

**Amazon Data Services Italy srl**

# Progetto di Data Center Edificio A e Edificio B (Rho/Pero)

ADS Italy srl – Progetto di Data Center Edificio A e Edificio B (Rho/Pero)

Relazione di Invarianza Idraulica Edificio A (Rho)


Reference: n/a

A |04 Ottobre 2024

## RELAZIONE DI INVARIANZA IDRAULICA



*Dott. Ing. Stefano Cassarini*

 <p>Comune di Rho</p>	<p><b>AMAZON DATA SERVICES ITALY S.R.L.</b></p>	<p><b>PROGETTO DI DATA CENTER (EDIFICIO A) IN VIA MICHELANGELO BUONARROTI n. SNC, COMUNE DI RHO (MI)</b></p>	<p><b>RELAZIONE DI INVARIANZA IDRAULICA</b> <i>pag. 2 di 34</i></p>
--	---	--	---

## Sommario

1	Premessa ed inquadramento generale .....	3
2	Riferimenti normativi .....	5
3	Dati idrologici e parametri idraulici assunti .....	7
3.1	Tempo di ritorno.....	7
3.2	Coefficienti di possibilità pluviometrica .....	8
3.3	Udometria di scarico.....	10
4	Dimensionamento della rete di smaltimento delle acque meteoriche .....	15
4.1	Il codice di calcolo SWMM 5.1.....	19
4.1.1	Modellazione dell’evento meteorico .....	20
4.1.2	Modelli per il deflusso superficiale.....	20
4.1.3	Modello idraulico per il deflusso in rete .....	22
4.1.4	Schematizzazione della rete .....	23
4.1.5	Le equazioni del modello.....	23
4.2	Modellazione della rete.....	26
4.3	Invarianza idraulica e volumi di laminazione .....	29
4.3.1	Dimensionamento impianto di pompaggio vasca di laminazione .....	31
5	Conclusioni .....	34

\* \* \* \* \*

 <p>Comune di Rho</p>	<p><b>AMAZON DATA SERVICES ITALY</b> S.R.L.</p>	<p><b>PROGETTO DI DATA CENTER (EDIFICIO A) IN VIA MICHELANGELO BUONARROTI n. SNC, COMUNE DI RHO (MI)</b></p>	<p><b>RELAZIONE DI INVARIANZA IDRAULICA</b> <i>pag. 3 di 34</i></p>
--	---	--	---

## 1 PREMESSA ED INQUADRAMENTO GENERALE

La presente relazione ha come obiettivo il dimensionamento delle reti fognarie di smaltimento acque meteoriche e dei sistemi di laminazione in ottemperanza ai principi di invarianza idraulica del lotto in adiacenza al complesso della Fiera di Rho (MI) dove è prevista la realizzazione di un Data Center. L'area risulta interclusa tra la tangenziale ovest di Milano (a ovest), lo svincolo per Rho (a nord) e la strada statale SS33 (a est).

Si riporta di seguito l'ubicazione dell'area di intervento (punto rosso).

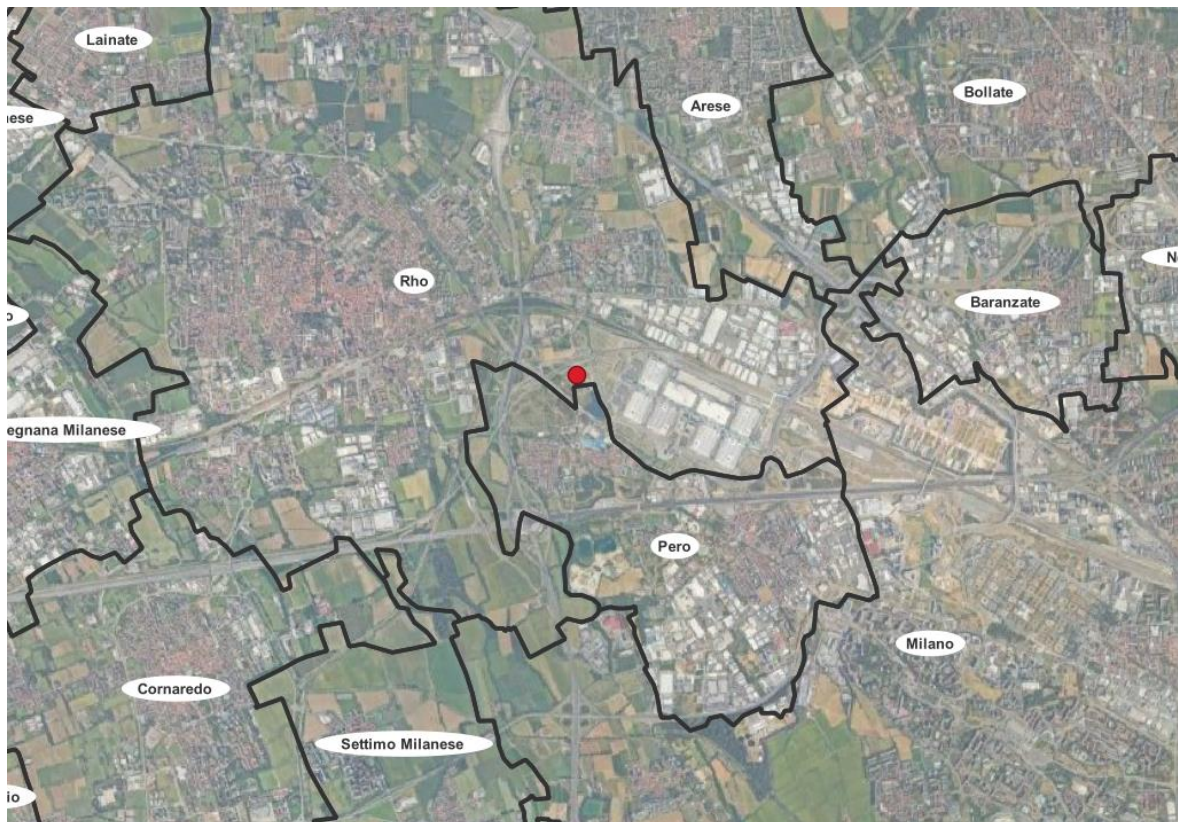


Figura 1 - Corografia area di intervento

Ad oggi l'area è per gran parte ricoperta da una superficie permeabile a meno di una porzione avente pavimentazione in asfalto impermeabile (riquadro giallo).



**Figura 2 - Area di intervento**




 <p>Comune di Rho</p>	<p><b>AMAZON DATA SERVICES ITALY</b> S.R.L.</p>	<p><b>PROGETTO DI DATA CENTER (EDIFICIO A) IN VIA MICHELANGELO BUONARROTI n. SNC, COMUNE DI RHO (MI)</b></p>	<p><b>RELAZIONE DI INVARIANZA IDRAULICA</b> <i>pag. 5 di 34</i></p>
--	---	--	---

## 2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Le soluzioni progettuali adottate sono volte ad assicurare la completa protezione ambientale del territorio con particolare riferimento alla salvaguardia dei recapiti finali.

La progettazione della rete è stata condotta in ottemperanza alle Normative vigenti e in particolare:

- Dlgs 3 Aprile 2006 n. 152 e ss.mm.ii. I principali temi affrontati dal Testo Unico sulle acque riguardano: a) individuazione e perseguimento dell'obiettivo di qualità ambientale per le acque superficiali destinate alla produzione di acqua potabile, le acque di balneazione, le acque dolci idonee alla vita dei pesci e le acque destinate alla vita dei molluschi; b) tutela dei corpi idrici e disciplina degli scarichi: tutela quantitativa - risparmio idrico; tutela qualitativa- disciplina degli scarichi, tutela delle aree di pertinenza dei corpi idrici; c) strumenti di tutela: piani di tutela delle acque, autorizzazione agli scarichi, controllo degli scarichi; in particolare vengono enunciati i criteri generali per le acque di prima pioggia e di lavaggio di aree esterne, stabilendo che le regioni debbano disciplinare i casi in cui può essere richiesto che le acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne non recapitanti in reti fognarie siano convogliate e opportunamente trattate in impianti di depurazione per particolari stabilimenti nei quali vi sia il rischio di deposizione di sostanze pericolose sulle superfici impermeabili scoperte.
- Regione Lombardia – Regolamento Regionale 24 Marzo 2006 n. 4 – Riferimento per la quantificazione delle acque di prima pioggia, stabilisce la disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne, di cui si riportano i seguenti stralci:
  - “Sono considerate acque di prima pioggia quelle corrispondenti per ogni evento meteorico ad una precipitazione di 5 mm distribuita sull’intera superficie scolante servita dalla rete di drenaggio [...] assumendo che l’evento si verifichi in quindici minuti e che il coefficiente di afflusso alla rete sia pari a 1 per la superficie scolante e a 0,3 per quelle permeabili di qualsiasi tipo ad esse contigue, escludendo dal computo le superfici incolte o ad uso agricolo.”
  - “Le acque di prima pioggia e le acque di lavaggio, che siano da recapitare in corpo d’acqua superficiale, devono essere avviate ad apposite vasche di raccolta a perfetta tenuta, dimensionate in modo da trattenere complessivamente non meno di 50 m3 per ettaro di superficie scolante.”
- Regione Lombardia – Programma di Tutela e Uso delle Acque (P.T.U.A.) – Approvato con DGR 29 Marzo 2006 n. 8/2244 - Il P.T.U.A. fornisce: a) la sintesi del quadro

 <p>Comune di Rho</p>	<p><b>AMAZON DATA SERVICES ITALY S.R.L.</b></p>	<p><b>PROGETTO DI DATA CENTER (EDIFICIO A) IN VIA MICHELANGELO BUONARROTI n. SNC, COMUNE DI RHO (MI)</b></p>	<p><b>RELAZIONE DI INVARIANZA IDRAULICA</b> <i>pag. 6 di 34</i></p>
--	---	--	---

conoscitivo relativamente al controllo quali-quantitativo delle acque superficiali e sotterranee; b) gli obiettivi della pianificazione; c) le elaborazioni a supporto delle decisioni; d) le misure di intervento. Oltre ad identificare le cosiddette aree sensibili, il P.T.U.A. stabilisce i vincoli da rispettare per assicurare il controllo quantitativo (riduzione dei valori di portata scaricati recependo le indicazioni fornite dal P.R.R.A., Piano Regionale di Risanamento delle Acque) degli scarichi.

- 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) - (BURL n. 48, suppl. del 27 Novembre 2017 )

 <p>Comune di Rho</p>	<p><b>AMAZON DATA SERVICES ITALY</b> S.R.L.</p>	<p><b>PROGETTO DI DATA CENTER (EDIFICIO A) IN VIA MICHELANGELO BUONARROTI n. SNC, COMUNE DI RHO (MI)</b></p>	<p><b>RELAZIONE DI INVARIANZA IDRAULICA</b> <i>pag. 7 di 34</i></p>
--	---	--	---

### 3 DATI IDROLOGICI E PARAMETRI IDRAULICI ASSUNTI

Per la determinazione del regime pluviometrico della zona di interesse si è fatto riferimento ai dati ufficiali forniti da ARPA Lombardia dai quali, per un assegnato tempo di ritorno, si sono ricavati i coefficienti della curva di possibilità pluviometrica “a” e “n” da utilizzare per eventi di pioggia inferiori all’ora e superiori all’ora.

#### 3.1 TEMPO DI RITORNO

La grandezza comunemente presa a riferimento come valore di progetto (per es., per valutare il grado di protezione dagli allagamenti offerto dalla rete di drenaggio) è il tempo di ritorno  $T_r$  della portata di dimensionamento. Questo indica il numero di anni in cui il superamento del valore assegnato avviene mediamente una volta; alternativamente, il tempo di ritorno rappresenta il numero di anni che in media separano il verificarsi di due eventi di entità eguale o superiore alla soglia assegnata.

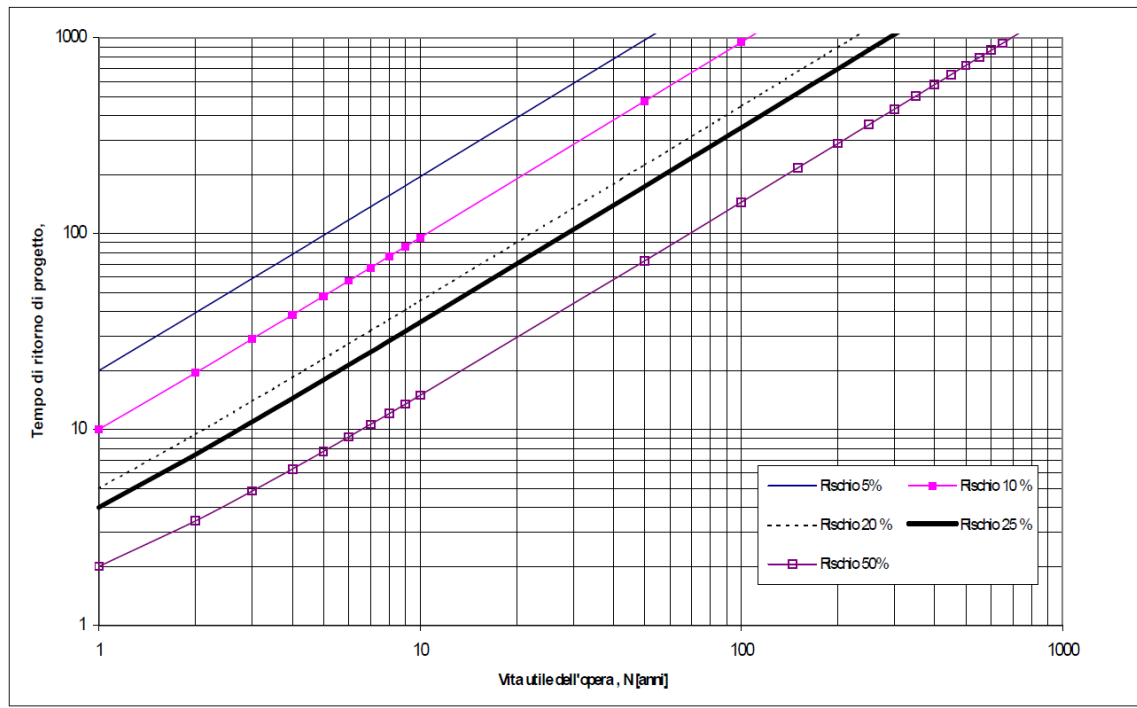
Il tempo di ritorno da assumere alla base della progettazione deve essere da un lato sufficientemente elevato da garantire il buon funzionamento della rete idraulica, e dall’altro accuratamente ponderato onde consentire un dimensionamento non eccessivamente oneroso. Si tratta, quindi, di trovare il giusto compromesso tecnico-economico.

La scelta del valore del tempo di ritorno da utilizzare nell’analisi idraulica è stata eseguita sulla base della tipologia e dell’importanza strategica e funzionale delle singole opere in progetto, basandosi su un’attenta analisi del cosiddetto rischio d’insufficienza. 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  $Q(T_r)$  di  $T_r$  anni di tempo di ritorno, il rischio  $R_N[Q(T_r)]$ , ovvero la probabilità che, durante  $N$  anni di funzionamento, l’opera risulti insufficiente una o più volte, è esprimibile come:

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

Dove  $R_n(T)$  rappresenta il rischio di insufficienza idraulica associabile al tempo di ritorno  $T$  (anni) e dalla vita utile  $N$  dell’opera (anni). Nella Figura sottostante si riporta l’andamento del rischio idraulico al variare del tempo di ritorno e della vita attesa dell’opera.





**Figura 3 - Andamento del rischio idraulico al variare del Tr di progetto e della vita utile dell'opera**

Dalla formula risulta che il verificarsi di uno o più crisi di una rete di drenaggio durante il suo periodo di funzionamento sia un evento alquanto probabile, quasi certo. Ciò peraltro corrisponde ad una precisa scelta progettuale, in quanto il contenimento del rischio di insufficienza della rete comporta la necessità di incrementare sensibilmente il tempo di ritorno di progetto, con i conseguenti (ed in genere inaccettabili) incrementi delle dimensioni ed aggravii dei costi delle canalizzazioni. 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  $Tr$  di progetto. La scelta di  $Tr$  discende da un compromesso tra l'esigenza di contenere la frequenza delle insufficienze idrauliche e la necessità di contenere le dimensioni dei collettori. Il detto compromesso, che dovrebbe discendere da analisi tipo costi-benefici, conduce ad adottare, **data la notevole importanza dell'opera**, per il dimensionamento del drenaggio della piattaforma stradale e delle coperture degli edifici, un **tempo di ritorno di 100 anni**. Sotto tali condizioni di progetto tutto il sistema di drenaggio risulta correttamente dimensionato come verrà presentato in seguito.

**3.2 COEFFICIENTI DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA**

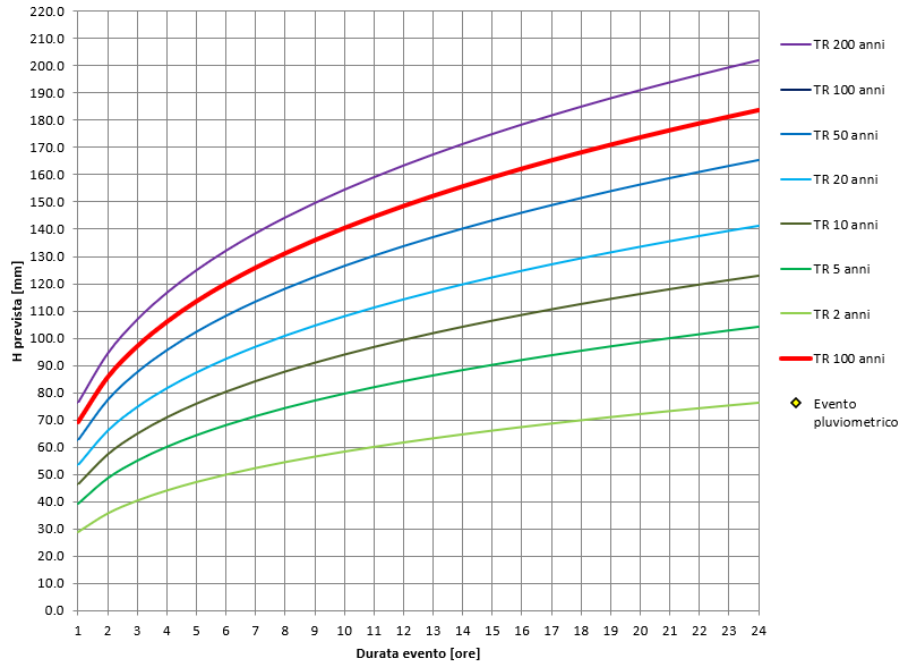
Da tali premesse i coefficienti della curva di possibilità pluviometrica (riferiti ad un tempo di ritorno di 100 anni) utilizzati sono i seguenti:

- Eventi superiori all'ora:
  - $a = 69,33$

➤  $n = 0,31$



**Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica**




**Figura 4 - Linea Segnalatrice di Possibilità Pluviometrica**

I fenomeni di trasformazione afflussi – deflussi tipici delle reti e delle aree di estensione limitata, come quelle oggetto del presente studio, hanno tempi caratteristici inferiori a 1h: sono state quindi ricavate le linee di possibilità pluviometrica per eventi con durate minori di 1h al fine di modellare in modo adeguato gli eventi critici per la rete in progetto.

Ottenuti i parametri  $a$  e  $n$  relativi alle LSPP per durate superiori a 1h, sono state calcolate le altezze relative a durate di 5, 10, 15, 20 e 30 min per differenti tempi di ritorno (20, 50, 100, 200 e 300 anni); l'altezza è stata ricavata applicando la formula di Bell, di seguito illustrata.

La formula empirica di Bell (Generalized Rainfall Duration Frequency Relationship” – Journal of the Hydraulics Division – Proceedings of American Society of Civil Engineers – volume 95, issue 1 – gennaio 1969) permette di individuare l'altezza di pioggia per durate inferiori ai 60 minuti utilizzando come input l'altezza di pioggia oraria.

A seguito dei suoi studi, Bell ha osservato infatti che i rapporti tra le altezze di durata  $\tau$  molto breve ed inferiori all'ora e l'altezza oraria sono relativamente poco dipendenti dalla località in cui si verificano, permettendo quindi l'utilizzo della sua formula a prescindere dal sito in esame. Egli propone quindi la seguente correlazione tra le altezze di pioggia risultanti da eventi di breve durata ( $<1h$ ) e quelle date da durate di pioggia proprio pari ad 1 ora:

 <p>Comune di Rho</p>	<p><b>AMAZON DATA SERVICES ITALY</b> S.R.L.</p>	<p><b>PROGETTO DI DATA CENTER (EDIFICIO A) IN VIA MICHELANGELO BUONARROTI n. SNC, COMUNE DI RHO (MI)</b></p>	<p><b>RELAZIONE DI INVARIANZA IDRAULICA</b> <i>pag. 10 di 34</i></p>
--	---	--	--

I fenomeni di trasformazione afflussi – deflussi tipici delle reti e delle aree di estensione limitata, come quelle oggetto del presente studio, hanno tempi caratteristici inferiori a 1h: sono state quindi ricavate le linee di possibilità pluviometrica per eventi con durate minori di 1h al fine di modellare in modo adeguato gli eventi critici per la rete in progetto.

Ottenuti i parametri a e n relativi alle LSPP per durate superiori a 1h, sono state calcolate le altezze relative a durate di 5, 10, 15, 20 e 30 min per differenti tempi di ritorno (20, 50, 100, 200 e 300 anni); l'altezza è stata ricavata applicando la *formula di Bell*, di seguito illustrata.

La formula empirica di Bell (Generalized Rainfall Duration Frequency Relationship” – Journal of the Hydraulics Division – Proceedings of American Society of Civil Engineers – volume 95, issue 1 – gennaio 1969) permette di individuare l'altezza di pioggia per durate inferiori ai 60 minuti utilizzando come input l'altezza di pioggia oraria.

A seguito dei suoi studi, Bell ha osservato infatti che i rapporti tra le altezze di durata  $\tau$  molto breve ed inferiori all'ora e l'altezza oraria sono relativamente poco dipendenti dalla località in cui si verificano, permettendo quindi l'utilizzo della sua formula a prescindere dal sito in esame. Egli propone quindi la seguente correlazione tra le altezze di pioggia risultanti da eventi di breve durata (<1h) e quelle date da durate di pioggia proprio pari ad 1 ora:

$$\frac{h_{\tau,Tr}}{h_{60,Tr}} = 0.54 \tau^{0.25} - 0.50$$

Avvalendosi di tale formulazione è stato possibile ricavare le altezze di pioggia per le durate indicate e i differenti tempi di ritorno.

- Eventi inferiori all'ora:
  - a = 71,82
  - n = 0,464

### 3.3 UDOMETRIA DI SCARICO

I valori massimi di scarico utilizzati per il dimensionamento del sistema di smaltimento acque meteoriche sono stati desunti dal “Regolamento Regionale Nr. 7 del 23 novembre 2017” in ottemperanza all'Art. 8 comma 1 lettera a) in quanto il comune in cui è localizzata il progetto appartiene all'area A di cui comma 3 dell'Art. 7.

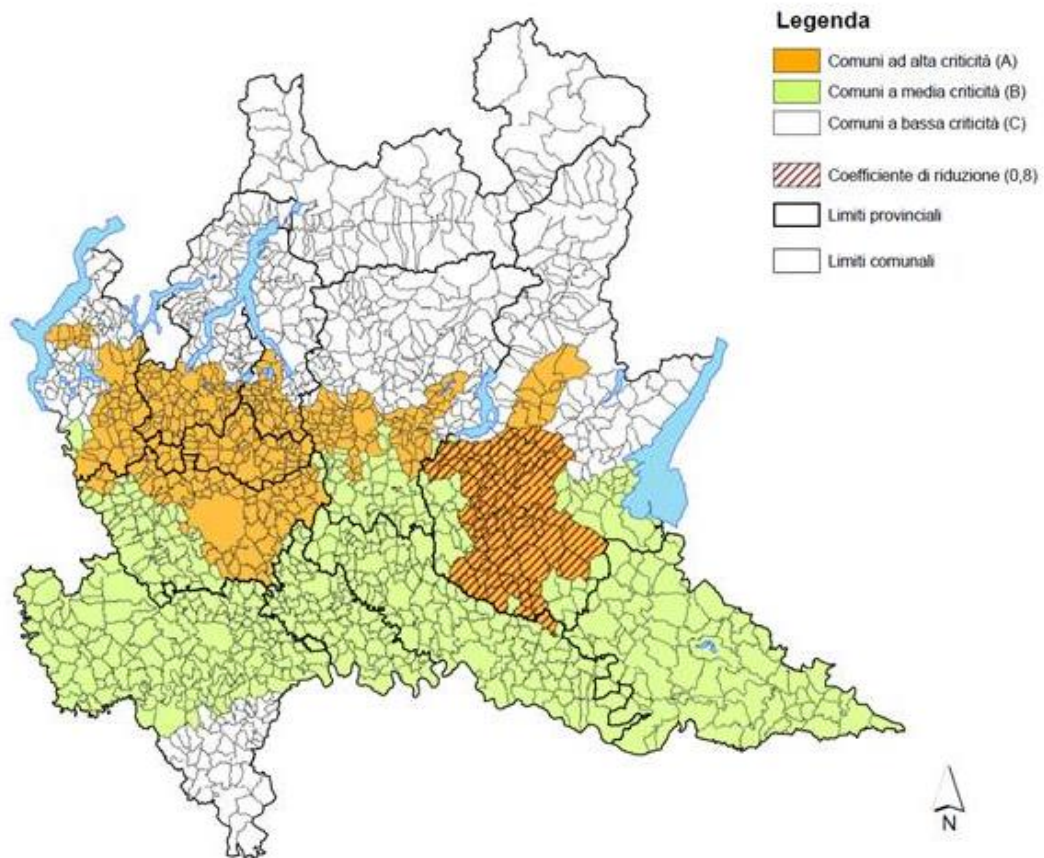


Figura 5 - Distribuzione della criticità idraulica in Regione Lombardia

In particolare, il valore massimo di scarico viene definito in 10 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento.

Alla luce del fatto che, come successivamente descritto, le superfici collettate dalla nuova rete di drenaggio sono quelle relative alla viabilità di progetto, ai percorsi pedonali e alle coperture, **la superficie scolante impermeabile dell'intervento coincide con la superficie scolante impermeabile.**

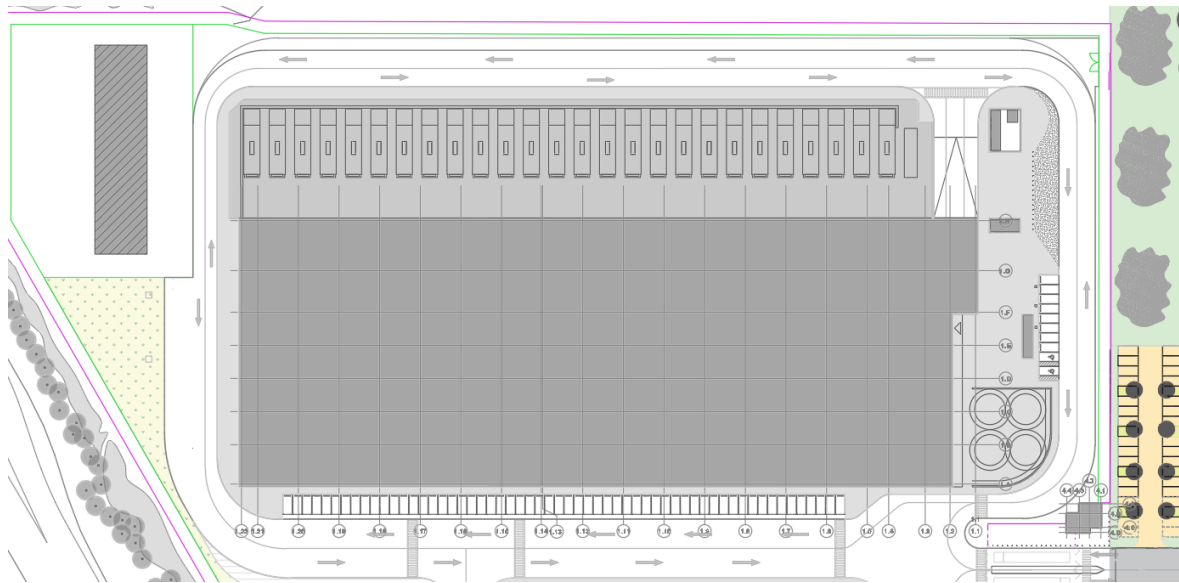


Figura 6 - Layout di progetto (Masterplan)

Da queste considerazioni risulta un'area di riferimento per il calcolo dell'udometria di scarico pari a 3,38 ha.

Dalle suddette superfici è immediato il calcolo della portata massima per ciascun edificio:

- **Edificio A: 33,8 l/s.**

Alla luce delle indagini geologiche condotte in fase preliminare, non risulta possibile prevedere un sistema di infiltrazione per disperdere le acque meteoriche in quanto la falda acquifera risulta superficiale (in previsione, circa – 2 m dal p.c.) e la permeabilità del suolo non risulta favorevole per garantire uno smaltimento sufficientemente rapido ed in sicurezza degli eventi di progetto; ugualmente, non sono stati individuati eventuali corpi idrici superficiali disponibili a ricevere lo scarico meteorico del comparto; in conclusione, alla luce di tali condizioni sfavorevoli allo smaltimento delle acque meteoriche coltate dal comparto, il recapito finale è stato individuato nella **rete fognaria mista presente lungo via Sempione**, in comune di Pero, in gestione a CAP. Questa impostazione risulta coerente con quanto indicato dall'art. 57, comma 8, del Regolamento del Servizio Idrico Integrato.

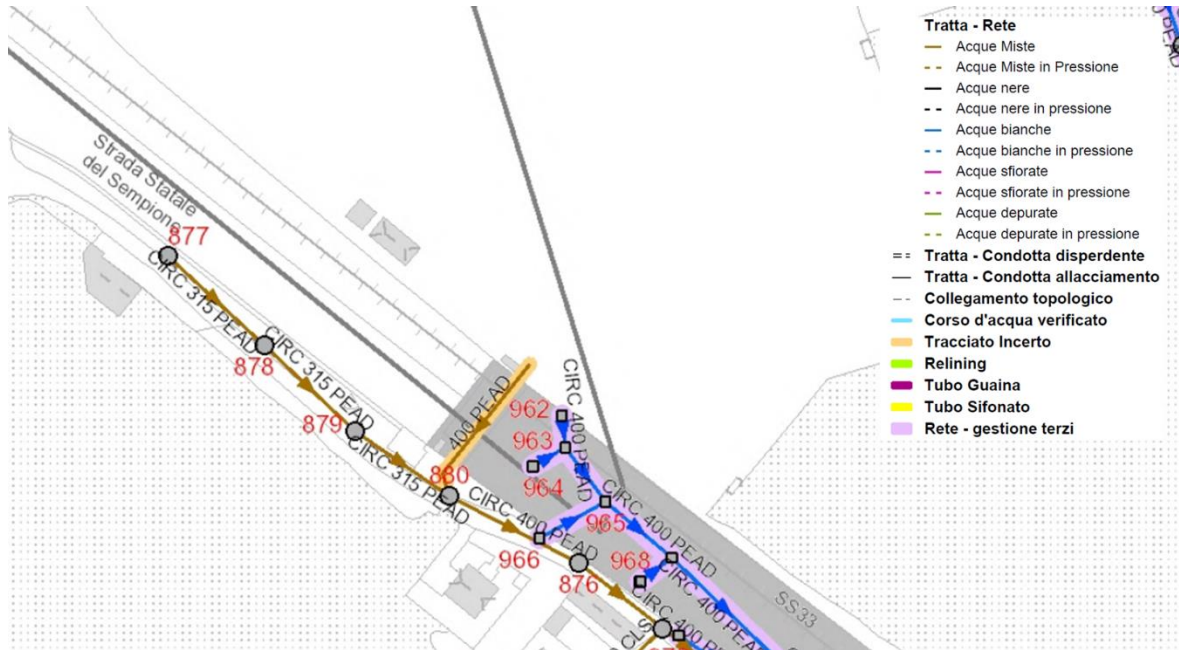
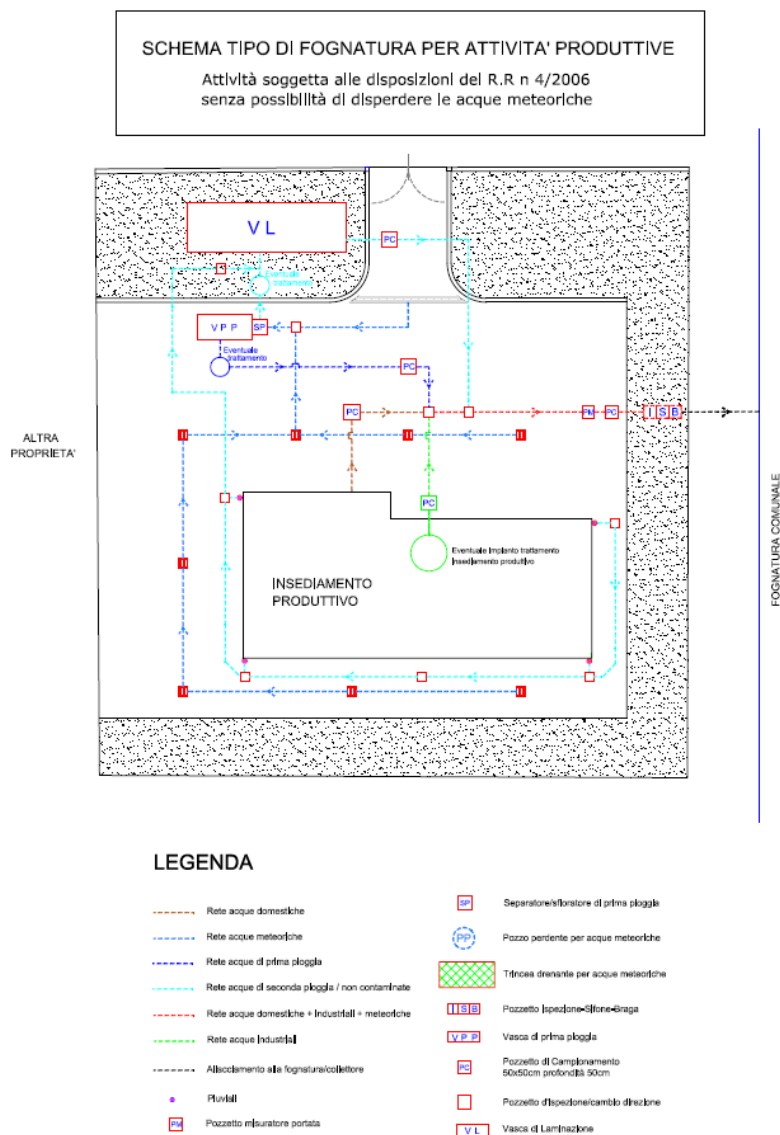


Figura 7 - Mappa rete fognaria CAP in comune di Pero (MI) presso via Sempione

Il sistema di scarico del comparto è coerente con lo schema tipo riportato nel regolamento di CAP, di seguito illustrato:





**Figura 8 - Schema tipo allaccio fognario Gruppo CAP**

Come di seguito illustrato, lo scarico delle vasche di laminazione è previsto in pressione: si prevede quindi di raggiungere con la mandata in uscita dalla vasca di laminazione un pozzetto di disconnessione posto nei pressi del limite di proprietà dell'area e da qui connettersi agli scarichi fognari del comparto (fognatura nera ed industriale) e quindi alla fognatura di via Sempione passando per i pozzetti di misurazione, campionamento e ispezione-sifone-braga.

 <p>Comune di Rho</p>	<p><b>AMAZON DATA SERVICES ITALY S.R.L.</b></p>	<p><b>PROGETTO DI DATA CENTER (EDIFICIO A) IN VIA MICHELANGELO BUONARROTI n. SNC, COMUNE DI RHO (MI)</b></p>	<p><b>RELAZIONE DI INVARIANZA IDRAULICA</b> <i>pag. 15 di 34</i></p>
--	---	--	--

#### 4 DIMENSIONAMENTO DELLA RETE DI SMALTIMENTO DELLE ACQUE METEORICHE

Il funzionamento della rete delle acque meteoriche consiste nel collettamento di tutte le nuove superfici impermeabili, lo scarico a gravità in una vasca di laminazione interrata e da qui, infine, il sollevamento della portata di limite allo scarico verso la fognatura mista presente lungo via Sempione.

Più precisamente, la rete è divisa in:

- Rete di collettamento delle acque dell'area generatori e dell'area del distributore di carburante;
- Rete di collettamento delle acque di piattaforma;
- Rete di collettamento delle acque di copertura.

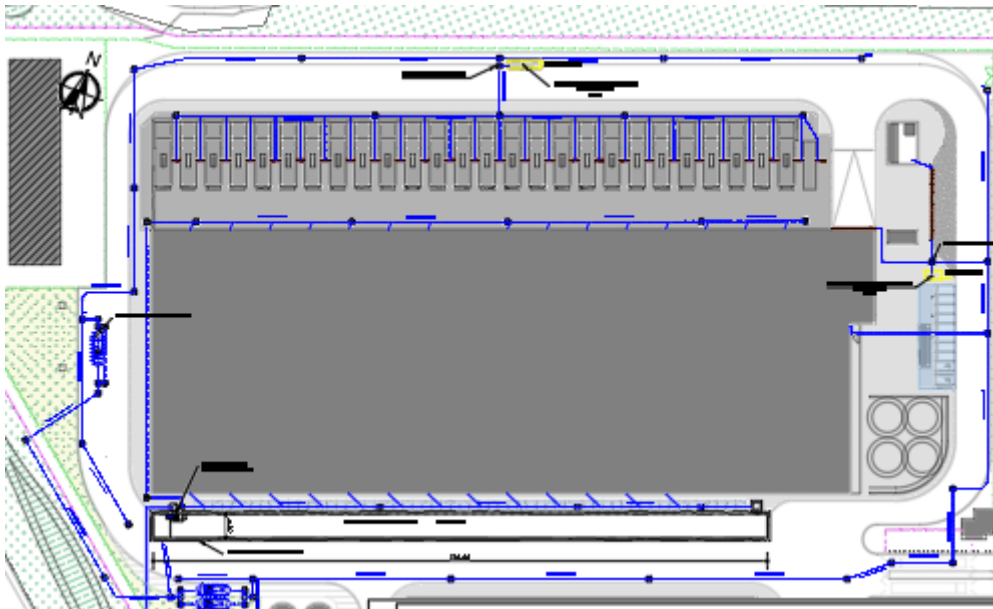


Figura 9 - Planimetria rete di collettamento delle acque meteoriche interne all'area di progetto

##### **Rete di collettamento delle acque dell'area generatori e dell'area del distributore di carburante.**

Questo sistema raccoglie la pioggia che interessa le aree delimitate del piazzale dei generatori e della piazzola di sosta delle autobotti per il rifornimento di carburante; **le acque di prima pioggia vengono raccolte in una vasca di prima pioggia fuori linea** e quindi, una volta concluso l'evento meteorico, inviate direttamente nella rete di fognatura nera; le acque di seconda pioggia confluiscono invece nella rete che smaltisce le acque di piattaforma della nuova viabilità a servizio del datacenter.

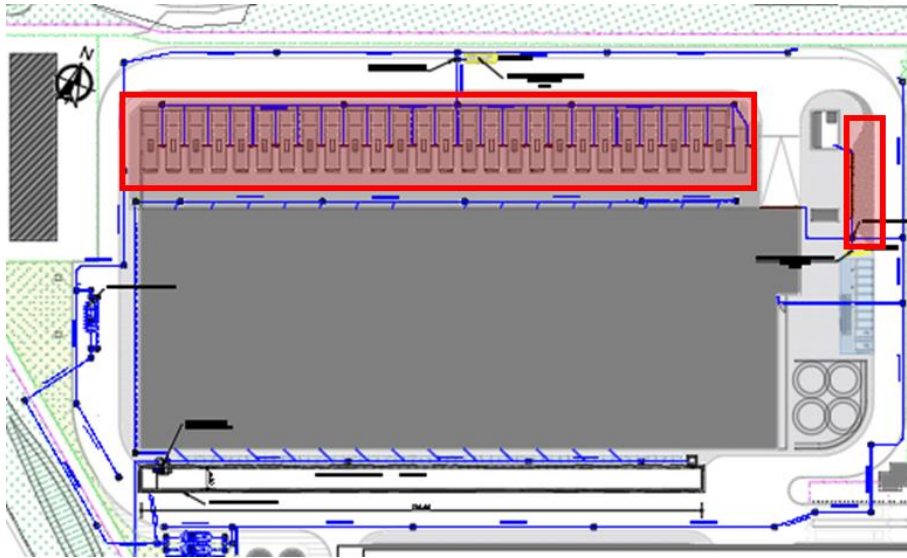


Figura 10 - Rete di collettamento acque meteoriche dal piazzale dei generatori e dall'area rifornimento

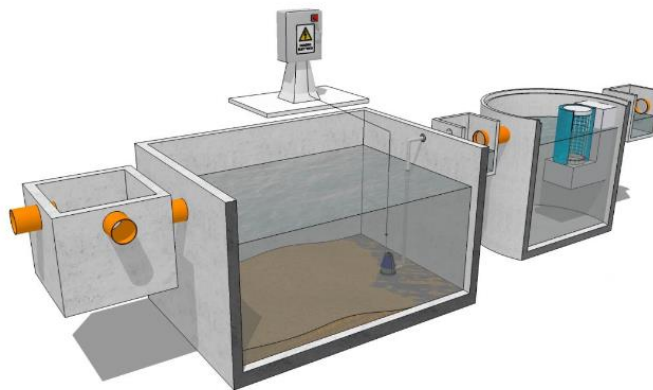


Figura 11 - Impianto di prima pioggia fuori linea

**Rete di collettamento delle acque di piattaforma**

Questo sistema raccoglie la pioggia caduta nelle superfici stradali e pedonali; lungo i tratti terminali della rete sono posti i trattamenti per la depurazione della **prima pioggia in linea**; raccolte le acque di seconda pioggia dell'area generatori e dell'area di rifornimento carburante, la rete scarica all'interno della vasca di laminazione.

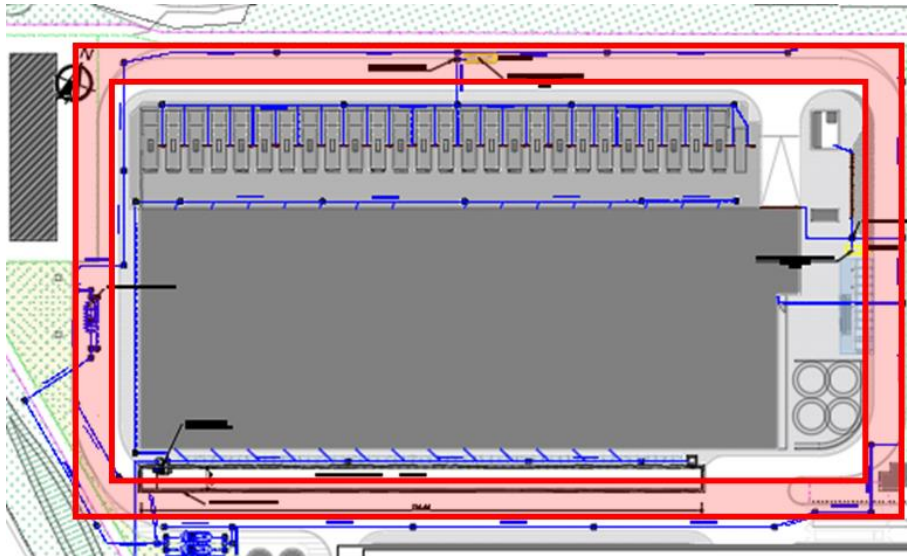


Figura 12 - Rete di collettamento acque meteoriche dalle superfici stradali

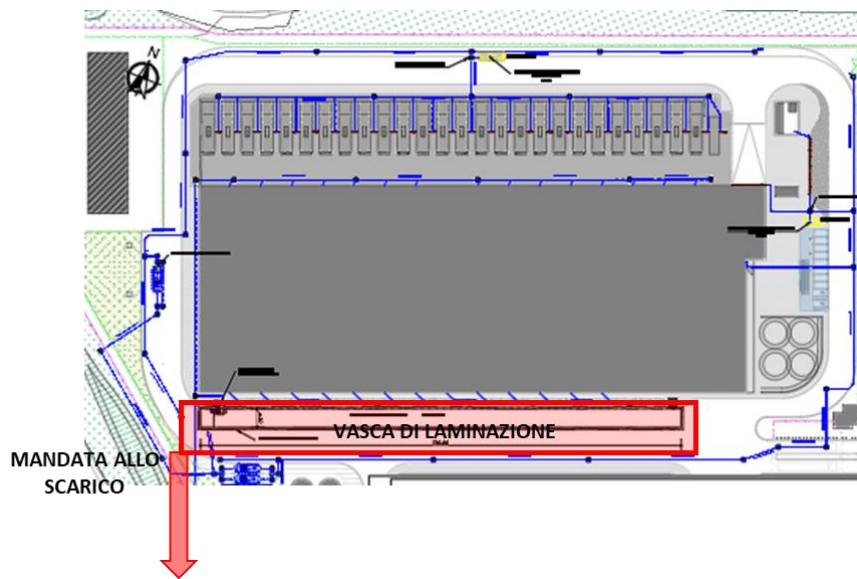


Figura 13 - Vasca di laminazione

Per garantire la più alta qualità della risorsa idrica drenata e introdotta nel recapito finale, sono stati previsti vari sistemi di trattamento di seguito elencati:

- Trattamento in continuo sedimentatore e disoleatore da 150 l/s
- Trattamento in continuo sedimentatore e disoleatore da 200 l/s

Tali sistemi sono in grado di intercettare e trattare qualsiasi sostanza inquinante ed oleosa che si dovesse inavvertitamente riversare nella sede stradale o nei piazzali antistanti gli edifici.

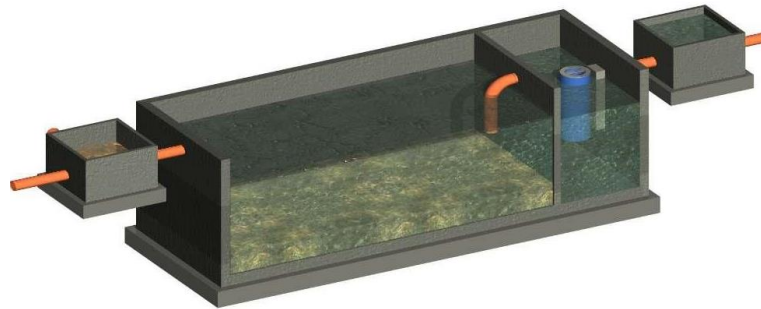


Figura 14 – Esempio di impianto di prima pioggia in linea

**Rete di collettamento delle acque di copertura**

questo sistema raccoglie la pioggia che interessa il tetto dell'edificio; raccolti i pluviali da un unico collettore, questo scarica dapprima in una vasca per il riutilizzo di tale acqua all'interno dell'edificio (ad es. cassette per i wc) e quindi sfiora all'interno della vasca di laminazione.

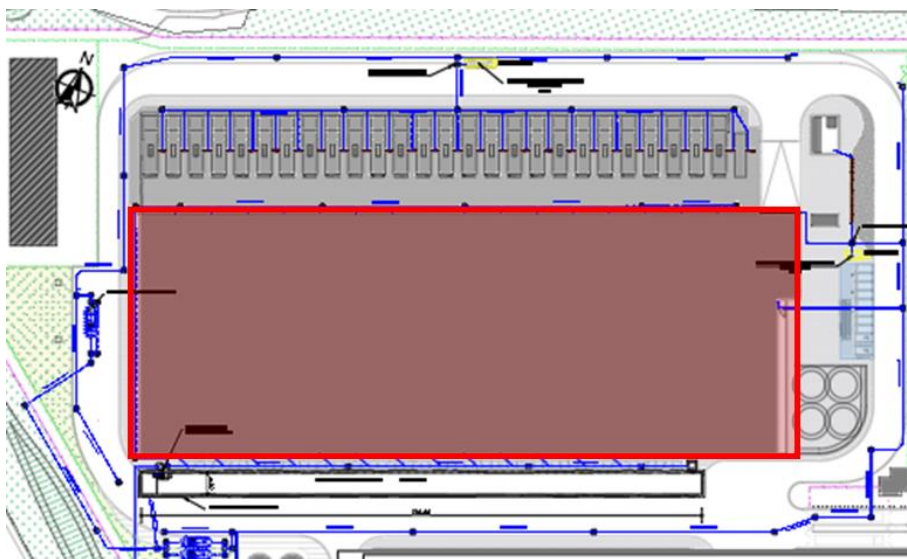


Figura 15 - Rete di collettamento acque meteoriche di copertura



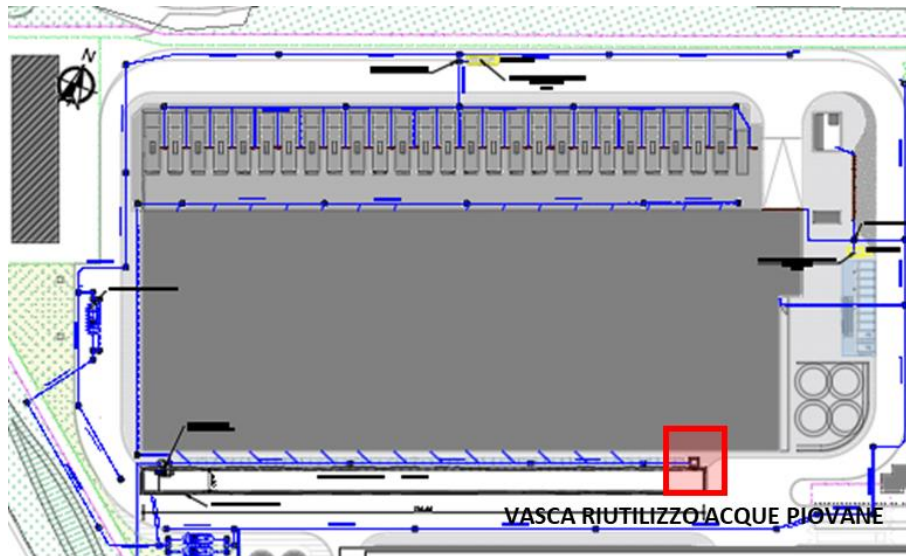


Figura 16 - vasca di accumulo per il riutilizzo acque di copertura

Nel capitolo 3 è emerso che i coefficienti della curva di possibilità pluviometrica riferiti a precipitazioni minori di 1 ora con tempo di ritorno di 100 anni sono i seguenti:

- a: 71,82
- n: 0,464

Dall'analisi del bacino drenante (ovvero l'area impermeabile dei coperti e delle pertinenze varie dei lotti) il **tempo di corrivazione** è risultato essere di circa **15 minuti** (confermato anche dalle simulazioni numeriche) per tanto l'intensità di pioggia critica usata per il dimensionamento delle condotte di progetto è risultata essere la seguente:

- **intensità (15min): 150,98 mm/h**

La verifica della rete di smaltimento delle acque meteoriche è stata effettuata con il codice di calcolo SWMM 5.2. Nei paragrafi successivi verrà presentato il codice di calcolo utilizzato per la verifica ed il dimensionamento della rete di smaltimento acque meteoriche.

#### 4.1 IL CODICE DI CALCOLO SWMM 5.1

Il modello SWMM (EPA Storm Water Management Model) fu sviluppato nel 1969-1971 da tre gruppi: Metcalf & Eddy, University of Florida e Water Resources Engineers. Il suo scopo era di simulare, tramite un modello matematico di tipo deterministico, il comportamento delle aree urbane sia dal punto di vista quantitativo che qualitativo. Inizialmente fu sviluppato per studiare i problemi dovuti agli scaricatori di piena delle fognature miste, ma



 <p>Comune di Rho</p>	<p><b>AMAZON DATA SERVICES ITALY</b> S.R.L.</p>	<p><b>PROGETTO DI DATA CENTER (EDIFICIO A) IN VIA MICHELANGELO BUONARROTI n. SNC, COMUNE DI RHO (MI)</b></p>	<p><b>RELAZIONE DI INVARIANZA IDRAULICA</b> <i>pag. 20 di 34</i></p>
--	---	--	--

successivamente fu ampiamente utilizzato per studiare problemi idraulici di fognature sia miste che separate e per la valutazione dell'inquinamento non puntuale di origine urbana.

Il modello ha una struttura a "blocchi" o moduli. I principali sono il modulo "MET" per l'inserimento e la gestione dei dati meteorologici; il "Runoff Block" per la generazione del deflusso superficiale sul bacino a partire dalla pioggia; il "Transport Block" per la propagazione all'interno dei condotti fognari delle acque sia nere che bianche in ingresso dalle caditoie. Quest'ultimo viene affiancato e completato dal "Extended Transport Block" (EXTRAN) per la simulazione dinamica del comportamento idraulico della rete.

Nei prossimi paragrafi verranno illustrate le formulazioni che il modello adotta, sia per il deflusso superficiale che per la propagazione all'interno della rete fognaria, sia dal punto di vista quantitativo che qualitativo descrivendo le varie equazioni alla base dello stesso.

#### **4.1.1 Modellazione dell'evento meteorico**

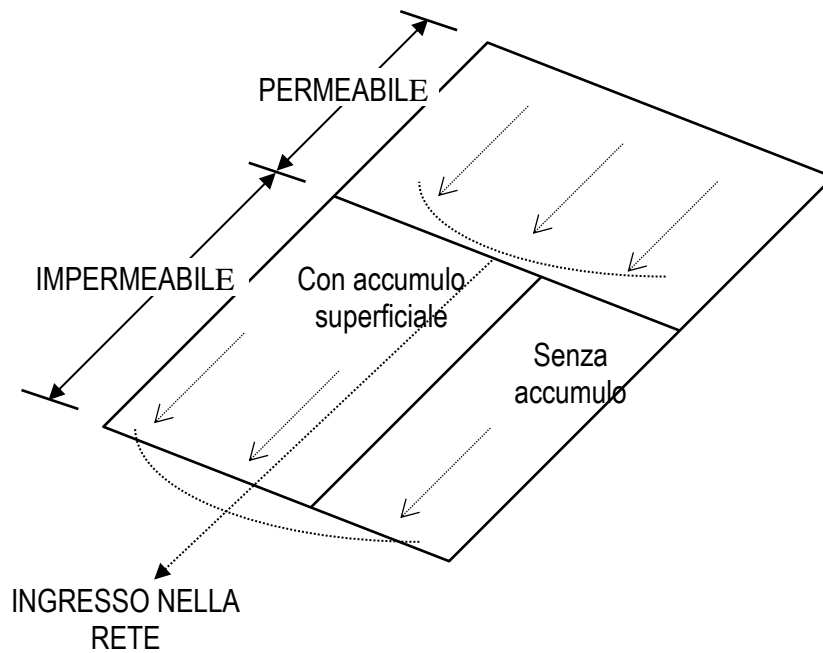
I dati di precipitazione piovosa rivestono grande importanza all'interno dei parametri idrologici richiesti da SWMM. Il programma richiede un'espressione dell'intensità di pioggia in funzione del tempo, per l'intera durata della simulazione. Per simulazioni costituite da un singolo evento, è possibile introdurre i dati di ben 10 diversi pluviometri; se invece si vogliono immettere serie temporali complete, occorre limitarsi ad un solo misuratore di pioggia.

#### **4.1.2 Modelli per il deflusso superficiale**

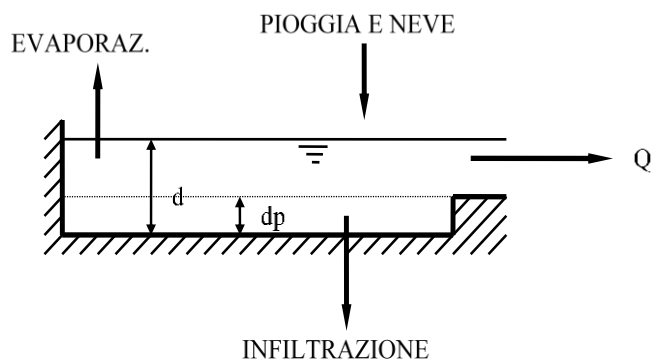
Questo modulo serve per simulare il deflusso sulla superficie del bacino sia dal punto di vista quantitativo che qualitativo. Il programma ha come input i dati pluviometrici dai quali, calcolando le perdite idrologiche, determina l'input nella rete fognaria. L'intero bacino viene schematizzato come un insieme di sottobacini valutando il deflusso superficiale per ognuno di essi e, combinando poi i vari deflussi in uscita dai sottobacini, con il modulo che esegue la propagazione nei condotti della rete fognaria.

Nel modello SWMM ogni sottobacino viene schematizzato utilizzando tre sub-zone (diventerebbero quattro se si considerasse anche la neve) con cui si rappresentano le diverse proprietà delle superfici. La pendenza di questa superficie ideale viene assunta nella direzione perpendicolare alla larghezza.

Da ogni sub-zona il deflusso passa direttamente nella rete fognaria senza che via siano passaggi da una superficie all'altra (ad esempio non è quindi possibile avere il deflusso dai tetti su altre superfici). La propagazione del deflusso superficiale avviene indipendentemente per ogni sub-zona e viene generato a partire dalla pioggia mediante uno schema a serbatoi non lineari



Con tale schematizzazione si ha un sistema tra l'equazione di continuità e l'equazione del moto, rappresentata dall'equazione di Manning. Lo schema a cui viene fatto riferimento per il calcolo è il seguente:



L'equazione di continuità viene scritta per ogni sub-zona nel seguente modo:

$$\frac{dV}{dT} = A \cdot \frac{dd}{dt} = A \cdot i^* - Q$$

dove:

- V volume d'acqua presente nella sotto area [m<sup>3</sup>];
- d altezza d'acqua [m];

 <p>Comune di Rho</p>	<p><b>AMAZON DATA SERVICES ITALY</b> S.R.L.</p>	<p><b>PROGETTO DI DATA CENTER (EDIFICIO A) IN VIA MICHELANGELO BUONARROTI n. SNC, COMUNE DI RHO (MI)</b></p>	<p><b>RELAZIONE DI INVARIANZA IDRAULICA</b> <i>pag. 22 di 34</i></p>
--	---	--	--

- t tempo [s];
- A superficie della sotto area [m<sup>2</sup>];
- i\* intensità di pioggia netta (pioggia caduta meno l'evaporazione e l'infiltrazione) [m/s];
- Q portata in uscita dalla sotto area [m<sup>3</sup>/s].

La portata in uscita viene calcolata con l'equazione di Manning:

$$Q = L \cdot \frac{1}{n} \cdot (d - d_p)^{5/3} \cdot \sqrt{s}$$

dove:

- L larghezza della sotto area [m];
- n coefficiente di scabrezza di Manning [s/m<sup>1/3</sup>];
- dp accumulo nelle depressioni superficiali [m];
- s pendenza del sottobacino versante [m/m].

L'equazione di continuità e l'equazione del moto possono essere combinate in una equazione differenziale non lineare che può essere risolta nell'incognita d'altezza d'acqua presente sul bacino. L'equazione del serbatoio non lineare è quindi:

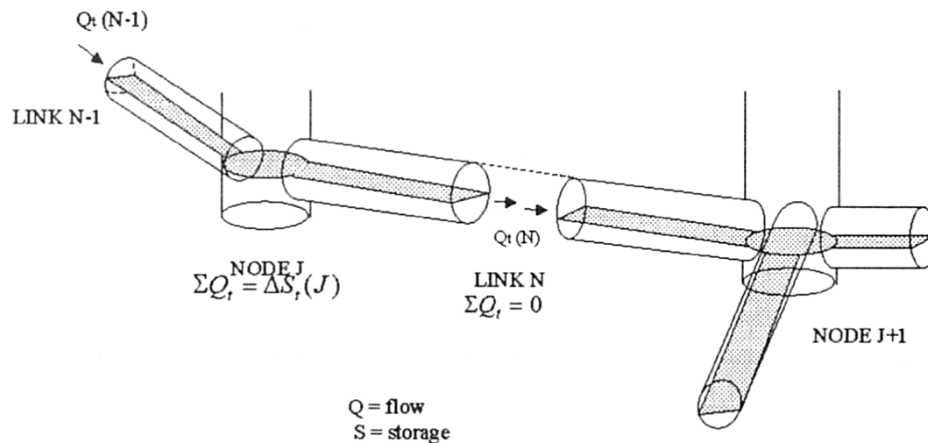
$$\frac{dd}{dt} = i^* - \frac{L}{A \cdot n} \cdot (d - d_p)^{5/3} \cdot \sqrt{s}$$

Per ogni passo temporale tale equazione viene risolta con uno schema alle differenze finite. I valori di portata in ingresso ed in uscita sono forniti come valore medio sul passo temporale stabilito. Nel modello SWMM l'infiltrazione nelle superfici permeabili può essere valutata mediante l'equazione di Horton o in alternativa con l'equazione di Green-Ampt o il metodo Curve Number, sviluppato dallo US Soil Conservation Service.

#### **4.1.3 Modello idraulico per il deflusso in rete**

Il modulo "Transport" consente di eseguire la propagazione dell'onda di piena in ingresso dai pozzetti all'interno dei condotti della rete fognaria. Gli elementi essenziali che compongono la rete fognaria sono i pozzetti ed i condotti. Nei primi si ha l'immissione del deflusso proveniente dai sottobacini, il quale, una volta entrato nella rete fognaria, si propaga all'interno dei condotti mediante il modulo Extran. La figura riportata di seguito mostra come Extran sia in grado di simulare condotti, pozzetti (di semplice ispezione o di confluenza), soglie, luci, impianti di sollevamento (in linea o fuori linea), vasche di accumulo

e scaricatori di varie tipologie. I risultati dell'elaborazione possono venire espressi (in forma numerica e grafica) in termine di andamenti delle portate e delle velocità nei condotti in esame, ma anche come livelli e profondità all'interno dei nodi. Extran utilizza una metodologia di descrizione della rete, tramite i nodi di collegamento, la quale facilita la rappresentazione della realtà fisica e la soluzione delle equazioni in moto gradualmente variato (De.Saint Venant), che stanno alla base del modello matematico.



#### 4.1.4 Schematizzazione della rete

Come illustrato nella precedente immagine, il sistema fognario viene schematizzato come una sequenza di rami (condotti) e nodi. I condotti veicolano il flusso da nodo a nodo.

La principale variabile indipendente per quanto riguarda i condotti è la portata ( $Q$ ). Si tratta della portata media all'interno di ciascun tubo, assunta costante durante il singolo intervallo di tempo. La velocità e la sezione bagnata o l'altezza idrica possono invece variare all'interno del tubo

I nodi sono gli elementi di compenso del sistema e corrispondono nella realtà ai pozzetti di ispezione o alle confluenze tra i condotti. La principale variabile dipendente è il carico ( $H$ ), il quale può variare ad ogni passo temporale. Gli ingressi (idrogrammi) e le uscite (soglie sfioranti) si verificano idealmente sempre ai nodi. Il volume del nodo é, in ogni istante, equivalente a quello presente nella metà della lunghezza dei tubi connessi al nodo stesso. Il cambiamento del volume contenuto all'interno del nodo durante l'intervallo di tempo assegnato costituisce il fondamento dei calcoli di carichi e portate citati in precedenza.

#### 4.1.5 Le equazioni del modello

Le equazioni differenziali fondamentali per l'analisi del comportamento della rete fognaria derivano da quelle per il moto vario nei canali a pelo libero, meglio note come equazioni di De St. Venant. La prima di tali relazioni è l'equazione di continuità:

 <p>Comune di Rho</p>	<p><b>AMAZON DATA SERVICES ITALY S.R.L.</b></p>	<p><b>PROGETTO DI DATA CENTER (EDIFICIO A) IN VIA MICHELANGELO BUONARROTI n. SNC, COMUNE DI RHO (MI)</b></p>	<p><b>RELAZIONE DI INVARIANZA IDRAULICA</b>  pag. 24 di 34</p>
--	---	--	--

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

dove:

- A = sezione del condotto
- Q = portata,
- x = distanza lungo l'asse del condotto
- t = tempo.

La seconda é l'equazione del moto:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(Q^2/A)}{\partial x} + gA \frac{\partial H}{\partial x} + gAS_f = 0$$

dove:

- g = accelerazione di gravità,
- H = z + h = carico idraulico,
- z = quota fondo condotto,
- h = tirante idrico,
- Sf = cadente piezometrica. (La pendenza del fondo é inclusa nel gradiente di H).

Extran utilizza l'equazione del momento nei rami ed una speciale equazione "condensata" di continuità ai nodi; in questo modo vi é conservazione del moto nei condotti e continuità di massa nei pozzetti.

Per lo specifico utilizzo all'interno del motore di calcolo, l'equazione del moto viene combinata con quella di continuità per dar vita ad una nuova equazione, che possa essere risolta lungo ogni ramo, ad ogni passo temporale.

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + gAS_f - 2V \frac{\partial A}{\partial t} - V^2 \frac{\partial A}{\partial x} + gA \frac{\partial H}{\partial x} = 0$$

dove:

- Q = portata nel condotto,
- V = velocità nel condotto,
- A = area bagnata,
- H = z + h = carico idraulico,
- Sf = cadente piezometrica. (definita dall'equazione di Manning)

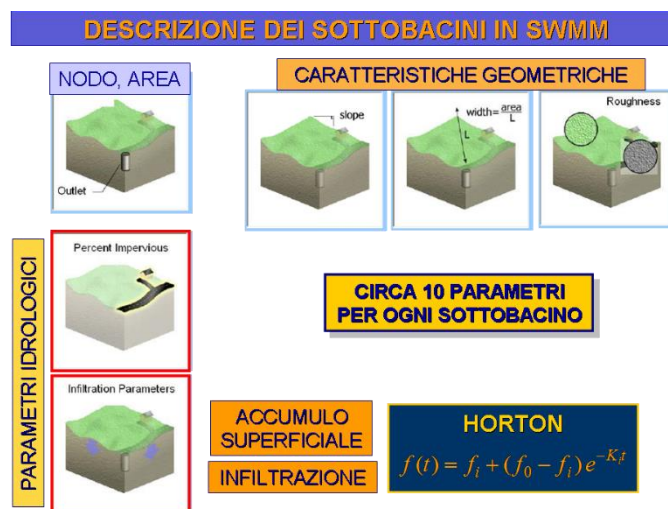
$$S_f = \frac{k}{gAR^{4/3}} Q|V|$$

dove:

- k = gn<sup>2</sup> (nel sistema metrico decimale)
- n = coefficiente di scabrezza secondo Manning,
- g = accelerazione di gravità,
- R = raggio idraulico.

Le elaborazioni rami-nodi possono essere estese in modo da includere dispositivi che derivano la fognatura nera da una mista o che alleggeriscono il carico delle acque bianche tramite scaricatori di piena. In Extran, tutte le derivazioni si considerano concentrate ai nodi e sono trattate come trasferimenti internodali. Fra i dispositivi per la regolazione della portata inclusi nel programma, vi sono: stramazzi (frontali e laterali), luci a battente, impianti di sollevamento e scarichi.

Le successive figure riassumono i parametri di cui il modello necessita per definire gli elementi superficiali (sottobacini) e gli elementi della rete (nodi, condotti)







## 4.2 MODELLAZIONE DELLA RETE

Si è proceduto a schematizzare la rete di smaltimento acque meteoriche per creare il modello in SWMM scegliendo di rappresentare i rami principali della rete stessa.

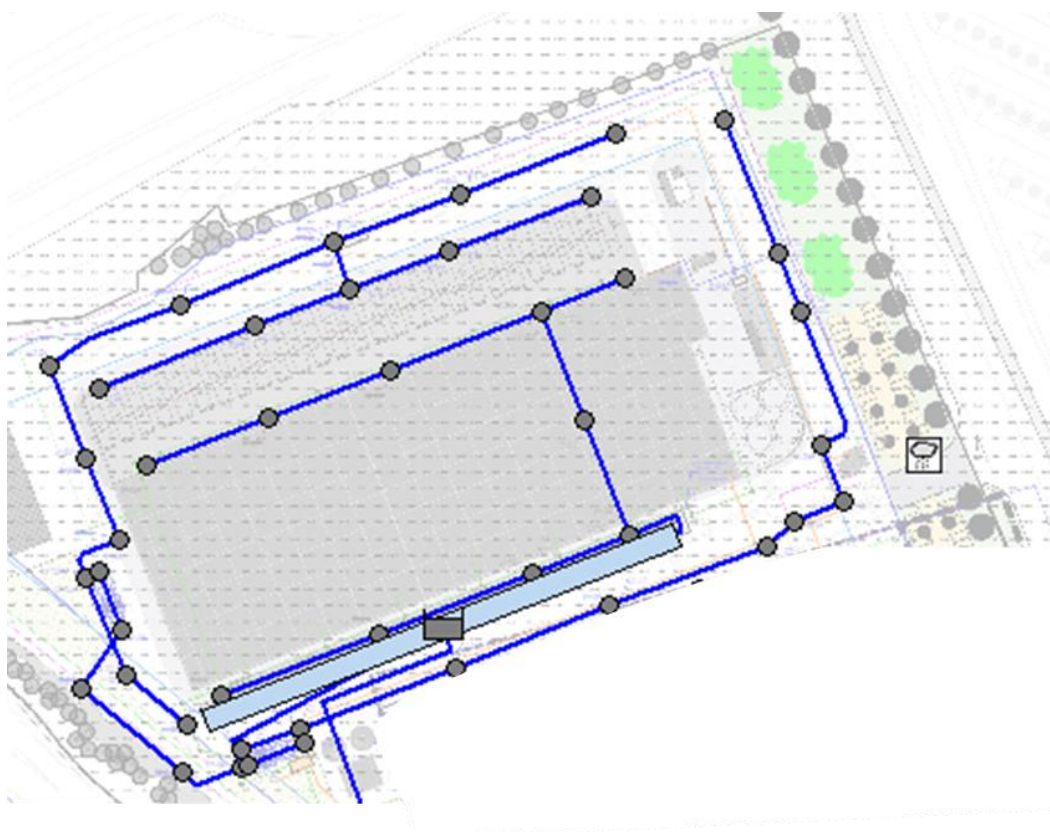


Figura 17 - Modello SWMM

Ai bacini impermeabili è stato attribuito un coefficiente di afflusso di 1, alle aree verdi potenzialmente interessanti il drenaggio un coefficiente di afflusso pari a 0,3.

La rete è stata quindi verificata con intensità di pioggia ricavate con i coefficienti della curva di possibilità pluviometrica di TR 100, come sopra riportato, per tempi di pioggia pari a 15

minuti (evento risultato critico per la rete) per garantire gradi di riempimento nelle tubazioni idonei a non far andare in pressione le tubazioni.

La rete sarà composta da tubazioni in PVC SN8 di diametri variabili da DN 160 mm a DN 630 mm, da tubazioni in HDPE corrugato per i diametri DN 800 mm e DN 1000 mm. Le acque di piattaforma saranno captate da caditoie costituite da pozzetti in cls prefabbricati di dimensioni interne 45x45 cm con chiusino a caditoia collegati ai collettori della rete principale tramite tubazioni in PVC SN8 DN 160 mm rivestite con bauletto in cls. Le tubazioni delle acque meteoriche avranno pendenza di circa 0.3% garantendo i limiti minimi (0.4 m/s) e massimi (5 m/s) di velocità in rete.

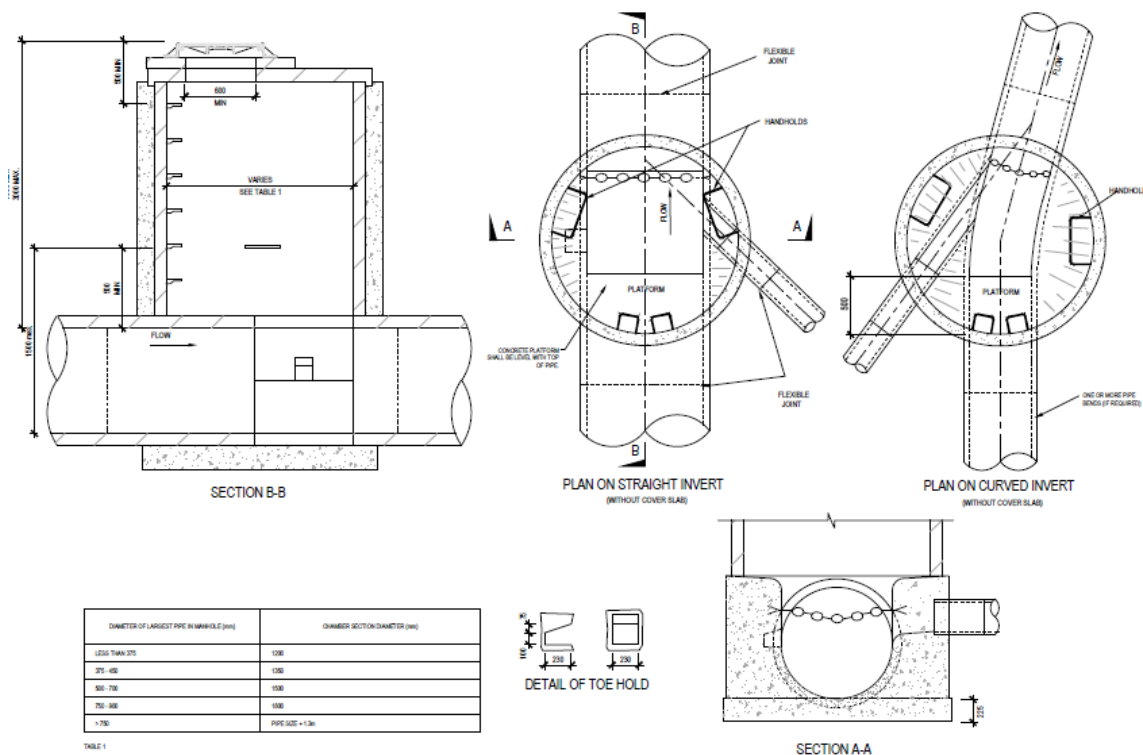
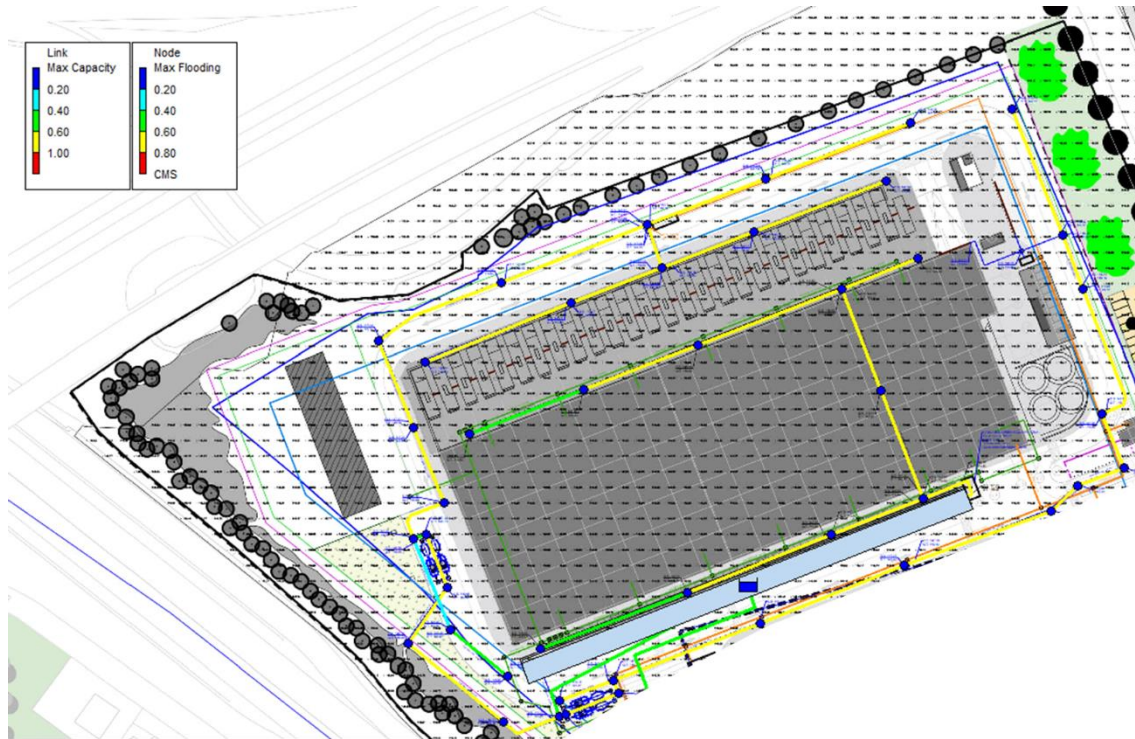


Figura 18 - tipologici elementi rete

I pozzetti di ispezione della rete saranno caratterizzati da elementi in cls prefabbricato di forma tronco conica con dimensioni interne 1.50 m per tubazioni con diametro minore di DN 700 mm, dimensioni interne 1.80 m per tubazioni DN 800 mm e DN 1000 mm. Ogni pozzetto di ispezione avrà un chiusino in ghisa sferoidale classe D400 come riportato nell'elaborato "Particolari idraulici".

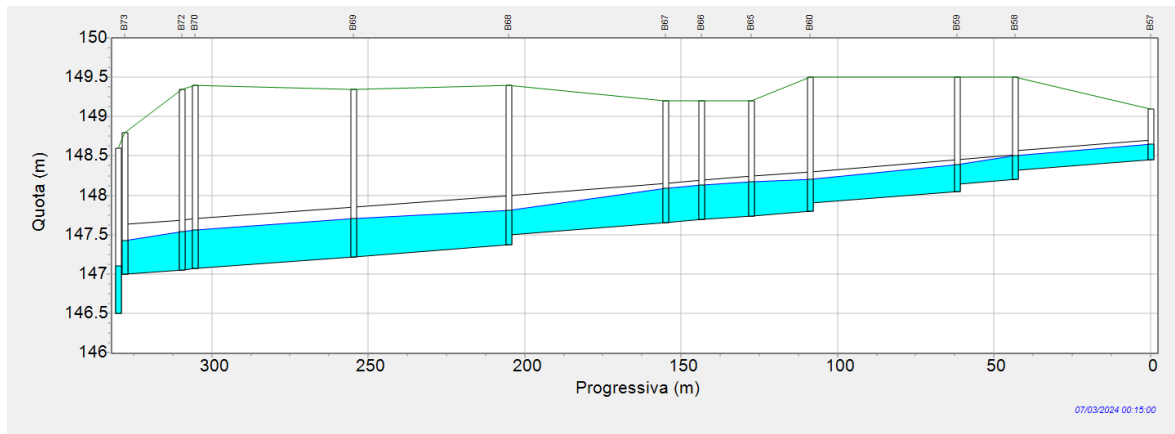
Considerando un evento di **durata 15 min e intensità costante**, la rete risulta verificata con gradi di riempimento praticamente inferiori a 0.8 ovunque. Si riporta di seguito la mappa dei massimi riempimenti delle condotte e dei massimi livelli di esondazione dai nodi.



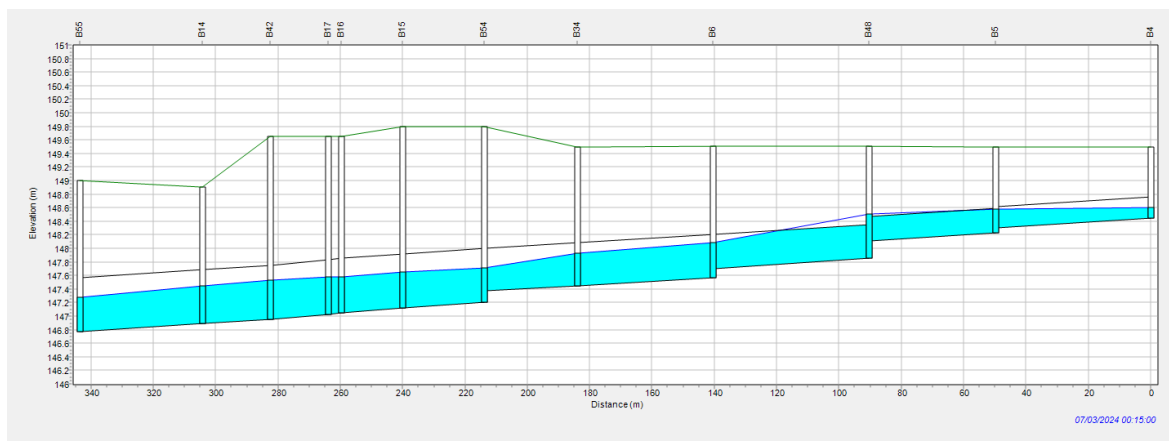
**Figura 19 - Massimi gradi di riempimento delle condotte e livello di allagamento ai nodi**

Di seguito si riportano i profili nel momento di massimo riempimento nei due tratti principali della rete.

#### Riempimento collettori Nord-Est Edificio A



#### Riempimento collettori Nord-Ovest Edificio A



### 4.3 INVARIANZA IDRAULICA E VOLUMI DI LAMINAZIONE

La normativa della Regione Lombardia (r.r. 7/2017) impone un minimo di invaso per la laminazione pari a **800 mc\*ha di superficie impermeabile drenata (requisiti minimi)**. Tale limite è stato rispettato in quanto il dimensionamento del sistema di laminazione riferito ad un Tr di 100 anni unito all'udometria che definisce i limiti di scarico hanno portato a garantire volumi di invaso molto maggiori.

Come indicato nella Tabella 1 allegata al r.r. 7/2017, di seguito riportata, l'intervento in esame risulta essere in **classe 3 "Impermeabilizzazione potenziale elevata"**; il volume della vasca di laminazione è stato quindi calcolato con la **procedura dettagliata**, ossia rispettando i risultati ottenuti dalla modellazione della rete con il codice di calcolo SWMM, verificando, come sopra riportato, che questo risulti maggiore di quello ottenuto con i requisiti minimi; alternativamente si sarebbe comunque garantito il volume da requisito minimo.

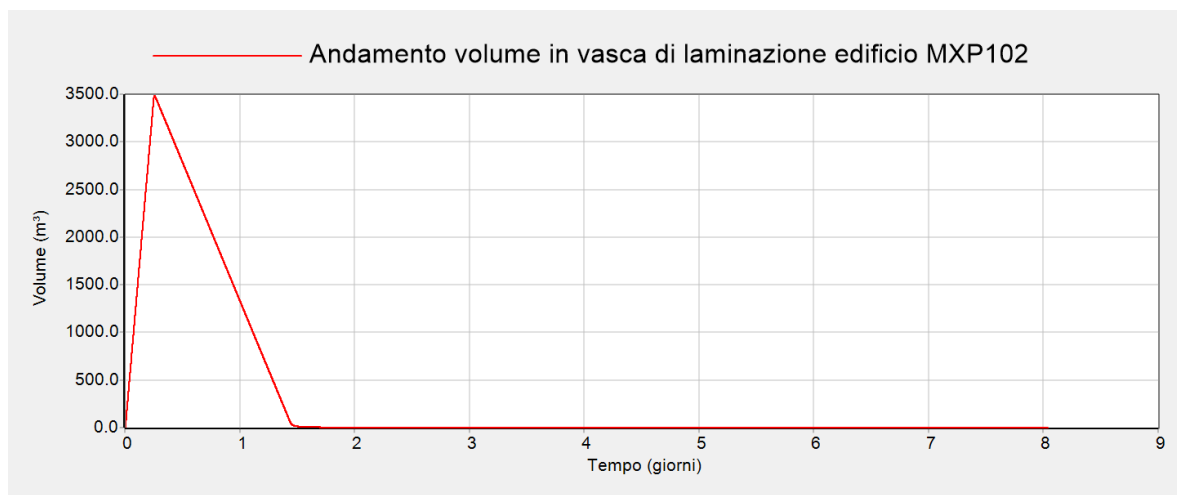
Tabella 1

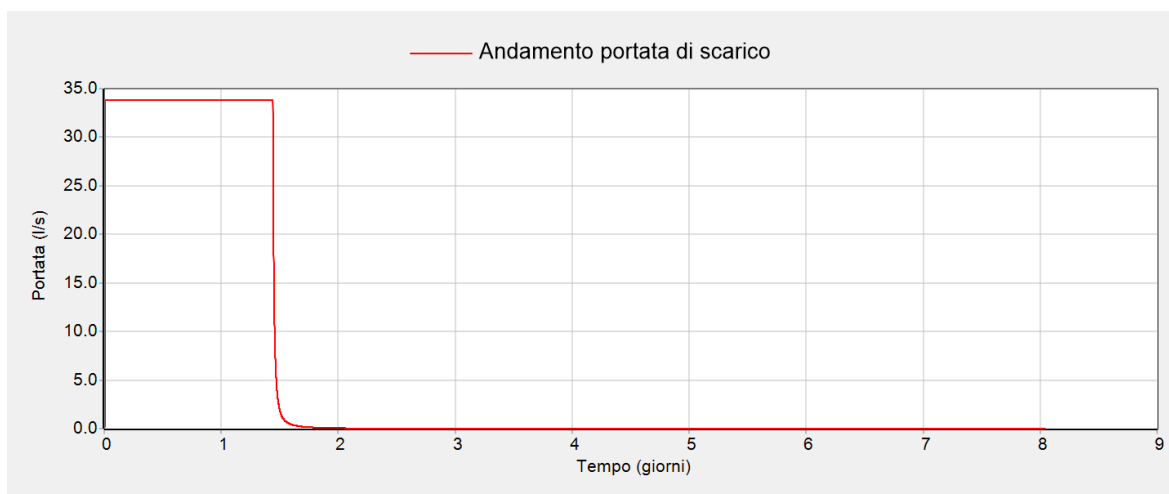
CLASSE DI INTERVENTO	SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	COEFFICIENTE DEFLUSSO MEDIO PONDERALE	MODALITÀ DI CALCOLO	
			AMBITI TERRITORIALI (articolo 7)	
			Aree A, B	Aree C
0	Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi ≤ 0,03 ha (≤ 300 mq)	qualsiasi	Requisiti minimi articolo 12 comma 1	
1	Impermeabilizzazione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

La superficie impermeabile da laminare, come anticipato nei capitoli precedenti, è di 3,38 ha dal quale si ricava il **volume minimo** di laminazione che risulta essere pari a **2'704 mc**.

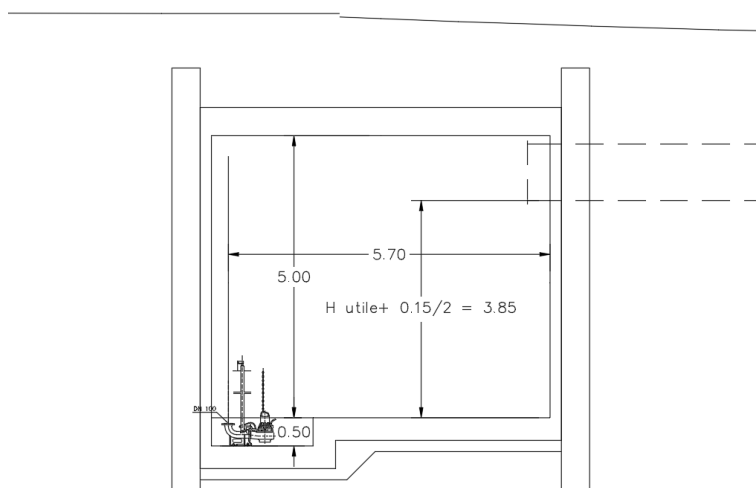
Dalle simulazioni effettuate con diversi tempi di pioggia maggiori di un'ora, imposta una portata di scarico di **33,8 l/s**, si è calcolato il **volume critico** per il sistema corrispondente ad una **durata di pioggia di 6 ore**. Tale volume di laminazione è risultato essere di 3'482,30 mc, di conseguenza, la vasca avrà una volumetria minima di **3'500 mc** (molto maggiore del volume minimo richiesto).

Di seguito vengono mostrati gli andamenti del volume in vasca di laminazione dai quali si può evincere che il **tempo di svuotamento è minore di 48 h** come richiesto dalla normativa vigente.





Come indicato nella tavola dei dettagli, la vasca di laminazione sarà realizzata in calcestruzzo, sotto il sedime dei parcheggi e della strada interna al comparto; le dimensioni interne in sezione saranno **5 m x 5,70 m per 155 m** di sviluppo lineare.



**Figura 20 - Sezione trasversale vasca di laminazione**



**Figura 21 - Vista planimetrica della vasca di laminazione**

In un'estremità dell'area della vasca saranno poste le pompe per lo scarico in fognatura.

#### **4.3.1 Dimensionamento impianto di pompaggio vasca di laminazione**

Il sistema di pompaggio che garantirà l'efficienza del sistema di laminazione è costituito da due elettropompe (1+1 di riserva) da **121,68 mc/h**. Per il calcolo della strumentazione idonea si è proceduto a definire il punto di ubicazione dell'impianto, del recapito in fognatura a gravità e relative quote altimetriche, nonché il tracciato della premente adottato, così è stato possibile ricavare le perdite di carico che indicativamente si realizzano



 <p>Comune di Rho</p>	<p><b>AMAZON DATA SERVICES ITALY</b> S.R.L.</p>	<p><b>PROGETTO DI DATA CENTER (EDIFICIO A) IN VIA MICHELANGELO BUONARROTI n. SNC, COMUNE DI RHO (MI)</b></p>	<p><b>RELAZIONE DI INVARIANZA IDRAULICA</b> <i>pag. 32 di 34</i></p>
--	---	--	--

in un tubo di HDPE, diametro interno predefinito Di 204,6 mm, lunghezza pari a circa 152 m, che trasporta 33,8 l/s, verificando di contenere le velocità di deflusso nella premente all'interno del rango  $0.5 < V_p < 1.5$  in modo da non generare eccessive perdite di carico e scongiurando, nel frattempo, fenomeni di sedimentazione associati alla natura del refluo sollevato.

Si è scelto di predisporre in esercizio una condotta in HDPE DN 250 mm, ovvero Di 204,6 mm, pressione nominale di riferimento PN 16, che nell'esercizio supposto  $Q_p = 33,8$  l/s determina perdite di carico pari a circa 6,21 m in conseguenza ad una velocità interna del refluo pari a circa 1 m/s.

#### **4.3.1.1 Calcolo delle perdite di carico distribuite**

Il quadro delle perdite di carico associate al tratto di condotta in pressione viene di seguito riportato

$$\Delta H_{distr} = \frac{10.29}{K_S^2} \cdot \frac{Q_P^2 \cdot L}{D^{5.33}} = 0.70 \text{ m}$$

Dove  $K_S$  è la scabrezza secondo Gauckler-Strickler del HDPE pari a  $110 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ ;  $Q_P$  è la portata di progetto pari a  $0.0338 \text{ mc/s}$ ;  $L = 150 \text{ m}$ ;  $Di = 0.2046 \text{ m}$

#### **4.3.1.2 Calcolo delle perdite di carico concentrate**

Le perdite concentrate vengono calcolate sulla base della seguente formula:

$$\Delta H_{conc} = \sum K_i \cdot \frac{V^2}{2g}$$

Dove  $V$  è la velocità in condotta pari a  $1.0 \text{ m/s}$ ;  $K_i$  sono i coefficienti assegnati alle singole tipologie di perdita di carico concentrata.

Si ipotizzano le seguenti perdite di carico concentrate:

N°10 cambi di direzione (cautelativ.  $90^\circ$ ) ( $K_i = 0.8$ )

Da cui si ottiene Un valore della somma totale di  $K$  pari a 8 ed un conseguente valore totale delle perdite concentrate pari a

$$\Delta H_{conc} = 8 \cdot \frac{1}{19.62} = 0.41 \text{ m}$$

Sommando alle perdite di carico distribuite quelle concentrate si verificano complessivamente perdite di carico pari a:  $0,70 + 0,41 = 1,11 \text{ m}$

#### **4.3.1.3 Dislivello geodetico**


Il dislivello geodetico o prevalenza statica è data dalla differenza fra la quota massima della condotta nel tratto considerato e la quota minima prevista in vasca (livello di arresto pompe)

$$\Delta H_{geo} = 147,15 - 142,55 = 4,60 \text{ m}$$

#### **4.3.1.4 Prevalenza elettropompa**

Sommando tutte le perdite di carico così determinate si ottiene la prevalenza di progetto per l'impianto considerato:

CONTRIBUTO PERDITA DI CARICO	UNITA' DI MISURA [m]
Geodetica	4,60
Perdite di carico	1,11
Franco	0,50
<b><u>TOTALE</u></b>	<b><u>6,21</u></b>

 <p>Comune di Rho</p>	<p><b>AMAZON DATA SERVICES ITALY</b> S.R.L.</p>	<p><b>PROGETTO DI DATA CENTER (EDIFICIO A) IN VIA MICHELANGELO BUONARROTI n. SNC, COMUNE DI RHO (MI)</b></p>	<p><b>RELAZIONE DI INVARIANZA IDRAULICA</b> <i>pag. 34 di 34</i></p>
--	---	--	--

## 5 CONCLUSIONI

La presente relazione rappresenta lo studio condotto per la progettazione del sistema di drenaggio delle acque meteoriche a servizio della realizzazione di un nuovo datacenter in via Buonarroti in comune di Rho, denominato EDIFICIO A.

La gestione delle acque meteoriche è garantita da una rete separata che raccoglie il deflusso superficiale rispettivamente dal sedime stradale, dal piazzale dei generatori, dalla piazzola di rifornimento, dai percorsi pedonali e dai tetti. Per tutte le acque, a meno di quelle di copertura, viene garantita la depurazione della prima pioggia: in linea per le superfici stradali e pedonali, fuori linea per quelli in cui verranno installati i generatori e per la piazzola di rifornimento.

La rete confluisce in una vasca di laminazione: considerata la superficie impermeabile collettata, i requisiti minimi indicati dalla r.r. 7/2017 richiedono un volume di laminazione minimo di 2'704 mc; dalla modellazione di dettaglio della rete e considerando 100 anni il tempo di ritorno dimensionante della rete, il volume ottenuto è pari a 3'500 mc, e quindi la verifica sulle volumetrie da destinare alla laminazione risulta soddisfatta.

Lo scarico della rete avviene per mezzo di un impianto di sollevamento inserito nella vasca di laminazione che rilancia le acque meteoriche verso la fognatura mista presente lungo via Sempione in comune di Pero. La portata scaricata è pari al limite allo scarico imposto dalla r.r. 7/2017, che indica un coefficiente udometrico pari a 10 l/s/ha impermeabile: la portata scaricata è pari a **33,8 l/s**.

La qualità delle acque scaricate è garantita dalla presenza di sistemi di trattamento della prima pioggia in linea, posti lungo i rami della rete a servizio della strada, e fuori linea, che raccolgono la prima pioggia scolata dal piazzale dei generatori e dall'area di rifornimento (aree maggiormente sensibili all'eventuale presenza di idrocarburi).

Alla luce di quanto sopra riportato, si conclude che in termini di limite allo scarico, di volumetrie di laminazione da garantire e di qualità dell'acqua in uscita dal sistema, è garantita l'invarianza idraulica ed idrologica e la rete risulta compatibile con quanto indicato dal Regolamento Regionale.