabili)
 - ✓ portata massima di scarico calcolata per T = 50 anni a monte delle strutture di invarianza idraulica: 447,00 l/s
 - ✓ portata massima di scarico per T = 50 anni considerata per il dimensionamento degli interventi (portata in uscita dal sistema verso un recapito): 9,89 l/s
 - ✓ volume totale di laminazione previsto: 632,6 m³ (20,63 strato sotto parcheggi drenanti + 632 con vasche di laminazione)
 - ✓ volume totale di laminazione richiesto da regolamento: 619,85 m³

Nel caso venga realizzato l'intervento di invarianza idraulica o idrologica:

- che la tipologia della/e opera/e d'invarianza idraulica e idrologica è:
 - area laminazione e infiltrazione di tipo verde
 - vasca laminazione impermeabile e/o coperta
 - trincee
 - tetto verde
 - altro (specificare): **PARCHEGGI PERMEABILI IN AUTOBLOCCANTE DRENANTE
STRATI DRENANTI IN GHIAIA SOTTO I PARCHEGGI PERMEABILI**
- che le coordinate UTM-WGS84-32 del baricentro delle opere d'invarianza idraulica e idrologica sono:
 - ✓ x 508.658 m E
 - ✓ y 5.020.331 m N
 - ✓ z (m s.l.m.) 100
- che le dimensioni delle opere d'invarianza, suddivise per tipologia (es: area di laminazione, area destinata al riuso delle acque laminate, ecc.), sono:
 - ✓ Opera 1: tipologia STRATI DRENANTI IN GHIAIA SOTTO I PARCHEGGI PERMEABILI
estensione: 1146 m²
volume: 20,63 m³
 - ✓ Opera 2: tipologia VASCA DI LAMINAZIONE costituita da n. 12 moduli prefabbricati, ognuno dei quali di dimensione esterna pari a 2,46 m x 12,20 m x 2,0 m di altezza (volume interno di 51 m³)
estensione: 12 moduli di dimensione 2,46 m x 12,20 m x 2,0 m di altezza
volume: 612 m³
- che il tempo massimo di svuotamento delle opere realizzate è: 15,15 ore
- che l'intervento può essere così brevemente descritto:

il Progetto di invarianza idraulica e idrologica è stato redatto a supporto delle opere in variante relative all'Ambito di Trasformazione TR5 "Molino Nuovo" in Comune di Binasco, che consiste nella realizzazione delle seguenti aree ad uso pubblico:

 - ✓ aree impermeabili: strade, rotatorie e parcheggi (S = 6114 m²);
 - ✓ aree semi-permeabili: percorsi pedonali (S = 1255 m²);
 - ✓ aree permeabili: aiuole e parcheggi in autobloccante drenante (S = 2518 m²).

Il valore del coefficiente medio di deflusso è pari a 0.784, per una superficie totale dell'intervento pari a S_{tot} = 9887 m² (impermeabilizzazione potenziale media – metodo delle sole piogge). Il volume richiesto dal regolamento per la laminazione dovrà essere pari a 619,85 m³. Tale volume verrà ottenuto mediante la somma dei seguenti contributi:

- 1) strato di ghiaia al di sotto dei parcheggi permeabili in autobloccante drenante (volume efficace di 20,63 m³);
 - 2) vasca di laminazione di volume pari a 612 m³, costituita da n. 12 moduli prefabbricati, ognuno dei quali di dimensione esterna pari a 2,46 m x 12,20 m x 2,0 m di altezza (volume interno di 51 m³).
- La somma di tali volumi, pari a complessivi 632,6 m³, soddisfa il requisito relativo al volume di laminazione richiesto dal Regolamento Regionale.

Nel caso di monetizzazione:

- che l'intervento presenta tutte le caratteristiche elencate nell'art. 16, comma 1 del regolamento
- che l'importo della monetizzazione è: €

Dichiara infine di essere informato, ai sensi e per gli effetti di cui all'art. 10 della legge 675/96 che i dati personali raccolti saranno trattati, anche con strumenti informatici, esclusivamente nell'ambito del procedimento per il quale la presente dichiarazione viene resa.

Milano, 4 aprile 2021

Il Progettista
Dott. Geologo Andrea Brambati



APPENDICE 2

Asseverazione del professionista in merito alla conformità del progetto ai contenuti del regolamento

**DICHIARAZIONE SOSTITUTIVA DELL'ATTO DI NOTORIETA'
(Articolo 47 D.P.R. 28 dicembre 2000, n. 445)**

Il sottoscritto Dott. Geologo Andrea Brambati, nato a Milano il 19/10/1978, residente a Milano in Corso Lodi n. 26, cap 20135, iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Lombardia al n. 1535, incaricato da Züst Ambrosetti S.p.A. di redigere il Progetto di invarianza idraulica e idrologica per il seguente intervento "Variante Piano Attuativo Ambito di Trasformazione TR5 "Molino Nuovo"", sito in Provincia di Milano, Comune di Binasco, in via Molino Nuovo

in qualità di tecnico abilitato, qualificato e di esperienza nell'esecuzione di stime idrologiche e calcoli idraulici,

consapevole che in caso di dichiarazione mendace sarà punito ai sensi del Codice Penale secondo quanto prescritto dall'articolo 76 del succitato D.P.R. 445/2000 e che, inoltre, qualora dal controllo effettuato emerga la non veridicità del contenuto di taluna delle dichiarazioni rese, decadrà dai benefici conseguenti al provvedimento eventualmente emanato sulla base della dichiarazione non veritiera (articolo 75 D.P.R. 445/2000);

DICHIARA

- che il comune di Binasco (MI), in cui è sito l'intervento, ricade all'interno dell'area:
 - A: ad alta criticità idraulica
 - B: a media criticità idraulica
 - C: a bassa criticità idraulica

- che l'intervento ricade in un'area inserita nel PGT comunale come ambito di trasformazione e/o come piano attuativo previsto nel piano delle regole e pertanto di applicano i limiti delle aree A ad alta criticità

- ~~che la superficie interessata dall'intervento è minore o uguale a 300 m² e che si è adottato un sistema di scarico sul suolo o negli strati superficiali del sottosuolo o in un lago o in nei fiumi Po, Ticino, Adda, Brembo, Serio, Oglio, Chiese e Mincio (art. 12, comma 1, lettera a)~~

- che per il dimensionamento delle opere di invarianza idraulica e idrologica è stata considerato la portata massima ammissibile per l'area "piano attuativo" (A/B/C/ambito di trasformazione/piano attuativo), pari a:
 - 10 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento
 - 20 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento
 -l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento, derivante da limite imposto dall'Ente gestore del ricettore

- che l'intervento prevede l'infiltrazione come mezzo per gestire le acque pluviali (in alternativa o in aggiunta all'allontanamento delle acque verso un ricettore), e che la portata massima infiltrata dai sistemi di infiltrazione realizzati è pari a l/s 0,13 sotto i parcheggi mediante trincea drenante

- che, in relazione all'effetto potenziale dell'intervento e alla criticità dell'ambito territoriale (rif. articolo 9 del regolamento), l'intervento ricade nella classe di intervento:
 - Classe "0"
 - Classe "1" Impermeabilizzazione potenziale bassa
 - Classe "2" Impermeabilizzazione potenziale media
 - Classe "3" Impermeabilizzazione potenziale alta

- ~~che l'intervento ricade nelle tipologie di applicazione dei requisiti minimi di cui:~~
 - ~~all'articolo 12, comma 1 del regolamento~~
 - ~~all'articolo 12, comma 2 del regolamento~~

- di aver redatto il *Progetto di invarianza idraulica e idrologica* con i contenuti di cui:
 - all'articolo 10, comma 1 del regolamento (casi in cui non si applicano i requisiti minimi)
 - all'articolo 10, comma 2 e comma 3, lettera a) del regolamento (casi in cui si applicano i requisiti minimi)
- di aver redatto il *Progetto di invarianza idraulica e idrologica* conformemente ai contenuti del regolamento, con particolare riferimento alle metodologie di calcolo di cui all'articolo 11 del regolamento;
- ~~che non è necessario redigere il *Progetto di invarianza idraulica e idrologica* così come previsto dall'articolo 12, comma 1 e dall'articolo 10, comma 3, lettera b) del regolamento.~~

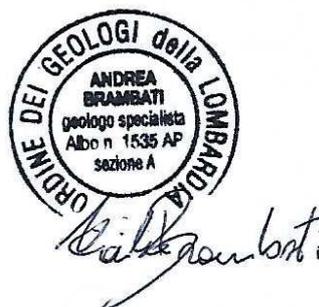
ASSEVERA

- che il *Progetto di invarianza idraulica e idrologica* previsto dal regolamento (articoli 6 e 10 del regolamento) è stato redatto nel rispetto dei principi di invarianza idraulica e idrologica, secondo quanto disposto dal piano di governo del territorio, dal regolamento edilizio e dal regolamento;
- che le opere di invarianza idraulica e idrologica progettate garantiscono il rispetto della portata massima ammissibile nel ricettore prevista per l'area in cui ricade il Comune ove è ubicato l'intervento.

Dichiara infine di essere informato, ai sensi e per gli effetti di cui all'art. 10 della legge 675/96 che i dati personali raccolti saranno trattati, anche con strumenti informatici, esclusivamente nell'ambito del procedimento per il quale la presente dichiarazione viene resa.

Milano, 4 aprile 2021

Il Progettista
Dott. Geologo Andrea Brambati



Ai sensi dell'articolo 38, D.P.R. 445 del 28 dicembre 2000, così come modificato dall'articolo 47 del d.lgs. 235 del 2010, la dichiarazione è sottoscritta dall'interessato in presenza del dipendente addetto ovvero sottoscritta e presentata unitamente a copia fotostatica non autenticata di un documento di identità del sottoscrittore. La copia fotostatica del documento è inserita nel fascicolo. La copia dell'istanza sottoscritta dall'interessato e la copia del documento di identità possono essere inviate per via telematica.

La mancata accettazione della presente dichiarazione costituisce violazione dei doveri d'ufficio (articolo 74 comma D.P.R. 445/2000). Esente da imposta di bollo ai sensi dell'articolo 37 D.P.R. 445/2000.

Cognome BRAMBATI
 Nome ANDREA
 nato il 19/10/1978
 (atto n. 595 1 S. A.) R4
 a MILANO (.....)
 Cittadinanza ITALIANA
 Residenza MILANO
 Via CORSO LODI N. 26
 Stato civile LIBERO
 Professione GEOLOGO
 CONNOTATI E CONTRASSEGNI SALIENTI
 Statura 1,75
 Capelli CASTANI
 Occhi CASTANI
 Segni particolari



Firma del titolare *Andrea Brambati*
 Milano^{II} 12/08/201
 Impronta del dito indice sinistro
 IL SINDACO
 BOCCHI LUCA
 Euro 5,42

Data di scadenza 19/10/2023
 AU 6459524
 1925 - D.C.V. ROMA

REPUBBLICA ITALIANA

 COMUNE DI MILANO
 CARTA D'IDENTITA'
 N° AU 6459524
 DI
 BRAMBATI
 ANDREA