

INDICE

1 – Premesse	Pag. 2
2 – Definizione della curva di probabilità pluviometrica	Pag. 3
3 – Superfici scolanti e coefficienti di afflusso	Pag. 5
4 – Formule generali per il calcolo dei coefficienti udometrici	Pag. 7
4.1 – <i>Coefficiente udometrico delle pavimentazioni</i>	Pag. 7
4.2 – <i>Coefficiente udometrico delle coperture</i>	Pag. 8
5 – Calcolo dei coefficienti udometrici e delle portate meteoriche	Pag. 10
6 – Dimensionamento della vasca di prima pioggia.....	Pag. 13
7 – Calcoli idraulici per il dimensionamento della rete di collettamento	Pag. 14
8 – Bibliografia	Pag. 17

1 - PREMESSE

La presente Relazione è volta alla determinazione dei dati idrologici e dei dimensionamenti idraulici per la realizzazione del sistema di collettamento previsto dal progetto.

Gli elementi descrittivi delle opere e degli impianti vengono esposti nella allegata Relazione descrittiva generale.

In questa sede ci si limiterà all'esposizione delle metodologie di calcolo e all'estensione dei calcoli stessi.

I calcoli di seguito trattati sono relativi ai seguenti parametri.

- a) Curva di probabilità pluviometrica.**
- b) Superfici scolanti e coefficienti di afflusso.**
- c) Coefficienti udometrici e portate totali.**
- d) Dimensionamento della vasca di prima pioggia.**
- e) Calcoli idraulici per il dimensionamento della rete di collettamento.**

2 - DEFINIZIONE DELLA CURVA DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA

Le piogge intense di breve durata (inferiore all'ora), riportate nelle serie storiche disponibili per la zona in esame, sono state elaborate con il metodo di Gumbel al fine di individuare l'evento di frequenza più probabile.

In particolare, è stato fissato un tempo di ritorno $Tr = 10$ anni, facendo riferimento ai più recenti orientamenti adottati nei sistemi di collettamento e di trattamento fognario.

Va evidenziato che il tempo di ritorno non costituisce un periodo fisso di scadenza per il verificarsi di un evento, ma solo la ricorrenza media del suo verificarsi.

Il tempo di ritorno, quindi, è il periodo in anni nel quale un determinato evento è mediamente eguagliato o superato.

Il procedimento del metodo di Gumbel consente di definire il legame fra l'altezza di pioggia "h" in mm e la durata "t" in ore, con la relazione monomia:

$$h = a t^n \quad (1)$$

dando la grandezza "a" come funzione del tempo di ritorno Tr .

La predetta relazione costituisce pertanto la probabilità pluviometrica dell'area in esame, per un prefissato Tr .

Va rilevato che, per l'area in esame, non si sono potuti reperire dati probanti delle precipitazioni.

I calcoli sono stati allora eseguiti facendo riferimento ai dati forniti dalle stazioni di rilevamento pluviometrico presenti nel limitrofo comprensorio rivierarco orientale del Lago Maggiore, presentante andamenti assai simili delle isoiete.

Con tali dati l'equazione probabilistica di Gumbel nella nota forma generale:

$$X(\text{Tr}) = \bar{X} + F.S x$$

ha fornito, per un tempo di ritorno di 10 anni, valori di "a" e per "n" della relazione (1) precedente rispettivamente pari a:

$$a = 48 \text{ mm/t}^n$$

$$n = 0,60$$

per cui la curva di probabilità pluviometrica, con tempo di ritorno $\text{Tr} = 10$ anni, resta fissata nella forma:

$$h = 48 t^{0,60}$$

3 - SUPERFICI SCOLANTI E COEFFICIENTI DI AFFLUSSO

Il dimensionamento del sistema di collettamento e di trattamento delle acque meteoriche dello stabilimento ha dovuto necessariamente fare riferimento alle specifiche caratteristiche delle superfici scolanti , per una parte considerevole rappresentate dalle coperture dei fabbricati e degli impianti.

Ciò ha imposto la distinzione fra le coperture stesse e le pavimentazioni di strade e piazzali, sia per le diverse caratteristiche di pendenza, sia per una valutazione differenziata dei coefficienti di afflusso o di assorbimento medio ponderale.

In relazione alla disposizione delle falde, le coperture sono state suddivise in n° 10 aree, indicate da C1 a C10, rispettivamente delle seguenti superfici in pianta (vedi All. grafico n° 5.2):

- C1 = Ha 0,1170
- C2 = Ha 0,1170
- C3 = Ha 0,0346
- C4 = Ha 0,1039
- C5 = Ha 0,1386
- C6 = Ha 0,2760
- C7 = Ha 0,2760
- C8 = Ha 0,0945
- C9 = Ha 0,1071
- C10 = Ha 0,0693

Sommano Ha 1,3340

Per le pavimentazioni sono state invece individuate n° 18 aree omogenee, indicate da P1 a P 18 che, facendo riferimento allo stesso All. grafico 5.2, risultano rispettivamente delle seguenti superfici:

- P1 = Ha 0,0240
- P2 = Ha 0,1976
- P3 = Ha 0,0832
- P4 = Ha 0,0625
- P5 = Ha 0,1251
- P6 = Ha 0,0531
- P7 = Ha 0,3062

- P8 = Ha 0,0330
- P9 = Ha 0,1709
- P10 = Ha 0,1634
- P11 = Ha 0,2016
- P12 = Ha 0,0384
- P13 = Ha 0,1288
- P14 = Ha 0,0460
- P15 = Ha 0,0851
- P16 = Ha 0,0324
- P17 = Ha 0,0495
- P18 = Ha 0,0372

Sommano Ha 1,8380

Complessivamente, le superfici scolanti delle coperture e delle pavimentazioni ascendono ad Ha 3,1720.

La valutazione dei coefficienti di afflusso delle due tipologie di superfici scolanti, vista la difficoltà di identificare situazioni plano-altimetriche e morfologiche disomogenee, è stata assoggettata ad alcune semplificazioni.

Poiché detti coefficienti rappresentano il rapporto tra il volume totale defluente nel sistema di collettamento e il volume totale di pioggia caduto, mentre per quanto riguarda le pavimentazioni asfaltate si è fatto riferimento al valore medio generalmente adottato di 0,90, per quanto riguarda le coperture si è dovuto tenere in debito conto la variabilità dei materiali adottati, nonché la presenza di converse, superfici piane, displuvi, grondaie, piccoli invasi, ecc, che possono indurre perdite maggiori.

Nella media, si è ritenuto che un valore pari a 0,80 potesse risultare realistico e sufficientemente cautelativo.

Ai fini del calcolo dei coefficienti udometrici, sono stati, pertanto, fissati i seguenti valori dei coefficienti di afflusso:

- per le coperture $\phi = 0,80$
- per le pavimentazioni $\phi = 0,90$.

4 - FORMULE GENERALI PER IL CALCOLO DEI COEFFICIENTI UDOMETRICI

Anche per il calcolo dei coefficienti udometrici si è dovuto tener conto delle diverse caratteristiche inerenti alle due tipologie di aree scolanti.

Il calcolo del coefficiente udometrico relativo alle pavimentazioni e ai piazzali viene usualmente condotto con il “modello del serbatoio o invaso lineare” (Puppini-Supino), in cui la portata viene stimata in funzione del sistema immagazzinato, cioè laminato, nel sistema bacino-rete.

Assai diverso deve, invece, considerarsi il modello su cui si basa il calcolo del coefficiente udometrico relativo alle superfici piane inclinate, quali possono essere le coperture.

Su queste i valori della portata si propagano verso valle con velocità proporzionale alla velocità di moto uniforme. Non si ha quindi alcun effetto di laminazione.

E' questo il “modello dell'onda cinematica” (De Saint Venant-Wooding), usualmente adottato per le falde a pendenza costante dei tetti.

4.1 - Coefficiente udometrico delle pavimentazioni.

Viene adottato il procedimento basato sul modello dell'invaso lineare, secondo la metodologia prevista dal Piano Regionale di Risanamento delle Acque (P.R.R.A.) della Regione Lombardia, adottando la formula razionale:

$$Q = u A \varnothing \quad (2)$$

dove:

Q = portata, in l/sec;

u = coefficiente udometrico, in l/sec.Ha;

A = superficie sottesa, in Ha;

\varnothing = coefficiente di afflusso.

Il calcolo viene svolto determinando la costante d'invaso K dell'intero bacino scolante, assunta pari al 70% del tempo di corrivazione T, a sua volta calcolabile attraverso la relazione:

$$T = T_{rete} + T_{entrata}$$

dove:

T_{rete} = rapporto fra il percorso idraulicamente più lungo e la velocità di riferimento;

$T_{entrata}$ = tempo di ingresso nella rete, usualmente fissata in in 10'.

Adottando uno ietogramma sintetico ad intensità variabile (tipo Chicago) in relazione alla curva di probabilità pluviometrica rappresentativa della zona

$$h = a t^n$$

il valore di K sopra calcolato fornisce il rapporto u/a da cui, noto a , si risale al coefficiente udometrico u e infine al valore di Q applicando la (2).

4.2 - Coefficiente udometrico delle coperture.

Viene applicato il procedimento basato sul modello dell'onda cinematica, adottando l'equazione:

dove:

$$tpc = \left(\frac{L}{\alpha a^{m-1}} \right)^{\frac{1}{n(m-1)+1}} \quad (3)$$

tpc = durata della pioggia critica, in sec;

L = lunghezza della falda, in m;

$$a = Ks \times s^{\frac{1}{2}}$$

con:

- Ks = parametro di resistenza per deflusso superficiale;
 - s = pendenza della falda, in %;
- a = coefficiente della curva di probabilità pluviometrica;
 m = esponente dell'equazione di moto;
 n = esponente della legge di probabilità pluviometrica.

La portata per unità di larghezza è fornita dalla relazione:

$$q = a \times tpc^{(n-1)} \times L \quad (4)$$

dove q è espresso in mc/sec.m.

Infine il coefficiente udometrico è dato da:

$$u = \frac{q}{L} \times 10.000 \times \emptyset \quad \text{mc/sec.Ha} \quad (5)$$

dove i simboli hanno il significato già indicato.

5 - CALCOLO DEI COEFFICIENTI UDOMETRICI E DELLE PORTATE METEORICHE

Il coefficiente udometrico relativo alle pavimentazioni dello stabilimento è stato calcolato facendo riferimento al percorso medio critico del ramo fognante più lungo, con esclusione del collettore tra le sezioni 22 – V (vedi All. grafico 5.3) che, sottendendo superfici modeste e presentando una pendenza notevole (5‰), non può essere considerato significativo.

Adottando le formule riportate al par. 4.1 precedente, si è ottenuto:

$$K = \left(\frac{1}{60} \times \frac{320,00}{1,00} + 10' \right) \times 0,70 = 10,73'$$

In relazione alla curva di probabilità pluviometrica :

$$h = 48 t^{0,60}$$

Lo ietogramma tipo Chicago ha fornito:

$$u/a = 4,34$$

e quindi:

$$u = 4,34 \times 48 \times 0,90 = 187,49 \text{ l/sec. Ha}$$

Il coefficiente udometrico relativo alle coperture è stato calcolato facendo riferimento a una falda media di tetto lunga $L = 22,00$ m con pendenza media $s = 15\%$.

La curva di probabilità pluviometrica:

$$h = 48 t^{0,60}$$

con h espresso in mm e t in ore, risulta:

$$h = \frac{0,048}{3.600^{0,60}} \times t^{0,60} = 0,000353 \times t^{0,60}$$

Considerando che il regime avvenga in modo turbolento ($K_s = 70$), avremo:

$$a = K_s \times s^{\frac{1}{2}} = 70 \times 0,15^{\frac{1}{2}} = 27,09 \text{ m}^{\frac{1}{3}}/\text{sec}$$

e fissando nelle formule (3) l'indice $m = 2$:

$$t_{pc} = \left(\frac{22,00}{27,09 \times 0,000353} \right)^{\frac{1}{0,6 \times (2-1)}} = 126,23 \text{ sec}$$

da cui, secondo le formule (4) e (5):

$$q = 0,000353 \times 126,23^{(0,60-1)} \times 22,00 = 0,00112 \text{ mc/sec.m}$$

$$u = \frac{0,00112 \times 10.000}{22,00} \times 0,80 \times 1000 = 407,27 \text{ l/sec.Ha}$$

I sopra calcolati coefficienti uometrici, applicati alle superfici scolanti di cui al cap. 3 precedente, hanno fornito i valori delle rispettive portate meteoriche, di seguito tabellate, per il dimensionamento della rete di collettamento.

**ELENCO DELLE SUPERFICI SCOLANTI E
DELLE RISPETTIVE PORTATE METEORICHE**

COPERTURE			PAVIMENTAZIONI		
N°	SUPERFICIE (Ha)	PORTATA (l/sec)	N°	SUPERFICIE (Ha)	PORTATA (l/sec)
C1	0,1170	47,65	P1	0,0240	4,50
C2	0,1170	47,65	P2	0,1976	37,05
C3	0,0346	14,09	P3	0,0832	15,60
C4	0,1039	42,32	P4	0,0625	11,72
C5	0,1386	56,45	P5	0,1251 (1)	23,45
C6	0,2760	112,41	P6	0,0531	9,96
C7	0,2760	112,41	P7	0,3062	57,41
C8	0,0945	38,49	P8	0,0330	6,19
C9	0,1071	43,62	P9	0,1709 (2)	32,04
C10	0,0693	28,22	P10	0,1634	30,64
			P11	0,2016	37,80
			P12	0,0384	7,20
			P13	0,1288	24,15
			P14	0,0460	8,62
			P15	0,0851	15,96
			P16	0,0324	6,07
			P17	0,0495	9,28
			P18	0,0372	6,97
TOT.	1,3340	543,31	TOT.	1,838	344,61

Note:

(1) comprese coperture fabbricato servizi

(2) comprese coperture fabbricato silos

TOTALI COMPLESSIVI SUPERFICI SCOLANTI: 3,1720 Ha
TOTALI COMPLESSIVI PORTATE METEORICHE: 887,92 l/sec

6 - DIMENSIONAMENTO DELLA VASCA DI PRIMA PIOGGIA

Facendo riferimento alla L.R. n° 61 del 29/12/2000 e al successivo D.P.G.R. n° 1/R del 20/02/2006, come modificato dal D.P.G.R. n° 7/R del 02/08/2006, il dimensionamento della vasca di prima pioggia è stato eseguito in relazione ad una precipitazione di 5 mm (50 mc/Ha) uniformemente distribuita sull'intera superficie scolante servita dalla rete di collettamento delle acque meteoriche.

Viste le ricadute potenzialmente inquinanti a cui le coperture dello stabilimento possono essere esposte, si è assunta una superficie scolante, pari alla somma delle coperture e delle pavimentazioni, di Ha 3,1720.

Il volume di prima pioggia ascende pertanto a:

$$Ha = 3,1720 \times 50 \text{ mc/Ha} = 158,60 \text{ mc}$$

arrotondati a 160,00 mc.

Non sono previsti altri apporti di acque di dilavamento e/o di lavaggio diversi da quelli meteorici.

La vasca di prima pioggia sarà svasata nelle 48 ore successive all'evento meteorico, avviando le acque all'adiacente impianto di depurazione dello stabilimento.

7 - CALCOLI IDRAULICI PER IL DIMENSIONAMENTO DELLA RETE DI COLLETTAMENTO

La rete di collettamento delle acque meteoriche è stata prevista in tubazioni di P.V.C. di classe SN 4 KN/mq, con funzionamento a pelo libero.

Facendo riferimento al diametro interno D_i di tali tubazioni, alla portata di progetto Q_p e alla pendenza adottata p , per il calcolo di progetto e di verifica è stata applicata la formula, usualmente usata per il calcolo delle fognature, di Gauckler-Stiekler combinata con la formula di Chezy, nella forma:

$$Q_p = K_s \times A \times R^{\frac{2}{3}} \times p^{\frac{1}{2}}$$

dove i simboli hanno i seguenti noti significati:

K_s = parametro di scabrezza;

Q_p = portata di progetto, in mc/sec;

A = sezione interna della tubazione, in mq;

R = raggio idraulico, in m;

p = pendenza delle tubazioni, in ‰.

Per il parametro K_s è stato fissato un valore pari a 100, consigliato per le tubazioni in P.V.C.

Secondo le portate sottese dalle varie tratte della rete, sono stati adottati diametri varianti da \varnothing 315 mm a \varnothing 800 mm (per le tubazioni in plastica il diametro indicato corrisponde sempre a quello esterno).

Come più diffusamente esposto nella Relazione descrittiva generale, la rete di collettamento risulta costituita da n° 2 collettori disposti lungo il perimetro dell'area dello stabilimento, confluenti in un collettore comune che, scendendo dalla rampa settentrionale, si immette nella vasca di prima pioggia, ubicata di fianco all'impianto di depurazione esistente.

Per ciascuna tratta omogenea di tali collettori, la tabella seguente riporta i dati input e output di progetto (per le sezioni vedi All. grafico n° 5.3).

Bibliografia

- Artina S. Calende G ed Altri (1997) – *Sistema di fognatura*.
- Becciu G., Mambretti s., Paoletti A. (1997) – *Risk design of urban drainage networks on the basis of experimental data*.
- Da Deppo L., Datei C. (2001) – *Fognature*.
- De Martino G. (1949) – *Calcolo delle portate di piena con il metodo del volume d'invaso*.
- Mambretti S., Paoletti A., Mignola P. (1995) – *Metodo razionale per il dimensionamento delle reti di drenaggio*.
- Nanni V. (1959) – *La moderna tecnica delle fognature*.
- Puppini U. (1932) – *Coefficienti udometrici per generica scala di deflusso*.
- Regione Lombardia (1990) – *Piano Regionale di Risanamento delle Acque (P.R.R.A.)*.
- Supino G. (1933) – *Coefficienti udometrici per canali di fognatura*.
- Wooding R.A. (1965) – *Kinematic Wave Theory*.