

# Università degli Studi di Palermo

## DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA IDRAULICA

### Corso di Infrastrutture Idrauliche

a.a. 2000-2001

Esempio di Progetto di massima per la realizzazione della rete fognaria al servizio del Comune di Pietracina (BN).

### **Relazione Fognatura**

## 1.0 - Premessa

Il conseguente progetto di massima ha come fine la realizzazione della rete fognaria al servizio del comune di Pietralcina (BN).

La configurazione orografica permette di raccogliere le acque in collettori che attraversano il centro abitato, sui quali s'innestano i tratti d'ordine inferiore.

La fognatura confluisce poi in un impianto di depurazione.

Dimensioniamo un collettore principale, formato dai tratti A, B, D, G e H, e dal tratto C in esso confluyente.

Per il centro abitato, dal P.R.G.A. sono stati desunti i seguenti dati:

Comune	Abitanti	Fabbisogno idrico al 2015
Pietralcina	6000	10,85

## 2.0 – Tipo di Fognatura

Per la rete di fognatura adottiamo lo schema misto, poiché questa soluzione è da preferirsi al sistema separato.

Da un punto di vista tecnologico-ambientale è da preferire una rete ad acque separate, che ha il vantaggio di avere minori volumi di liquame da trattare (acque nere + acque di prima pioggia), quindi di costi per la depurazione estremamente limitati, nonché dei rendimenti depurativi superiori. Ma il sistema misto è da preferirsi al sistema separato per gli inferiori costi di realizzazione e manutenzione.

Inoltre se ci dovessero essere degli scarichi abusivi questi sono comunque convogliati in un impianto di trattamento e quindi si avrà un minore impatto ambientale.

## 3.0 – Tracciamento della rete

E' questa la prima operazione che viene effettuata, il nostro scopo è quello di favorire il deflusso per gravità delle acque reflue ed allontanarle il più rapidamente possibile dal centro abitato.

A tale scopo abbiamo individuato le naturali vie di scorrimento delle acque, inserito i tronchi fognari lungo le strade.

Tale disposizione consente di raccogliere le acque solo per gravità, in collettori principali, dai quali vengono convogliati all'impianto di depurazione.

Si è ipotizzato di posizionare un impianto di depurazione in un settore periferico situato a sud est del paese, in quanto in tale zona vi è un'area depressa e quindi ivi saranno convogliate le acque fognarie, per essere trattate prima del loro sversamento.

Si sono disposti gli specchi sotto le strade del paese, posizionandole al disotto delle condotte dell'acquedotto così come imposto dalla normativa (la distanza minima tra cielo fogna e la generatrice inferiore della condotta è di 30 cm)

Sono previsti i pozzetti di ispezione ad una interdistanza variabile, ma comunque non maggiore di 25 m per specchi non praticabili (con  $h < 1,05$  m) e non maggiore di 50 m per specchi praticabili (con  $h > 1,05$  m).

Si predispongono inoltre dei pozzetti in corrispondenza di ogni cambio di direzione planimetrico, nei punti di variazione delle dimensioni dello speco e nelle zone di confluenza.

Nel caso di intersezione tra diversi rami si opera un allineamento dei cieli fogna per evitare problemi di rigurgito nei tratti confluenti.

## 4.0 - Dimensionamento

Per quanto riguarda il dimensionamento della rete ci si è limitati ad un collettore e relativo affluente.

Si sono utilizzati specchi circolari, il cui grado di riempimento è di 55-75%, questo sia per consentire il defluire di elementi galleggianti, sia per una buona ventilazione delle fogne stesse.

La scelta delle dimensioni dello specchio da utilizzare è condotta utilizzando la scala di deflusso specifica, dalla quale è possibile ricavare il grado di riempimento e la velocità nel tratto in questione.

Il materiale utilizzato per gli specchi è il PEAD con:  $K_{st} = 55$ .

Si sono seguite le pendenze stradali, per i tratti a pendenza diversa, nel dimensionamento si fa ricorso al calcolo della pendenza media tramite la formula:

.

Nella scelta degli specchi si è posta particolare attenzione al rispetto dei limiti di velocità:

.

Infatti velocità troppo basse delle portate fecali, rallentano, l'allontanamento delle acque di fogna dal centro abitato, conseguentemente il liquame arriverebbe "stanco" all'impianto di depurazione ed inoltre si favorirebbe il deposito di sostanze organiche sul fondo del canale.

Quindi si deve mantenere una certa velocità di autopulitura.

D'altra parte, velocità troppo elevate delle portate pluviali, favorirebbero l'erosione del rivestimento del canale, poiché l'acqua di pioggia (ed in particolare la prima) è ricca di detriti (sabbia, pietrisco ecc.) con alta capacità abrasiva.

In questa fase di dimensionamento, si ritengono trascurabili le portate fecali rispetto a quelle pluviali, per cui si portano in conto solo queste.

E' invece importante la determinazione delle  $Q_{fm}$ , perché occorre valutare la possibilità di inserire eventuali pozzetti di lavaggio, che nei periodi di magra effettuino la pulizia dei tronchi di fognatura.

### 4.1 – Determinazione di $Q_{fm}$

Si ipotizza che dell'acqua erogata dalla rete di distribuzione, solo l'80% raggiunge la fogna, per cui la  $Q_{fm}$  sarà:

$$Q_{fm} = 0,8 n d/s \quad l/s$$

Dove:

- $d$  è la dotazione idrica media ed è uguale a :  $d = \text{Fabb. } 86400 / n_{\text{tot}} = l/\text{ab giorno}$
- $n$  è il numero di abitanti dell'area considerata
- $s$  è il numero di secondi in un giorno (86400 s)

La  $Q_{fp}$ , la si ottiene considerando il coefficiente di punta  $C_p$ :

$$C_p = Q_{fp} = Q_{fm} C_p$$

### 4.2 - Determinazione delle portate pluviali

Per il calcolo delle portate pluviali e quindi degli specchi, si è proceduto utilizzando:

- Metodo della corrivazione
- Metodo dell'invaso
- Metodo De Martino

La legge di probabilità pluviometrica è la seguente:

$$h = 39 * t^{0,43}$$

### 5.0 – Metodo della corrivazione

Questo metodo assume che la massima portata di piena, in una generica sezione di una rete, si ottenga per una durata di pioggia al massimo tempo di corrivazione del bacino sotteso, pertanto nelle ipotesi che:

- La formazione della piena è dovuta unicamente ad un trasferimento della massa liquida;
- Ogni goccia di pioggia si muove sulla superficie del bacino seguendo un percorso immutabile che dipende solo dal punto in cui è caduta;
- La velocità di una goccia non è influenzata dalla presenza di altre gocce;
- La portata defluente è data dalla somma delle portate provenienti dalle diverse parti del bacino, che si presentano nello stesso istante alla sezione di chiusura;
- Pluviogramma rettangolare (pioggia di intensità costante).

La portata è fornita dalla seguente relazione (relazione razionale):

$$Q_{max} =$$

Dove:

- $Q_{max}$  si esprime in  $m^3/s$
- $i_{tc}$  si esprime in  $mm/h$
- $A$  si esprime in  $ha$

$i_{tc}$  è l'intensità media di pioggia per una durata pari a  $T_c$  ed ha la seguente espressione:

$$i_{tc} = a * (tc)^{n-1}$$

$\varphi$  è il coefficiente di afflusso, che rappresenta l'aliquota degli afflussi che effettivamente contribuisce alla formazione della piena.

Il suo valore dipende da diversi fattori, tra cui il grado di urbanizzazione del bacino sotteso e la pendenza dell'area.

Nel nostro caso, essendo il bacino uniformemente urbanizzato, si è fissato un unico  $\varphi$  valido per tutta l'area pari a 0,8.

Da sottolineare il fatto che nell'assegnazione dei coefficienti di afflusso, si è considerato se tale area fosse destinata a nuovi insediamenti.

Per procedere al calcolo degli spechi con tale metodo, bisogna quindi calcolare la portata defluente attraverso il tronco che di colta in volta si considera.

Occorre quindi conoscere le portate pluviali, le aree gravanti sui singoli tratti ( $A_i$ ), nonché le lunghezze dei tratti stessi ( $L_i$ ).

Nel caso in cui nel tratto considerato confluiscono dei tratti da monte, si considera un'area ( $A_i$ ) pari alla somma delle aree gravanti sui tratti confluenti e dall'area gravante sul tratto considerato, da ciò

si intuisce che il metodo della corrivazione, non si può applicare partendo arbitrariamente da una qualsiasi sezione, ma si deve necessariamente cominciare dal tratto più a monte.

Si dà quindi inizio al calcolo iterando il procedimento di seguito descritto:

1. Per ogni singolo tratto sul quale non c'è nessuna confluenza, si fissa un tempo di ruscellamento ( $T_r$ ) che varia tra i 5 e i 20 minuti, a seconda che l'area sia più o meno pendente o urbanizzata;  
nel caso in cui vi siano dei tratti confluenti, si prende, come tempo di ruscellamento, il più grande fra i tempi di corrivazione dei tratti confluenti.
2. Si fissa una velocità di tentativo, e con essa si calcola il tempo di percorrenza:

$$T_p = L / V$$

- $L$  è la lunghezza del tratto
- $V$  è la velocità ipotizzata

3. Noto il tempo di percorrenza si calcola il tempo di corrivazione come somma del tempo di percorrenza e di quello di ruscellamento, cioè:

$$T_c = T_p + T_r$$

4. Con tale tempo di corrivazione si calcola l'intensità media di pioggia:

$$i_m = h / t = a * t^{n-1}$$

- $h$  è l'altezza di pioggia, che si può ricavare dalla legge di pioggia

5. Si determina la portata pluviale:

$$Q_{pl} = k * \varphi * i_m * A$$

In cui  $k = 1/360$ , è un coefficiente necessario per omogeneizzare le unità di misura.

Infatti  $Q_{pl}$  si misura in  $m^3/s$ ,  $\varphi$  è un numero puro,  $A$  si misura in ha,  $i_m$  in mm/h, e quindi non vi sarebbe identità tra le unità di misura del primo e del secondo membro.

6. Si valuta la portata totale, come somma della portata pluviale appena calcolata, e della portata fecale di punta:

$$Q_{tot} = Q_{pl} + Q_{fp}$$

7. Nota la pendenza del tratto, si definisce la portata specifica, cioè il rapporto  $Q_{tot}/\text{radicelii}$ , per poter utilizzare le scale di deflusso.  
Dalla consultazione di tali scale, avendo scelto il tipo e le dimensioni dello specchio (imponendo che il tirante idrico sia pari al 50-80% dell'altezza totale), si determina il valore della velocità.
8. Se tale valore di velocità coincide col valore inizialmente ipotizzato (ed adoperato per il calcolo del tempo di percorrenza), il calcolo è concluso; altrimenti si itera il procedimento.  
Prendendo, come nuovo valore della velocità, il valore risultato dal calcolo sopra descritto.

I risultati dell'iterazione sono descritti nella tabella riassuntiva, come da allegato.

## 6.0 – Verifica della velocità massima e minima

Per ogni tratto, considerando la pendenza reale, dobbiamo verificare che, con gli specchi adottati in fase di progetto, risulti  $v > 0,5$  m/s in presenza della sola portata fecale di punta  $Q_{fp}$  allo scopo di

evitare la sedimentazione di sostanze organiche che potrebbero dar luogo alla formazione di gas maleodoranti (H<sub>2</sub>S, che può generare anche acido solforico) ma soprattutto pericolosi (CH<sub>4</sub>).

Inoltre bisogna verificare che la velocità massima, in presenza della portata massima, sia inferiore a 5 m/s, onde evitare la rapida erosione delle pareti dovuta a flussi di acqua troppo veloci.

Per la verifica della velocità massima, si parte dalla Q<sub>max</sub>, dalla scala di deflusso specifica si ricava il valore della velocità per lo speco relativo alla scala di deflusso, quindi si calcola il valore della velocità massima.

Per la determinazione della velocità minima si procede in maniera analoga a quanto fatto per la velocità massima, con la differenza che in questo caso bisogna partire dalla portata fecale di punta, Q<sub>fp</sub>, e non dalla Q<sub>max</sub>.

I risultati sono stati i seguenti:

Tratto	P %	V <sub>min</sub> (m/s)	V <sub>max</sub> (m/s)

## 7.0 – Metodo dell'invaso

Il metodo dell'invaso si basa sull'equazione di continuità:

$$\varphi \cdot i \cdot A \cdot dt = q \cdot dt + dw$$

tale equazione ci dice che, dell'acqua affluita alla fogna nel tempo dt ( $\varphi \cdot i \cdot A \cdot dt$ ), una parte defluisce ( $q \cdot dt$ ) dalla sezione considerata, ed una parte si invasa (dw) nella rete a monte di questa.

Per quanto riguarda le portate pluviali, se si considera un pluviogramma rettangolare, il termine  $\varphi \cdot i \cdot A$  rimane costante per tutto il tempo di pioggia t<sub>p</sub> mentre la portata defluente q(t) andrà crescendo tendendo asintoticamente al valore  $q = \varphi \cdot i \cdot A$ , così come andrà aumentando il volume w invaso nella fogna.

Al cessare della pioggia, il termine  $\varphi \cdot i \cdot A$  si annullerà istantaneamente, ed i volumi immagazzinati nella fogna e la portata in uscita da questa andranno diminuendo nel tempo, fino a portarsi a valori nulli.

Ne consegue che la massima portata si realizzerà alla fine del tempo di pioggia t<sub>p</sub>, mentre il problema di progetto si riduce ad individuare la durata di pioggia t<sub>p</sub> che massimizzerà la portata, tenuto conto che al diminuire di t<sub>p</sub> aumenta l'intensità di pioggia i.

Questo problema è stato risolto, nell'ipotesi di intensità di pioggia costante e di rete fognaria inizialmente vuota ( $q = 0$  per  $t = 0$ ), considerando:

- Una relazione lineare tra volume immagazzinato nella rete a monte e l'area della sezione idrica:

$$w / \omega = W / \Omega = \text{cost}$$

questa condizione, nel caso di un singolo tratto, corrisponde a considerare l'ipotesi che si stiano verificando condizioni di moto uniforme, con il pelo libero parallelo al fondo, mentre nel caso di reti risponde alla ulteriore ipotesi che i vari elementi si riempiano contemporaneamente senza che mai il deflusso degli affluenti sia ostacolato dallo stato d'acqua nei riceventi (funzionamento autonomo) e che il grado di riempimento di ogni elemento sia coincidente con quello degli altri (funzionamento sincrono).

- Una relazione lineare tra la portata defluente e l'area della sezione a monte:

$$q / \omega = Q / \Omega = \text{cost}$$

Il che corrisponde all'ipotesi di velocità costante in condotta, ipotesi abbastanza prossima alla realtà nella fascia dei tiranti idrici che in genere si considerano.

Si perviene così alla definizione della portata massima, attraverso l'introduzione del coefficiente udometrico ( $u = Q_{\text{max}} / A$ ) e dell'invaso specifico ( $w = W / a$ ):

$$u = 2168 * [ n * (\varphi a)^{1/n} ] / w^{(1/n)-1}$$

in cui le unità di misura sono:

- $a$  in mm/h
- $\varphi$  è un numero puro
- $n$  è un numero puro
- $w$  in  $m^3/m^2$
- $u$  in l / s ha

il volume  $W$  rappresenta il volume invasato in tutto il sistema di fogne:

$$W = W_{ip} + W_m + W_{pi}$$

dove :

- $W_{ip}$  detto volume di invaso proprio, è il volume che si invasa nel tronco in progetto
- $W_m$  detto volume di invaso di monte, è il volume invasato nei tratti a monte di quello considerato
- $W_{pi}$  detto volume di piccoli invasi, è il volume invasato in tutte le altre capacità minori diffuse sul bacino (pozzetti, fognoli, fossi, cunette, grondaie, terrazzi, ecc.)

Essendo impossibile determinare tale volume analiticamente, nella pratica progettuale si assume un volume di piccoli invasi pari a 30-50  $m^3$  per ettaro, a seconda della pendenza della zona e del grado di urbanizzazione.

Per i tratti di testata, il volume di invaso  $W$  è la somma di due aliquote: il volume di invaso proprio del tratto  $W_{ip} = \omega L_i$  variabile con  $\omega$  (sezione idrica) ed il volume di piccoli invasi  $W_{pi}$  di valore costante.

Per i tratti più a valle, invece, il volume di invaso totale è la somma di tre aliquote: il volume di invaso proprio del tratto  $W_{ip}$ , il volume dei piccoli invasi  $W_{pi}$  e il volume di invaso proprio nei tratti a monte  $W_m$ .

Per quanto riguarda le portate fecali, si fa invece riferimento al calcolo già effettuato precedentemente.

Si dà quindi inizio al calcolo, iterando il procedimento di seguito descritto:

1. Per ogni singolo tratto e per quelli confluenti si provvede a definire il valore delle aree ( $A$ ), delle lunghezze ( $L$ ), dei coefficienti di afflusso ( $\varphi$ ) e infine dei volumi di piccoli invasi ( $W_{pi}$ );
2. si fissa, quindi, un valore di primo tentativo del coefficiente udometrico e si calcola la portata pluviale e sommando questa a quella fecale ( $Q_{fp}$ ) si determina la portata totale ( $Q_{tot}$ );
3. la portata totale viene rapportata alla radice di  $i$  per poter entrare nelle scale di deflusso specifiche degli spechi, dalle quali si ricavano la sezione idrica (da moltiplicarsi per il

valore del diametro per ottenere l'effettivo valore della sezione idrica stessa  $\omega$ ), il grado di riempimento e la velocità massima.

4. si determina il volume di invaso proprio ( $W_{ip} = \omega L$ ), che sommato al volume dei piccoli invasi ( $W_{pi}$ ) individua il volume totale ( $W_{tot}$ ):
5. si calcola, quindi, il volume di invaso specifico ( $w = W/A$ ), e si introduce nella formula:

$$u = 2168 * [ n * (\varphi a)^{1/n} ] / w^{(1/n)-1}$$

6. si calcola così il nuovo coefficiente udometrico;
7. se il coefficiente udometrico coincide o comunque differisce da quello ipotizzato di qualche l/s ha il calcolo è terminato, altrimenti si itera il procedimento utilizzando, come nuovo valore di tentativo, il coefficiente udometrico appena calcolato.

I risultati delle iterazioni sono descritti nella tabella allegata.

Per quanto riguarda la verifica dei valori minimi e massimi delle velocità di deflusso, si produce in maniera analoga a quanto fatto per il metodo della corrivazione.

I risultati ottenuti sono:


### 8.0 – Metodo semplificato

Oltre ai due metodi sopra riportati si è deciso di utilizzare anche il metodo semplificato.

Supposto che la pioggia di intensità critica si ottenga per una durata pari a 15 minuti (che è pressappoco la pioggia critica per i bacini non superiori a 30 ha), si procede al calcolo della massima portata pluviale, utilizzando la seguente formula:

$$Q = 10/3.6 * \varphi \psi ic A$$

essendo  $\psi$  un coefficiente detto coefficiente di ritardo tabellato e  $ic$  l'intensità critica pari a 0,124 m/h.

Si allega una tabella riassuntiva.

--	--	--	--	--

### 9.0 - Conclusioni

Nel progetto si è preferito far riferimento ai risultati ottenuti con il metodo della corrivazione.

Nel metodo dell'invaso, il volume dei piccoli invasi è legato sia alla pendenza sia all'area colante, in particolare esso si riduce all'aumentare della pendenza e al diminuire dell'area colante.

Nel nostro caso, le pendenze sono relativamente elevate e le aree sono piccole, questo comporta una tendenza al sovradimensionamento dell'opera.

Questo spiega la nostra opzione.

### **Nota sul Copyright.**

Se il documento, di cui sopra, viola copyright o diritti di proprietà, segnalatelo immediatamente alla e-mail del sito o telefonando, specificando la causa e provando la violazione.

Il file sarà tempestivamente eliminato dal database.

Grazie.

Tutti i diritti appartengono ai legittimi proprietari dei marchi e della paternità intellettuale.

Non ci si assume nessuna responsabilità per i contenuti scaricati dal sito o distribuiti in altri modi.

Tutti i materiali consultabili sono stati reperiti liberamente in internet oppure ne è stata concessa la libera distribuzione.

-----

All rights reserved by original trade mark or intellectual owners.

All files have been found in the web for free or are shared freely by the owner.

No liability is taken for the contents/use of downloaded files, all is distributed "as is".

Scaricato da Internet