



**Finanziato
dall'Unione europea**
NextGenerationEU



**Ministero
delle Infrastrutture
e dei Trasporti**



Italidomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



**Regione
Lombardia**



Finanziato dall'Unione Europea - Next Generation EU - Trasporto rapido di massa - Misura M2C2 - 4.2 del PNRR

SOGGETTO ATTUATORE DI PRIMO LIVELLO



COMUNE DI BERGAMO

Piazza Giacomo Matteotti, 27 - 24122 Bergamo (BG)

SOGGETTO ATTUATORE DI SECONDO LIVELLO



ATB Mobilità S.p.A.

Via Gleno, 13 - 24125 Bergamo (BG)

REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO

PROGETTO DEFINITIVO

CUP: H11B21006730001 - CIG: 9562909A25

APPALTATORE



Vitali S.p.A.

via Lombardia 2/A
20068 - Peschiera Borromeo (MI)

Mandanti:



Artelia Sas

Rue Simone Veil 16
93400 Saint-Ouen-sur-Seine
(France)



Erregi Srl

Piazza del Viminale 14
00184 Roma (RM)



Studio Carrara

Via T. Tasso 89
24121 - Bergamo (BG)



pide

Via Fosse 13
36063 Marostica (VI)



Pini

Via Cavour 2
22074 - Lomazzo (CO)

PROGETTISTI
Capogruppo/mandataria



Artelia Italia S.p.A.
Piazza G. Marconi 25

00144 - Roma (RM)

IL PROGETTISTA

Ing. Mauro Massi

IL PROGETTISTA E RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE

Ing. Marco Gonella

IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

Ing. C. Rita Donato

C					
B	Gennaio 2024	Revisione a seguito ricezione osservazioni verificatori	D. Bagioli	M. Massi	M. Gonella
A	Ottobre 2023	Emissione	D. Bagioli	M. Massi	M. Gonella
REV	DATA	TIPO DI EMISSIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO/AUTORIZZATO

4.3 STUDIO IDRAULICO

SMALTIMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA (STRADA E PIAZZALI)

IDENTIFICAZIONE ELABORATO

SCALA:

Comessa	B	2	3	D	Lotto	0	0	Fase	D	Tratto	0	0	Tipo doc.	R	I	Disciplina / WBS 1-2	IDBRC0	Progressivo	0	0	2	Revi	B

DATA:
GENNAIO 2024

Indice

COMMESSA	1
1. INQUADRAMENTO GENERALE	2
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
3. ANALISI DELLA NORMATIVA VIGENTE E CONSEGUENTI INDICAZIONI PROGETTUALI	6
4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, MORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO	8
5. ANALISI IDROLOGICA.....	11
5.1 Metodologia.....	11
5.2 Definizione delle LSPP per un assegnato tempo di ritorno	13
5.3 Considerazioni sul tempo di ritorno	20
5.4 Calcolo delle superfici scolanti	21
5.5 Scelta delle portate di riferimento.....	25
6. PROGETTAZIONE DEL SISTEMA DI DRENAGGIO	26
6.1 Generalità	26
6.2 Dimensionamento del collettore	26
6.2.1 Verifica delle velocità	27
6.3 Definizione dell'intervento e delle modalità di calcolo del progetto di invarianza idraulica	29
6.4 Calcolo del volume di invaso	30
6.4.1 Metodo delle sole piogge.....	31
6.5 Schema funzionale	36
6.6 Materiali e diametri	38
6.7 Caratteristiche meccaniche e dimensionali tubazione di fognatura	39
ALLEGATO 1 – MANUFATTO DISOLEATORE / DISSABBIATORE.....	40

Capogruppo/mandataria:      	Mandanti:  	REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-				
SMALTIMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA	COMMESSA B23D	LOTTO 00 D 00	CODIFICA RI	DOCUMENTO IDBR00 001	REV. A	FOGLIO 2 di 42

1. INQUADRAMENTO GENERALE

La presente relazione descrive il sistema di gestione delle acque meteoriche nell'ambito del Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica relativo al nuovo sistema di trasporto E-BRT mediante l'utilizzo di veicoli elettrici che collegano il Polo Intermodale di Bergamo presso la Stazione di Bergamo con la sede universitaria di Dalmine (Università di Bergamo), con la stazione FS di Verdellino e con il Polo Scientifico del Kilometro Rosso di Stezzano.

In generale, su tutto il tracciato, viene creata una sede riservata al sistema di trasporto E-BRT. Lungo via Grumello, da un lato verrà creata una corsia riservata E-BRT ricoprendo la Roggia Colleonesca, dall'altro lato la corsia preferenziale verrà realizzata allargando l'attuale carreggiata.

Lo scopo di questo intervento è quello di prevedere un adeguato sistema di collettamento ed immagazzinamento delle acque meteoriche al fine di evitare allagamenti stradali e disagi alla circolazione. Le aree interessate dall'intervento sono:

1. la piattaforma stradale (mezza carreggiata) della SP 525 del Brembo lungo l'intero sviluppo della nuova infrastruttura E-BRT fra i comuni di Bergamo, Lallio, Dalmine e Osio;
2. l'area di deposito mezzi presso via Gleno in comune di Bergamo,
3. la nuova area di deposito in via per Levate in comune di Osio Sopra.

L'attuale sistema di viabilità a partire dalla via Moroni in comune di Bergamo sino alla prosecuzione con la SP 525 del Brembo presenta già un proprio sistema di drenaggio e allontanamento delle acque meteoriche della piattaforma stradale: in particolare, lungo il lato ovest, il recapito lungo la corsia lato roggia Colleonesca scarica le acque di dilavamento stradale nella roggia stessa, mentre nella corsia opposta il recapito è costituito da collettori fognari comunali specialmente nell'area maggiormente urbanizzata nel Comune di Bergamo; verso sud, la raccolta avviene ancora mediante caditoie stradali ed il recapito è di tipo misto con conferimento delle portate meteoriche alla rete fognaria comunale ed in parte alle rogge presenti a lato della carreggiata stradale.

Il progetto definitivo è composto da:

1. un sistema di captazione mediante caditoie stradali.
2. una rete fognaria per il trasporto e allontanamento delle acque meteoriche e scarico in roggia
3. un sistema di raccolta e immagazzinamento delle acque meteoriche nei piazzali dei depositi con successiva dispersione mediante pozzi disperdenti.

Le opere di drenaggio superficiale dovranno provvedere alla raccolta, all'incanalamento e all'allontanamento delle acque che cadono all'interno della superficie scolante. Per il loro dimensionamento è quindi necessario studiare i dati storici di precipitazione e determinare le piogge di progetto da assumersi alla base della progettazione.

Le caditoie stradali costituiscono i manufatti fondamentali di interconnessione tra le cunette e le sottostanti canalizzazioni, e devono essere progettate in modo da:

- immettere nei condotti di scarico le portate per cui questi sono dimensionati;

Capogruppo/mandataria:    SMALTIMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA	Mandanti:   	REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-				
SMALTIMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA	COMMESSA B23D	LOTTO 00 D 00	CODIFICA RI	DOCUMENTO IDBR00 001	REV. A	FOGLIO 3 di 42

- permettere un'agevole manutenzione per il mantenimento delle loro caratteristiche funzionali;
- impedire la fuoriuscita in superficie di cattivi odori.

Infine, i sistemi di accumulo hanno la funzione di operare una riduzione della portata al colmo di un'onda di piena per mezzo di un processo di laminazione. Per il suo dimensionamento è necessario conoscere la portata al colmo dell'evento meteorico di progetto.

Nel dimensionamento dei manufatti e delle canalizzazioni si sono seguite le direttive e le indicazioni contenute nei *Regolamenti della Regione Lombardia dell'anno 2017* e s.c.

Dal punto di vista metodologico si è seguita la seguente procedura:

- Analisi dei dati disponibili in termini di rilievi disponibili e planimetrie di progetto della piattaforma stradale e delle aree di deposito dei mezzi di trasporto
- Analisi dei dati dello Studio geologico di dettaglio per conoscere le caratteristiche del terreno
- Rilievo di dettaglio delle quote del terreno per mezzo di strumentazione GPS
- Rilievo delle quote di posa dei collettori esistenti che possono interferire con il tracciato della nuova opera in progetto
- Individuazione della tipologia e dell'andamento planimetrico e altimetrico della rete atta alla raccolta ed allontanamento delle acque meteoriche
- Dimensionamento e verifica della rete di progetto
- Analisi delle possibili soluzioni progettuali
- Dimensionamento e verifica dei sistemi di accumulo (pozzi disperdenti)
- Individuazione dell'area su cui verranno posati i pozzi disperdenti

Capogruppo/mandataria:  ARTELIA Passion & Solutions Italia	Mandanti:  ARTELIA Passion & Solutions France	 ERREGI SERVIZI INTEGRATI DI INGEGNERIA ED ARCHITETTURA	REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-				
SMALTIMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA		COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO B23D 00 D 00 RI IDBR00 001 A 4 di 42					

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La rete sarà progettata e realizzata in accordo alle leggi nazionali e locali, Normative.

NORMATIVA STATALE:

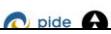
- Circolare Ministeriale LLPP n.º 11633/74 "Istruzioni per la progettazione delle fognature e degli impianti di trattamento delle acque di rifiuto"
- Legge 10/5/1976 n.º319 "Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento"
- Delibera C.I. 4.2.1977 - Allegato 4 "Norme tecniche generali per la regolamentazione dell'installazione e dell'esercizio degli impianti di fognatura e depurazione"
- Decreto Ministeriale LL.PP. 12/12/1985 "Norme tecniche relative alle tubazioni"
- Circolare Ministeriale LL.PP. n.27291/1986 "Istruzioni relative alla normativa per le tubazioni del 12 dicembre 1985"
- Legge 5 gennaio 1994, n. 36 "Disposizioni in materia di risorse idriche"

COMPETENZE REGIONALI

- Legge Regionale Lombardia n.62 del 27-05-85 "Disciplina degli scarichi degli insediamenti civili e delle pubbliche fognature – Tutela delle acque sotterranee dall'inquinamento".
- D.G.R. del 29/03/2006 n.2244 Approvazione del Programma di Tutela ed Uso delle Acque P.T.U.A.
- Regolamento regione Lombardia del 24 marzo 2006
 - n°2, "Disciplina dell'uso delle acque superficiali e sotterranee, dell'utilizzo acque a uso domestico"
 - n°3, "Disciplina e regime autorizzatorio degli scarichi acque reflue domestiche e di reti fognarie"
 - n° 4, "Disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne"
- Decreto Legislativo 03 aprile 2006 n° 152 "Norme in materia ambientale" (delega alle regioni la disciplina delle acque di dilavamento e delle acque di 1° pioggia ai fini della prevenzione dei rischi idraulici e ambientali)
- Legge Regionale 12 Dic 2003, n. 26 "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" (vedi Art. 52)
- Regolamento regionale 23 novembre 2017, n. 7 "Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio)"
- Regolamento Regione Lombardia 19 aprile 2019 n. 8: "Disposizioni sull'applicazione dei principi di invarianza idraulica ed idrologica. Modifiche al Regolamento Regionale 23 novembre 2017 n. 7"

DIRETTIVE COMUNITARIE

- n° 91/271/CEE (Trattamento delle acque reflue urbane),
- n° 91/676/CEE (Acque meteoriche di dilavamento e acque di prima pioggia)

Capogruppo/mandataria:    SMALTIMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA	Mandanti:   	REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-					
SMALTIMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA		COMMESA B23D	LOTTO 00 D 00	CODIFICA RI	DOCUMENTO IDBR00 001	REV. A	FOGLIO 5 di 42

NORME UNI

- UNI EN 805:2002 Approvvigionamento di acqua - Requisiti per sistemi e componenti all'esterno di edifici
- Norma UNI EN 752:2017: Connessioni di scarico e collettori di fognatura all'esterno degli edifici - Gestione del sistema di fognatura
- UNI EN 1277:2005 Sistemi di tubazioni di materie plastiche - Sistemi di tubazioni di materiali termoplastici per applicazioni interrate non in pressione - Metodi di prova per la tenuta dei giunti del tipo con guarnizione ad anello elastomerico
- UNI EN 1401-1:2009 Sistemi di tubazioni di materia plastica per fognature e scarichi interrati non in pressione - Policloruro di vinile non plastificato (PVC-U) – Parte 1: Specifiche per i tubi, i raccordi ed il sistema
- UNI EN 12201-1:2012 Sistemi di tubazioni di materia plastica per la distribuzione dell'acqua, e per scarico e fognature in pressione - Polietilene (PE) - Parte 1: Generalità
- UNI EN 12201-2:2013 Sistemi di tubazioni di materia plastica per la distribuzione dell'acqua, e per scarico e fognature in pressione - Polietilene (PE) - Parte 2: Tubi
- UNI EN 12201-3:2013 Sistemi di tubazioni di materia plastica per la distribuzione dell'acqua, e per scarico e fognature in pressione - Polietilene (PE) - Parte 3: Raccordi
- UNI EN 12201-4:2012 Sistemi di tubazioni di materia plastica per la distribuzione dell'acqua, e per scarico e fognature in pressione - Polietilene (PE) - Parte 4: Valvole
- UNI EN 12666-1:2011 Sistemi di tubazioni di materia plastica per fognature e scarichi interrati non in pressione – Polietilene (PE) – Parte 1: Specificazioni per i tubi, i raccordi e il sistema
- UNI CEN/TS 12666-2:2012 Sistemi di tubazioni di materia plastica per fognature e scarichi interrati non in pressione – Polietilene (PE) – Parte 2: Guida per la valutazione della conformità
- UNI EN 13476-1:2018 Sistemi di tubazioni di materia plastica per connessioni di scarico e collettori di fognatura interrati non in pressione – Sistemi di tubazioni a parete strutturata di policloruro di vinile non plastificato (PVC-U), polipropilene (PP) e polietilene (PE) – Parte 1: Requisiti generali e caratteristiche prestazionali
- UNI EN 13476-2:2018 Sistemi di tubazioni di materia plastica per connessioni di scarico e collettori di fognatura interrati non in pressione – Sistemi di tubazioni a parete strutturata di policloruro di vinile non plastificato (PVC-U), polipropilene (PP) e polietilene (PE) – Parte 2: Specifiche per tubi e raccordi con superficie interna ed esterna liscia e il sistema, tipo A
- UNI EN 13476-3:2018 Sistemi di tubazioni di materia plastica per connessioni di scarico e collettori di fognatura interrati non in pressione – Sistemi di tubazioni a parete strutturata di policloruro di vinile non plastificato (PVC-U), polipropilene (PP) e polietilene (PE) – Parte 3: Specifiche per tubi e raccordi con superficie interna liscia e superficie esterna profilata e il sistema, Tipo B
- UNI EN 13476-4:2013 Sistemi di tubazioni di materia plastica per connessioni di scarico e collettori di fognatura interrati non in pressione – Sistemi di tubazioni a parete strutturata di policloruro di vinile non plastificato (PVC-U), polipropilene (PP) e polietilene (PE) – Parte 4: Guida per la valutazione delle conformità

Capogruppo/mandataria:  ARTELIA Passion & Solutions Italia	Mandanti:  ARTELIA Passion & Solutions France	 ERREGI SERVIZI INTEGRATIVI INGEGNERIA ED ARCHITETTURA	REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-				
SMALTIMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA		COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO B23D 00 D 00 RI IDBR00 001 A 6 di 42					

3. ANALISI DELLA NORMATIVA VIGENTE E CONSEGUENTI INDICAZIONI PROGETTUALI

La raccolta e il controllo delle acque costituiscono una problematica emergente nell'ambito della progettazione edilizia.

Negli ultimi anni questo tema è stato trattato in maniera approfondita dalla normativa in materia, a partire Decreto Legislativo 03 aprile 2006 n° 152 "*Norme in materia ambientale*" (disciplina delle acque di dilavamento e delle acque di 1° pioggia) nonché dalle numerose questioni relativamente all'individuazione e perseguitamento dell'obiettivo di qualità ambientale e alla modalità di smaltimento delle acque meteoriche di dilavamento e delle acque di prima pioggia, con competenze in gran parte affidate alle Regioni. A tal proposito si fa riferimento al Regolamento Regionale 24 marzo 2006, n. 4 ("Disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne, in attuazione dell'articolo 52, comma 1, lettera a) della Legge Regionale 12 dicembre 2003, n. 26") nonché la stessa Legge Regionale 12 dicembre 2003, n. 26 ("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").

La Regione Lombardia ha deliberato il Regolamento 19 aprile 2019 n. 8 a modifica del Regolamento Regionale 23 novembre 2017 n. 7 "Regolamento recante i criteri e i 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)". Tale Regolamento introduce il concetto di invarianza idraulica che prevede che le portate massime di deflusso meteorico scaricate dalle nuove aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non devono risultare maggiori di quelle preesistenti all'urbanizzazione.

Alla luce di quanto previsto dal R.R. del 23 novembre 2017 n.7 per i due depositi delle autolinee viene applicato il principio dell'invarianza idraulica, ove in particolare:

- il deposito di via Gleno a Bergamo è già esistente ma prevede un ampliamento con un aumento della superficie impermeabile
- il deposito di Osio è completamente nuovo e prevede la copertura di una superficie attualmente a verde di tipo permeabile.

Per quanto riguarda la piattaforma stradale lungo la SP525, sul lato est per il transito di E-BRT in direzione nord verso il capoluogo, viene allargata la carreggiata esistente in prevalenza già asfaltata senza aumento della superficie impermeabile, mentre sul lato ovest vi è certamente un aumento della superficie impermeabile dovuto al ricoprimento della Roggia Colleonesca nei tratti ad oggi scoperti per consentire il transito in sede riservata di E-BRT lungo la corsia che da Bergamo conduce a Dalmine (direzione sud).

Il ricoprimento avverrà tramite manufatti scatolari e circolari per il cui dimensionamento si rimanda alla specifica relazione idraulica.

Tuttavia, come anticipato in premessa, l'attuale sede della roggia Colleonesca costituisce già il recapito di buona parte delle acque meteoriche della mezza carreggiata stradale ed inoltre, essendo quasi completamente a cielo aperto, riceve anche le acque ricadenti sul proprio sedime, che invece il ricoprimento ne priverebbe, qualora si scegliesse di allontanare le acque di dilavamento dalla roggia. Al fine di mantenere una alimentazione della roggia non soltanto tramite il sistema irriguo da cui riceve le acque a monte, ma anche dal contributo meteorico, si prevede **il drenaggio delle acque di piattaforma della mezza carreggiata con scarico finale in roggia**.

Capogruppo/mandataria:  ARTELIA Passion & Solutions Italia	Mandanti:  ARTELIA Passion & Solutions France	 ERREGI SERVIZI INTEGRATIVI INGEGNERIA ED ARCHITETTURA	REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-			
SMALTIMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA	COMMESSA B23D	LOTTO 00 D 00	CODIFICA RI	DOCUMENTO IDBR00 001	REV. A	FOGLIO 7 di 42

Inoltre, ad ogni tratta di rete di drenaggio urbano che verrà posata a fianco della roggia, verrà associato **un sistema di disoleatura / dissabbiatura prima dell'immissione delle acque** in roggia, migliorandone la qualità.

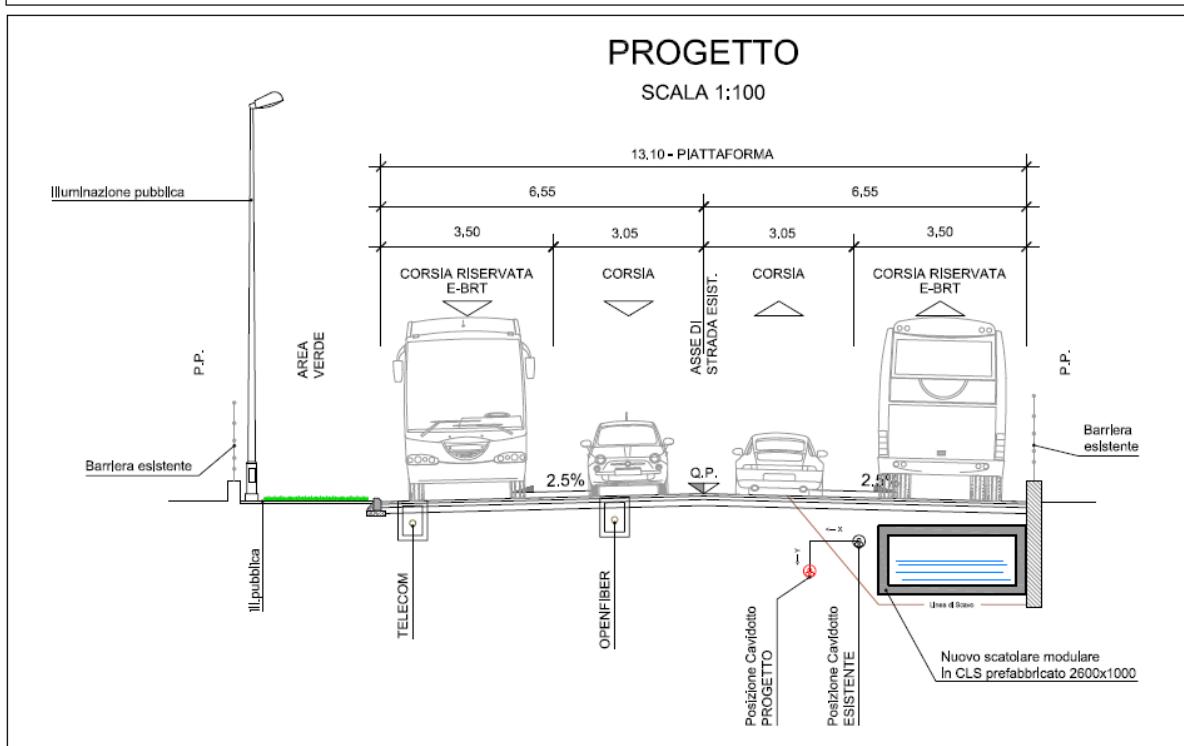
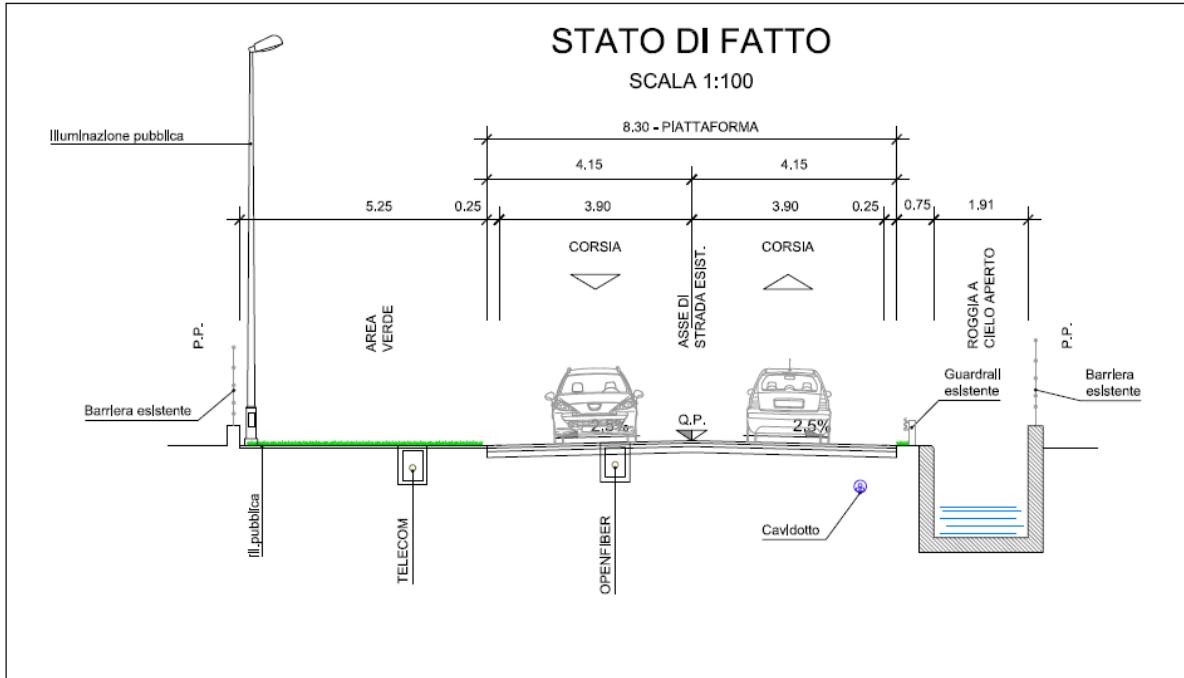


Figura 1 – sezione tipologica stato di fatto / stato di progetto, dove si evidenziano le modifiche della piattaforma stradale

Capogruppo/mandataria:  ARTELIA Passion & Solutions Italia	Mandanti:  ARTELIA Passion & Solutions France	REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-
SMALTIMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA	COMMESSA B23D LOTTO 00 D 00 CODIFICA RI DOCUMENTO IDBR00 001	REV. A FOGLIO 8 di 42

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, MORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO

Per le opere in progetto è stato svolto dalla ditta P&P un piano di indagini nelle tre principali aree interagenti con le nuove infrastrutture di viabilità, quali:

- la roggia Colleonesca lungo la via Grumello fra i comuni di Bergamo, Lallio, Dalmine e Osio
- l'area di deposito di Bergamo
- la nuova area di deposito di Osio Sopra

nelle suddette aree sono state eseguite specifiche indagini per valutare le caratteristiche idrogeologiche e geotecniche dei terreni di fondazione e la categoria di sottosuolo delle opere di progetto.

Nel dettaglio, nell'area oggetto di studio sono stati eseguiti:

- sondaggio a carotaggio continuo spinto fino alla profondità di 20 m dal piano campagna con l'esecuzione di prove SPT ogni 1,5 m e prelievo di campioni per le prove di laboratorio. Sondaggio attrezzato con piezometro a tubo aperto
- Prove penetrometriche dinamiche tipo DPSH fino a rifiuto
- indagini geofisiche tipo MASW per la determinazione della Vs30 equivalente e della categoria sismica di sottosuolo.



Figura 2 – Planimetria piano indagini deposito via Gleno

Capogruppo/mandataria:  ARTELIA Passion & Solutions Italia	Mandanti:  ARTELIA Passion & Solutions France	REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-
SMALTIMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA	COMMESA B23D LOTTO 00 D 00 CODIFICA RI DOCUMENTO IDBR00 001	REV. A FOGLIO 9 di 42

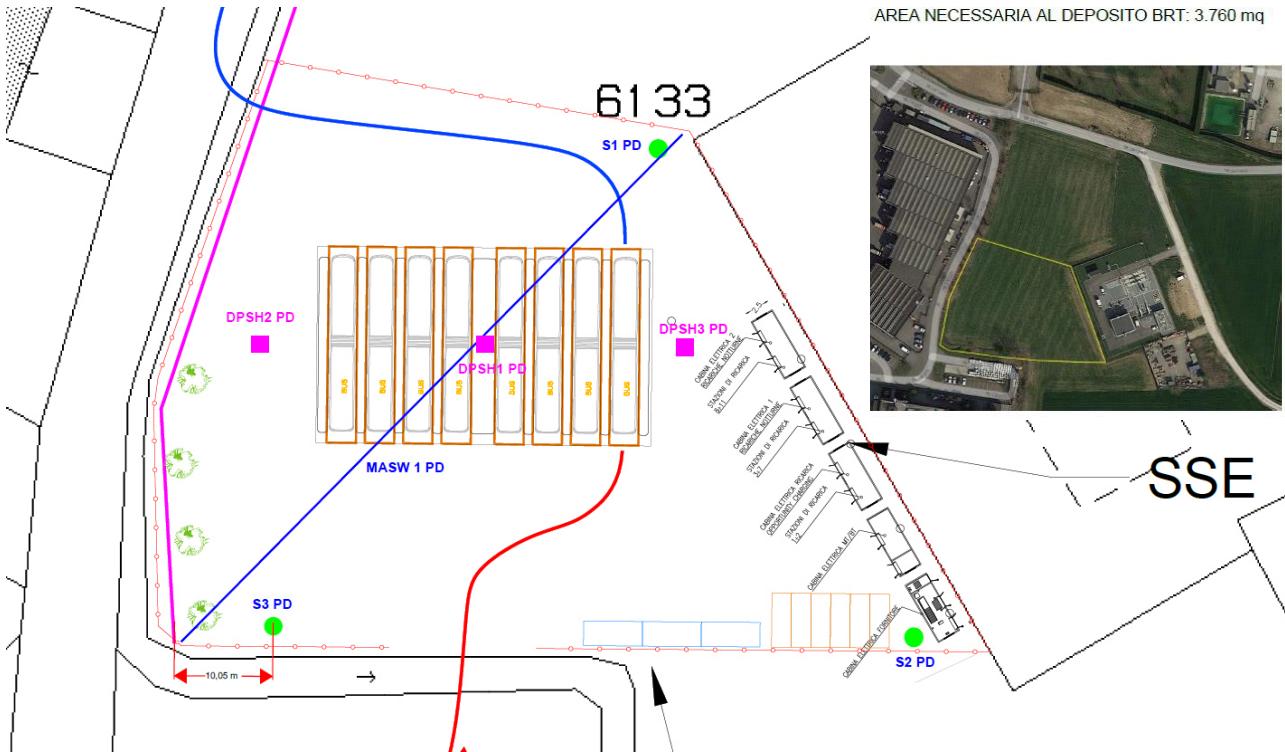


Figura 3 - Planimetria piano indagini nuovo deposito BRT Osio - via per Levate

Dal momento che uno studio completo idrogeologico dei risultati delle indagini recentemente svolte è ancora parzialmente in fase di elaborazione, non si ha a disposizione un quadro completo della situazione. In particolare per lo studio idraulico è importante conoscere il grado di permeabilità del terreno e le effettive stratigrafie. Dal materiale sino ad ora disponibile è possibile stimare un valore del grado di permeabilità dalla stratigrafia dei terreni nell'area del nuovo deposito di Osio e del deposito di Bergamo.

Dall'osservazione delle stratigrafie, risulta che:

- in zona nuovo deposito di Osio, è possibile riconoscere strati di massi e ciottoli in matrice sabbiosa e limosa almeno fino alla profondità di oltre 7 m circa dal piano campagna. Questo assetto litostratigrafico presenta quindi terreni con coefficiente di permeabilità medio-alto.
- In zona deposito di via Gleno a Bergamo, è possibile riconoscere alternanze di livelli con Ghiaia sabbiosa debolmente limosa con tracce di argilla a Ghiaia con sabbia argillosa limosa fra le profondità di 4 e 8 m circa dal piano campagna. Questo assetto litostratigrafico presenta quindi terreni con coefficiente di permeabilità media.

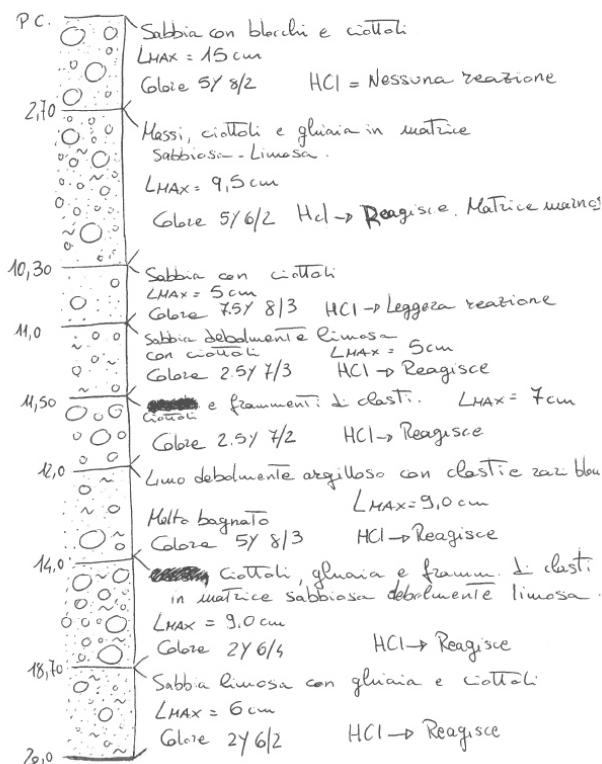
Per i terreni del deposito di Osio si stima un *coefficiente di permeabilità k* pari a: **$1 \times 10^{-3} \text{ m/s}$**

Per i terreni del deposito di Bergamo si stima un *coefficiente di permeabilità k* pari a: **$1 \times 10^{-4} \text{ m/s}$**

Capogruppo/mandataria:  ARTELIA Passion & Solutions Italia	Mandanti:  ARTELIA Passion & Solutions France	 ERREGI SERVIZI INTEGRATIVI INGEGNERIA ED ARCHITETTURA	REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-
SMALTIMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA			COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO B23D 00 D 00 RI IDBRO0 001 A 10 di 42

In fase esecutiva della progettazione, una volta recepito lo studio geologico completo, sarà possibile approfondire con maggior dettaglio i suddetti valori.

SONDAGGIO S3-PD Comm. ATB OSIO SOPRA



SONDAGGIO S2-PD Comm. ATB OSIO SOPRA (B6)

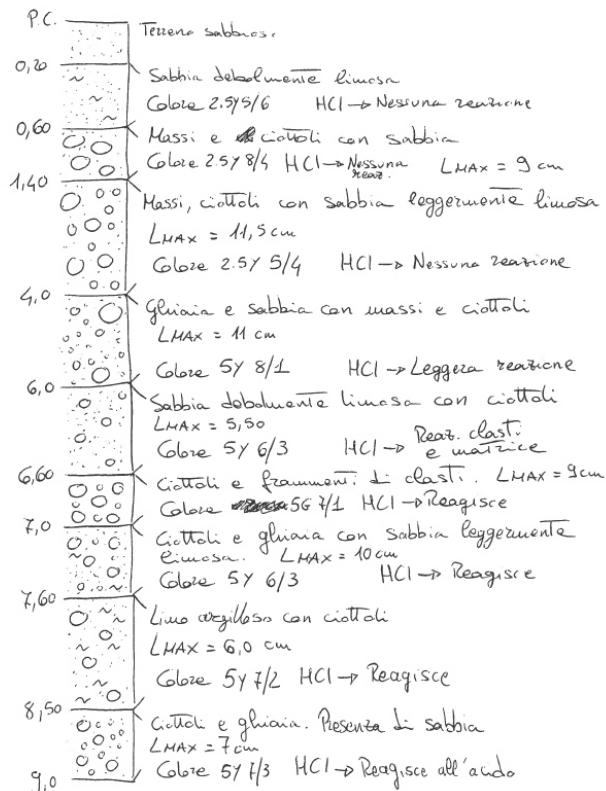


Figura 4 – Sondaggi a carotaggio continuo denominati S2 ed S3 eseguiti in zona nuovo deposito di Osio

Capogruppo/mandataria:  ARTELIA Passion & Solutions Italia	Mandanti:  ARTELIA Passion & Solutions France	 ERREGI SERVIZI INTEGRATIVI INGEGNERIA ED ARCHITETTURA	REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-				
SMALTIMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA		COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO B23D 00 D 00 RI IDBR00 001 A 11 di 42					

5. ANALISI IDROLOGICA

5.1 Metodologia

Quale che sia la tecnica di indagine, anche la più semplice, adottata per lo studio di un determinato fenomeno naturale, essa non può prescindere dalla disponibilità di osservazioni e misurazioni inerenti al fenomeno oggetto di studio. Non fa eccezione l'idrologia, dove le attività di osservazione e misura in campo rivestono un'importanza del tutto speciale.

La semplice interpretazione dei dati raccolti, oltre che limitativa, si presenta alquanto problematica quando i dati sono molto numerosi: attraverso principi matematici la statistica fornisce gli strumenti per descrivere ed interpretare, mediante indici sintetici, i dati sperimentali. Questi, a seconda del problema da affrontare, possono essere raccolti sia in relazione al tempo che allo spazio o ad entrambi; in ogni caso abbiamo a che fare con un numero finito di dati che costituiscono un campione di un insieme più vasto che non ci è dato di conoscere che prende il nome di popolazione. Affinché i dati assumano massima rilevanza ai fini progettuali è necessario che agli stessi sia associata una valutazione di tipo probabilistico; in altre parole, bisogna stimare la probabile frequenza di presentazione della grandezza presa a riferimento per problemi dimensionamento di opere di difesa o per l'imposizione di vincoli di varia natura.

Le registrazioni dei pluviografi permettono di ricavare l'andamento dell'intensità di pioggia nel corso di ciascun evento piovoso. Scelto un passo di lettura, si legge l'altezza di pioggia caduta nei successivi intervalli e, riportandone i valori in un grafico altezza-tempo, si costruisce la curva della pioggia cumulata. La curva è tanto più fedele alla realtà del fenomeno quanto più piccolo è l'intervallo scelto come passo di lettura. L'intervallo dovrebbe essere tale da cogliere le variazioni di intensità più significative.

La curva cumulata della precipitazione pone in evidenza le fasi caratterizzate da diverse intensità di pioggia e può essere di determinante importanza nella comprensione della dinamica dei fenomeni di piena e dei disseti.

Un pluviogramma (detto anche ietogramma) può essere letto in due maniere:

- ad intervalli di tempo con origine fissa (per esempio, di ora in ora, in modo da avere i valori di pioggia tra le ore 0 ed 1, 1 e 2, 2 e 3, e così via);
- ad intervallo di tempo costante, ma con origine variabile (per esempio, scelto l'intervallo di un'ora, si esplora il pluviogramma alla ricerca di 60 minuti consecutivi di precipitazione). Il metodo si presta alla ricerca dei valori massimi di pioggia di assegnata durata ed è applicato negli Annali Idrologici del Servizio Idrografico Italiano per ricavare i massimi annuali di 1, 3, 6, 12 e 24 ore.

La relazione fra altezze di precipitazione e loro durata può essere rappresentata tramite una curva che fornisce, per un assegnato valore del tempo di ritorno T , la relazione fra la durata della pioggia D e la relativa altezza di precipitazione h . Tale relazione prende il nome linea segnalatrice di probabilità pluviometrica (LSPP). In pratica non ci si limita mai ad una curva sola, ma si considera un fascio di curve, ciascuna delle quali corrisponde ad un valore diverso del tempo di ritorno. Diverse formule, piuttosto simili, sono utilizzate per descrivere questa relazione. In questa sede verrà utilizzata una legge di potenza del tipo:

$$h(T) = a(T)D^{n(T)}$$

Capogruppo/mandataria:  	Mandanti:  	REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-					
SMALTIMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA		COMMESA B23D	LOTTO 00 D 00	CODIFICA RI	DOCUMENTO IDBR00 001	REV. A	FOGLIO 12 di 42

dove a ed n sono coefficienti che dipendono dal tempo di ritorno. La linea segnalatrice viene ricavata in genere tramite una regressione lineare fra i valori di pioggia 7-ennali di durata assegnata e le durate stesse adottando una trasformata logaritmica.

In sostanza ci si affida ad un'indagine probabilistica che consenta di trovare una relazione del tipo sopra riportato collegata ad una assegnata probabilità di superamento: si vuole quindi trovare l'altezza di pioggia h , relativa ad una certa durata D , che abbia probabilità piuttosto bassa di essere uguagliata o superata durante il periodo di un anno.

La determinazione delle LSPP è stata effettuata ipotizzando che i massimi annuali dell'altezza di precipitazione di una prefissata durata siano distribuiti secondo la legge di Gumbel:

$$P(h) = \exp(\exp(-\alpha(h - u)))$$

dove:

- P è la probabilità di non superamento dell'altezza di pioggia h ;
- $\alpha(\theta)$ e $u(\theta)$ sono i due parametri della distribuzione, da stimare in base alle osservazioni.

Questi ultimi vengono generalmente stimati con il criterio dei momenti attraverso le seguenti espressioni:

$$\alpha = \frac{1,283}{\sigma(h)}$$

$$u = \mu(h) - 0,45\sigma(h)$$

essendo μ e σ rispettivamente la media e la deviazione standard della popolazione di dati considerata. Introducendo il legame esistente fra tempo di ritorno e probabilità di non superamento:

$$T_R = \frac{1}{1 - P(h)}$$

la legge di Gumbel può essere scritta come:

$$h(\theta, T_R) = u(\theta) - \frac{1}{\alpha(\theta)} \ln \left(\ln \left(\frac{T_R}{T_R - 1} \right) \right)$$

Va osservato che, poiché gli eventi di breve durata ($t < 1$ h) seguono dinamiche meteorologiche diverse da quelle che caratterizzano gli eventi più lunghi ($t > 1$ h), i valori delle altezze di pioggia per diverse durate non sono ben interpolabili con un'unica espressione monomia a due parametri quando il campo delle durate considerate comprende valori inferiori e superiori all'ora. In generale, quindi, l'interpolazione delle altezze di pioggia per durate inferiori all'ora viene attuata usando una monomia diversa, cioè, caratterizzata da valori dei parametri a e b diversi da quelli della monomia usata per interpolare i valori caratterizzati da durate superiori all'ora. In alternativa, è possibile interpolare le altezze di pioggia per l'intero campo delle durate (comunque inferiori a 24 h), con un'unica formulazione a tre parametri del tipo:

$$h = \frac{a t}{(t + b)^c}$$

nella quale h è l'altezza di pioggia (mm), t è la durata (ore) e a (mm), b (ore) e c sono parametri che variano a seconda della località indagata e del tempo di ritorno.

Capogruppo/mandataria:  ARTELIA Passion & Solutions Italia	Mandanti:  ARTELIA Passion & Solutions France	REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-					
SMALTIMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA		COMMESSA B23D	LOTTO 00 D 00	CODIFICA RI	DOCUMENTO IDBR00 001	REV. A	FOGLIO 13 di 42

5.2 Definizione delle LSPP per un assegnato tempo di ritorno

Nell'ambito del progetto del nuovo sistema di raccolta e trasporto delle acque meteoriche, si è reso necessario determinare nel modo più corretto gli eventi meteorici che interessano la zona oggetto dello stesso.

Al fine di raccogliere le informazioni relative alle piogge intense per il bacino in esame, sono state consultate le curve di possibilità pluviometrica derivanti dall'ARPA Lombardia per la quale è stata formulata una caratterizzazione idrologica del regime pluviale in Lombardia, sviluppando la parametrizzazione della curva di probabilità pluviometrica per ogni punto del territorio della Lombardia secondo il modello probabilistico GEV (Generalized Extreme Value) che fornisce i parametri della curva di possibilità pluviometrica (valida per ogni località della Lombardia) espressa nella forma:

$$h_T(D) = aw_T D^n$$

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

dove:

h è l'altezza di pioggia attesa, in [mm];

D è la durata di pioggia, in [h];

a è il coefficiente pluviometrico orario

n è l'esponente della curva (parametro di scala)

w_T è il coefficiente probabilistico legato al tempo di ritorno T_R

α, ε, k sono i parametri delle leggi probabilistiche GEV adottate

Nelle tabelle successive sono riportati i valori dei suddetti parametri previsti da ARPA Lombardia per durate superiori all'ora e gli andamenti delle curve di possibilità pluviometrica, relativi alle tre aree in esame:

- deposito di Bergamo in zona via Gleno,
- deposito di Osio in zonavia per Levate
- SP525 fra i territori di Bergamo, Dalmine e Osio per le quali si sono ricavati i parametri per la zona del Villaggio degli Sposi e della di Grumello

Capogruppo/mandataria:  ARTELIA Passion & Solutions Italia	Mandanti:  ARTELIA Passion & Solutions France	REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-				
SMALTIMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA	COMMESSA B23D	LOTTO 00 D 00	CODIFICA RI	DOCUMENTO IDBR00 001	REV. A	FOGLIO 14 di 42

Tabella 1 LSPP la zona deposito ATB via Gleno - Bergamo ricavate dai dati ARPA Lombardia



Calcolo della linea segnatrice 1-24 ore

Località: Bergamo - deposito ATB via Gleno
 Coordinate: 554546.4394042417, 5060920.81928316

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

Tempo di ritorno (anni)

A1 - Coefficiente pluviometrico orario	29.95
N - Coefficiente di scala	0.2974
GEV - parametro alpha	0.3007
GEV - parametro kappa	-0.0076
GEV - parametro epsilon	0.824

Evento pluviometrico

Durata dell'evento [ore]

Precipitazione cumulata [mm]

Formulazione analitica

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

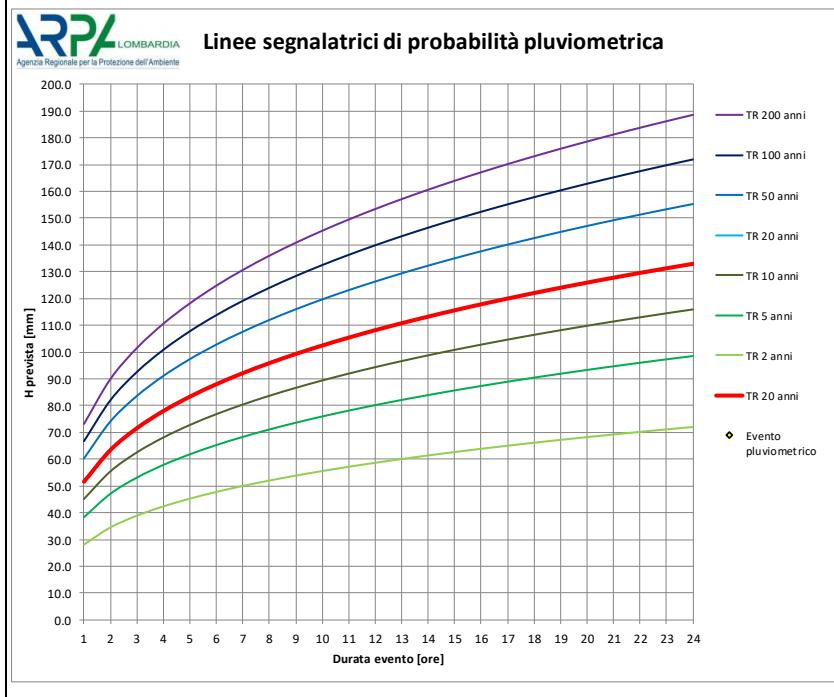
Bibliografia ARPA Lombardia:

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

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

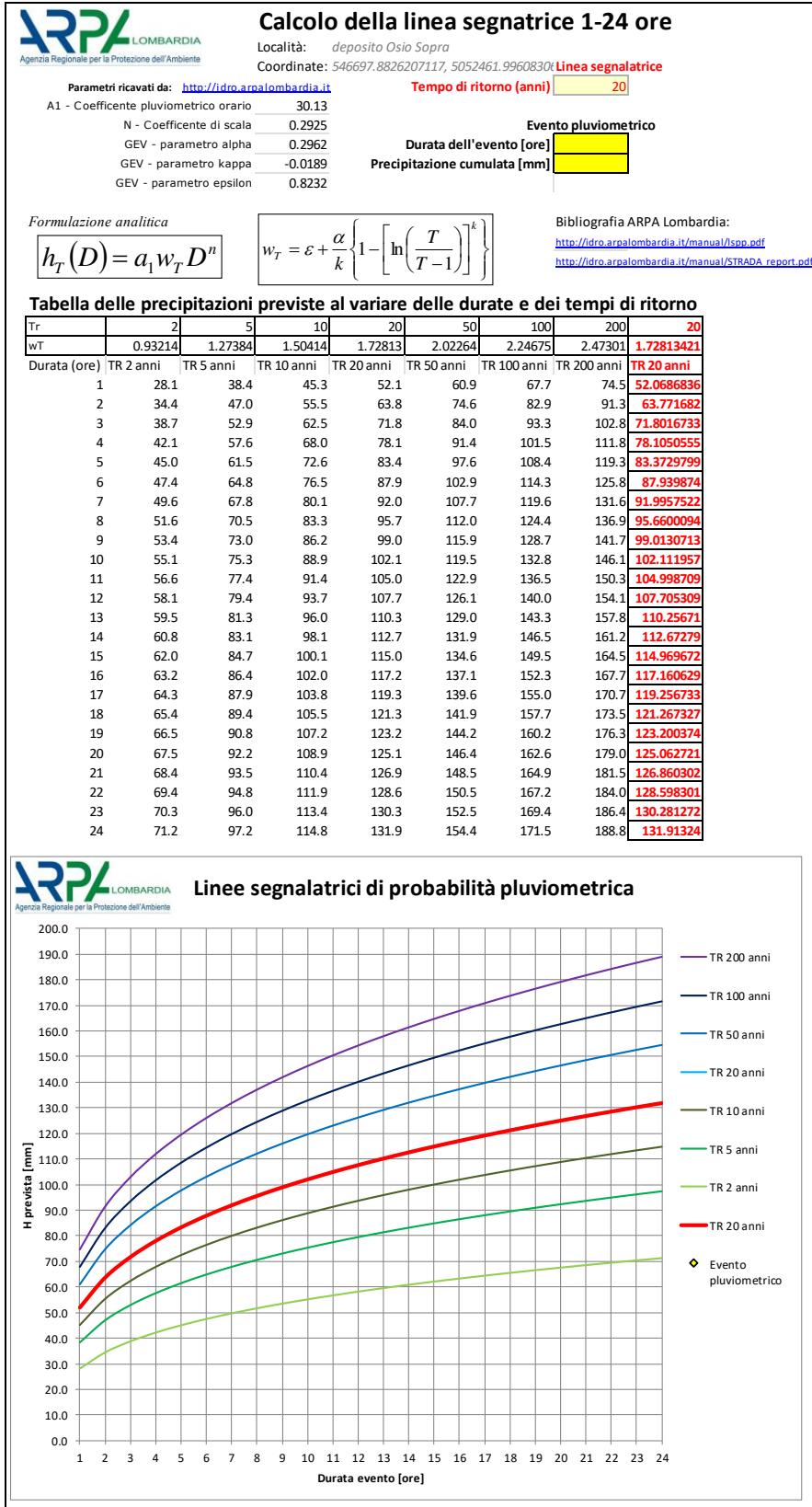
Tabella delle precipitazioni previste al variare delle durate e dei tempi di ritorno

Tr	2	5	10	20	50	100	200	20
wT	0.93436	1.27761	1.50651	1.72729	2.01488	2.23173	2.44893	1.72729461
Durata (ore)	TR 2 anni	TR 5 anni	TR 10 anni	TR 20 anni	TR 50 anni	TR 100 anni	TR 200 anni	TR 20 anni
1	28.0	38.3	45.1	51.7	60.3	66.8	73.3	51.7324735
2	34.4	47.0	55.4	63.6	74.2	82.1	90.1	63.5754678
3	38.8	53.1	62.6	71.7	83.7	92.7	101.7	71.7231087
4	42.3	57.8	68.1	78.1	91.1	100.9	110.8	78.1296512
5	45.2	61.8	72.8	83.5	97.4	107.9	118.4	83.4904733
6	47.7	65.2	76.9	88.1	102.8	113.9	125.0	88.1425125
7	49.9	68.3	80.5	92.3	107.6	119.2	130.8	92.277411
8	51.9	71.0	83.7	96.0	112.0	124.1	136.1	96.0156898
9	53.8	73.6	86.7	99.4	116.0	128.5	141.0	99.438592
10	55.5	75.9	89.5	102.6	119.7	132.6	145.5	102.603752
11	57.1	78.1	92.1	105.6	123.1	136.4	149.7	105.553692
12	58.6	80.1	94.5	108.3	126.4	140.0	153.6	108.320772
13	60.0	82.1	96.8	110.9	129.4	143.3	157.3	110.930251
14	61.3	83.9	98.9	113.4	132.3	146.5	160.8	113.402263
15	62.6	85.6	101.0	115.8	135.0	149.6	164.1	115.753141
16	63.8	87.3	102.9	118.0	137.6	152.5	167.3	117.996337
17	65.0	88.9	104.8	120.1	140.1	155.2	170.3	120.143078
18	66.1	90.4	106.6	122.2	142.5	157.9	173.3	122.202837
19	67.2	91.9	108.3	124.2	144.9	160.4	176.1	124.183691
20	68.2	93.3	110.0	126.1	147.1	162.9	178.8	126.09259
21	69.2	94.6	111.6	127.9	149.2	165.3	181.4	127.935556
22	70.2	95.9	113.1	129.7	151.3	167.6	183.9	129.717852
23	71.1	97.2	114.6	131.4	153.3	169.8	186.4	131.444102
24	72.0	98.5	116.1	133.1	155.3	172.0	188.7	133.118393



Capogruppo/mandataria: ARTELIA Passion & Solutions Italia	Mandanti: ARTELIA Passion & Solutions France	REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO					
pide ADIMI studioCARRARA		-PROGETTO DEFINITIVO-					
SMALTIMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA		COMMESA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
		B23D	00 D 00	RI	IDBR00 001	A	15 di 42

Tabella 2 LSPP la zona deposito Osio Sopra ricavate dai dati ARPA Lombardia



Capogruppo/mandataria:  ARTELIA Passion & Solutions Italia	Mandanti:  ARTELIA Passion & Solutions France	REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-
SMALTIMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA	COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO B23D 00 D 00 RI IDBR00 001	REV. FOGLIO A 16 di 42

Tabella 3 LSPP la zona Villaggio Sposi - Bergamo ricavate dai dati ARPA Lombardia



Calcolo della linea segnatrice 1-24 ore

Località: Bergamo Villaggio Sposi
 Coordinate: 550831.7742599068, 5058105.633770204 Linea segnalatrice

Parametri ricavati da: <http://idro.arpalombardia.it> **Tempo di ritorno (anni)**

A1 - Coefficiente pluviometrico orario	30.11
N - Coefficiente di scala	0.2955
GEV - parametro alpha	0.2986
GEV - parametro kappa	-0.0106
GEV - parametro epsilon	0.8243

Evento pluviometrico

Durata dell'evento [ore]

Precipitazione cumulata [mm]

Formulazione analitica

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

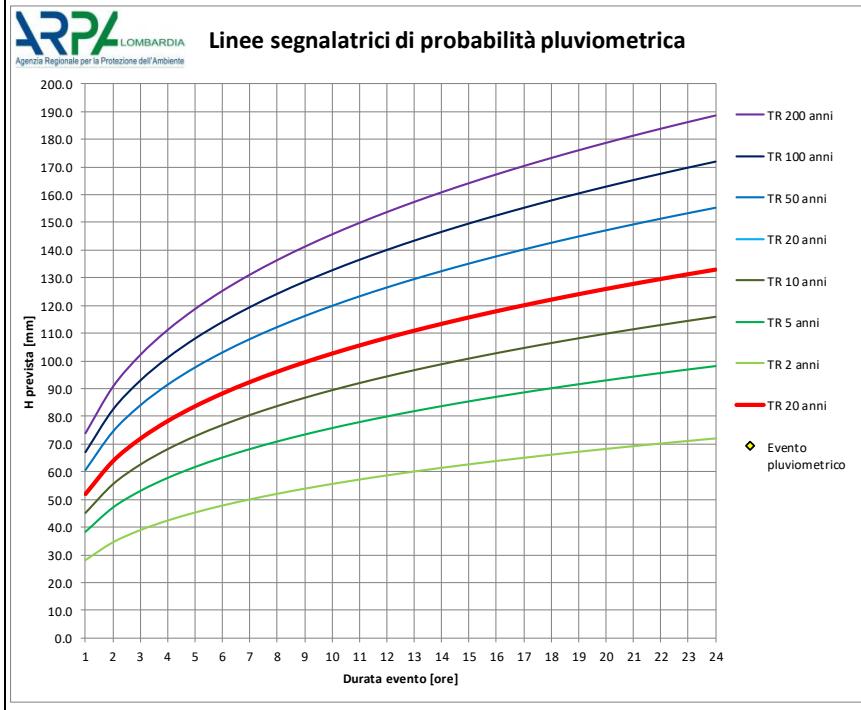
$$w_T = \varepsilon + \frac{\alpha}{k} \left\{ 1 - \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right]^k \right\}$$

Bibliografia ARPA Lombardia:

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

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

Tr	2	5	10	20	50	100	200	20
wT	0.93395	1.27576	1.50434	1.72531	2.01385	2.23195	2.45086	1.7253096
Durata (ore)	TR 2 anni	TR 5 anni	TR 10 anni	TR 20 anni	TR 50 anni	TR 100 anni	TR 200 anni	TR 20 anni
1	28.1	38.4	45.3	51.9	60.6	67.2	73.8	51.9490721
2	34.5	47.1	55.6	63.8	74.4	82.5	90.6	63.757629
3	38.9	53.1	62.7	71.9	83.9	93.0	102.1	71.8732238
4	42.4	57.9	68.2	78.3	91.3	101.2	111.2	78.250392
5	45.2	61.8	72.9	83.6	97.6	108.1	118.7	83.5840538
6	47.8	65.2	76.9	88.2	103.0	114.1	125.3	88.2107448
7	50.0	68.3	80.5	92.3	107.8	119.4	131.1	92.3218004
8	52.0	71.0	83.7	96.0	112.1	124.2	136.4	96.0375087
9	53.8	73.5	86.7	99.4	116.1	128.6	141.3	99.4389331
10	55.5	75.9	89.4	102.6	119.7	132.7	145.7	102.583567
11	57.1	78.0	92.0	105.5	123.2	136.5	149.9	105.513817
12	58.6	80.1	94.4	108.3	126.4	140.1	153.8	108.261952
13	60.0	82.0	96.7	110.9	129.4	143.4	157.5	110.853154
14	61.3	83.8	98.8	113.3	132.3	146.6	161.0	113.307493
15	62.6	85.5	100.8	115.6	135.0	149.6	164.3	115.641246
16	63.8	87.2	102.8	117.9	137.6	152.5	167.4	117.867819
17	65.0	88.7	104.6	120.0	140.1	155.2	170.5	119.998399
18	66.1	90.2	106.4	122.0	142.5	157.9	173.4	122.042423
19	67.1	91.7	108.1	124.0	144.7	160.4	176.2	124.007937
20	68.2	93.1	109.8	125.9	147.0	162.9	178.8	125.901863
21	69.1	94.4	111.4	127.7	149.1	165.2	181.4	127.730201
22	70.1	95.8	112.9	129.5	151.2	167.5	184.0	129.498189
23	71.0	97.0	114.4	131.2	153.2	169.7	186.4	131.210433
24	71.9	98.3	115.9	132.9	155.1	171.9	188.7	132.871004



Capogruppo/mandataria:  ARTELIA Passion & Solutions Italia	Mandanti:  ARTELIA Passion & Solutions France	REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-
SMALTIMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA	COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO B23D 00 D 00 RI IDBR00 001	REV. FOGLIO A 17 di 42

Tabella 4 LSPP la zona Grumello - Bergamo ricavate dai dati ARPA Lombardia



Calcolo della linea segnatrice 1-24 ore

Località: Bergamo - zona Grumello
 Coordinate: 549823.5080064447, 5056842.6476211315 **Linea segnalatrice**

Parametri ricavati da: http://idro.arpalombardia.it	Tempo di ritorno (anni) 20
A1 - Coefficiente pluviometrico orario	30.18
N - Coefficiente di scala	0.2943
GEV - parametro alpha	0.2974
GEV - parametro kappa	-0.0161
GEV - parametro epsilon	0.8233

Evento pluviometrico

Durata dell'evento [ore]	24
Precipitazione cumulata [mm]	232

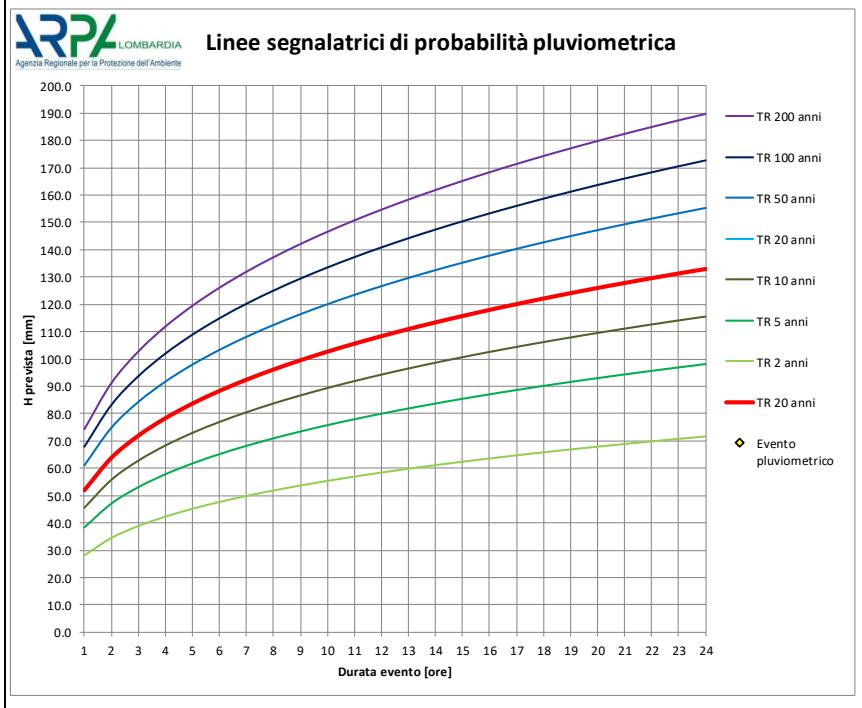
Formulazione analitica

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

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

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

Tr	2	5	10	20	50	100	200	20
WT	0.93262	1.27481	1.50483	1.72810	2.02096	2.24332	2.46737	1.72809742
Durata (ore)	TR 2 anni	TR 5 anni	TR 10 anni	TR 20 anni	TR 50 anni	TR 100 anni	TR 200 anni	TR 20 anni
1	28.1	38.5	45.4	52.2	61.0	67.7	74.5	52.1539802
2	34.5	47.2	55.7	64.0	74.8	83.0	91.3	63.9558957
3	38.9	53.2	62.8	72.1	84.3	93.5	102.9	72.0616569
4	42.3	57.9	68.3	78.4	91.7	101.8	112.0	78.4284647
5	45.2	61.8	72.9	83.8	97.9	108.7	119.6	83.7518348
6	47.7	65.2	77.0	88.4	103.3	114.7	126.2	88.3684772
7	49.9	68.2	80.5	92.5	108.1	120.0	132.0	92.4697772
8	51.9	70.9	83.8	96.2	112.5	124.9	137.3	96.1760289
9	53.7	73.5	86.7	99.6	116.4	129.3	142.2	99.5682854
10	55.4	75.8	89.4	102.7	120.1	133.3	146.6	102.704024
11	57.0	77.9	92.0	105.6	123.5	137.1	150.8	105.625633
12	58.5	79.9	94.4	108.4	126.7	140.7	154.7	108.365365
13	59.9	81.8	96.6	110.9	129.8	144.0	158.4	110.948385
14	61.2	83.7	98.7	113.4	132.6	147.2	161.9	113.394748
15	62.5	85.4	100.8	115.7	135.3	150.2	165.2	115.720717
16	63.6	87.0	102.7	117.9	137.9	153.1	168.4	117.939686
17	64.8	88.6	104.6	120.1	140.4	155.9	171.4	120.06283
18	65.9	90.1	106.3	122.1	142.8	158.5	174.3	122.099576
19	67.0	91.5	108.0	124.1	145.1	161.0	177.1	124.057962
20	68.0	92.9	109.7	125.9	147.3	163.5	179.8	125.9449
21	69.0	94.3	111.3	127.8	149.4	165.9	182.4	127.766382
22	69.9	95.6	112.8	129.5	151.5	168.1	184.9	129.52764
23	70.8	96.8	114.3	131.2	153.5	170.4	187.4	131.233273
24	71.7	98.0	115.7	132.9	155.4	172.5	189.7	132.887346



Capogruppo/mandataria:  ARTELIA Passion & Solutions Italia	Mandanti:  ARTELIA Passion & Solutions France	REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-					
SMALTIMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA		COMMESSA B23D	LOTTO 00 D 00	CODIFICA RI	DOCUMENTO IDBR00 001	REV. A	FOGLIO 18 di 42

Un importante aspetto, da prendere in considerazione quando si utilizzano le curve di possibilità pluviometrica, è la sottostima dei volumi totali di precipitazione calcolati.

Come si è visto, le curve vengono elaborate a partire dai massimi annui di assegnata durata, ognuno dei quali rappresenta la massima altezza di precipitazione all'interno dell'evento meteorico in cui essa si è verificata.

Tale massima altezza di precipitazione è quindi sempre minore o uguale all'altezza complessiva registrata nell'evento stesso.

Le curve di possibilità pluviometrica forniscono, quindi, le massime altezze di assegnata durata che hanno la probabilità di presentarsi, con prefissato tempo di ritorno, all'interno di eventi di altezza complessiva di precipitazione maggiore o uguale a quella definita dalle curve.

Pertanto, le altezze di pioggia fornite dalle curve di possibilità climatica, pur rappresentando i massimi annui di data durata e tempo di ritorno, forniscono in generale una sottostima dell'altezza totale di precipitazione.

A tal proposito, le ricerche basate sull'analisi statistica di serie storiche l'analisi dell'impatto dei cambiamenti climatici in atto e previsti sulla distribuzione delle piogge di breve durata e di forte intensità è ancora lontana dal fornire risultati quantitativi certi e fruibili per le pratiche applicazioni. In termini qualitativi, per quanto riguarda l'Italia, le precipitazioni annuali sembrerebbero sostanzialmente stabili o caratterizzate da trend positivi e negativi comunque deboli, mentre gli eventi estremi sembrerebbero crescere in intensità e frequenza i cui trend non sono però quantificabili.

A tal fine, per analogia con la Relazione Idraulica svolta per lo studio della roggia Colleonesca allegata al progetto generale per la "REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO" a cui si rimanda per i dettagli, nel presente studio, per il dimensionamento della rete lungo l'intera tratta della SP525 interessata dall'ampliamento stradale per il passaggio dell'E-BRT, si è ritenuto opportuno ricavare i parametri pluviometrici determinati dallo studio idrologico e idraulico commissionato dal Consorzio di Bonifica della Media Pianura Bergamasca ed eseguito dal DICAr, Università degli Studi di Pavia Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura, coordinato dal Prof. Ciaponi, denominato: "Problematiche di regimazione idraulica determinatesi nel comprensorio di Bergamo nell'estate 2016 – studio idrologico e idraulico".

Si sono quindi utilizzati i dati pluviometrici misurati presso la stazione di Bergamo-via Stezzano che coprono un intervallo di tempo sufficientemente esteso e che sono aggiornati al 2016. La stazione di via Stezzano, inoltre, è ubicata all'interno dell'area più occidentale della città ed è quindi atta a rappresentare adeguatamente la pluviometria dell'area oggetto anche per il presente studio.

Nel caso della stazione di via Stezzano è disponibile l'intera serie delle misure. Ciò consente di ricavare le curve di probabilità pluviometrica utilizzando metodi, quali il metodo delle eccedenze, che, anziché operare solo sui valori massimi annuali, prende in considerazione più valori estremi per ogni anno, con il vantaggio di utilizzare meglio le informazioni contenute nei dati.

Per avere dati omogenei e sicuramente corrispondenti ai valori più alti misurati, si è optato per utilizzare, per tutte le durate considerate (sia inferiori che maggiori o uguali all'ora), solo i dati forniti con la risoluzione di 10 minuti.

I dati relativi ad ogni durata sono stati poi interpretati con una legge che rappresenta un adattamento della legge di Gumbel.

Come anticipato, i dati ottenuti sono stati regolarizzati con una di probabilità pluviometrica a 3 parametri

$$h = \frac{a t}{(t + b)^c}$$

Capogruppo/mandataria:  ARTELIA Passion & Solutions Italia	Mandanti:  ARTELIA Passion & Solutions France	 ERREGI SERVIZI INTEGRATIVI INGEGNERIA ED ARCHITETTURA	REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-				
SMALTIMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA		COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO B23D 00 D 00 RI IDBR00 001 A 19 di 42					

ricavando i seguenti valori per assegnato tempo di ritorno.

Tabella 5 - Parametri delle curve di probabilità pluviometrica di progetto ricavati dallo studio del DICAr del 2017

T [anni]	a [mm]	b [ore]	c
10	78,36	0,285	0,968
20	89,47	0,287	0,971
30	95,87	0,288	0,973
50	103,86	0,289	0,975
100	114,63	0,291	0,977
200	125,37	0,292	0,979

Si riporta il grafico delle nuove curve di possibilità pluviometrica desunte dallo studio del DICAr per l'area di Bergamo sud-ovest e adottate nel presente studio per la rete di drenaggio acque di piattaforma per la tratta della SP525 in corrispondenza dell'ampliamento della carreggiata stradale (lato ovest) sopra la roggia Colleonesca.

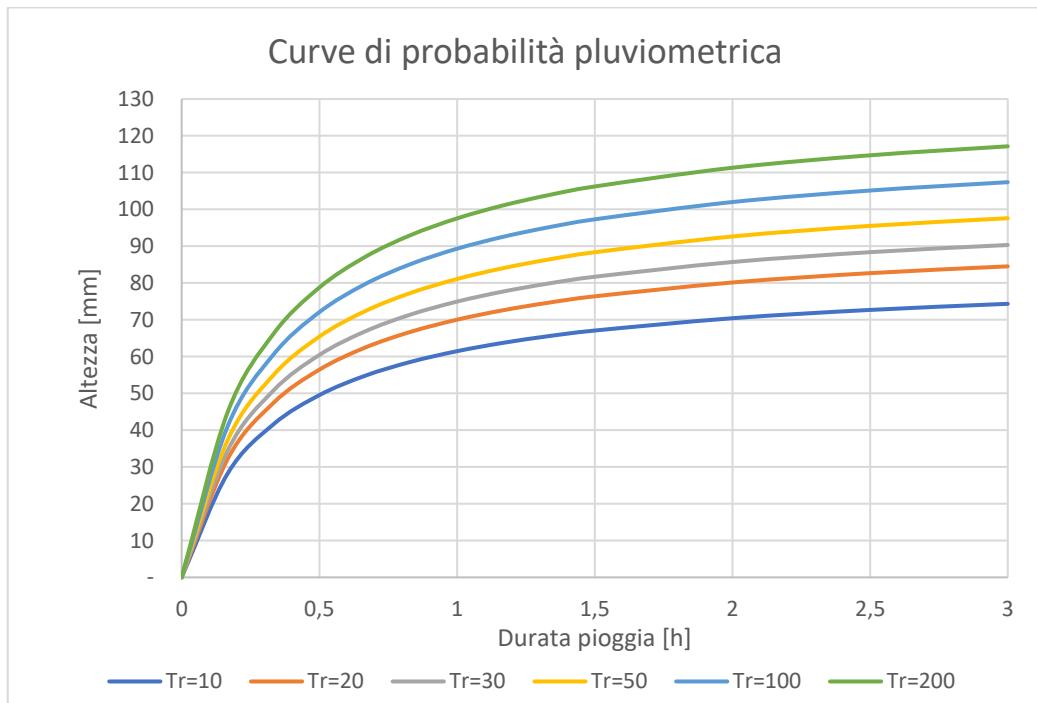


Figura 5 – Nuove Curve di Possibilità Pluviometrica desunte dallo studio del DICAr per l'area di Bergamo sud-ovest e adottate per il dimensionamento del drenaggio della mezza carreggiata della SP525

Per le aree dei depositi si sono invece considerati i parametri pluviometrici derivanti dalle analisi di ARPA Lombardia, di cui si riporta un riepilogo.

Capogruppo/mandataria:  ARTELIA Passion & Solutions Italia	Mandanti:  ARTELIA Passion & Solutions France	 ERREGI SERVIZI INTEGRATIVI INGEGNERIA ED ARCHITETTURA	REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-					
SMALTIMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA			COMMESSA B23D	LOTTO 00 D 00	CODIFICA RI	DOCUMENTO IDBR00 001	REV. A	FOGLIO 20 di 42

Zona deposito di Bergamo

Tempo di ritorno (anni)	2	5	10	20	50
Parametro a	27.984	38.264	45.120	51.732	60.346
n (durata >1h)	0.2974				
n (durata <1h)	0.5				

Zona deposito di Osio

Tempo di ritorno (anni)	2	5	10	20	50
Parametro a	28.085	38.381	45.320	52.069	60.942
n (durata >1h)	0.2925				
n (durata <1h)	0.5				

5.3 Considerazioni sul tempo di ritorno

Il tempo di ritorno da assumere alla base della progettazione deve essere da un lato sufficientemente elevato da garantire il buon funzionamento della rete idraulica, dall'altro accuratamente ponderato onde consentire un dimensionamento non eccessivamente oneroso.

Si tratta, quindi, di trovare il giusto compromesso tecnico-economico.

La grandezza comunemente presa a riferimento come valore di progetto (per esempio per valutare il grado di protezione dagli allagamenti offerto dalla rete di drenaggio) è il tempo di ritorno T_R della portata di dimensionamento.

Tramite tale espressione si indica il numero di anni in cui il superamento del valore assegnato della portata avviene mediamente una volta; alternativamente, il tempo di ritorno rappresenta il numero di anni che in media separa il verificarsi di due eventi di entità eguale o superiore alla soglia assegnata.

Per comprendere l'espressione 'in media', si supponga di suddividere la serie temporale (di durata infinita) in tanti intervalli di durata T pari al tempo di ritorno; in ciascun intervallo la soglia prefissata può essere superata un numero di volte variabile da zero (la soglia non viene mai superata durante l'intervallo) a T (la soglia viene superata tutti gli anni). La definizione indica che, per un evento caratterizzato da un tempo di ritorno pari a T , il numero medio di tali superamenti sarà pari ad uno.

Quando si deve valutare la probabilità di fallanza di un'opera, il concetto di tempo di ritorno viene spesso sostituito da quello di rischio. Si definisce rischio associato ad una certa portata la probabilità che la portata stessa sia superata almeno una volta in un numero prefissato di anni; pertanto, il rischio dipende dall'estensione del periodo considerato e dalla portata in esame, ovvero dal suo tempo di ritorno. Se il dimensionamento dell'opera è stato condotto con riferimento alla portata $Q(T)$ di T anni di tempo di ritorno, il rischio $R_N[Q(T)]$, ovvero la probabilità che durante N anni di funzionamento l'opera risulti insufficiente una o più volte, è esprimibile come:

$$R_N(Q(T)) = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^N$$

Capogruppo/mandataria:  ARTELIA Passion & Solutions Italia	Mandanti:  ARTELIA Passion & Solutions France	 ERREGI SERVIZI INTEGRATIVI INGEGNERIA ED ARCHITETTURA	REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-
SMALTIMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA		COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO B23D 00 D 00 RI IDBR00 001 A 21 di 42	

La *Tabella 6* fornisce i valori del rischio di insufficienza di un'opera dimensionata sulla base di un valore di portata corrispondente ad un tempo di ritorno di 10 anni.

Tabella 6. Valutazione del rischio d'insufficienza per T = 10 anni

Anni di vita dell'opera N [anni]	Rischio d'insufficienza RN [%]
5	40,9
10	65,1
25	92,8
50	99,5
100	99,99

Dalla *Tabella 6* risulta che il verificarsi di una o più crisi di una rete di drenaggio durante il suo periodo di funzionamento sia un evento molto probabile, quasi certo. Peraltro, ciò corrisponde ad una precisa scelta progettuale in quanto il contenimento del rischio di fallanza della rete comporterebbe la necessità di incrementare sensibilmente il tempo di ritorno di progetto e, conseguentemente, delle dimensioni fisiche dei manufatti e dei costi per la realizzazione degli stessi.

Discende da ciò che nei calcoli di verifica o dimensionamento occorre preliminarmente stabilire quale rischio d'insufficienza si vuole accettare. In altri termini occorre fissare il valore del tempo di ritorno T_R di progetto. La scelta di T_R discende da un compromesso tra l'esigenza di contenere la frequenza delle insufficienze idrauliche e la necessità di contenere le dimensioni di collettori e strutture di controllo delle portate, entro limiti economicamente accettabili e compatibili con i vincoli esistenti nel territorio interessato.

In via definitiva **si è assunto un valore del tempo di ritorno pari a:**

$T_R = 20$ anni per il dimensionamento delle reti drenaggio, superiore al consueto valore di 10 anni adottato per reti di fognatura

$T_R = 50$ anni per il dimensionamento dei sistemi di accumulo nei piazzali dei depositi ATB secondo quanto richiesto dal principio di invarianza idraulica.

5.4 Calcolo delle superfici scolanti

Per determinare le superfici scolante afferenti ai recapiti finali valgono le seguenti considerazioni:

1. Nuova area deposito Osio: l'area attualmente a verde verrà trasformata per la realizzazione di un piazzale impermeabile per il deposito dei bus; superficie impermeabile da considerare nel calcolo: 3770 m²;
2. Area deposito via Gleno – Bergamo: l'area deposito esistente verrà ampliata di una nuova porzione a nord est; superficie impermeabile da considerare nel calcolo: 1400 m²;
3. Strada SP525 Bergamo – Dalmine – Osio Sopra: a seguito dell'allargamento stradale per consentire il passaggio dei mezzi dell'E-BRT, la nuova carreggiata stradale avrà una larghezza di 13,2m. Per la progettazione del nuovo drenaggio viene considerata la mezza carreggiata (lato ovest) che afferisce alla roggia Colleonesca; quindi, si è considerata una superficie al metro lineare di 6,6 m²/m lineare.

Capogruppo/mandataria:  ARTELIA Passion & Solutions Italia	Mandanti:  ARTELIA Passion & Solutions France	 ERREGI SERVIZI INTEGRATIVI INGEGNERIA ED ARCHITETTURA	REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-				
SMALTIMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA		COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO B23D 00 D 00 RI IDBR00 001 A 22 di 42					

Per i nuovi collettori è necessario considerare le caratteristiche del tracciato, tra cui la pendenza delle superfici stradali, i coefficienti di afflusso.

Il coefficiente di afflusso tiene conto della capacità del terreno di trattenere l'acqua in funzione delle proprie caratteristiche. Trattandosi di un'area urbana si è considerato $\Phi=1$, ovvero si considera che l'intera superficie contribuisca alla determinazione di un afflusso idrico.

L'area di deposito di Osio presenta un culmine nella parte centrale dove vi sono le pensiline e pertanto si possono considerare nel dimensionamento 2 falde principali: una che scende verso nord e una verso sud.

L'estensione dell'area deposito di via Gleno a Bergamo presenta una unica pendenza che scende con direzione sud-ovest verso l'area deposito esistente.

La carreggiata della SP525 presenta la classica configurazione a schiena d'asino, con pendenze del 2,5% verso i lati esterni della strada. Il nuovo sistema di drenaggio verrà ubicato generalmente a ovest della roggia Colleonesca (lato esterno) al fine di poter captare l'intera porzione di superficie impermeabile scolante. Nei tratti dove la roggia è a ridosso di muri o edifici esistenti, si provvederà a spostare la rete principale di drenaggio sul lato interno della roggia e captare le acque fra roggia e manufatti esistenti tramite caditoie con tubazioni di sezione ridotta.



Figure 1 – deposito ATB di via Gleno esistente con evidenziata l'area di allargamento

Capogruppo/mandataria:  ARTELIA Passion & Solutions Italia	Mandanti:  ARTELIA Passion & Solutions France	 ERREGI SERVIZI INTEGRATIVI INGEGNERIA ED ARCHITETTURA
REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO		
-PROGETTO DEFINITIVO-		

SMALTIMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA

COMMESA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
B23D	00 D 00	RI	IDBR00 001	A	23 di 42

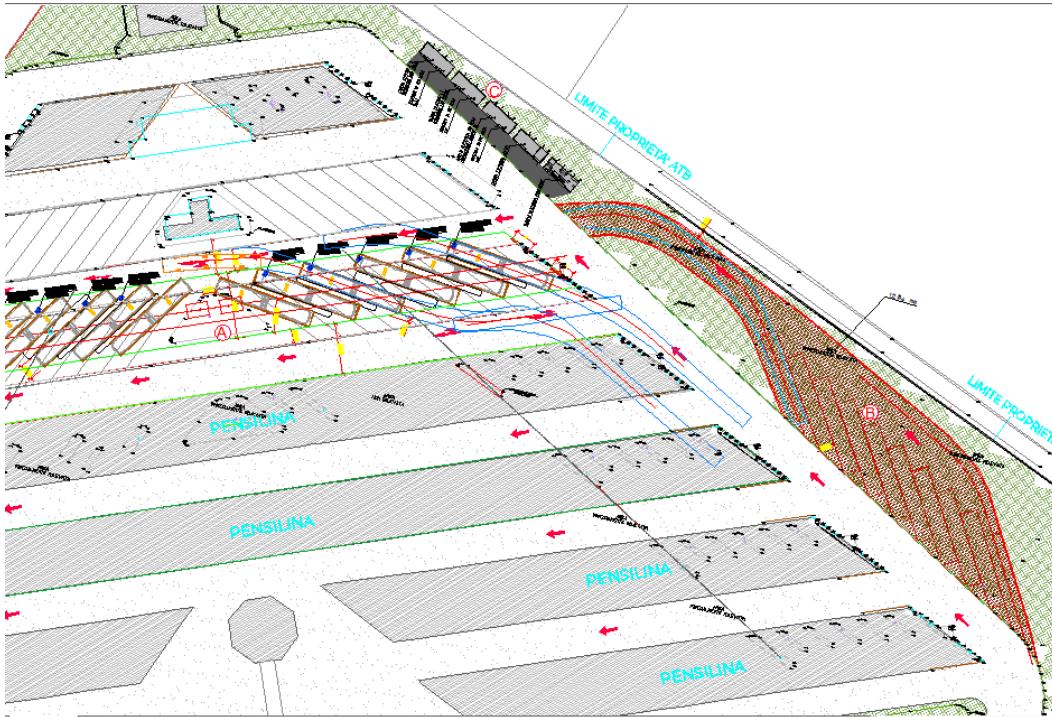


Figure 2 - deposito ATB di via Gleno: ampliamento verso nord-est (in colore rosso)



Figure 3 – zona nuovo deposito di Osio – via per Levate con evidenziata l'area di urbanizzazione

Capogruppo/mandataria:  ARTELIA Passion & Solutions Italia	Mandanti:  ARTELIA Passion & Solutions France	REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-
SMALTIMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA	COMMESSA B23D LOTTO 00 D 00 CODIFICA RI DOCUMENTO IDBR00 001	REV. A FOGLIO 24 di 42



Figure 4 - zona nuovo deposito di Osio: nuova urbanizzazione in progetto

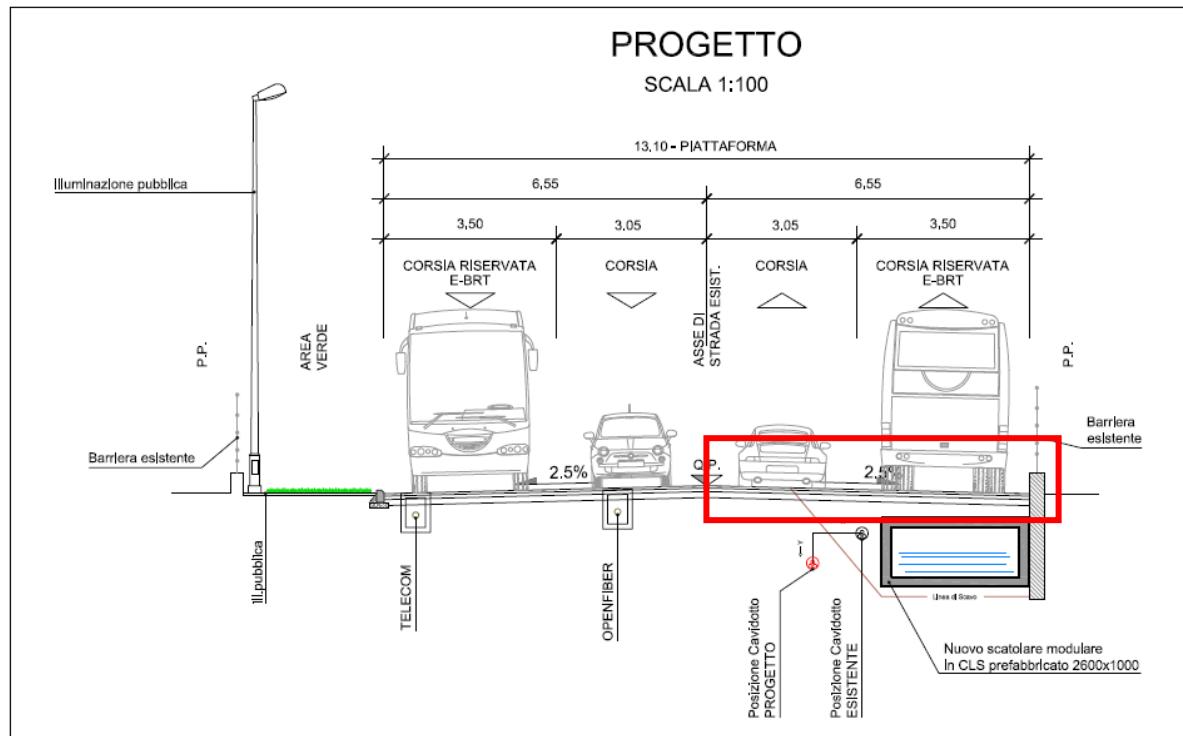


Figura 6 – Superfici scolanti afferenti alla roggia Colleonesca

Capogruppo/mandataria:  ARTELIA Passion & Solutions Italia	Mandanti:  ARTELIA Passion & Solutions France	REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-					
SMALTIMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA		COMMESSA B23D	LOTTO 00 D 00	CODIFICA RI	DOCUMENTO IDBR00 001	REV. A	FOGLIO 25 di 42

5.5 Scelta delle portate di riferimento

La simulazione della rete di drenaggio stradale è stata condotta con un modello semplificato atto a rappresentare globalmente i fenomeni di infiltrazione e di trasformazione afflussi-deflussi.

Il modello adottato ammette due parametri fondamentali, uno per ciascuno dei due fenomeni citati. Detti parametri hanno un preciso significato fisico e sono basilari per poter raggiungere una rappresentazione abbastanza accettabile del fenomeno delle piene, almeno nel campo dell'idrologia a scala urbana: il coefficiente di deflusso (equivalente al coefficiente di assorbimento orario nella nomenclatura del metodo italiano) e il tempo di corriavazione del bacino.

Il coefficiente di deflusso ϕ misura il rapporto tra il volume totale dei deflussi superficiali ed il volume totale degli afflussi meteorici. Nel caso in esame, è stato assunto un coefficiente di deflusso costante: $\phi = 1$ per le superfici costituenti la piattaforma stradale.

Il tempo di corriavazione θ_c del bacino, riferito alla sezione di calcolo, rappresenta il tempo caratteristico di formazione degli scorimenti superficiali; esso dà una rappresentazione della rapidità con cui i deflussi netti si concentrano nelle sezioni di chiusura del bacino in esame e dei sottobacini in cui è stato suddiviso, ed è quindi determinante per il calcolo della forma dell'onda di piena ed in particolare del valore di picco della portata (portata al colmo).

La trasformazione afflussi netti-deflussi è stata effettuata attraverso l'applicazione di un modello lineare basato sulla teoria dell'idrogramma unitario istantaneo (IUH).

Nel presente progetto si è adottato l'IUH derivato dal modello di corriavazione. In questo caso si schematizza il bacino come un insieme di canali lineari caratterizzati da tempi di percorrenza invarianti. L'IUH risultante ha espressione:

$$h(t) = 1/\theta_c$$

Dove θ_c è il tempo di corriavazione dell'intero bacino.

In generale per il tempo di corriavazione t_c vale l'espressione:

$$t_c = t_a + t_r$$

Dove:

t_a tempo di accesso alla rete del punto più lontano dalla sezione critica, la sua stima dipende dalla pendenza del manto stradale, dalle caratteristiche della pavimentazione e dalla presenza di altri sistemi di drenaggio. Nella progettazione si è assunto pari a 5 minuti per la SP525 e 8÷10 minuti per i piazzali.

$t_r = \sum_v^L$ tempo di rete, dipende dalle caratteristiche delle tubazioni, L =lunghezza (m), v =velocità media (m/s) compresa nell'intervallo di valori 0.5 e 2 m/s.

Si è adottato il metodo a ietogramma costante, dedotto dalla curva segnalatrice di possibilità pluviometrica e basato sull'ipotesi che l'andamento temporale dell'intensità di pioggia sia invariante per tutta la sua durata:

$$i = \frac{h}{\theta_c}$$

Il valore della portata al colmo dell'idrogramma di piena è stato ottenuto applicando la relazione generale del metodo della corriavazione (formula razionale):

$$Q_c = 2.78\phi \cdot iS$$

Capogruppo/mandataria:      	Mandanti:  REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-												
SMALTIMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">COMMESSE</th> <th style="text-align: center;">LOTTO</th> <th style="text-align: center;">CODIFICA</th> <th style="text-align: center;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: center;">REV.</th> <th style="text-align: center;">FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">B23D</td> <td style="text-align: center;">00 D 00</td> <td style="text-align: center;">RI</td> <td style="text-align: center;">IDBR00 001</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">26 di 42</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSE	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	B23D	00 D 00	RI	IDBR00 001	A	26 di 42
COMMESSE	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
B23D	00 D 00	RI	IDBR00 001	A	26 di 42								

dove:

- Q_c è la portata di picco espressa in [l/s],
- ϕ il coefficiente d'afflusso,
- i l'intensità critica di pioggia [mm/ora],
- S la superficie del bacino scolante [ha]
- "2.78" è il fattore di conversione da [mm ha/h] a [l/s].

6. PROGETTAZIONE DEL SISTEMA DI DRENAGGIO

6.1 Generalità

Come anticipato in precedenza per le aree di deposito dei bus e per la piattaforma stradale della SP525 sono previsti 2 differenti approcci per il recapito finale:

- nella SP525 è previsto una classica rete di drenaggio urbano della mezza carreggiata stradale (lato ovest) con scarico in roggia Colleonesca previo trattamento mediante disoleatore/dissabbiatore;
- nelle aree dei depositi per le quali avviene una trasformazione delle superfici (da aree verdi drenanti a superfici asfaltate impermeabili) viene applicata l'invarianza idraulica prevedendo una rete di drenaggio con immagazzinamento dei volumi di pioggia e dispersione in pozzi perdenti, senza quindi sollecitare ulteriormente reti fognarie o canali irrigui esistenti. Anche in questo caso è previsto un preliminare trattamento delle acque mediante disoleatore - dissabbiatore;

La captazione delle acque di dilavamento delle superfici stradali avverrà mediante un sistema di caditoie opportunamente posate lungo il lato della strada SP525 e nei piazzali dei depositi.

In particolare, lungo la direttrice Bergamo – Dalmine – Osio della SP525 si prevede di **posare una griglia di captazione con canaletta prefabbricata mediamente ogni 20 m** a cui afferisce un'area non superiore ai 130 m². Dove la larghezza della strada aumenta in corrispondenza di rotatorie andrà tenuto conto nella posa delle caditoie.

Nelle aree dei depositi invece, la captazione delle acque avverrà mediante un classico sistema di caditoie sifonate.

6.2 Dimensionamento del collettore

Per il dimensionamento del collettore fognario si è utilizzato un T_R di 20 anni. Il progetto prevede l'utilizzo di condotti di diametro da DN250 a DN400 mm in materiale plastico PVC e pendenza pari al 2 e 3 per mille nei piazzali dei depositi e del 4 per mille lungo la SP525.

Per la verifica idraulica si utilizza la formula di Gauckler-Stickler valida per le correnti a pelo libero in moto uniforme:

$$Q = AK_s R_h^{2/3} \sqrt{i}$$

Dove:

- i è la pendenza motrice
- R_h è il raggio idraulico medio

Capogruppo/mandataria:  ARTELIA Passion & Solutions Italia	Mandanti:  ARTELIA Passion & Solutions France	REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-					
SMALTIMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA		COMMESA B23D	LOTTO 00 D 00	CODIFICA RI	DOCUMENTO IDBR00 001	REV. A	FOGLIO 27 di 42

A è l'area della condotta

K_s è il coefficiente di scabrezza secondo Gauckler-Stickler che per una condotta in PVC può essere assunto pari a $110 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$

Nel dimensionamento del collettore è importante ottenere un rapporto tra $h/D < 0,7$ con h altezza pelo libero in condotta e D diametro, che corrisponde ad un rapporto $Q_c/Q_r < 0,837$ in cui Q_c è la portata massima idrologica calcolata col metodo "razionale" e Q_r la portata massima che la condotta è in grado di trasportare.

6.2.1 Verifica delle velocità

Un criterio di verifica per il dimensionamento della fognatura riguarda l'analisi della velocità che dovrebbero essere comprese entro certi limiti: non inferiori a 0,4 m/s per evitare eccessive sedimentazioni e non superiore a 5 m/s per limitare l'usura interna delle tubazioni.

Le velocità dipendono, oltre che dai valori di portate minime e massime, dalla pendenza della condotta e dalla sua scabrezza. Le pendenze di progetto derivano dal compromesso tra la necessità di garantire un buon scorrimento dei reflui anche in tempo asciutto e la topografia delle aree di trasformazione oggetto dello studio.

Nelle seguenti tabelle si riportano, per ciascuna zona di studio, i vari parametri idrologici e geometrici delle reti in progetto (lunghezze, diametri) oltre che la superficie scolante e le pendenze. Nell'ultima colonna si riportala verifica sul grado di riempimento (Q_c/Q_r) ed il valore della velocità V_c in condotta. Le verifiche sono tutte verificate. Le velocità nei primi tratti sono in alcuni casi inferiori a 0,4 m/sm ma sono comunque accettabili.

In particolare, per ciascuna delle due aree di deposito sono previste 2 reti interrate che sfruttano le pendenze previsti per i piazzali stessi, mentre per le reti lungo gli 8 km della SP525 del Brembo interessata dall'intervento è previsto un sistema di drenaggio che ogni 400m scarica in roggia onde evitare dimensionamenti eccessivi per tratte più lunghe e costituito da:

rete in PVC DN 250÷400mm + disoleatore

Capogruppo/mandataria:	 ARTELIA	Passion & Solutions France	Mandanti:	 ARTELIA	Passion & Solutions France	 ERREGI	SERVIZI INTEGRATI DI INGEGNERIA ED ARQUITETTURA	REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO					
-PROGETTO DEFINITIVO-													
SMALTIMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA	COMMESMA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO							
	B23D	00 D 00	RI	IDBR00 001	A	28 di 42							

Tabella 7 – verifica idraulica deposito Bergamo via Gleno

Tabella 8 – verifica idraulica deposito Osio

Tabella 9 – verifica idraulica di piattaforma lungo SP525 (si considera una tratta di 400 m che si ripete lungo la strada)

Capogruppo/mandataria:  ARTELIA Passion & Solutions Italia	Mandanti:  ARTELIA Passion & Solutions France	 ERREGI SERVIZI INTEGRATI DI INGEGNERIA ED ARCHITETTURA	REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-				
SMALTIMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA			COMMESSE	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
			B23D	00 D 00	RI	IDBR00 001	A
							FOGLIO 29 di 42

6.3 Definizione dell'intervento e delle modalità di calcolo del progetto di invarianza idraulica

Il Regolamento Regionale 19 aprile 2019 - n. 8 (nel seguito indicato come “Regolamento”) prevede differenti modalità di calcolo, in funzione della classe di intervento e dell’ambito territoriale in

Tabella 10 - Classe di intervento ai sensi del Regolamento n. 8/2019

CLASSE DI INTERVENTO		SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	COEFFICIENTE DEFLOSSO MEDIO PONDERALE	MODALITÀ DI CALCOLO	
				AMBITI TERRITORIALI (articolo 7)	
				Are A, B	Are C
0	Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi	≤ 0,03 ha (≤ 300 mq)	qualsiasi	Requisiti minimi articolo 12 comma 1	
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	da > 0,03 a ≤ 0,1 ha (da > 300 mq a ≤ 1.000 mq)	≤ 0,4	Requisiti minimi articolo 12 comma 2	
2	Impermeabilizzazione potenziale media	da > 0,03 a ≤ 0,1 ha (da > 300 a ≤ 1.000 mq)	> 0,4	Metodo delle sole piogge (vedi articolo 11 e allegato G)	Requisiti minimi articolo 12 comma 2
		da > 0,1 a ≤ 1 ha (da > 1.000 a ≤ 10.000 mq)	qualsiasi		
		da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤ 100.000 mq)	≤ 0,4		
3	Impermeabilizzazione potenziale alta	da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤ 100.000 mq)	> 0,4	Procedura dettagliata (vedi articolo 11 e allegato G)	
		> 10 ha (> 100.000 mq)	qualsiasi		

Ai sensi dell’art. 3 comma 5) del Regolamento, “le misure di invarianza idraulica e idrologica si applicano alla sola superficie del lotto interessata dall’intervento comportante una riduzione della permeabilità del suolo rispetto alla condizione preesistente all’urbanizzazione e non all’intero comparto”.

Dai rilievi effettuati, le superfici scolanti impermeabili dell’intervento in corrispondenza dei piazzali dei depositi risultata rispettivamente pari a circa:

- 3770 mq (0,377 ha) per il deposito di Osio
- 1400 mq (0,14 ha) per l’ampliamento del deposito di via Gleno a Bergamo

La superficie scolante dei nuovi piazzali è completamente impermeabile e quindi con coefficiente di deflusso pari a 1.

Secondo la Tabella 10 sopra riportata, entrambe le superfici sono inferiori a 1 ettaro e pertanto, a prescindere dal coefficiente di deflusso, la classe di intervento corrisponde a “**Impermeabilizzazione potenziale media**”.

Secondo l’allegato C del Regolamento, il deposito di Bergamo è in **area A** ad alta criticità idraulica mentre il deposito di Osio Sopra è in **area B** a media criticità idraulica. In entrambi i casi, l’invarianza idraulica è da realizzare applicando il “Metodo delle sole piogge” di cui all’articolo 11 ed allegato G del Regolamento.

Inoltre, secondo l’articolo 8, il valore massimo ammissibile di portata meteorica scaricabile nei ricettori deve rimanere entro i limiti di:

Capogruppo/mandataria:      	Mandanti:  	REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-				
SMALTIMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA	COMMESSA B23D	LOTTO 00 D 00	CODIFICA RI	DOCUMENTO IDBR00 001	REV. A	FOGLIO 30 di 42

10 l/s per ogni ettaro (ha) di superficie scolante impermeabile, per il deposito di Bergamo;
 20 l/s per ogni ettaro (ha) di superficie scolante impermeabile, per il deposito di Osio.

Secondo l'articolo 12, il volume minimo di invaso da rispettare risulta di:

- 800 mc per ettaro di superficie scolante impermeabile per il deposito di Bergamo;
- 500 mc per ettaro di superficie scolante impermeabile per il deposito di Osio;

6.4 Calcolo del volume di invaso

I pozzi disperdenti si comportano come manufatti idraulici tipo vasche di accumulo che consentono di operare una riduzione della portata al colmo di un'onda di piena per mezzo di un processo di laminazione ed una successiva dispersione nel terreno.

Risulta evidente che, mentre per il dimensionamento della rete di drenaggio sono d'interesse i valori massimi della portata dell'onda di piena, la vasca viene invece maggiormente sollecitata dall'intero volume del corpo dell'onda; di conseguenza le precipitazioni che risultano critiche per la rete a monte non lo sono altrettanto per la vasca.

I fattori che influiscono sull'effetto di laminazione operato da una vasca volano sono il volume massimo in essa contenibile, la sua geometria e le caratteristiche della sua bocca di scarico. Dal punto di vista matematico, le equazioni che permettono di descrivere il fenomeno della laminazione e, quindi, il funzionamento idraulico di una vasca volano sono:

- equazione di continuità della vasca:

$$Q_e(t) - Q_u(t) = \frac{dW(t)}{dt}$$

In cui:

- $Q_e(t)$ è la portata in ingresso alla vasca all'istante generico t (essa dipende sia dall'evento meteorico considerato che dalle caratteristiche del bacino e della rete di drenaggio a monte della vasca stessa)
 - $Q_u(t)$ è la portata in uscita dalla vasca (dipende dal tipo di scarico che regola l'uscita dalla vasca)
 - $W(t)$ è il volume invasato nella vasca all'istante t
- legame geometrico tra il volume invasato ed il livello idrico h nella vasca stessa:

$$W(t) = W(h(t))$$

Che dipende esclusivamente dalla geometria della vasca

- legge di efflusso che governa l'uscita della vasca:

$$Q_u(t) = Q_u(t, h(t))$$

Che dipende dal dispositivo idraulico che si utilizza per regolare la portata in uscita.
 Si hanno così tre equazioni nelle tre funzioni incognite $Q_u(t)$, $W(t)$ e $h(t)$.

Capogruppo/mandataria:  ARTELIA Passion & Solutions Italia	Mandanti:  ARTELIA Passion & Solutions France	 ERREGI SERVIZI INTEGRATIVI INGEGNERIA ED ARCHITETTURA	REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-				
SMALTIMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA		COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO B23D 00 D 00 RI IDBR00 001 A 31 di 42					

6.4.1 **Metodo delle sole piogge**

Nel 'Regolamento' come metodo di dimensionamento del sistema di accumulo viene proposto il metodo delle sole piogge. Esso si basa sulle seguenti assunzioni:

- l'onda entrante $Q_e(D)$ 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 in funzione della durata, per la superficie scolante impermeabile:

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

E il volume di pioggia complessivo entrante è pari a:

$$W_e = S\Phi a D^n$$

- l'onda uscente $Q_u(D)$ è anch'essa un'onda rettangolare caratterizzata da una portata costante $Q_{u,max}$ coerente con il limite prefissato in aderenza alle indicazioni sulle portate massime ammissibili di cui all'articolo 8 del regolamento:

$$Q_{u,max} = S u_{max}$$

E il volume totale uscito nel corso dell'evento di durata D:

$$W_u = S u_{max} D$$

Dove u_{max} è la portata specifica limite ammissibile allo scarico (nel seguente progetto pari a 20 l/(s*ha) per il deposito di Osio e 10 l/(s*ha) per il deposito di Bergamo).

Sulla base di tali ipotesi il volume di laminazione è dato dalla differenza tra i volumi dell'onda entrante e dell'onda uscente. Di conseguenza, 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.

Il volume di laminazione (ΔW) al termine dell'evento di durata D è pari a:

$$\Delta W = W_e - W_u = S\Phi a D^n - S u_{max} D$$

Matematicamente la durata critica D_w che rende massimo il volume ΔW si ottiene derivando quest'ultimo rispetto a D. Si determina così:

$$D_w = \left(\frac{Q_{u,max}}{S\Phi a n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

E perciò:

$$W_0 = \Phi a D^n - S u_{max} D_w = \Phi a \left(\frac{Q_{u,max}}{S\Phi a n} \right)^{\frac{n}{n-1}} - S u_{max} \left(\frac{Q_{u,max}}{S\Phi a n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

Capogruppo/mandataria:  ARTELIA Passion & Solutions Italia	Mandanti:  ARTELIA Passion & Solutions France	 ERREGI SERVIZI INTEGRATIVI INGEGNERIA ED ARCHITETTURA	REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-				
SMALTIMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA		COMMESSA B23D	LOTTO 00 D 00	CODIFICA RI	DOCUMENTO IDBR00 001	REV. A	FOGLIO 32 di 42

Nel caso specifico, non vengono realizzate delle vasche volano, il sistema di accumulo è costituito da batterie di pozzi perdenti in grado di invadere i volumi idrici derivanti dalle portate meteoriche e disperderle nel terreno nel tempo in funzione del grado di permeabilità del terreno stesso.

Pertanto, la portata uscente dal sistema di accumulo non viene scaricata in un recettore finale (quale: fognatura, canali e rogge irrigue) e anzi va incontro a quanto promuove lo stesso principio di invarianza idraulica e idrologica, ovvero quello di incentivare il più possibile l'infiltrazione delle acque meteoriche (a meno di problemi di inquinamento delle acque). Quindi va considerato l'intero contributo della portata di infiltrazione.

La trattazione per il dimensionamento dei pozzi perdenti segue la medesima metodologia di calcolo degli invasi appena descritta, nella quale la portata uscente Qu coincide con la portata di infiltrazione Qf.

La capacità d'infiltrazione può essere stimata in prima approssimazione attraverso la relazione di Darcy:

$$Q_f = k \times J \times A$$

con: Q_f = portata infiltrata [m^3/s]

k = coefficiente di permeabilità [m/s]

J = cadente piezometrica [m/m]

A_f = superficie netta d'infiltrazione considerata

La valutazione del volume statico filtrante è stata condotta sulla base di determinate ipotesi di tipo geologico, basandosi in prima analisi sulle stratigrafie dello studio geologico in corso di esecuzione.

Operando a favore di sicurezza si decide di assumere quale coefficiente di permeabilità K:

$K = 5 * 10^{-4} m/s$ per il deposito di Osio (la metà di quello stimato)

$K = 1 * 10^{-4} m/s$ per il deposito di Bergamo

Per i pozzi disperdenti, la portata Q_f può essere calcolata anche con la seguente formula, (Sieker, 1984) dove la precedente formula di Darcy assume l'espressione:

$$Q_f = K \left(\frac{L + z}{L + z/2} \right) A_f$$

Dove:

- L è la distanza tra la base del pozzo e la superficie di falda [m];
- A_f è la superficie drenante orizzontale efficace del pozzo, diversa dall'area effettiva della sezione del pozzo A_p , di raggio r [m], calcolabile come una corona circolare di larghezza $z/2$ dalla quale è escluso l'occludibile fondo [m^2];
- z è l'altezza dello strato drenante del pozzo [m].

L'effettiva area drenante del pozzo A_f è assunta come un anello di larghezza $z/2$ attorno alla base del pozzo. Non si considera, cioè, la base drenante del pozzo, per tenere conto della sua possibile occlusione.

Capogruppo/mandataria:  ARTELIA Passion & Solutions Italia	Mandanti:  ARTELIA Passion & Solutions France	 ERREGI SERVIZI INTEGRATIVI INGEGNERIA ED ARCHITETTURA	REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-				
SMALTIMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA		COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO B23D 00 D 00 RI IDBR00 001 A 33 di 42					

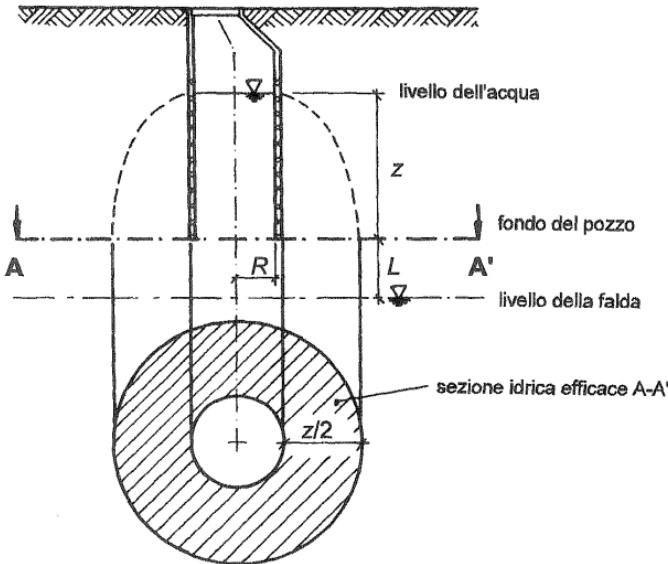


Figura 7 – schema tipo del processo di infiltrazione secondo la formula di Sieker

Nel dimensionamento, una volta determinato il volume minimo d'invaso W_{min} , si confronta con il volume disperdente effettivo dei pozzi determinato dalla propria geometria con un coefficiente di sicurezza minimo $F = 1,15$.

Per l'invarianza idraulica, tuttavia, bisogna comunque rispettare i requisiti minimi di volume a seconda dell'ambito territoriale di applicazione.

Nel nostro caso si suppone la realizzazione di pozzi perdenti aventi le seguenti caratteristiche:

deposito Bergamo via Monte Gleno

- Diametro del pozzo = **200 cm**
- Altezza complessiva del pozzo = **450 cm**
- Altezza z della porzione drenante = **300 cm**
- Dreno attorno a pozzo = **75 cm**

Si prevede l'utilizzo di **n° 3 pozzi** perdenti.

deposito Osio via per Levate

- Diametro del pozzo = **200 cm**
- Altezza complessiva del pozzo = **500 cm**
- Altezza z della porzione drenante = **350 cm**
- Dreno attorno a pozzo = **75 cm**

Si prevede l'utilizzo di **n° 6 pozzi** perdenti.

Nelle pagine seguenti si riporta lo schema di calcolo per il dimensionamento dei pozzi.

Capogruppo/mandataria:  Passion & Solutions Italia	Mandanti:  Passion & Solutions France	REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO				
		-PROGETTO DEFINITIVO-				
SMALTIMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA	COMMESA B23D	LOTTO 00 D 00	CODIFICA RI	DOCUMENTO IDBR00 001	REV. A	FOGLIO 34 di 42

Dimensionamento invaso deposito Bergamo - via Monte Gleno

Sito:	Bergamo via Monte Gleno		
Ambito territoriale	A	alta criticità	=> U_{lim} 10 l/s ha sup. imp. \Rightarrow invaso min 800 mc/ha sup. imp.

Q specif. di scarico (Art. 8) Art. 12 Comma2

	coeff deflux	Superficie		parametri curva poss. pluviometrica
		[mq]	[ha]	
S_{imp}	1	1400	0.140	Tr 50 anni
$S_{semiperme}$	0.7	0	0.000	a 60.35 mm/ora ⁿ
S_{perm}	0.4	0	0.000	n 0.2974 per D > 1 ora
S_{tot} interessata dall'intervento		1400	0.14	n 0.5 per D < 1 ora
ϕ	1.0			
classificaz. Interv:	<i>impermeabilizz.potenziale MEDIA</i>			(vedi Tabella Art. 9)
$S_{scolante imp}$	1400 mq	=	0.14 ha	
$Q_{u,lim}$	1.40 l/s			

Determinazione Qe

k =	1.00E-04	m/s
D =	2	m
L =	10	m
z	3	m
strato Dreno	0.75	m
n° pozzi	3	
Qf =	1.9	l/s portata di infiltrazione
Qf tot	5.59	l/s

Determinazione Qe e Volume pozzi W

a	[mm/ora ⁿ]	60.35 parametro csp per fissato T
n	[-]	0.30 parametro csp per fissato T
S	[ha]	0.14 superficie afferente
f	[-]	1.00 coeff. d'afflusso

durata critica **qc** 1.37 ore 82.4 min
vol minimo **Wmin** 65 mc

Vol disperdente singolo pozzo 29 mc
Vol tot diperdente **87** mc

Coeff. Sicurezza >1.15? **Ok**

Vol spec. calcolato 619 mc/ha_{imp}
Volume di requisito min 500 mc/ha_{imp}

Vol _{spec di Progetto}	619	mc/ha _{imp}
Vol _{di Progetto}	87	mc

Capogruppo/mandataria:  Passion & Solutions Italia	Mandanti:  Passion & Solutions France	 SERVIZI INTEGRATIVI INGEGNERIA ED ARCHITETTURA	REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-									
SMALTIMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA		COMMESA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO B23D 00 D 00 RI IDBR00 001 A 35 di 42										
Dimensionamento invaso deposito Osio - via per Levate												

Sito:	Osio Sopra						
Ambito territoriale	B	media criticità	=>	U_{lim}	20 l/s ha sup. imp.	<i>Q specif. di scarico (Art. 8)</i>	

=> invaso min 500 mc/ha sup. imp. Art. 12 Comma2

	coeff deflux	Superficie			parametri curva poss. pluviometrica	
		[mq]	[ha]		Tr	50 anni
S_{imp}	1	3770	0.377		a	60.94 mm/ora ⁿ
$S_{semiperme}$	0.7	0	0.000		n	0.2925 per D > 1 ora
S_{perm}	0.4		0.000		n	0.5 per D < 1 ora
S_{tot} interessata dall'intervento		3770	0.3770			
ϕ	1.0					
classificaz. Interv:	<i>impermeabilizz.potenziale MEDIA</i>		(vedi Tabella Art. 9)			
$S_{scolante imp}$	3770 mq		0.3770 ha			
$Q_{u,lim}$	7.54 l/s					

Determinazione Qe

k =	5.00E-04 m/s
D =	2 m
L =	5 m
z	3.5 m
strato Dreno	0.75 m
n° pozzi	6
$Q_f =$	13.0 l/s portata di infiltrazione
Qf tot	77.85 l/s

Determinazione Q_e e Volume pozzi W

a	[mm/ora ⁿ]	60.94 parametro cspp per fissato T
n	[-]	0.29 parametro cspp per fissato T
S	[ha]	0.38 superficie afferente
f	[-]	1.00 coeff. d'afflusso

durata critica	qc	0.13	ore	8.0	min
vol minimo	Wmin	90	mc		

Vol disperdente singolo pozzo	34 mc
Vol tot diperdente	202 mc

Coeff. Sicurezza >1.15? **Ok**

Vol spec. calcolato	536 mc/ha _{imp}
Volume di requisito min	500 mc/ha _{imp}

Vol _{spec di Progetto}	536 mc/ha _{imp}
Vol _{di Progetto}	202 mc

Capogruppo/mandataria:  ARTELIA Passion & Solutions Italia	Mandanti:  ARTELIA Passion & Solutions France	 ERREGI SERVIZI INTEGRATIVI INGEGNERIA ED ARCHITETTURA	REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-					
SMALTIMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA			COMMESSA B23D	LOTTO 00 D 00	CODIFICA RI	DOCUMENTO IDBR00 001	REV. A	FOGLIO 36 di 42

Nel caso dei pozzi del deposito di Osio sarebbero potuti bastare 4 pozzi, da cui si otteneva un volume specifico di $350 \text{ mc}/\text{ha}_{\text{imp}}$ ma dovendo rispettare i requisiti minimi di invarianza idraulica e idrologica di $500 \text{ mc}/\text{ha}_{\text{imp}}$ (validi per un ambito territoriale B di media criticità idraulica) si è aumentato il numero a 6 pozzi, incrementando così il volume di invaso a favore di sicurezza.

Si è già detto che la determinazione del volume di invaso è legata al valore del tempo di ritorno assunto in progetto. Risulta allora di grande importanza rendersi conto dell'efficacia della vasca (in questo caso del pozzo), in occasione di eventi minori o uguali a quelli di progetto, per i quali esplica tutta l'efficacia per la quale è stata progettata, riuscendo ad invasare temporaneamente tutto il volume idrico necessario per limitare la portata di scarico al valore predefinito. Chiaramente, per eventi di piena con tempi di ritorno superiori a quelli di progetto, l'effetto di laminazione diminuisce al crescere dell'entità dell'evento, pur mantenendo una capacità residua di volanizzazione.

6.5 Schema funzionale

Come già anticipato, per la rete di drenaggio delle acque meteoriche della SP525 è previsto un sistema di disoleatura / dissabbiatura, dove per ogni tratta di rete della lunghezza di circa 400 m lineari si pone il manufatto prima dello scarico nella roggia Colleonesca.

Lo stesso principio viene adottato anche per i piazzali dei depositi per i quali sono stati dimensionati secondo il principio dell'invarianza idraulica dei pozzi perdenti e dimensionate delle reti di drenaggio delle acque di piattaforma che afferiscono ai pozzi. Prima dell'immissione verranno ubicati appositi manufatti disoleatori con filtri a coalescenza e appositi sistemi per la sedimentazione dei corpi solidi.

Chiaramente, tale sistema viene applicato in tutte e tre le aree di intervento sulle acque di prima pioggia, ovvero quelle maggiormente cariche di inquinanti e solidi in generale presenti sul manto stradale. Le acque, cosiddette di "seconda pioggia" verranno invece deviate tramite un manufatto partitore prima dell'immissione nei disoleatori, bypassandone il sistema, e trasportate a valle degli stessi unendosi alle acque disolate.

Secondo il Regolamento Regionale del 24 marzo 2006 – n.4, le acque di prima pioggia sono definite come *quelle corrispondenti, nella prima parte di ogni evento, ad una precipitazione di 5 mm uniformemente distribuita sull'intera superficie scolante* e assumendo che l'intervento si verifichi in quindici minuti.

Tabella 11 – stima dei volumi e delle portate di prima pioggia nelle 3 aree di trasformazione

	Sperficie imp [mq]	Volumi 1°pioggia [mc]	Portate di 1°pioggia teor. [l/s]	Portate di 1°pioggia di progetto [l/s]
Deposito Bergamo	1400	7	7.8	11.0
Deposito Osio	3770	18.85	20.9	28.0
SP525	2640	13.2	14.7	20.0

Capogruppo/mandataria:  ARTELIA Passion & Solutions Italia	Mandanti:  ARTELIA Passion & Solutions France	REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-				
SMALTIMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA	COMMESSA B23D	LOTTO 00 D 00	CODIFICA RI	DOCUMENTO IDBR00 001	REV. A	FOGLIO 37 di 42

**RECAPITO IN ROGGIA/
POZZO PERDENTE
(PVC DE400)**

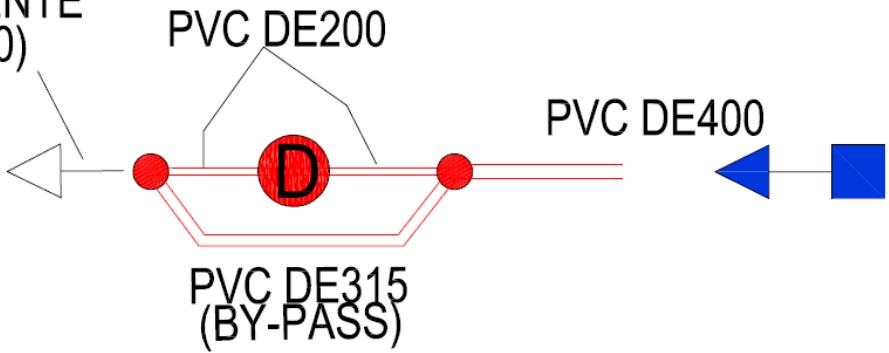


Figure 5 – Schema funzionale sistema disoleature – by-pass acque di seconda pioggia.

Si allega schema tipo dell'impianto di disoleazione, dimensionato secondo le risultanze della presente relazione.

Capogruppo/mandataria:  ARTELIA Passion & Solutions Italia	Mandanti:  ARTELIA Passion & Solutions France	 ERREGI SERVIZI INTEGRATIVI INGEGNERIA ED ARCHITETTURA	REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-				
SMALTIMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA		COMMESA B23D	LOTTO 00 D 00	CODIFICA RI	DOCUMENTO IDBR00 001	REV. A	FOGLIO 38 di 42

6.6 Materiali e diametri

Le opere in progetto sono composte dai seguenti manufatti:

Lungo la SP525 in adiacenza alla roggia Colleonesca:

- griglie di captazione delle dimensioni di 25 cm x 45cm (Larghezza x Altezza) e lunghezza 1 m poste longitudinalmente al ciglio stradale. Classe D400 CE EN 1433;
- Tubazioni in PVC SN8 DN250÷400mm;
- Pozzetti di ispezione 80x80 cm, ogni 40 m di lunghezza della rete;
- Manufatti disoleatori – dissabbiatori circolari del diametro di 230 cm e altezza H =235 cm, adeguati per il trattamento di acque di prima pioggia fino a 30 l/s;
- Manufatti di sfioro in cls per la deviazione delle acque di seconda pioggia per il by-pass dei flussi a monte dei disoleatori; dimensioni interne del manufatto 100cm x 100cm.

nelle aree dei depositi:

- Un sistema di caditoie stradali, Classe D400 CE EN 1433, complete di sifone e afferenti in condotta con passo di 20 m;
- Tubazioni in PVC SN8 DN250÷400mm;
- Manufatti disoleatori – dissabbiatori circolari del diametro di 230 cm e altezza H =235 cm, adeguati per il trattamento di acque di prima pioggia fino a 30 l/s;
- Manufatti di sfioro in cls per la deviazione delle acque di seconda pioggia per il by-pass dei flussi a monte dei disoleatori; dimensioni interne del manufatto 100cm x 100cm;
- Batterie di pozzi drenanti: di diametro interne di 2 m, altezza utile dai 3 ai 3,5 m, altezza complessiva fra i 4,5 e i 5 m, costituiti da anelli prefabbricati circolari forati in cemento in numero di 3 presso il deposito di Bergamo ed in numero di 6 in quello di Osio.

Lungo la SP525 il classico sistema di raccolta mediante caditoie stradali sifonate è stato sostituito da una batteria di canalette prefabbricate complete di griglia di captazione a causa di spazi ridotti per la presenza molto superficiale del manufatto della stessa roggia Colleonesca. Tali canalette consentono di captare adeguatamente le acque meteoriche, mantenendo profondità più contenute rispetto alle caditoie.

I pozzeri ogni 40 m 80x80 cm hanno soltanto la funzione di ispezione delle tubazioni su cui insistono: le relative dimensioni sono adeguate giusto a consentire il passaggio delle canalizzazioni.

Capogruppo/mandataria:  ARTELIA Passion & Solutions Italia	Mandanti:  ARTELIA Passion & Solutions France	REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-					
SMALTIMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA		COMMESSA B23D	LOTTO 00 D 00	CODIFICA RI	DOCUMENTO IDBR00 001	REV. A	FOGLIO 39 di 42

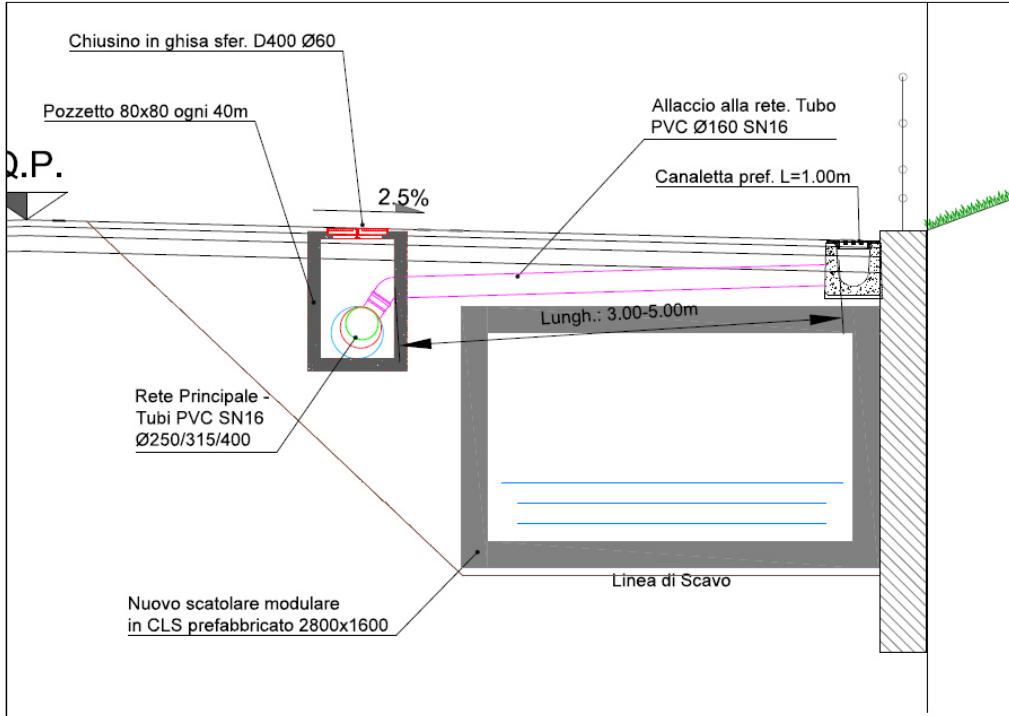


Figura 8 – sezione tipo del sistema di raccolta delle acque di piattaforma stradale lungo la SP525

6.7 Caratteristiche meccaniche e dimensionali tubazione di fognatura

La tubazione per fognatura in PVC-U è a parete strutturata tipo A1 costruiti secondo UNI EN 1401 con sistema di guarnizione a bicchiere e guarnizione di tenuta elastica. Essa è composta da tubi di lunghezza utile di 6 m e diametro variabile con una classe di rigidità SN8 aventi le seguenti caratteristiche:

- Densità: 1450 kg/m³
- Modulo elastico: 3200 MPa

Tabella 12. Rigidità nominale dei tubi in PVC

Dimensioni	Diametro interno [mm]	Rigidità [KN/m ²]	Spessore [mm]
DN250	235,4	SN8	7,3
DN300	296,6	SN8	9,2
DN400	376,6	SN8	11,7

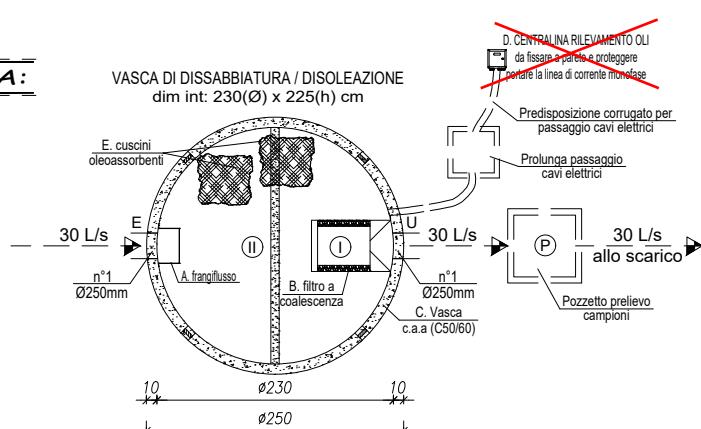
Capogruppo/mandataria:  ARTELIA Passion & Solutions Italia	Mandanti:  ARTELIA Passion & Solutions France	REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-					
SMALTIMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA		COMMESSA B23D	LOTTO 00 D 00	CODIFICA RI	DOCUMENTO IDBR00 001	REV. A	FOGLIO 40 di 42

ALLEGATO 1 – MANUFATTO DISOLEATORE / DISSABBIATORE

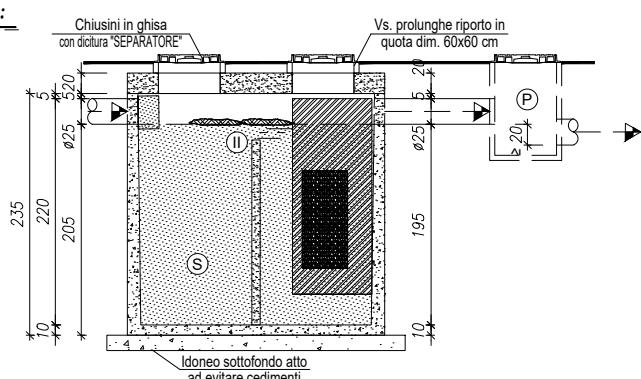
Impianto SCCF 30



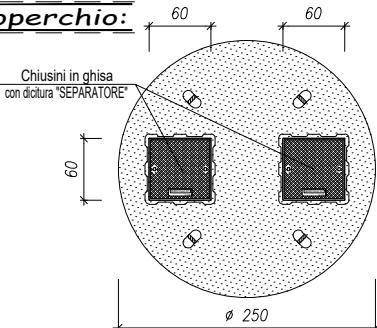
PIANTA:



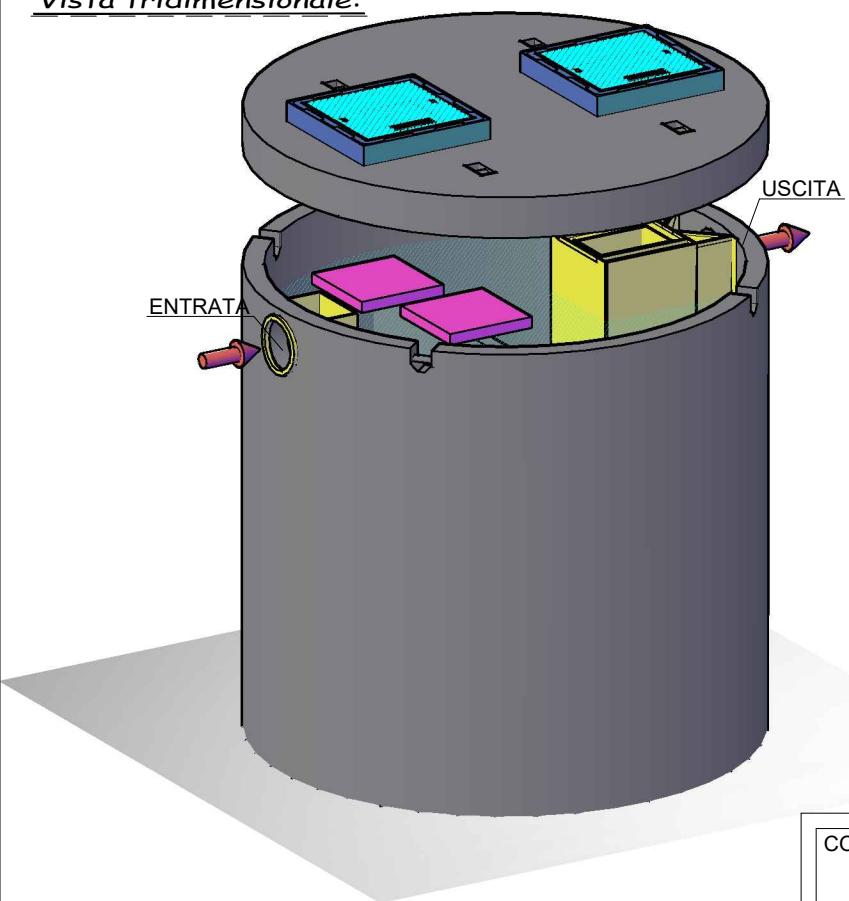
SEZIONE:



Coperchio:



Vista tridimensionale:



DATI TECNICI:

Grandezza Nominaile (NS):	30
Configurazione Disoleatore:	S-II-IP
Classe di trattamento:	I
Capacità accumulo fanghi:	≥100NS (UNI EN 858-2)
Capacità accumulo oli:	15NS (UNI EN 858-1)
Ø Entrata/uscita vasche:	0250mm
Peso monoblocchi:	6t = 600,li
Peso parafina:	1t = 100,li
Peso generale:	?t = 200,li

TIROLOGIA IMPIANTO

TIPOLOGIA IMPIANTO	
S	Sedimentatore
I	Separatore classe I <5mg/l
II	Separatore classe II <100mg/l
P	Campionamento
	A. Frangiflusso in acciaio Inox
	B. Filtri coalescenti
	C. Vasche c.a.c.a (C50/60)
	D. Dispositivo avvertimento

COMMITTENTE

TAV

PROGETTO:  Boer Group	data: 02-Ott-2023 scala: non in scala	IL PROGETTISTA
	Via B. Stringher n.14 -33084- CORDENONS (PN) Tel: 0434 - 931695 / 932284 Fax: 0434 - 580341 www.boer.it info@boergroup.it	FR