

**COMUNE DI
INVERUNO**

Città Metropolitana di Milano

**CONSORZIO DEI
COMUNI DEI NAVIGLI**

*Sede in Comune di Albairate
Città Metropolitana di Milano*

**RISTRUTTURAZIONE DI PIATTAFORMA ECOLOGICA
IN VIA FATTORI A INVERUNO (MI)**

PROGETTO ESECUTIVO

ELABORATO 0B

Relazione Idrologica

Relazione Idraulica

Dimensionamento Manufatti Idraulici

Febbraio 2018

Il progettista
Ing. Paolo Piccoli Cappelli



INDICE

1.	GENERALITA' - NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	3
2.	STATO ATTUALE - SISTEMA DI SMALTIMENTO DELLE ACQUE.....	3
3.	PROGETTO - SISTEMA DI SMALTIMENTO DELLE ACQUE	4
4.	CALCOLO DELLA PORTATA CRITICA METEORICA	6
5.	DIMENSIONAMENTO DELLA VASCA DI PRIMA PIOGGIA	11
6.	DIMENSIONAMENTO SISTEMA DI DEPURAZIONE.....	16
7.	DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI DISPERSIONE	17

1. GENERALITA' - Normativa di riferimento

La presente relazione riporta i criteri e i risultati dei calcoli idraulici per il dimensionamento del sistema di drenaggio a servizio della Piattaforma Ecologia posta in via Fattori a Inveruno (MI).

I principali riferimenti normativi utilizzati per la presente progettazioni vengono di seguito elencati:

- Decreto Legislativo 03/04/2006 n. 152 Norme in materia ambientale;
- Regolamento Regionale 24/03 /2006 n. 3 Disciplina e regime autorizzatorio degli scarichi di acque reflue domestiche e di reti fognarie, in attuazione dell'articolo 52, comma1, lettera a) della legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26.
- Regolamento Regionale 24/03/2006 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.
- Circolare Ministeriale LL.PP.: 07/01/1974 "Istruzioni per la compilazione degli elaborati dei progetti di fognature".
- Decreto Ministeriale 12/12/1985 "Norme tecniche relative alle tubazioni".
- Circolare Ministeriale LL.PP.: 12/12/1985, n. 27291 "Istruzioni relative alla normativa per le tubazioni".

L'intervento garantisce:

- il drenaggio e lo smaltimento diretto nel sottosuolo delle acque meteoriche decadenti sulle coperture;
- il drenaggio delle acque meteoriche afferenti alle pavimentazioni;
- l'accumulo delle acque di prima pioggia nella misura di 50 mc/ha di superficie impermeabile, come stabilito dal Regolamento Regionale della Regione Lombardia n. 4/2006;
- lo smaltimento delle acque di seconda pioggia nel sottosuolo, mancando un recapito superficiale, come stabilito dal Regolamento Regionale della Regione Lombardia n. 4/2006;
- la rispondenza del limite di recapito delle acque di prima pioggia nella fognatura unitaria fissato in 1 l/s ha, come determinato dal Piano Regionale di Risanamento delle Acque per gli ampliamenti di tipo industriale;
- il sollevamento delle acque alla fognatura comunale dovrà avere inizio 96 ore dopo il termine dell'ultimo evento meteorico.

2. STATO ATTUALE - SISTEMA DI SMALTIMENTO DELLE ACQUE

La Piattaforma Ecologica presenta attualmente 4 punti di scarico in pubblica fognatura, identificati con i codici S1, S2, S3 e S4.

Lo scarico S1, ubicato in via Rembrandt, è costituito dalle acque reflue provenienti dai servizi igienici e scaricate nella rete fognaria previo passaggio in vasca imhoff.

Gli scarichi S2 e S3, ubicati entrambi in via Rembrandt, sono costituiti dalle acque meteoriche derivanti dal dilavamento delle superfici scolanti dell'area utilizzata per il deposito dei materiali ferrosi, carta e cartone, ingombranti; tali acque vengono raccolte tramite apposite caditoie in un'unica linea ed inviate in due distinti disoleatori prima di essere scaricate nella rete fognaria pubblica.

Lo scarico S4, ubicato in via Fattori, è costituito dalle acque meteoriche derivanti dal dilavamento delle superfici scolanti dell'area utilizzata per il deposito del verde, dell'umido, del vetro, degli inerti e del legno trattato; tali acque vengono raccolte tramite apposite caditoie in un'altra linea, distinta dalle precedenti, ed inviate in un terzo disoleatore prima di essere scaricate nella rete fognaria pubblica.

L'approvvigionamento idrico dichiarato, relativo alla piattaforma, è di circa 20 mc/anno.

Le prescrizioni imposte da A.T.O. sono le seguenti:

- Lavaggio aree esterne

Si richiama in merito il parere favorevole espresso da Amiacque con nota del 19.11.2014 (prot. N. 45774), limitatamente alle acque meteoriche di prima pioggia *“a fronte del fatto che l'Impresa non dichiara alcuna attività di lavaggio delle superfici scolanti e che quindi non si sono potute effettuare valutazioni circa l'influenza che tale operazione eserciterebbe sul sistema di raccolta e trattamento [...] Trascorsi i 30 giorni senza che l'Impresa abbia adempiuto a quanto prescritto [cfr.: presentazione di relazione integrativa che dettagli le attività di lavaggio], l'attività di lavaggio delle aree esterne si intenderà come non esercitata.*

- Acque di prima pioggia

[...] il Gestore dell'Impianto dovrà presentare all'Ufficio d'ambito della Provincia di Milano – Azienda Speciale e ad Amiacque, per la necessaria approvazione, un progetto finalizzato ad eliminare le portate meteoriche – eccedenti la prima pioggia – recapitate nella rete fognaria pubblica individuando per le stesse un recapito alternativo nel rispetto della normativa vigente[...]. Il progetto dovrà inoltre individuare le misure atte a ridurre il più possibile l'estensione delle superfici scolanti [...] e dovrà inoltre prevedere la separazione della rete di raccolta delle acque meteoriche da piazzali da quella di raccolta delle meteoriche da coperture.

- Scarichi

[...] il Gestore dovrà trasmettere all'Ufficio d'Ambito della Provincia di Milano – Azienda Speciale ed Amiacque:

- *Dettagliato schema impiantistico dei sistemi di depurazione (disoleatori) delle acque meteoriche;*
- *Le coordinate Gauss-Boaga o UTM degli allacci in pubblica fognatura degli scarichi presenti all'interno dell'insediamento.*

3. PROGETTO - SISTEMA DI SMALTIMENTO DELLE ACQUE

La ristrutturazione della Piattaforma Ecologica prevede:

- l'ampliamento della superficie della piattaforma e, di conseguenza, della superficie impermeabile;
- il mantenimento dello scarico S1 di acque reflue del domestiche provenienti dai servizi igienici, sulla via Rembrandt;
- la dismissione di n. 2 scarichi in fognatura S2 e S3 sulla via Rembrandt, per l'ottimizzazione della gestione delle acque di prima pioggia;
- il mantenimento dello scarico S4, ubicato in via Fattori, per lo scarico delle acque di prima pioggia, dopo trattamento di disoleazione;
- la formazione della rete di raccolta delle acque decadenti sulle coperture (tettoie) e smaltimento nel sottosuolo in pozzetti disperdenti dedicati;
- la nuova realizzazione della rete di drenaggio delle acque meteoriche decadenti sulla pavimentazione della Piattaforma Ecologica;
- la realizzazione di vasca di prima pioggia per l'accumulo delle acque di lavaggio delle pavimentazioni;
- la formazione di stazione di pompaggio delle acque di prima pioggia nel limite di 1 l/s ha imp al sistema di trattamento di disoleazione con filtro a coalescenza, per il successivo allontanamento alla fognatura;
- la realizzazione di una batteria di pozzi disperdenti per la dispersione nel sottosuolo delle acque di seconda pioggia.
- la realizzazione di un fosso di guardia disperdente in adiacenza alla batteria di pozzi perdenti.

Inoltre:

- il dimensionamento della vasca di prima pioggia è determinato dalle norme e dai Regolamenti vigenti.
- il dimensionamento della rete di drenaggio è definito dai calcoli idrologici ed idraulici.
- il dimensionamento della batteria di pozzi disperdenti deriva dalla valutazione delle caratteristiche di permeabilità del sottosuolo, desunte dalle relazioni geologiche a disposizione, e dai volumi di laminazione propri del sistema di drenaggio.

Gli scarichi in fognatura che verranno mantenuti sono localizzabili alle seguenti coordinate UTM.



	UTM-WGS84	GAUSS BOAGA Roma 40
Scarico S1		
E (m)	8,835371	1487169,21
N (m)	45,516102	5040318,82
Scarico S2		
E (m)	8,835022	1487141,96
N (m)	45,516031	5040310,94
Scarico Pozzi Disperdenti		
E (m)	8,834293	1487084,99
N (m)	45,51608	5040316,49

Materiali

Le condotte a gravità di drenaggio delle acque meteoriche e delle acque nere sono previste con tubi in PVC a norma UNI EN 1401-1 tipi SN8.

I pozzetti e le caditoie sono previste in calcestruzzo.

La vasca di prima pioggia è prevista in calcestruzzo.

I pozzi disperdenti sono realizzati mediante sovrapposizione di anelli forati di calcestruzzo.

4. CALCOLO DELLA PORTATA CRITICA METEORICA

Curve di Possibilità Pluviometrica

La determinazione della precipitazione di progetto avviene attraverso la preliminare ricostruzione di uno ietogramma sintetico derivante dall'elaborazione delle piogge intense registrate all'interno e nelle aree contermini del bacino che occorre modellare. Questa fase conduce alla determinazione delle curve di possibilità pluviometrica media da associare a tale territorio ossia delle curve che legano, per assegnati tempi di ritorno, le altezze di precipitazione h alle corrispondenti durate t . Il legame funzionale tra altezza di pioggia $h(t)$ e durata t viene di solito espresso da una relazione monomia del tipo:

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

dove a ed n sono i parametri caratteristici della stazione e rappresentano rispettivamente l'altezza di precipitazione relativa alla durata di un'ora e n la pendenza della retta che rappresenta la seguente relazione in un cartogramma probabilistico:

$$\log h = \log a + n \log t$$

La stima dei parametri a ed n viene effettuata riportando su tale piano le coppie di punti (t, h) e regolarizzandoli su una retta (quando non risulti più conveniente l'uso di una spezzata a due o più lati). Tali punti devono ovviamente essere tra loro omogenei, nel senso che devono avere un medesimo tempo di ritorno T .

Le indagini idrologiche esistenti hanno quindi consentito la restituzione delle Curve di Possibilità Climatica in funzione della durata di pioggia.

La tabella seguente riporta i coefficienti a ed n , per i tempi di ritorno $T=10$ per durate di precipitazioni inferiori ad un ora, che si adatta bene alle caratteristiche del territorio Comunale, per un tempo di ritorno T di 10 anni e per durate di pioggia inferiori ad 1 ora (gli eventi piovosi di maggiore intensità sono brevi). ricavati da studi pregressi.

Tab.: Curve di Possibilità Pluviometrica

Curve Possibilità Pluviometrica		
t < 1 ora		
Tr	a	n
10	49,62	0,333
25	58,4	0,329
50	66	0,323
100	73,9	0,312
200	80,7	0,204
500	90,9	0,199

Modelli di trasformazione afflussi-deflussi

Lo studio dei fenomeni di piena nelle reti fognarie consiste nella ricerca dei valori massimi di portata al colmo associati a prefissati tempi di ritorno, nonché alla simulazione dell'intera formazione delle onde di piena durante una data precipitazione, di progetto o reale.

Il calcolo delle sole portate al colmo ha interesse per i problemi di dimensionamento e verifica delle canalizzazioni fognarie, mentre la simulazione dell'intera onda di piena è necessaria alla progettazione e alla verifica di funzionamento di sistemi più complessi come, ad esempio, le vasche di laminazione.

Le portate meteoriche di calcolo per il caso specifico sono valutate mediante l'adozione di una procedura di trasformazione afflussi-deflussi basata sull'ipotesi di costanza dell'intensità di

precipitazione: gli afflussi che costituiscono il dato di entrata del modello sono assunti costanti nel tempo.

Il dimensionamento deve prevedere il calcolo della portata di deflusso generata dall'evento di pioggia mediante il "Metodo di corrivazione" o "Metodo razionale".

Questo metodo si basa sulla considerazione che le gocce di pioggia cadute in punti diversi del bacino nel medesimo istante, impiegano tempi differenti per arrivare alla sezione di chiusura e che ogni bacino ha un tempo caratteristico, detto "tempo di corrivazione", che rappresenta il tempo necessario affinché la goccia caduta nel punto idraulicamente più lontano del bacino raggiunga la sezione di chiusura dello stesso.

Per i processi di perdita idrologica (infiltrazione, detenzione superficiale ecc.), le esperienze hanno mostrato la possibilità di adottare, con buoni risultati, la più semplice procedura di calcolo, che consiste nell'assumere un coefficiente di afflusso costante nel tempo, stimato su base empirica in funzione delle percentuali di aree impermeabili presenti nei bacini.

Come pioggia di progetto è stato adottato lo ietogramma a intensità costante.

Il valore di tale coefficiente viene assunto variabile in funzione del bacino. In particolare per i bacini caratterizzati da elevata permeabilità (ghiaione, terra, prato) il coefficiente viene mantenuto molto basso, mentre per i bacini caratterizzati da elevata impermeabilizzazione (pavimentazioni o coperture) si eleva il coefficiente d'afflusso tenendo conto solamente di fenomeni di evapotraspirazione.

I parametri assunti per la determinazione delle caratteristiche del bacino sono i seguenti:

Tab.: coefficienti di deflusso

Coefficienti di Deflusso	
Tipo di pavimentazione	Coefficiente Deflusso
Pavimentazione asfalto o calcestruzzo	0,90
Scarpata erbosa	0,60
Superficie a verde piane	0,30

Per il bacino di interesse, identificabile con l'intera area della Piattaforma Ecologica, si utilizzano le seguenti grandezze caratteristiche:

Tab.: superfici e coefficiente di deflusso del bacino idraulico

Caratteristiche del bacino		
	Superficie (ha)	Coefficiente Deflusso
Superficie coperta (tettoie)	0,011	0,00
Superficie impermeabile (asfalto e calcestruzzo)	0,262	0,90
Verde	0,036	0,30
	0,309	0,80
Area efficace (impermeabile)	0,246	1,00

Tempo di corrivazione

Si definisce Tempo di Corrivazione il tempo che impiega una goccia a percorrere l'intero tratto dal punto di precipitazione più lontano dalla sezione di verifica alla sezione stessa.

Il Tempo di Corrivazione è dato da:

$$T_c = T_r + T_e$$

in cui:

- ☐ $T_r = \sum (L_i/V_i)$ è il tempo di percorrenza dell'acqua nella rete di collettori; L_i è il percorso relativo ad un singolo tratto "i" di caratteristiche uniformi, tale per cui la somma $\sum L_i$ è pari al percorso idraulicamente più lungo; V_i è la velocità della corrente in moto uniforme nel singolo tratto "i" nelle condizioni di pieno riempimento della condotta;
- ☐ T_e è il tempo di entrata in rete.

Il valore assunto per il bacino unico in esame è pari a

- **Tc = 15 minuti**

L'integrale di convoluzione è stato calcolato numericamente adottando idonei passi temporali pari a 1 minuto.

Ipotesi e risultati

Per il dimensionamento della rete principale di drenaggio, costituita da

- **tubazioni in PVC DN 315**

si assume l'ipotesi di un evento piovoso della durata di

- **Tp = 15 minuti**

nella consapevolezza che eventi piovosi di durata superiore hanno minori portate al colmo.

Nella progettazione dei sistemi di drenaggio è necessario far riferimento agli eventi meteorici di breve durata: nel caso specifico essi sono commisurati al tempo di risposta relativamente breve (in genere largamente inferiore all'ora) dei bacini e sottobacini in cui la superficie drenata è stata suddivisa.

La monomia di interesse è pertanto costituita dall'espressione

- **$h = 49,62 t^{0.3330}$**

Per il dimensionamento della rete di drenaggio si considera il tempo di ritorno di

- **Tr = 10 anni**

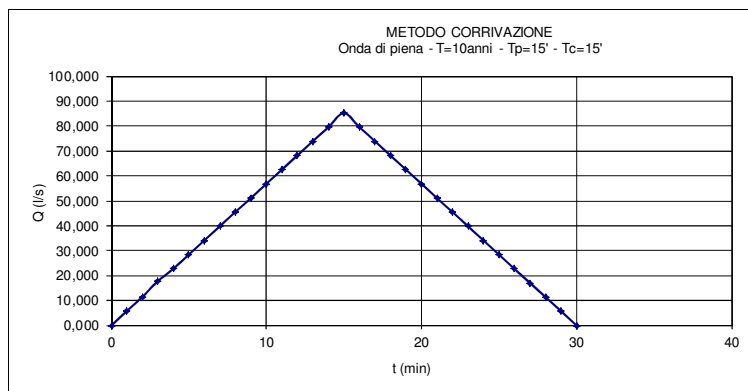
che rappresenta il punto di equilibrio nell'analisi costi/benefici per la progettazione delle fognature. La portata al colmo risulta pari a

- **Qc = 85,2 l/s = 0,0852 mc/s**

Per il bacino sottinteso dalla sezione finale della rete è stata determinata l'onda di piena ipotizzata, che si riporta, per quanto di interesse, nella tabella seguente.

Tab./Fig.: onda di piena del bacino

Durata dell'evento minuti	Altezza di pioggia mm/h	Portata al colmo l/s
0	97,4800	0,000
1	97,4800	5,700
2	97,4800	11,400
3	97,4800	17,800
4	97,4800	22,700
5	97,4800	28,400
6	97,4800	34,100
7	97,4800	39,800
8	97,4800	45,500
9	97,4800	51,100
10	97,4800	56,800
11	97,4800	62,500
12	97,4800	68,200
13	97,4800	73,900
14	97,4800	79,500
15	97,4800	85,200
16	0	79,500
17	0	73,900
18	0	68,200
19	0	62,500
20	0	56,800
21	0	51,100
22	0	45,500
23	0	39,800
24	0	34,100
25	0	28,400
26	0	22,700
27	0	17,000
28	0	11,400
29	0	5,700
30	0	0,000
MAX		85,2



Dimensionamento delle tubazioni

La verifica per il dimensionamento dei collettori, viene effettuata ipotizzando che ciascun tratto di collettore, sia percorso tutto dalla stessa portata e in condizioni di moto uniforme, utilizzando la Formula di Chezy con coefficiente scabrezza di Gauckler-Strickler:

$$Q = K_s A R^{2/3} i^{1/2}$$

nella quale:

- K_s scabrezza della tubazione;
- A area della sezione bagnata;
- R raggio idraulico;
- i pendenza longitudinale.

Il valore del coefficiente di scabrezza assunto è

- $K_s = 70 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$

che il valore per le tubazioni in PVC usurate.

Fissati un coefficiente di scabrezza K_s ed una pendenza longitudinale i , si è in grado, con la formula precedente, di determinare la combinazione di diametro e grado di riempimento che danno luogo ad una portata Q pari a quella massima di progetto.

La verifica consisterà nel rispettare le seguenti condizioni:

- $h/D < 0,75$ per tubazioni di seconda pioggia
- $h/D < 0,85$ per tubazioni di prima pioggia
- $0,60 < v_{eff} < 5,00 \text{ m/s}$ relazione valida per le fognature bianche e miste.

La verifica del collettore in progetto è positiva, come evidenziato nel seguente prospetto da cui si evince che:

- la portata massima transita con riempimenti ammissibili (si osservi, a favore di sicurezza, che la portata effettiva nella tubazione DN315 non dovrebbe prevedere le acque in arrivo dalla zona rialzata);
- la velocità massima è ammissibile per le fognature pluviali e per il materiale utilizzato (PVC).

Tab.: scala delle portate

SCALA DELLE PORTATE PER SEZIONE CIRCOLARE										
- Formula di Chezy -										
Diametro D = 300			302,6	mm						
Pendenza i =			0,0100	m/m	Strickler k =			70	Manning 0,014	
h	h/D	h/r	A	P	R	B	V	Q	V	Q
m			mq	m	m	m	m/s	mc/s	m/s	mc/s
0,000	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000
0,015	0,05	0,100	0,001	0,136	0,010	0,132	0,32	0,000	0,32	0,000
0,030	0,10	0,200	0,004	0,195	0,019	0,182	0,50	0,002	0,50	0,002
0,045	0,15	0,300	0,007	0,241	0,028	0,216	0,65	0,004	0,65	0,004
0,061	0,20	0,400	0,010	0,281	0,036	0,242	0,77	0,008	0,77	0,008
0,076	0,25	0,500	0,014	0,317	0,044	0,262	0,88	0,012	0,88	0,012
0,091	0,30	0,600	0,018	0,351	0,052	0,277	0,97	0,018	0,97	0,018
0,106	0,35	0,700	0,022	0,383	0,059	0,289	1,06	0,024	1,06	0,024
0,121	0,40	0,800	0,027	0,414	0,065	0,296	1,13	0,030	1,13	0,030
0,136	0,45	0,900	0,031	0,445	0,071	0,301	1,19	0,038	1,19	0,038
0,151	0,50	1,000	0,036	0,475	0,076	0,303	1,25	0,045	1,25	0,045
0,166	0,55	1,100	0,041	0,506	0,080	0,301	1,30	0,053	1,30	0,053
0,182	0,60	1,200	0,045	0,536	0,084	0,296	1,34	0,060	1,34	0,060
0,197	0,65	1,300	0,049	0,568	0,087	0,289	1,38	0,068	1,38	0,068
0,212	0,70	1,400	0,054	0,600	0,090	0,277	1,40	0,075	1,40	0,075
0,227	0,75	1,500	0,058	0,634	0,091	0,262	1,42	0,082	1,42	0,082
0,242	0,80	1,600	0,062	0,670	0,092	0,242	1,43	0,088	1,43	0,088
0,257	0,85	1,700	0,065	0,710	0,092	0,216	1,42	0,093	1,42	0,093
0,265	0,87	1,750	0,067	0,732	0,091	0,200	1,42	0,095	1,42	0,095
0,272	0,90	1,800	0,068	0,756	0,090	0,182	1,41	0,096	1,41	0,096
0,276	0,91	1,825	0,069	0,769	0,090	0,171	1,40	0,096	1,40	0,096
0,280	0,92	1,850	0,069	0,783	0,089	0,159	1,39	0,097	1,39	0,097
0,284	0,94	1,875	0,070	0,798	0,088	0,146	1,38	0,097	1,38	0,097
0,287	0,95	1,900	0,071	0,814	0,087	0,132	1,37	0,097	1,37	0,097
0,291	0,96	1,925	0,071	0,833	0,085	0,115	1,36	0,096	1,36	0,096
0,295	0,97	1,950	0,071	0,855	0,084	0,094	1,34	0,096	1,34	0,096
0,299	0,99	1,975	0,072	0,883	0,081	0,067	1,31	0,094	1,31	0,094
0,303	1,00	2,000	0,072	0,951	0,076	0,000	1,25	0,090	1,25	0,090
h = altezza pelo libero										
A = area sezione bagnata			B=larghezza p.l. in superficie							
P = perimetro bagnato			V = velocità							
R = raggio idraulico			Q = portata							

5. DIMENSIONAMENTO DELLA VASCA DI PRIMA PIOGGIA

Con l'emanazione del D. Lgs. n. 152/99, successivamente modificato ed integrato dal D.Lgs. n. 258/00, che ha recepito la direttiva 91/271/CEE, si sono fornite le disposizioni in materia di tutela delle acque dall'inquinamento. In particolare è stato introdotto per la prima volta il concetto di "acque di prima pioggia".

La sopracitata normativa è stata abrogata dal Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale", che riprende i principi del D. Lgs. n. 152/99 disciplinando le misure per la tutela dei corpi idrici dall'inquinamento.

Il D. Lgs. n. 152/2006 non definisce il concetto di "acque di prima pioggia" e non fornisce per esse nessuna indicazione quantitativa demandando alle Regioni la loro disciplina. Inoltre, nel prevedere la necessità di convogliamento e trattamento in impianti di depurazione, parla esclusivamente di acque di dilavamento di superfici impermeabili scoperte.

La vigente normativa demanda alle Regioni, allo scopo di prevenire i rischi idraulici ed ambientali, la disciplina e l'attuazione delle forme di controllo degli scarichi di acque meteoriche di dilavamento. Alle Regioni spetta, quindi, il compito di prescrivere i casi in cui può essere richiesto che le acque di prima pioggia e di lavaggio di aree esterne siano canalizzate ed opportunamente trattate.

La predisposizione dei sistemi di raccolta delle acque di prima pioggia assolve al duplice intento di intercettare gli eventuali sversamenti di sostanze non compatibili con la rete idrografica naturale in occasione di imprevisti inconvenienti di esercizio (ribaltamento mezzi, ecc.) e di raccogliere le inevitabili scorie prodotte da un intenso flusso veicolare.

E' evidente che l'accumulo di inquinanti in tempo secco ed il loro lavaggio operato dalla pioggia può raggiungere livelli non trascurabili su superfici interessate da intenso traffico veicolare, quali le autostrade. In questo caso il trasporto degli inquinanti nei collettori fognari e la loro immissione diretta nei corpi idrici ricettori può essere causa di notevoli danni all'ambiente, soprattutto se posta in relazione agli obiettivi di qualità dei corpi idrici stabiliti dal citato D. Lgs. n. 152/06.

Nell'ambito del presente progetto si darà pertanto grande rilevanza alla necessità di controllare e trattare il carico inquinante legato al dilavamento delle deposizioni secche, prima della restituzione delle acque di pioggia all'ambiente naturale.

Entrando nel merito specifico del presente progetto, il primo problema che si pone è quello legato all'individuazione delle soglie di intervento del sistema, in altre parole la quantificazione delle acque di prima pioggia. La regione Lombardia è stata fra le prime a legiferare in materia di acque meteoriche con la Legge Regionale n. 62 del 27/5/85 e, successivamente, con il Regolamento Regionale n. 4 del 24 marzo 2006.

Il Regolamento Regionale espone le seguenti definizioni:

Acque di prima pioggia

quelle corrispondenti, nella prima parte di ogni evento meteorico, ad una precipitazione di 5 mm uniformemente distribuita sull'intera superficie scolante. Ai fini del calcolo delle portate, si stabilisce che tale valore si verifichi in 15 minuti.

Il deflusso originato da un evento di precipitazione con queste caratteristiche che insiste sull'asse principale verrà, nell'ambito della presente progettazione esecutiva, opportunamente separato dalla portata eccedente e destinato ad un trattamento di disoleatura e dissabbiatura, che permetta di ridurre il carico inquinante ai valori imposti dalla normativa vigente.

Acque di lavaggio

le acque, comunque approvvigionate, attinte o recuperate, utilizzate per il lavaggio delle superfici di cui alla lettera f) e qualsiasi altra acqua di origine non meteorica venga ad interessare le medesime superfici direttamente o indirettamente.

Nel Regolamento 4/2006, all'Art. 3, vengono riportate, inoltre, le tipologie di superfici scolanti soggette a regolamentazione. Non vi è specifica indicazione inerente le superfici interessate tra traffico veicolare, tuttavia la predisposizione dei sistemi di raccolta delle acque di prima pioggia assolverebbe al duplice intento di intercettare gli eventuali sversamenti di sostanze non compatibili con la rete idrografica naturale in occasione di imprevisti inconvenienti di esercizio (ribaltamento mezzi, ecc.) e di raccogliere le inevitabili scorie prodotte dal flusso veicolare.

Secondo quanto riportato nell'Art. 5 (Sistemi di raccolta e convogliamento delle acque di prima pioggia e di lavaggio), le acque di prima pioggia e di lavaggio, che siano da recapitare in un corpo d'acqua superficiale, sul suolo o negli strati superficiali del sottosuolo, devono essere avviate ad apposite vasche di raccolta a perfetta tenuta, dimensionate in modo da trattenere complessivamente non meno di 50 m³ /ha di superficie scolante. Tali vasche devono essere dotate di un sistema di alimentazione che le escluda automaticamente a riempimento avvenuto.

All'art 7 viene creato un ordine preferenziale di recapito per le acque di prima pioggia e di lavaggio e i relativi valori limite di riferimento:

- rete fognaria adibita al trasporto di acque nere e miste;
- in corpo d'acqua superficiale;
- sul suolo o negli strati superficiali del sottosuolo (nelle zone in cui l'Autorità competente accerti l'impossibilità tecnica o l'eccessiva onerosità di utilizzare i recapiti precedenti).

Il Regolamento Regionale impone che siano inviate alla fognatura, dopo l'accumulo in vasche di prima pioggia, portate per 50 mc/ha di superficie impermeabile.

Il sollevamento delle acque alla fognatura comunale dovrà avere inizio 96 ore dopo il termine dell'ultimo evento meteorico

Il prospetto seguente identifica le grandezze caratteristiche per il dimensionamento, evidenziando che il volume utile della vasca di prima pioggia deve essere pari a

- **V prima pioggia = 12,3 mc.**

Tab.: dimensionamento Vasca Prima Pioggia

Vasca Prima Pioggia		
Area Impermabile	0,246	ha
Altezza di pioggia	5	mm
Volume Unitario da Trattare	50	mc/ha
Volume da trattare	12,3	mc
Volume Progetto Vasca Prima Pioggia	14,0	mc

Stazione di pompaggio dell'acqua dalla vasca di prima pioggia alla fognatura

Il motore elettrico, con cui è equipaggiata ogni pompa dell'impianto di sollevamento, durante l'avviamento può essere caratterizzato da una coppia non molto grande e da un assorbimento di corrente notevolmente elevato. È quindi necessario, per assicurare una lunga durata dei motori elettrici, che le pompe operino con un adeguato intervallo di tempo tra un avviamento ed il successivo, essendo il servizio da svolgere intermittente. Ciò da modo agli avvolgimenti di dissipare il calore prodotto dalla corrente di spunto. Il risultato si ottiene, oltre che con determinati accorgimenti costruttivi per le pompe, dimensionando opportunamente la capacità delle vasche di raccolta.

Il numero di avviamenti/ora varia normalmente tra 12 e 4 in dipendenza dal tipo di pompa e dalla sua potenza, diminuendo il numero di attacchi con l'aumentare della potenza.

Una volta definita la portata da sollevare, per il dimensionamento delle pompe occorre conoscere la prevalenza da superare.

La prevalenza ΔH è definita dalla somma di due termini:

$$\Delta H = \Delta H_{\text{geo}} + \Delta H_f$$

dove:

- ΔH_{geo} è il dislivello compreso tra la quota minima cui si trova l'acqua da sollevare (nella fattispecie la quota cui si trova il girante della pompa) e la quota massima che deve raggiungere l'acqua;
- ΔH_f sono le perdite di carico, divise in perdite di carico continue e localizzate.

Il dislivello geodetico è dato dalla geometria del problema. Le perdite di carico sono dovute al fatto che il moto in pressione di un fluido attraverso una condotta avviene con dissipazione di energia per effetto degli attriti contro le pareti della tubazione e fra le singole particelle di fluido. Riferendo l'energia dissipata ad un volume di fluido di peso unitario, si ottiene una grandezza avente le dimensioni di una lunghezza che si misura in metri e viene detta "perdita di carico".

Le perdite di carico continue, dovute a fenomeni di attrito lungo le condotte, vengono calcolate come:

$$\Delta = J L = \frac{10.675 Q^{1.852}}{C^{1.852} D^{4.8704}} L$$

dove

- L è la lunghezza della condotta
- J la cadente piezometrica.

Per il calcolo della cadente piezometrica si è fatto riferimento alla seguente formula di Williams-Hazen (valida in regime di moto assolutamente turbolento):

nella quale:

- V è la velocità della corrente
- D è il diametro interno della condotta
- C è il coefficiente di scabrezza della condotta, i cui valori vengono riportati nella tabella sottostante

Tab.: coefficienti adimensionale di attrito validi per la formula di Williams-Hazen

DN	ACCIAIO		PVC	PEAD	GHISA CENTR.		CEM. AM.	VETRO-RESINA
	NUOVO	10 ANNI			RIVESTITA	10 ANNI		
80	126	115	152	145	100	100	-	140
100 ÷ 125	128 ÷ 131	115	152	145	100	105	123	140
150 ÷ 300	133 ÷ 134	120	152 ÷ 154	150	130	110	123	140
350 ÷ 700	136 ÷ 140	125	154 ÷ 156	150	140	120	125	140
800 ÷ 1000	140 ÷ 145	130	-	155	140	125	125	140
1100 ÷ 2000	140 ÷ 155	135	-	-	140	130	125	140

Le perdite localizzate si possono invece esprimere con la seguente relazione:

$$\Delta H_{fL} = k \cdot \frac{V^2}{2g}$$

dove

- K è il coefficiente numerico di perdita di carico (ricavato dalla Tabella seguente) e V è velocità nella condotta.

Tab.: Perdite di carico localizzate: valori del coefficiente K

Installazione	Coefficiente K
Gomito a 90°	0.75
Giunto a T	2.00
Valvola a saracinesca	0.25
Valvola di controllo	0.30

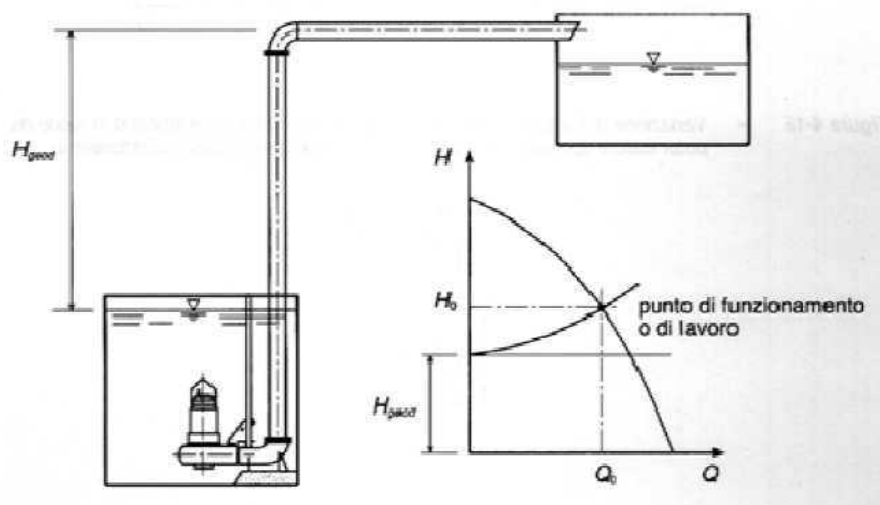
In base alla relazione precedente, la prevalenza che una pompa deve fornire ad un impianto è una funzione della portata che vi deve transitare. Tale funzione rappresentata su un piano cartesiano di ascisse Q e ordinate H è detta curva caratteristica dell'impianto e, fissati i materiali e la geometria dello stesso impianto, assume andamento crescente al crescere della portata Q.

La curva caratteristica di una pompa (o di più pompe funzionanti in parallelo o in serie) rappresenta invece, sullo stesso piano di ascisse Q e ordinate H, la prevalenza che la pompa è in grado di fornire al fluido in funzione della portata sollevata, ed ha andamento decrescente al crescere di Q. Tale curva è calcolata e fornita dal costruttore della macchina idraulica.

Se le due curve caratteristiche vengono rappresentate sul medesimo piano, il punto di intersezione fra esse fornisce la portata e la prevalenza di funzionamento della pompa, detto punto di lavoro.

Tale punto è l'unico compatibile contemporaneamente con le caratteristiche dell'impianto e con le prestazioni della pompa, sebbene non sia detto che tale punto consenta il funzionamento efficiente della macchina.

Tab.: Punto di lavoro: intersezione curva caratteristica impianto/curva caratteristica pompa



L'efficienza di funzionamento della macchina si misura infatti in base al suo rendimento complessivo al punto di lavoro, misurato come rapporto tra la potenza ceduta al fluido dalla pompa e la potenza assorbita dalla pompa stessa, espresse in kW:

$$\eta_{tot} = \frac{W_{ceduta}}{W_{assorbita}}$$

Minore rendimento significa maggiore consumo e dunque un costo di esercizio dell'impianto superiore.

Le curve di rendimento in funzione del punto di lavoro sono calcolate e fornite dal costruttore della macchina idraulica.

La potenza richiesta viene definita come:

$$W = \rho g H Q / \eta$$

La portata allontanabile alla fognatura, derivante dall'applicazione del limite di 1 l/s ha impermeabile, è pari a:

$$- Q_{usc} = 1 \text{ (l/s ha) } \times 0.248 \text{ (ha) } = 0.248 \text{ l/s}$$

La tabella seguente determina la potenza della singola pompa.

Tab. dimensionamento stazione pompaggio

Perdite carico concentrate			
gomito 90°	0,75		
giunto T	2		
valvola saracinesca	0,25		
valvola controllo	0,3		
Parametri calcolo potenza			
ρ	1000		
g	9,81		
η	0,7		
Stazione Pompaggio Vasca Prima Pioggia			
A imp	0,246 ha		Superficie impermeabile
Vvasca p.p.	14,0 mc		Volume Vasca Prima Pioggia
Qusc	1 l/s ha imp		limite scarico in fognatura
Qc	0,246 l/s		portata sollevata da singola pompa
De (mm)	50,0 mm		diametro esterno tubazione
Di (mm)	40,8 mm		diametro interno tubazione
v	0,19 m/s		velocità
C	150		coefficiente Hazen - William per tubi usati PEAD
L	15 m		lunghezza tubazione
Δh_{geo}	4 m		prevalenza geodetica
J	1,19 m/km		cadente piezometrica
Δh_{fc}	0,01 m		perdite carico concentrate
Δh_{fd}	0,02 m		perdite carico distribuite
ΔH	4,03 m		prevalenza singola pompa
Potenza	0,01 kW		potenza singola pompa
Tpomp	15,8 h		Tempo di svuotamento

Il sollevamento della portata avverrà con l'installazione di due pompe idoneamente dimensionate, aventi funzionamento ciclico alternato per limitare gli attacchi e per garantire lo svuotamento in condizioni di manutenzione.

Le caratteristiche della stazione di pompaggio sono le seguenti:

- **portata da sollevare:** 0,248 l/s;
- **numero pompe:** 2
- **prevalenza geodetica:** 4,0 m
- **prevalenza totale:** 4,03 m;
- **tubazione di mandata PE100 PN16**
- **(a norma UNI EN 12201, ISO 4427, UNI EN ISO 15494)** De50, Di40.8
- **Tempo di svuotamento vasca prima pioggia** 15,8 ore

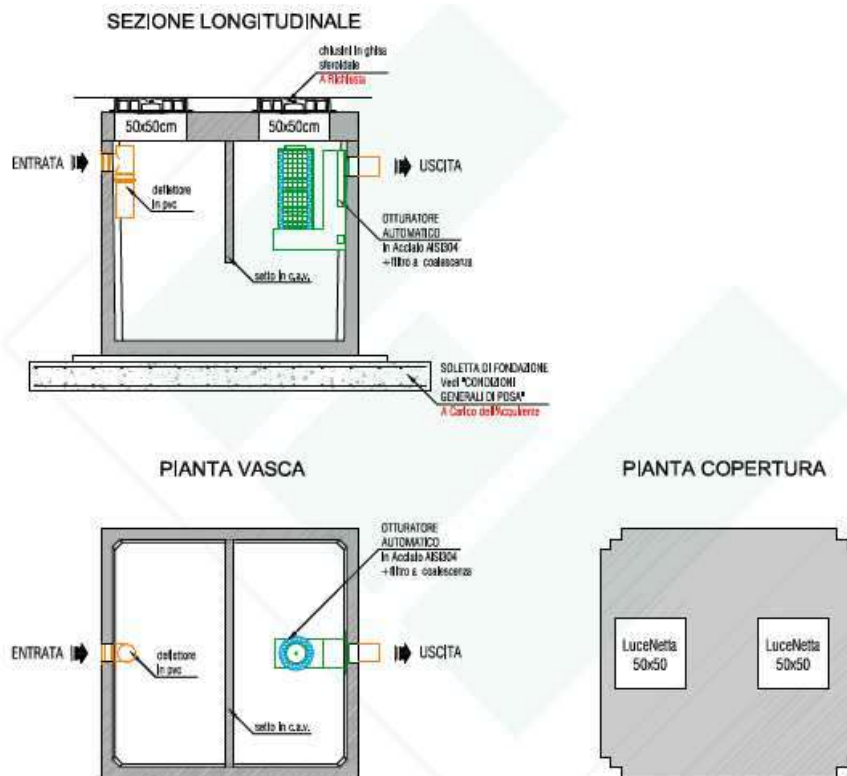
6. DIMENSIONAMENTO SISTEMA DI DEPURAZIONE

Le acque di prima pioggia sono assoggettate a processi depurativi di tipo fisico.

A valle della vasca di prima pioggia e a monte della restituzione alla fognatura in corrispondenza dello scarico S4, le portate devono transitare attraverso un sistema di disoleazione.

A seguito di verifica dello stato di consistenza del disoleatore presente è previsto lo smantellamento dello stesso.

Si prevede la messa in opera di nuovo disoleatore, di cui si riportano alcune caratteristiche.



7. DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI DISPERSIONE

Per il dimensionamento del sistema di dispersione sono state valutate le caratteristiche geologiche del terreno.

Si rimanda alle relazione geologica per le indicazioni specifiche.

In considerazione anche, e soprattutto, del fatto che la posa in opera del sistema disperdente sarà preceduta dalla bonifica del terreno presente, mediante operazioni di scavo e rinterro ghiaione di drenaggio, arido, di pezzatura notevole l'ipotesi assunta per il dimensionamento è:

- **permeabilità del suolo costante pari a:** **$8 \cdot 10^{-5}$ m/s**

Si prevede la messa in opera di una batteria di pozzi disperdenti, realizzati con anelli di calcestruzzo forati sovrapposti, aventi dimensioni:

- **diametro anelli per pozzi disperdenti:** **2 m;**
- **n. pozzi perdenti:** **8.**

I pozzi, oltre a disperdere la portata in arrivo, garantiscono un effetto laminazione.

Poiché la portata infiltrata dipende dall'altezza idrica, non assumerà un valore univoco, ma variabile nel tempo, in funzione del grado di riempimento. A sua volta il grado di riempimento in ogni istante temporale dipende della portata recapitata nei pozzi fino a quell'istante, quindi dalla durata della precipitazione, e dalla portata infiltrata.

Per il dimensionamento di tali elementi disperdenti è quindi necessario sviluppare un procedimento iterativo che per ogni istante temporale calcoli il grado di riempimento, la portata infiltrata e la portata in arrivo.

L'evento critico è quello che provoca il volume maggiore dell'onda di piena non smaltito dal sistema laminazione/dispersione.

Per la verifica del sistema di dispersione si tiene conto di:

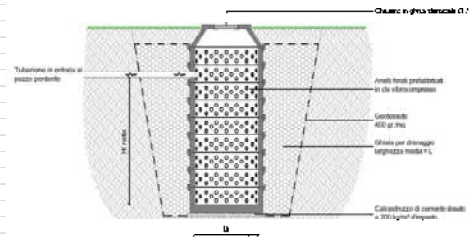
- volume di laminazione della vasca di prima pioggia;
- volume di laminazione dei pozzi perdenti;
- volume di laminazione della rete di drenaggio.

La capacità di smaltimento della batteria di pozzi perdenti è evidenziata nella tabella di calcolo seguente:

tab.: capacità di dispersione dei pozzi disperdenti

POTENZIALITA' DI DISPERSIONE DI UN POZZO PERDENTE CILINDRICO

IPOTESI 1			
Diametro interno pozzo	Di	2,00	m
Altezza utile pozzo	Hi	3,00	m
Coeff. Permeabilità	K	8,0E-05	m/s
Larghezza corona esterna drenante	L	1,70	m
Presenza di vasca di prima pioggia		VERO	vero/falso
Superficie impermeabile soggetta a prima pioggia	Spp	2460	mq
Superficie impermeabile non soggetta a prima pioggia	Snpp	0	mq
Superficie delle coperture	Sc	0	mq
Tipo di superficie	Ψm	0,9	asfalto e cls
Pioggia critica		122,30	mm/h
Durata della pioggia		60,00	min
Volume pioggia critica		270,77	mc
Volume assorbito da un pozzo		5,43	mc/h
Volume accumulato da un pozzo		27,20	mc
Volume totale per pozzo		32,62	mc
Volume Vasca prima pioggia		14,00	mc
Volume Rete drenaggio		4,95	mc
Volume netto da smaltire		251,83	mc
CALCOLO POZZI PERDENTI		7,7	num
ARROTONDAMENTO NUMERO POZZI PERDENTI		8	num



GRANULOMETRIA - LITOLOGIA	CONDUCEBILITA' IDRAULICA	
	(m/s)	
Ghiaie	1	÷ 1,0E-03
Sabbie pulite	9,0E-04	÷ 5,0E-08
Sabbie siltose	8,0E-05	÷ 1,0E-07
Limi	7,0E-06	÷ 9,0E-08
Loess	2,0E-04	÷ 5,0E-06
Argille	2,0E-08	÷ 2,0E-11
Arenarie	1,0E-04	÷ 4,0E-08
Siltiti	2,0E-08	÷ 9,0E-12
Argilliti	9,0E-10	÷ 1,0E-13
Calcarei	3,0E-04	÷ 1,0E-08
Dolomie	4,0E-08	÷ 4,0E-11
Calcarei carsificati	3,0E-02	÷ 1,0E-06
Basalti non fratturati	1,0E-05	÷ 1,0E-08
Basalti fratturati	1,0E-02	÷ 3,0E-07
Rocce ignee e metamorfiche non fratturate	1,0E-10	÷ 1,0E-13
Rocce ignee e metamorfiche fratturate	1,0E-04	÷ 1,0E-08

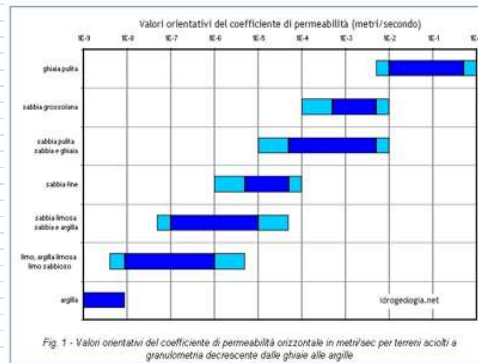


Fig. 1 - Valori orientativi del coefficiente di permeabilità orizzontale in metri/sec per terreni sciolti a granulometria decrescente dalle ghiaie alle argille