

GUBERTI SILVIO
Via Bologna n° 1293
Ferrara

GUBERTI MAURIZIO
Via Lampone n° 15
Ferrara

ALESSANDRO RIBERTI
Architetto
Via Delle Scienze n° 28 C
Ferrara

Tel. 0532-790788
Cell. 329-9186063
archi.a@email.it

GIORGIO VEDRANI
Ingegnere
Via Emilio De Marchi n° 3
Ferrara

Tel./fax 0532-1940085
Cell. 339-8890641
gvedrani@libero.it

COMUNE DI FERRARA

RICHIESTA DI APPROVAZIONE
DI PIANO PARTICOLAREGGIATO DI INIZIATIVA PRIVATA
PREVISTO SU UN TERRENO SITO A FERRARA
VIA BOLOGNA

F 5.8

Gennaio 2014

RETE FOGNATURA ACQUE METEORICHE:
RELAZIONE DI CALCOLO

| | | |
|-----|---|----|
| 1 | INTRODUZIONE..... | 2 |
| 2 | NORMATIVA DI RIFERIMENTO | 2 |
| 3 | PRESCRIZIONI TECNICHE | 3 |
| 4 | ANALISI IDROLOGICHE..... | 4 |
| 4.1 | METODOLOGIA DI RICOSTRUZIONE DELLE CURVA DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA PER INTENSITA' DI PIOGGIA DA 1, 3, 6, 12 E 24 ORE..... | 4 |
| 4.2 | METODOLOGIA DI RICOSTRUZIONE DELLE CURVA DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA PER INTENSITA' DI PIOGGIA INFERIORI AD 1 ORA | 8 |
| 5 | CALCOLO DELLA PORTATA MASSIMA | 9 |
| 6 | VERIFICHE IDRAULICHE..... | 9 |
| 7 | CALCOLO VOLUME DI INVASO E PORTATA DI SCARICO..... | 9 |
| 8 | DIMENSIONAMENTO SCARICHI..... | 11 |
| 8.1 | TUBI DI CARICO E SCARICO CASSA DI LAMINAZIONE..... | 11 |
| 8.2 | TUBO DI SCARICO A VALLE CASSA DI LAMINAZIONE (pozzetti 7m-7n) | 12 |
| 8.3 | TUBO DI SCARICO (attraversamento via Cecchina, a valle del pozzetto 7n)..... | 13 |
| 8.4 | FOSSO PRIVATO VERSO LO SCOLO CONSORZIALE CECCHINA | 13 |
| 8.5 | TUBO DI SCARICO SCOLO CONSORZIALE CECCHINA..... | 16 |

1 INTRODUZIONE

La presente “Relazione” accompagna il progetto esecutivo per la costruzione della fognatura acque meteoriche relativa al piano particolareggiato di iniziativa privata in Comune di Ferrara-via Bologna, in area classificata dal PRG sottozona D 2.2.

La rete fognaria al servizio dell’urbanizzazione sarà di tipo separato: le condotte di acque nere scaricheranno i propri reflui nella pubblica fognatura di via dei Trasvolatori Atlantici, di tipo misto e collegata al depuratore; le acque meteoriche saranno recapitate a gravità in una vasca di laminazione dalla quale, a mezzo di un collettore e di un successivo fosso privato, verranno riversate nel ricettore finale: il canale Cecchina.

La cassa di espansione avrà capacità effettiva di invaso di 3.038,50 mc, così da limitare lo scarico delle acque meteoriche nel ricettore finale ad un massimo di 66 l/sec. Posizionamento e particolari della vasca, come da elaborati grafici di progetto.

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- *"Istruzioni per la progettazione delle fognature e degli impianti di trattamento delle acque di rifiuto"*
- Circ.Min. LL.PP. n.11633/74
- *"Norme tecniche generali per la regolamentazione dell’installazione e dell’esercizio degli impianti di fognatura e depurazione"* - Legge n. 319 10/5/1976
- *"Norme tecniche relative alle tubazioni"* - D.M 12/12/1985
- *"Disposizioni sulla tutela delle acque dall’inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall’inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole"* – D.Lgs. 11 maggio 1999, n.152
- *"Direttiva concernente gli indirizzi per la gestione delle acque di prima pioggia e di lavaggio da aree esterne (Art. 39 - D.Lgs. 11 maggio 1999 n. 152)"* – Deliberazione della Giunta Regionale Emilia Romagna 14 febbraio 2005, n.286
- *"Disposizioni sulla tutela delle acque dall’inquinamento"* Decreto Legislativo 3 Aprile 2006, n. 152
- *"Linee Guida di indirizzo per la gestione delle acque meteoriche di dilavamento e delle acque di prima pioggia in attuazione della deliberazione Giunta regionale 14 febbraio 2005 n. 286"*- Deliberazione della Giunta Regionale Emilia Romagna 18 dicembre 2006, n.1860

- *"Linee Guida della Direzione Tecnica Arpa Emilia Romagna: criteri di applicazione del DGR 286/05 e 1860/06 - acque meteoriche e di dilavamento" - Revisione del 14/04/2008.*
- *Prescrizioni tecniche Hera Ferrara relative alla progettazione delle reti fognarie nelle Lottizzazioni*
- *" Procedure di calcolo dei volumi di accumulo per l'applicazione del principio di invarianza idraulica-Determinazioni" - Deliberazione n°61 del 4 dicembre 2009 Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara*

3 PRESCRIZIONI TECNICHE

-CONDOTTE:

Il collettore principale sarà realizzato con tubi in PVC, diametri variabili da 315 mm a 800 mm, del tipo SDR34-SN8, con anello di tenuta in gomma, conforme alle norme UNI EN 1401.

La tubazione che collega l'utenza al pozzetto di ispezione della pubblica fognatura sarà realizzata con tubi DE 315 mm, in PVC del tipo SDR34-SN8, con anello di tenuta in gomma, conforme alle norme UNI EN 1401.

Tutte le condotte poggieranno su un letto di posa, costituito da sabbia uniformemente distribuito, con spessore non inferiore a cm.10. Il tubo verrà poi rinfiancato e ricoperto con sabbia per uno spessore minimo di 20 cm a partire dalla generatrice superiore del tubo.

-POZZETTI:

I pozzetti saranno in c.a.v. a tenuta stagna, prefabbricati rinforzati della sezione interna di 120x120 per tubazione DE 800 mm, 90x90 cm. per tubazioni DE 400-500 e 630 mm, 70x70 per tubazioni di diametro inferiore, completi di piastra di copertura armata per carichi di 1^a categoria. I pozzetti di ispezione saranno muniti di piastra di copertura con passo d'uomo (diametro 60 cm.) atta a ricevere la botola in ghisa.

I pozzetti caditoia saranno in c.a.v. delle dimensioni esterne di cm. 50x50 completi di sifone tipo "Veggetti" e di sottopozzetto in c.a.v.

I pozzetti per allacciamento utenza saranno in c.a.v. delle dimensioni interne minime di cm. 40x40 (civile abitazione) e **cm 60x60 (attività produttive, come nel caso in esame)**, completi di botola di copertura in c.a. o ghisa per ispezione e/o campionatura.

I pozzetti di ispezione, sulla condotta fognaria, saranno posti ad una distanza massima di mt. 40.00; sulla metà di ogni interasse saranno posti in opera pozzetti ciechi, aventi le stesse caratteristiche di quelli ispezionabili, salvo la botola che sarà in cemento armato, senza passo d'uomo, per traffico pesante ed interrata. I pozzetti caditoia saranno posati ad una distanza di mt. 20.00. Nei pozzetti ciechi sono ammessi solamente gli allacciamenti delle caditoie per la raccolta delle acque meteoriche della sede stradale.

Nel pozzetto cieco, come in quello ispezionabile, sarà garantita la continuità della condotta, mantenendo la stessa quota di scorrimento ed evitando così inutili decantazioni; all'interno del pozzetto, sarà inserita una barra di tubo, completa di giunti a tenuta, tagliata a metà nella parte superiore per tutta la luce utile del pozzetto, rinfiancata con calcestruzzo.

I pozzetti di testa, terminali, sulle variazioni di direzione, sui cambi di diametro della condotta principale e in corrispondenza degli allacciamenti alle utenze, saranno muniti di botola di ispezione.

-BOTOLE:

Le botole per i pozzetti di ispezione saranno in ghisa sferoidale classe D400, conforme alla norme UNI EN 124, munite di articolazioni per facilitarne l'apertura, complete di telaio quadrato e dispositivo di chiusura automatica.

Le botole per i pozzetti caditoia saranno in ghisa sferoidale classe C250 (classe D400 in aree di transito veicolare), complete di telaio quadrato delle dimensioni esterne di cm. 50x50 e conformi alle norme UNI EN 124.

4 ANALISI IDROLOGICHE

Lo studio idrologico ha previsto l'indagine sul regime delle piogge di breve durata e forte intensità per un **Tempo di Ritorno di 10 anni**, nella stazione di Ferrara, finalizzata alla definizione della curva di possibilità pluviometrica.

4.1 METODOLOGIA DI RICOSTRUZIONE DELLE CURVA DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA PER INTENSITA' DI PIOGGIA DA 1, 3, 6, 12 E 24 ORE

Per la determinazione della relazione fra altezza (h) e durata (t) dell'evento di pioggia in funzione del tempo di ritorno (TR), si fa riferimento alla legge probabilistica che meglio si adatta al campione di dati utilizzato. Nel caso della stazione pluviometrica in esame, la determinazione della relazione fra altezza (h) e durata (t) dell'evento di pioggia, in funzione del Tempo di Ritorno (TR), è stata ottenuta tramite la legge probabilistica di Gumbel, stimandone i parametri $a(T)$ ed $n(T)$, al fine di ottenere la curva di possibilità pluviometrica nella forma:

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

L'elaborazione statistica ha portato alla definizione delle curve di possibilità climatica, dove l'altezza di pioggia espressa in millimetri è rappresentata dall'espressione:

$$H_{\max}(t, T) = m - \frac{\left(\ln \left(- \ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right) \right)}{k}$$

$$H_{\text{crit}}(t, T) = a \times t^n$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (H_i - \overline{H_i})^2}{n - 1}}$$

$$k = \frac{1}{0,78 \times s}$$

$$m = \overline{H_i} - \frac{0,577}{k}$$

Il coefficiente “a” e l’esponente “n” sono stati determinati con il metodo dei minimi quadrati, secondo le seguenti relazioni matematiche:

$$n = \frac{\sum (\log t - \overline{\log t}) \times \log H_{\max}(t, T)}{\sum (\log t - \overline{\log t})^2}$$

$$a = 10^{\left(\overline{\log H_{\max}(t, T)} - n \cdot \overline{\log t} \right)}$$

I simboli adottati nelle formule assumono i seguenti significati:

$H_{\max}(t, T)$ = altezza massima di pioggia con tempi di ritorno;

$H_{\text{crit}}(t, T)$ = altezza critica di pioggia con tempi di ritorno;

$\overline{H_i}$ = media aritmetica delle altezze massime di pioggia registrate per la durata di 1, 3, 6, 12, 24 ore negli anni 1949÷2011;

s = deviazione standard;

Ln = logaritmo naturale;

t = durata della pioggia di 1, 3, 6, 12, 24 ore;

T = tempi di ritorno espresso in anni.

Si è provveduto alla individuazione, dall’esame degli Annali del Servizio Idrografico Italiano, delle altezze massime di pioggia registrate per la durata di 1, 3, 6, 12, 24 ore.

I dati si riferiscono alla stazione pluviometrica di Ferrara e riguardano osservazioni dal 1949 al 2011 per un totale di 61 dati, secondo la seguente tabella:

Tabella 4.1.1 dati pluviometrici

| Anno | h1h [mm] | h3h [mm] | h6h [mm] | h12h [mm] | h24h [mm] |
|-------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| 1949 | 13,4 | 22,0 | 27,0 | 32,8 | 56,2 |
| 1950 | 17,4 | 20,6 | 26,4 | 29,8 | 30,0 |
| 1951 | 15,6 | 27,0 | 43,0 | 68,8 | 86,4 |
| 1952 | 27,6 | 32,0 | 32,0 | 32,6 | 47,8 |
| 1953 | 30,4 | 33,4 | 40,6 | 43,2 | 53,8 |
| 1954 | 29,8 | 36,0 | 36,0 | 40,2 | 42,4 |
| 1955 | 52,4 | 53,4 | 56,6 | 86,4 | 92,6 |
| 1956 | 23,0 | 24,6 | 24,8 | 24,8 | 30,6 |
| 1957 | 18,4 | 23,4 | 24,4 | 31,2 | 50,6 |
| 1958 | 20,0 | 29,8 | 45,6 | 77,0 | 90,2 |
| 1959 | 20,4 | 21,4 | 34,4 | 39,6 | 75,2 |
| 1960 | 30,6 | 50,6 | 61,4 | 75,4 | 81,8 |
| 1961 | 14,6 | 23,8 | 28,8 | 33,2 | 36,2 |
| 1962 | 14,6 | 21,6 | 29,2 | 35,2 | 37,0 |
| 1963 | 40,0 | 43,4 | 43,4 | 43,4 | 43,4 |
| 1964 | 15,4 | 17,8 | 23,8 | 25,0 | 26,2 |
| 1965 | 18,8 | 26,8 | 29,2 | 32,2 | 39,8 |
| 1966 | 90,0 | 107,8 | 110,2 | 110,2 | 157,8 |
| 1967 | 29,0 | 32,0 | 32,0 | 33,4 | 34,0 |
| 1968 | 33,2 | 35,2 | 35,2 | 35,4 | 39,8 |
| 1969 | 31,0 | 31,2 | 42,6 | 47,0 | 47,0 |
| 1970 | 24,0 | 25,4 | 26,2 | 26,2 | 29,6 |
| 1971 | 18,4 | 20,4 | 20,6 | 23,2 | 24,6 |
| 1972 | 14,6 | 23,0 | 23,2 | 29,8 | 32,6 |
| 1973 | 22,8 | 36,4 | 47,8 | 58,8 | 84,4 |
| 1974 | 16,0 | 29,0 | 31,4 | 32,4 | 46,4 |
| 1975 | 28,6 | 34,6 | 34,8 | 35,2 | 42,8 |
| 1976 | 50,6 | 58,0 | 58,2 | 58,2 | 70,0 |
| 1977 | 26,0 | 37,4 | 40,0 | 42,6 | 42,8 |
| 1978 | 31,4 | 43,2 | 45,0 | 45,6 | 67,0 |
| 1979 | 22,2 | 39,0 | 52,6 | 70,6 | 122,2 |
| 1980 | 23,8 | 27,2 | 27,4 | 36,2 | 61,2 |
| 1981 | 31,4 | 44,2 | 48,4 | 55,6 | 59,4 |
| 1982 | 31,0 | 51,8 | 51,8 | 51,8 | 57,0 |
| 1983 | 23,0 | 27,8 | 28,6 | 36,0 | 53,2 |
| 1984 | 20,0 | 26,6 | 27,4 | 44,0 | 57,8 |
| 1985 | 17,2 | 17,2 | 17,2 | 31,6 | 33,6 |
| 1986 | 31,2 | 41,0 | 53,0 | 55,0 | 56,4 |
| 1987 | 18,2 | 18,4 | 20,4 | 28,8 | 42,0 |
| 1988 | 23,8 | 34,2 | 41,0 | 41,6 | 51,0 |
| 1989 | 32,6 | 46,2 | 56,4 | 56,4 | 63,6 |
| 1990 | 23,8 | 39,4 | 48,2 | 69,0 | 70,8 |
| 1991 | 51,2 | 53,4 | 53,4 | 53,4 | 53,6 |
| 1992 | 15,0 | 25,0 | 25,4 | 29,2 | 48,2 |
| 1993 | 13,4 | 27,0 | 32,0 | 42,4 | 42,4 |
| 1994 | 17,0 | 28,8 | 43,4 | 45,4 | 67,8 |
| 1995 | 16,4 | 20,2 | 25,4 | 34,2 | 46,4 |
| 1996 | 41,0 | 43,8 | 46,4 | 55,4 | 71,0 |
| 1997 | 38,6 | 39,8 | 39,8 | 46,2 | 66,0 |
| 1998 | 20,2 | 26,0 | 33,0 | 36,6 | 38,6 |
| 1999 | 22,8 | 36,2 | 36,6 | 44,2 | 50,2 |
| 2000 | 29,0 | 42,4 | 42,6 | 59,0 | 64,8 |

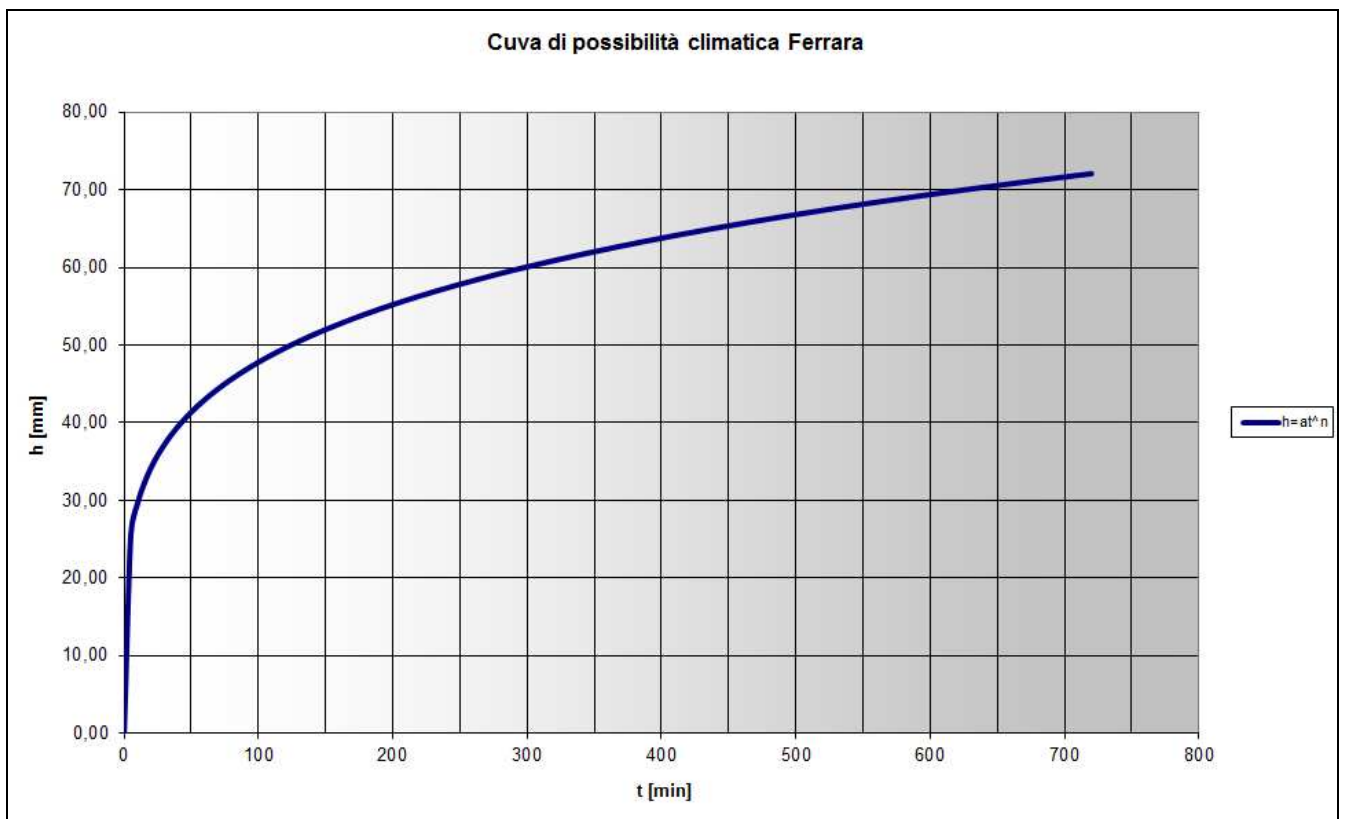
| | | | | | |
|------|------|------|------|------|-------|
| 2001 | 36,6 | 60,8 | 65,0 | 75,2 | 81,0 |
| 2002 | 24,8 | 40,8 | 44,8 | 48,0 | 48,2 |
| 2003 | 45,8 | 46,6 | 46,6 | 51,0 | 52,0 |
| 2005 | 28,8 | 31,4 | 31,4 | 36,2 | 58,0 |
| 2007 | 39,2 | 43,0 | 43,4 | 44,6 | 47,8 |
| 2008 | 38,6 | 45,6 | 52,2 | 52,4 | 72,0 |
| 2009 | 11,2 | 23,8 | 27,6 | 37,0 | 40,0 |
| 2010 | 37,0 | 60,0 | 69,2 | 91,2 | 109,6 |
| 2011 | 16,4 | 18,0 | 18,6 | 24,2 | 24,2 |

Fatte le opportune calcolazioni, i parametri della c.p.p per durate superiori all'ora ed un **TR=10 anni** risultano essere

a= 42,978

n= 0,208

Figura 4.1.1 cpp per durate di pioggia superiori all'ora



4.2 METODOLOGIA DI RICOSTRUZIONE DELLE CURVA DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA PER INTENSITA' DI PIOGGIA INFERIORI AD 1 ORA

Per la verifica del sistema, per il quale la risposta al deflusso è inferiore ad 1 ora, si deve necessariamente calcolare la sollecitazione più gravosa durante eventi di pioggia intensi e di durata inferiore ad 1 ora.

Il calcolo dei parametri delle CPP per durate inferiori all'ora è stato effettuato mediante la formula di Bell a partire dalle CPP per durate superiori all'ora.

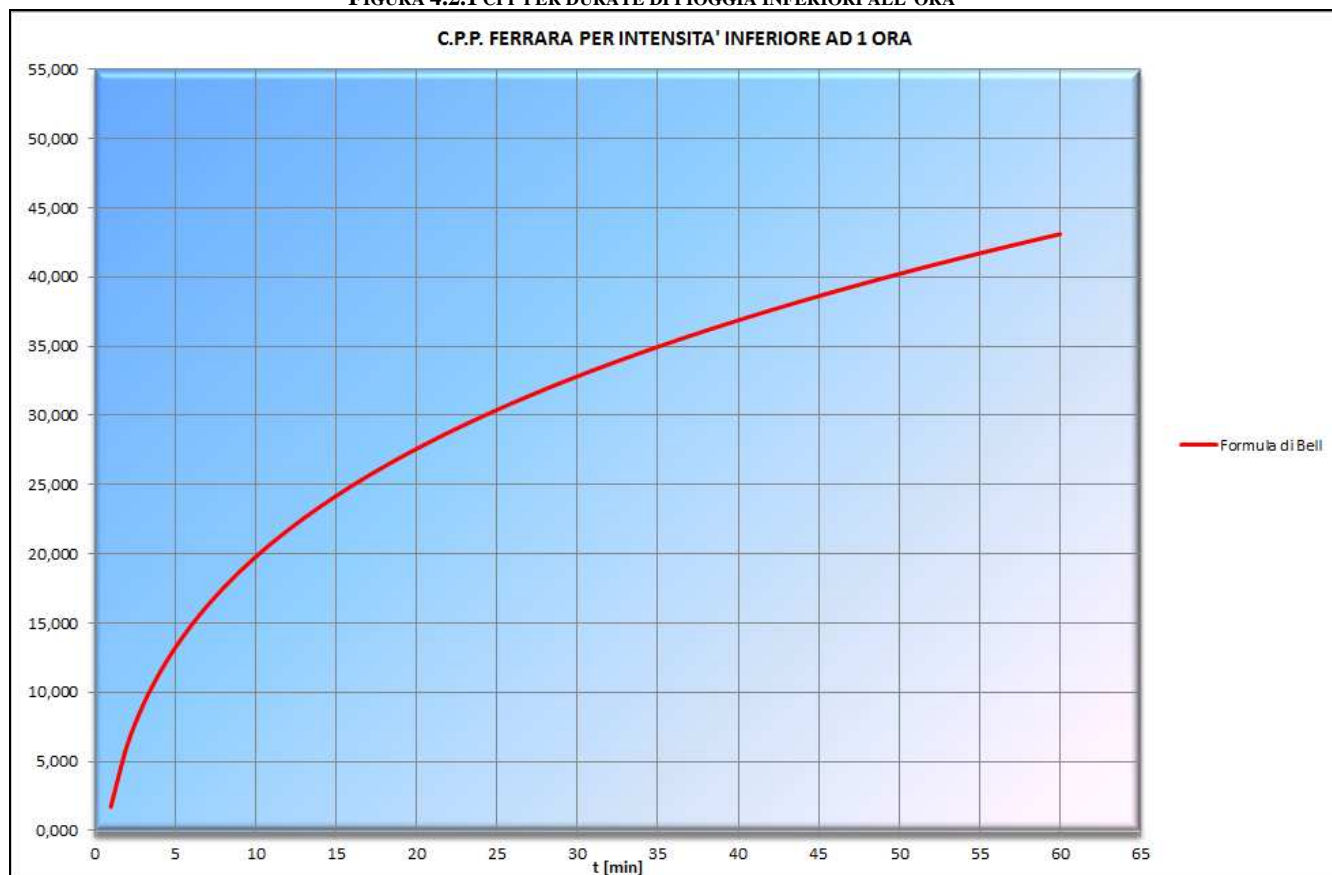
$$\frac{h_{d,T}}{h_{60,T}} = 0.54d^{0.25} - 0.5$$

Con essa è possibile calcolare la pioggia di durata $d < 60$ minuti e tempo di ritorno T, in funzione del valore $h_{60,T}$ fornito dalla CPP relativa allo stesso periodo di ritorno. I risultati ottenuti sono riportati nella sottostante tabella.

TABELLA 4.2.1 PARAMETRI DELLE CPP PER DURATE DI PIOGGIA INFERIORI ALL'ORA

| Ferrara | |
|---------|--------|
| a | 43,103 |
| n | 0,412 |

FIGURA 4.2.1 CPP PER DURATE DI PIOGGIA INFERIORI ALL'ORA



5 CALCOLO DELLA PORTATA MASSIMA

Avendo definito i parametri caratteristici della curva di possibilità climatica è possibile calcolare ora i valori delle portate massime, la cui determinazione è stata effettuata attraverso il metodo cinematico o del ritardo di corrivazione:

$$Q_{\max} = \phi \frac{10^6 \cdot S \cdot h}{3600 \cdot \tau_c} = [mc / \text{sec}]$$

in cui:

- ϕ : 0.75 coefficiente d'afflusso medio per aree destinate ad edilizia residenziale (Fonte dati: ASCE e Viessman)
- S : [Km²] superficie scolante;
- h : [m] altezza di pioggia;
- τ_c : [ore] tempo di corrivazione

In **allegato 1** i calcoli relativi ai vari tratti della rete con indicazione dei pozzetti secondo la numerazione della planimetria di progetto.

6 VERIFICHE IDRAULICHE

In **Allegato 2** i tabulati delle verifiche idrauliche secondo il metodo di GAUCKLER-STRICKLER.

7 CALCOLO VOLUME DI INVASO E PORTATA DI SCARICO

Con riferimento alla Deliberazione n°61 del 4 dicembre 2009 Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara - "Procedure di calcolo dei volumi di accumulo per l'applicazione del principio di invarianza idraulica-Determinazioni", il volume minimo di invaso relativo alla presente urbanizzazione è stato calcolato secondo la seguente procedura:

superfici urbanizzate da 0 a 0.50 ha

scarico concesso 15 l/sec Ha;

volume da accumulare: il valore più alto tra 150 m³/Ha urbanizzato e 215 m³/ha impermeabilizzato;

superfici da urbanizzate 0.50 ha a 1.00 Ha

scarico concesso 12 l/sec ha;

volume da accumulare: il valore più alto tra 200 m³/Ha urbanizzato e 285 m³/Ha impermeabilizzato;

superfici urbanizzate oltre 1.00 Ha

scarico concesso 8 l/sec Ha;

volume da accumulare: il valore più alto tra 350 m³/Ha urbanizzato e 500 m³/ha impermeabilizzato;

I conteggi come di seguito riportati:

VOLUMI

Valori per territorio urbanizzato

| <i>Superficie [Ha]</i> | <i>Volume [m³]</i> | <i>Volume/Area [m³/Ha]</i> |
|------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| 8,25 | 2.887,50 | 350 |

Valori per territorio impermeabilizzato

Superficie territoriale: 82.562,78 mq

Verde pubblico 22.216,40 mq

Territorio impermeabilizzato 60.346,38 mq

| <i>Superficie [Ha]</i> | <i>Volume [m³]</i> | <i>Volume/Area [m³/Ha]</i> |
|------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| 6,03 | 3.015,00 | 500 |

Il valore minimo della cassa di laminazione deve essere pari a: $V_{\min} = 3.015$ mc

La cassa di espansione ha una capacità effettiva di invaso di 3.038,50 mc $> V_{\min}$

PORTATE

Valori per territorio urbanizzato

| <i>Superficie [Ha]</i> | <i>Portata [l/s]</i> | <i>Portata/Area [l/s*Ha]</i> |
|------------------------|----------------------|------------------------------|
| 8,25 | 66,00 | 8 |

8 DIMENSIONAMENTO SCARICHI

8.1 TUBI DI CARICO E SCARICO CASSA DI LAMINAZIONE

Dati di progetto:

| | | |
|-------------------------------|-----------|---------------------------------------|
| $Q_{\max} = 677 + 176 =$ | 853 l/sec | portata massima di progetto |
| $q_{\max} =$ | 66 l/sec | portata massima di scarico consentita |
| $Q_C = Q_{\max} - q_{\max} =$ | 787 l/sec | portata massima in ingresso in cassa |

Ipotizzando un'onda di piena di tipo triangolare, al valore di picco, in corrispondenza del tempo di corrivazione, corrisponde un grado di riempimento della cassa di laminazione pari a circa il 50%.

Le quote di fondo della vasca di laminazione sono le seguenti:

Cassa "A":

$$H_A = 0.5 \cdot (9.75 + 9.80) = +9.775 \quad \text{quota di fondo media cassa "A"}$$

Cassa "B":

$$H_B = 0.5 \cdot (9.75 + 9.80) = +9.775 \quad \text{quota di fondo media cassa "B"}$$

Vasca totale:

$$H_{V_{ASCA}} = 0.5 \cdot (H_A + H_B) = +9.775 \quad \text{quota di fondo media vasca}$$

$$H_{\max} = +10.40 \quad \text{quota massima di invaso}$$

Il carico disponibile in corrispondenza ad un grado di riempimento della cassa di laminazione pari a circa il 50% è pari a:

$$h_0 = (H_{\max} - H_{V_{ASCA}}) / 2 = 31,25 \text{ cm}$$

Si modella lo scarico come luce a battente libera, per la quale la portata attraverso la sezione contratta vale:

$$q = c_q \cdot a \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h_0}$$

essendo

| | | |
|---------|-------------------------|----------------------------|
| $c_q =$ | 0.61 | coefficiente di portata |
| $DE =$ | 250 mm | diametro esterno tubazione |
| $Sp =$ | 7.3 mm | spessore tubazione |
| $Di =$ | 235.4 mm | diametro interno tubazione |
| $a =$ | 434,993 cm ² | area luce |

Ipotizzando n°1 tubazione DE 250 mm la portata in uscita per ogni singolo punto di carico vale:

$$q = 65 \text{ l/sec} \quad \text{portata in uscita singolo tubo}$$

Si calcola infine il numero minimo dei carichi $N_S = Q_C / q = 12$

8.2 TUBO DI SCARICO A VALLE CASSA DI LAMINAZIONE (pozzetti 7m-7n)

Si verifica una tubazione PVC DE200, del tipo SDR34-SN8: tale tubazione, con origine nel pozzetto 7m, è caratterizzata da un funzionamento in pressione in concomitanza degli eventi critici per i quali la cassa di laminazione invaserà volume d'acqua. Dati di progetto:

| | | |
|---|---------------------|------------------------------------|
| DE= | 200 mm | diametro esterno tubazione |
| Sp= | 5.9 mm | spessore tubazione |
| Di= | 188.2 mm | diametro interno tubazione |
| H _{max} = | +10.40 | quota massima di monte |
| H _{valle} = | +9.3 | quota scorrimento di valle |
| h ₀ =H _{max} -(H _{valle} +Di/2)= | 100,60 cm | carico di monte massimo consentito |
| a= | 278 cm ² | sezione piena |

| DEFLUSSO ACQUA TRA DUE SERBATOI COLLEGATI DA CONDOTTA | | | |
|--|---|-----------|--|
| La perdita di carico disponibile è: | | | |
| ΔH= | 1 m | | |
| La portata effluente è pari a: | | | |
| Q= | 66,82534348 l/sec | | |
| Q= | 0,066825343 mc/sec | | |
| Posta una tubazione con le seguenti caratteristiche | | | |
| D_{est}= | 200 mm | | |
| sp= | 5,9 mm | | |
| D_{int}= | 188,2 mm | | |
| D_{int}= | 0,1882 m | | |
| La velocità risulta pari a: | | | |
| U [m/sec] | 2,403434577 velocità | | |
| La perdita di carico è dissipata in parte ai due estremi della condotta, in parte attraverso le perdite distribuite: | | | |
| $\Delta H = 1,5 \cdot U^2 / 2g + \beta_r \cdot L \cdot Q^2 / D^5$ | | | |
| essendo: | | | |
| $\beta_r = 10,3 / k^{2+D^{1/3}}$ | | | |
| γ (Bazin) | 0,06 m ^{1/2} | | |
| β_r= | 0,001396686 m ⁻¹ * s ² | | |
| k = | 105 m ^{1/3} * s ⁻¹ | | |
| β_r= | 0,001630242 m ⁻¹ * s ² | | |
| La lunghezza della condotta è pari a: | | | |
| L= | 18 m | | |
| La perdita di carico effettiva dissipata è pari alla somma dei contributi: | | | |
| ΔH_c=1,5*U²/2g | 0,441628269 m | | |
| ΔH_d=β_r*L*Q²/D⁵ | 0,555020336 m | | |
| ΔH=ΔH_c+ΔH_d | 1 m | OK | |

Detto valore è superiore alla portata massima consentita pari a 66 l/sec.

8.3 TUBO DI SCARICO (attraversamento via Cecchina, a valle del pozzetto 7n)

Si adotta una tubazione PVC DE315, del tipo SDR34-SN8, con pendenza pari al 2 per mille; la verifica idraulica secondo il metodo di GAUCKLER-STRICKLER:

| LEGAME TRA IL GRADO DI RIEMPIMENTO DI UNA CONDOTTA A PELO LIBERO ED IL CORRISPONDENTE RAGGIO IDRAULICO | | | | | | | | | |
|---|---|---|---------------------------------|----------|--------------|-------------------------------------|----------|----------|----------|
| p | 0,85 | grado di riempimento | | | Nota: | riempimento maggiore del 50% | | | |
| F(α) | $\alpha + \sin(\alpha) \cos(\alpha) + \pi(0,5 - p)$ | | | | | | | | |
| F'(α) | $2 \cos^2(\alpha)$ | | | | | | | | |
| $\alpha(0)$ | 53 | angolo di primo tentativo (gradi sessagesimali) | | | | | | | |
| $\alpha(0)$ | 0,9250245 | angolo di primo tentativo (radianti) | | | | | | | |
| α | 0,9250245 | 0,806294 | 0,720476 | 0,669889 | 0,644634386 | 0,6332831 | 0,628451 | 0,626444 | 0,625619 |
| Δ | 0,1187304 | 0,085818 | 0,050587 | 0,025255 | 0,011351283 | 0,0048324 | 0,002007 | 0,000825 | 0,000337 |
| α (rad) | 0,6251444 | (radianti) | | | | | | | |
| α (°) | 35,818136 | | | | | | | | |
| r | 148,3 | mm | | | | | | | |
| A | 58731,541 | mm ² | sezione bagnata | | | | | | |
| A | 58728,796 | | (verifica) | | | | | | |
| C | 651,31602 | mm | contorno bagnato | | | | | | |
| R | 90 | mm | raggio idraulico | | | | | | |
| h | 235 | mm | altezza di riempimento | | | | | | |
| CALCOLO DELLA PORTATA: Gauckler-Strickler | | | | | | | | | |
| R | 0,090 | m | raggio idraulico | | | | | | |
| i | 0,002 | | pendenza | | | | | | |
| c | 128 | m ^{1/3} /s | scabrezza (Gauckler-Strickler): | | | | | | |
| U | 1,15 | m/s | velocità | | | | | | |
| Q | 67,60 | l/s | portata | | | | | | |

Detto valore è superiore alla portata massima consentita pari a 66 l/sec.

8.4 FOSSO PRIVATO VERSO LO SCOLO CONSORZIALE CECCHINA

Come anticipato nel capitolo introduttivo, le acque meteoriche saranno recapitate a gravità in una vasca di laminazione dalla quale, a mezzo di un collettore e di un successivo fosso privato, verranno riversate nel ricettore finale: il canale Cecchina.

Oggetto del presente paragrafo è il dimensionamento del succitato fosso.

La portata in progetto è somma di due contributi:

$Q_1=66$ l/sec portata massima in uscita dalla lottizzazione

Q_2 portata agricola proveniente dai terreni adiacenti

Si determina ora la portata Q_2 , secondo la seguente planimetria:

PLANIMETRIA DI RIFERIMENTO

-  AREA DI INFLUENZA: 7.000 mq
-  PERCORSO FOSSO PRIVATO VERSO IL CANALE CECCHINA



A favore di sicurezza si adotta un'area pari a:

$A = 1,00$ ha

Ipotizzando una portata agricola specifica pari a:

$q = 20$ l/sec*ha;

Conseguentemente:

$$Q_2 = q \cdot A = 20 \text{ l/sec}$$

$$Q_{MAX} = Q_1 + Q_2 = 86 \text{ l/sec}$$

Si procede alla verifica idraulica secondo il metodo di GAUCKLER-STRICKLER (la sezione seguente è la minima necessaria dal punto di vista idraulico; nella realtà, così come indicato negli elaborati grafici, la sezione in situ è molto maggiore, perchè vincolata dalla quota di fondo del punto di monte e dalle quote del piano campagna):

| | |
|--|--------------|
| b [m] Larghezza fondo | 0,50 |
| Y tirante idrico[m] | 0,30 |
| Pendenza sponde [α] [rad] | 0,79 |
| Pendenza sponde [α] [°] | 45,00 |
| B [m] Larghezza sup. | 1,10 |
| A [mq] area | 0,24 |
| lunghezza sponde [m] | 0,42 |
| P per.bagnato [m] | 1,35 |
| R raggio idraulico [m] | 0,18 |
| if [per mille] | 1,00 |
| $K_s [m^{1/3} s^{-1}]$ | 40,00 |
| $U = K_s R^{2/3} i^{1/2}$ | 0,40 |
| Q=AU [mc/sec] | 0,10 |
| Q=AU [l/sec] | 96,05 |

8.5 TUBO DI SCARICO SCOLO CONSORZIALE CECCHINA

Le acque provenienti dalla lottizzazione in progetto e dalla campagna circostante, secondo i dati del paragrafo precedente, vengono recapitate nel canale consorziale Cecchina attraverso un tubo a gravità. La necessità di inserire tale tubazione è dettata dalla necessità di conservare il passaggio nella capezzagna in adiacenza allo stesso Cecchina.

Si adotta una tubazione PVC DE315, del tipo SDR34-SN8, con pendenza pari al 3 per mille; la verifica idraulica secondo il metodo di GAUCKLER-STRICKLER:

| LEGAME TRA IL GRADO DI RIEMPIMENTO DI UNA CONDOTTA A PELO LIBERO ED IL CORRISPONDENTE RAGGIO IDRAULICO | | | | | | | | | |
|---|---|----------------------|---------------------------------|----------|--------------|------------------------------|----------|----------|----------|
| p | 0,90 | grado di riempimento | | | Nota: | riempimento maggiore del 50% | | | |
| F(α) | $\alpha + \sin(\alpha) \cos(\alpha) + \pi(0,5 - p)$ | | | | | | | | |
| F'(α) | $2 \cos^2(\alpha)$ | | | | | | | | |
| α(0) | 53 angolo di primo tentativo (gradi sessagesimali) | | | | | | | | |
| α(0) | 0,9250245 angolo di primo tentativo (radianti) | | | | | | | | |
| α | 0,9250245 | 0,867223 | 0,825436 | 0,797766 | 0,780645121 | 0,7705366 | 0,764743 | 0,761481 | 0,759664 |
| Δ | 0,0578018 | 0,041787 | 0,02767 | 0,017121 | 0,010108528 | 0,0057934 | 0,003262 | 0,001817 | 0,001007 |
| α (rad) | 0,7581012 | (radianti) | | | | | | | |
| α (°) | 43,436 | | | | | | | | |
| r | 148,3 | mm | | | | | | | |
| A | 62199,249 | mm ² | sezione bagnata | | | | | | |
| A | 62183,431 | | (verifica) | | | | | | |
| C | 690,75101 | mm | contorno bagnato | | | | | | |
| R | 90 | mm | raggio idraulico | | | | | | |
| h | 250 | mm | altezza di riempimento | | | | | | |
| CALCOLO DELLA PORTATA: Gauckler-Strickler | | | | | | | | | |
| R | 0,090 | m | raggio idraulico | | | | | | |
| i | 0,003 | pendenza | | | | | | | |
| c | 128 | m ^{1/3} /s | scabrezza (Gauckler-Strickler): | | | | | | |
| U | 1,41 | m/s | velocità | | | | | | |
| Q | 87,59 | l/s | portata | | | | | | |

Detto valore è superiore alla portata massima consentita pari a 86 l/sec.

Ferrara lì, 22/01/2014

Il progettista ing. Giorgio Vedrani

ALLEGATO 1-CALCOLO PORTATE MASSIME

| pozzetti 26-25 | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|--------|---------------------------|----------------------------|---------------------------------|------------------------|----------------------|------------------------|-------|-------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| Area [mq] | ϕ | L _{condotta} [m] | V _{1°tent.} [m/s] | T _{trans 1°tent} [sec] | T _{acc} [sec] | T _c [sec] | a [mm/h ⁿ] | n | h=aTc ⁿ [mm] | i=aTc ⁿ⁻¹ [mm/h] | Q _{max 1°tent} [l/s] | V _{cond} [m/s] |
| 1° tentativo | | | | | | | | | | | | |
| 5.190,00 | 0,75 | 80,00 | 1,00 | 80,00 | 1.800,00 | 1.880,00 | 43,103 | 0,412 | 32,98 | 63,16 | 68,29 | 0,91 |
| 2° tentativo | | | | | | | | | | | | |
| 5.190,00 | 0,75 | 80,00 | 0,91 | 87,91 | 1.800,00 | 1.887,91 | 43,103 | 0,412 | 33,04 | 63,00 | 68,12 | |

| pozzetti 25-22 | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|--------|---------------------------|----------------------------|---------------------------------|------------------------|----------------------|------------------------|-------|-------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| Area [mq] | ϕ | L _{condotta} [m] | V _{1°tent.} [m/s] | T _{trans 1°tent} [sec] | T _{acc} [sec] | T _c [sec] | a [mm/h ⁿ] | n | h=aTc ⁿ [mm] | i=aTc ⁿ⁻¹ [mm/h] | Q _{max 1°tent} [l/s] | V _{cond} [m/s] |
| 1° tentativo | | | | | | | | | | | | |
| 20.599,00 | 0,75 | 60,00 | 1,00 | 60,00 | 1.887,91 | 1.947,91 | 43,103 | 0,412 | 33,47 | 61,85 | 265,43 | 1,27 |
| 2° tentativo | | | | | | | | | | | | |
| 20.599,00 | 0,75 | 60,00 | 1,27 | 47,24 | 1.887,91 | 1.935,16 | 43,103 | 0,412 | 33,38 | 62,09 | 266,46 | 1,27 |
| 3° tentativo | | | | | | | | | | | | |
| 20.599,00 | 0,75 | 60,00 | 1,27 | 47,24 | 1.887,91 | 1.935,16 | 43,103 | 0,412 | 33,38 | 62,09 | 266,46 | |

| pozzetti 22-20 | | | | | | | | | | | | |
|----------------|--------|---------------------|----------------------------|-----------------------------------|-----------------|-------------|--------------------------|-------|----------------|----------------------|---------------------------------|------------------|
| Area [mq] | ϕ | $L_{condotta}$ [ml] | $V_{1^{\circ}tent.}$ [m/s] | $T_{trans\ 1^{\circ}tent.}$ [sec] | T_{acc} [sec] | T_c [sec] | a [mm/h ⁿ] | n | $h=aTc^n$ [mm] | $i=aTc^{n-1}$ [mm/h] | $Q_{max\ 1^{\circ}tent.}$ [l/s] | V_{cond} [m/s] |
| 1° tentativo | | | | | | | | | | | | |
| 27.728,00 | 0,75 | 40,00 | 1,00 | 40,00 | 1.935,16 | 1.975,16 | 43,103 | 0,412 | 33,66 | 61,35 | 354,39 | 1,58 |
| 2° tentativo | | | | | | | | | | | | |
| 27.728,00 | 0,75 | 40,00 | 1,58 | 25,32 | 1.935,16 | 1.960,47 | 43,103 | 0,412 | 33,56 | 61,62 | 355,94 | 1,58 |
| 3° tentativo | | | | | | | | | | | | |
| 27.728,00 | 0,75 | 40,00 | 1,58 | 25,32 | 1.935,16 | 1.960,47 | 43,103 | 0,412 | 33,56 | 61,62 | 355,94 | |

| pozzetti 20-18 | | | | | | | | | | | | |
|----------------|--------|---------------------|----------------------------|-----------------------------------|-----------------|-------------|--------------------------|-------|----------------|----------------------|---------------------------------|------------------|
| Area [mq] | ϕ | $L_{condotta}$ [ml] | $V_{1^{\circ}tent.}$ [m/s] | $T_{trans\ 1^{\circ}tent.}$ [sec] | T_{acc} [sec] | T_c [sec] | a [mm/h ⁿ] | n | $h=aTc^n$ [mm] | $i=aTc^{n-1}$ [mm/h] | $Q_{max\ 1^{\circ}tent.}$ [l/s] | V_{cond} [m/s] |
| 1° tentativo | | | | | | | | | | | | |
| 34.431,00 | 0,75 | 40,00 | 1,00 | 40,00 | 1.960,47 | 2.000,47 | 43,103 | 0,412 | 33,84 | 60,89 | 436,77 | 1,83 |
| 2° tentativo | | | | | | | | | | | | |
| 34.431,00 | 0,75 | 40,00 | 1,83 | 21,86 | 1.960,47 | 1.982,33 | 43,103 | 0,412 | 33,71 | 61,22 | 439,12 | 1,83 |
| 3° tentativo | | | | | | | | | | | | |
| 34.431,00 | 0,75 | 40,00 | 1,83 | 21,86 | 1.960,47 | 1.982,33 | 43,103 | 0,412 | 33,71 | 61,22 | 439,12 | |

| pozzetti 18-4 | | | | | | | | | | | | |
|---------------|--------|---------------------|----------------------------|-----------------------------------|-----------------|-------------|--------------------------|-------|----------------|----------------------|---------------------------------|------------------|
| Area [mq] | ϕ | $L_{condotta}$ [ml] | $V_{1^{\circ}tent.}$ [m/s] | $T_{trans\ 1^{\circ}tent.}$ [sec] | T_{acc} [sec] | T_c [sec] | a [mm/h ⁿ] | n | $h=aTc^n$ [mm] | $i=aTc^{n-1}$ [mm/h] | $Q_{max\ 1^{\circ}tent.}$ [l/s] | V_{cond} [m/s] |
| 1° tentativo | | | | | | | | | | | | |
| 36.667,00 | 0,75 | 45,00 | 1,00 | 45,00 | 1.982,33 | 2.027,33 | 43,103 | 0,412 | 34,02 | 60,41 | 461,50 | 2,04 |
| 2° tentativo | | | | | | | | | | | | |
| 36.667,00 | 0,75 | 45,00 | 2,04 | 22,06 | 1.982,33 | 2.004,39 | 43,103 | 0,412 | 33,86 | 60,82 | 464,60 | 2,04 |
| 3° tentativo | | | | | | | | | | | | |

| pozzetti 4-5 | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|--------|----------------------------|---------------------------|---------------------------------|------------------------|----------------------|------------------------|-------|-------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------|--|
| Area [mq] | ϕ | L _{condotta} [ml] | V _{1°tent} [m/s] | T _{trans 1°tent} [sec] | T _{acc} [sec] | T _c [sec] | a [mm/h ⁿ] | n | h=aTc ⁿ [mm] | i=aTc ⁿ⁻¹ [mm/h] | Q _{max 1°tent} [l/s] | V _{cond} [m/s] | |
| 1° tentativo | | | | | | | | | | | | | |
| 45.745,00 | 0,75 | 25,00 | 1,00 | 25,00 | 2.004,39 | 2.029,39 | 43,103 | 0,412 | 34,04 | 60,38 | 575,42 | 1,29 | |
| 2° tentativo | | | | | | | | | | | | | |
| 45.745,00 | 0,75 | 25,00 | 1,29 | 19,38 | 2.004,39 | 2.023,77 | 43,103 | 0,412 | 34,00 | 60,48 | 576,36 | 1,29 | |
| 3° tentativo | | | | | | | | | | | | | |
| 45.745,00 | 0,75 | 25,00 | 1,29 | 19,38 | 2.004,39 | 2.023,77 | 43,103 | 0,412 | 34,00 | 60,48 | 576,36 | | |

| pozzetti 5-7 | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|--------|----------------------------|---------------------------|---------------------------------|------------------------|----------------------|------------------------|-------|-------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------|--|
| Area [mq] | ϕ | L _{condotta} [ml] | V _{1°tent} [m/s] | T _{trans 1°tent} [sec] | T _{acc} [sec] | T _c [sec] | a [mm/h ⁿ] | n | h=aTc ⁿ [mm] | i=aTc ⁿ⁻¹ [mm/h] | Q _{max 1°tent} [l/s] | V _{cond} [m/s] | |
| 1° tentativo | | | | | | | | | | | | | |
| 54.135,00 | 0,75 | 40,00 | 1,00 | 40,00 | 2.023,77 | 2.063,77 | 43,103 | 0,412 | 34,27 | 59,79 | 674,26 | 1,58 | |
| 2° tentativo | | | | | | | | | | | | | |
| 54.135,00 | 0,75 | 40,00 | 1,58 | 25,32 | 2.023,77 | 2.049,09 | 43,103 | 0,412 | 34,17 | 60,04 | 677,10 | 1,58 | |
| 3° tentativo | | | | | | | | | | | | | |
| 54.135,00 | 0,75 | 40,00 | 1,58 | 25,32 | 2.023,77 | 2.049,09 | 43,103 | 0,412 | 34,17 | 60,04 | 677,10 | | |

ALLEGATO 2-VERIFICHE IDRAULICHE

POZZETTI 26-25

LEGAME TRA IL GRADO DI RIEMPIMENTO DI UNA CONDOTTA A PELO LIBERO ED IL CORRISPONDENTE RAGGIO IDRAULICO

ρ 0,6701497 grado di riempimento

Nota: riempimento maggiore del 50%

$F(\alpha) \quad \alpha + \sin(\alpha) \cos(\alpha) + \pi(0,5 - \rho)$
 $F'(\alpha) \quad 2 \cos^2(\alpha)$

$\alpha(0)$ 53 angolo di primo tentativo (gradi sessagesimali)
 $\alpha(0)$ 0,9250245 angolo di primo tentativo (radianti)

| | | | | | | | | | | | |
|----------|-----------|----------|----------|----------|-------------|-----------|----------|----------|----------|----------|------------|
| α | 0,9250245 | 0,587134 | 0,352732 | 0,283766 | 0,27494724 | 0,274111 | 0,274035 | 0,274028 | 0,274027 | 0,274027 | 0,27402728 |
| Δ | 0,337891 | 0,234402 | 0,068966 | 0,008819 | 0,000836209 | 7,615E-05 | 6,91E-06 | 6,27E-07 | 5,68E-08 | 5,15E-09 | |

α (rad) 0,2740273 (radianti)
 α (°) 15,700607

| D | sp | D int |
|-----|------|-------|
| 400 | 11,7 | 376,6 |

r 188,3 mm
A 74648,719 mm² sezione bagnata (verifica)
A 74648,719 mm²
C 694,76057 mm contorno bagnato
R 107 mm raggio idraulico
h 239 mm altezza di riempimento

| CALCOLO DELLA PORTATA: Gauckler-Strickler | | | |
|---|-------|---------------------|------------------|
| R | 0,107 | m | raggio idraulico |
| i | 0,001 | | pendenza |
| c | 128 | m ^{1/3} /s | |
| U | 0,91 | m/s | velocità |
| Q | 68,29 | l/s | portata |

POZZETTI 25-22

LEGAME TRA IL GRADO DI RIEMPIMENTO DI UNA CONDOTTA A PELO LIBERO ED IL CORRISPONDENTE RAGGIO IDRAULICO

ρ 0,7562569 grado di riempimento

Nota: riempimento maggiore del 50%

$F(\alpha) \quad \alpha + \sin(\alpha) \cos(\alpha) + \pi(0,5 - \rho)$
 $F'(\alpha) \quad 2 \cos^2(\alpha)$

$\alpha(0)$ 53 angolo di primo tentativo (gradi sessagesimali)
 $\alpha(0)$ 0,9250245 angolo di primo tentativo (radianti)

α 0,9250245 0,692061 0,526081 0,453883 0,433550928 0,428919 0,427927 0,427718 0,427674 0,427665 0,427663073
 Δ 0,2329632 0,16598 0,072198 0,020332 0,004631972 0,0009915 0,000209 4,4E-05 9,25E-06 1,94E-06

α (rad) 0,4276631 (radianti)
 α (°) 24,503289

| D | sp | D int |
|-----|------|-------|
| 630 | 18,4 | 593,2 |

r 296,6 mm
A 209007,39 mm² sezione bagnata
A 209007,32 (verifica)
C 1185,4861 mm contorno bagnato
R 176 mm raggio idraulico
h 420 mm altezza di riempimento

| CALCOLO DELLA PORTATA: Gauckler-Strickler | | | |
|---|--------|---------------------|------------------|
| R | 0,176 | m | raggio idraulico |
| i | 0,001 | | pendenza |
| c | 128 | m ^{1/3} /s | |
| U | 1,27 | m/s | velocità |
| Q | 266,00 | l/s | portata |

POZZETTI 22-20

**LEGAME TRA IL GRADO DI RIEMPIMENTO DI UNA CONDOTTA A PELO LIBERO
ED IL CORRISPONDENTE RAGGIO IDRAULICO**

ρ 0,8146497 grado di riempimento

Nota: riempimento maggiore del 50%

$F(\alpha) \quad \alpha + \sin(\alpha) \cos(\alpha) + \pi(0,5 - \rho)$
 $F'(\alpha) \quad 2 \cos^2(\alpha)$

$\alpha(0)$ 53 angolo di primo tentativo (gradi sessagesimali)
 $\alpha(0)$ 0,9250245 angolo di primo tentativo (radianti)

| | | | | | | | | | | | |
|----------|-----------|----------|----------|----------|-------------|-----------|----------|----------|----------|----------|-------------|
| α | 0,9250245 | 0,763217 | 0,646663 | 0,584557 | 0,558869387 | 0,5496962 | 0,546621 | 0,545613 | 0,545286 | 0,545179 | 0,545144944 |
| Δ | 0,1618073 | 0,116555 | 0,062105 | 0,025688 | 0,009173182 | 0,0030753 | 0,001008 | 0,000328 | 0,000106 | 3,44E-05 | |

α (rad) 0,5451449 (radianti)
 α (°) 31,234505

| D | sp | D int |
|-----|------|-------|
| 630 | 18,4 | 593,2 |

r 296,6 mm
A 225147,53 mm² sezione bagnata
A 225145,4 (verifica)
C 1255,1764 mm contorno bagnato
R 179 mm raggio idraulico
h 450 mm altezza di riempimento

| CALCOLO DELLA PORTATA: Gauckler-Strickler | | | |
|---|--------|---------------------|------------------|
| R | 0,179 | m | raggio idraulico |
| i | 0,0015 | | pendenza |
| c | 128 | m ^{1/3} /s | |
| U | 1,58 | m/s | velocità |
| Q | 355,00 | l/s | portata |

POZZETTI 20-18

**LEGAME TRA IL GRADO DI RIEMPIMENTO DI UNA CONDOTTA A PELO LIBERO
ED IL CORRISPONDENTE RAGGIO IDRAULICO**

ρ 0,8687441 grado di riempimento

Nota: riempimento maggiore del 50%

$F(\alpha) = \alpha + \sin(\alpha) \cos(\alpha) + \pi(0,5 - \rho)$
 $F'(\alpha) = 2 \cos^2(\alpha)$

$\alpha(0)$ 53 angolo di primo tentativo (gradi sessagesimali)
 $\alpha(0)$ 0,9250245 angolo di primo tentativo (radianti)

| | | | | | | | | | | | |
|----------|-----------|----------|----------|----------|-------------|-----------|----------|----------|----------|----------|-------------|
| α | 0,9250245 | 0,829135 | 0,759775 | 0,716915 | 0,693564125 | 0,6818527 | 0,676246 | 0,673625 | 0,672414 | 0,671857 | 0,671601785 |
| Δ | 0,0958894 | 0,06936 | 0,042861 | 0,023351 | 0,011711437 | 0,0056065 | 0,002621 | 0,001211 | 0,000557 | 0,000255 | |

α (rad) 0,6716018 (radianti)
 α (°) 38,479948

| | | |
|------------|-------------|--------------|
| D | sp | D int |
| 630 | 18,4 | 593,2 |

| | | | |
|---|-----------|-----------------|------------------------|
| r | 296,6 | mm | |
| A | 240118,75 | mm ² | sezione bagnata |
| A | 240095,5 | | (verifica) |
| C | 1330,1906 | mm | contorno bagnato |
| R | 180 | mm | raggio idraulico |
| h | 481 | mm | altezza di riempimento |

| | | | |
|--|--------|---------------------|------------------|
| CALCOLO DELLA PORTATA: Gauckler-Strickler | | | |
| R | 0,180 | m | raggio idraulico |
| i | 0,002 | | pendenza |
| c | 128 | m ^{1/3} /s | |
| <hr/> | | | |
| U | 1,83 | m/s | velocità |
| Q | 439,00 | l/s | portata |

POZZETTI 18-4

LEGAME TRA IL GRADO DI RIEMPIMENTO DI UNA CONDOTTA A PELO LIBERO ED IL CORRISPONDENTE RAGGIO IDRAULICO

ρ 0,8237826 grado di riempimento

Nota: riempimento maggiore del 50%

$F(\alpha) = \alpha + \sin(\alpha) \cos(\alpha) + \pi(0,5 - \rho)$
 $F'(\alpha) = 2 \cos^2(\alpha)$

$\alpha(0)$ 53 angolo di primo tentativo (gradi sessagesimali)
 $\alpha(0)$ 0,9250245 angolo di primo tentativo (radianti)

| | | | | | | | | | | | |
|----------|-----------|----------|----------|----------|-------------|-----------|----------|----------|----------|----------|-------------|
| α | 0,9250245 | 0,774346 | 0,665686 | 0,606165 | 0,580242242 | 0,5703896 | 0,566869 | 0,56564 | 0,565215 | 0,565068 | 0,565017444 |
| Δ | 0,1506782 | 0,108661 | 0,059521 | 0,025923 | 0,00985266 | 0,003521 | 0,001229 | 0,000425 | 0,000147 | 5,05E-05 | |

α (rad) 0,5650174 (radianti)
 α (°) 32,373115

| | | |
|------------|-------------|--------------|
| D | sp | D int |
| 630 | 18,4 | 593,2 |

| | | | |
|---|-----------|-----------------|------------------------|
| r | 296,6 | mm | |
| A | 227672,8 | mm ² | sezione bagnata |
| A | 227669,47 | | (verifica) |
| C | 1266,9647 | mm | contorno bagnato |
| R | 180 | mm | raggio idraulico |
| h | 455 | mm | altezza di riempimento |

| | | | |
|--|--------|---------------------|------------------|
| CALCOLO DELLA PORTATA: Gauckler-Strickler | | | |
| R | 0,180 | m | raggio idraulico |
| i | 0,0025 | | pendenza |
| c | 128 | m ^{1/3} /s | |
| U | 2,04 | m/s | velocità |
| Q | 464,00 | l/s | portata |

POZZETTI 2-4

LEGAME TRA IL GRADO DI RIEMPIMENTO DI UNA CONDOTTA A PELO LIBERO ED IL CORRISPONDENTE RAGGIO IDRAULICO

p 0,777402 grado di riempimento

Nota: riempimento maggiore del 50%

$F(\alpha) \quad \alpha + \sin(\alpha) \cos(\alpha) + \pi(0,5 - p)$
 $F'(\alpha) \quad 2 \cos^2(\alpha)$

$\alpha(0)$ 53 angolo di primo tentativo (gradi sessagesimali)
 $\alpha(0)$ 0,9250245 angolo di primo tentativo (radianti)

| | | | | | | | | | | | |
|----------|-----------|----------|----------|----------|-------------|-----------|----------|----------|----------|----------|------------|
| α | 0,9250245 | 0,717828 | 0,569512 | 0,499703 | 0,476846228 | 0,4706531 | 0,46908 | 0,468687 | 0,46859 | 0,468566 | 0,46855956 |
| Δ | 0,2071963 | 0,148316 | 0,069809 | 0,022856 | 0,006193138 | 0,0015732 | 0,000393 | 9,75E-05 | 2,42E-05 | 6E-06 | |

α (rad) 0,4685596 (radianti)
 α (°) 26,846485

| | | |
|------------|------------|--------------|
| D | sp | D int |
| 315 | 9,2 | 296,6 |

r 148,3 mm
A 53712,877 mm² sezione bagnata (verifica)
A 53712,808 mm²
C 604,87296 mm contorno bagnato
R 89 mm raggio idraulico
h 215 mm altezza di riempimento

| CALCOLO DELLA PORTATA: Gauckler-Strickler | | | |
|--|---------------|---------------------|------------------|
| R | 0,089 | m | raggio idraulico |
| i | 0,0015 | | pendenza |
| c | 128 | m ^{1/3} /s | |
| U | 0,99 | m/s | velocità |
| Q | 53,00 | l/s | portata |

POZZETTI 12-15

LEGAME TRA IL GRADO DI RIEMPIMENTO DI UNA CONDOTTA A PELO LIBERO ED IL CORRISPONDENTE RAGGIO IDRAULICO

ρ 0,6132723 grado di riempimento

Nota: riempimento maggiore del 50%

$F(\alpha) \quad \alpha + \sin(\alpha) \cos(\alpha) + \pi(0,5 - \rho)$
 $F'(\alpha) \quad 2 \cos^2(\alpha)$

$\alpha(0)$ 53 angolo di primo tentativo (gradi sessagesimali)
 $\alpha(0)$ 0,9250245 angolo di primo tentativo (radianti)

α 0,9250245 0,517824 0,241878 0,183459 0,180001454 0,1798603 0,179855 0,179854 0,179854 0,179854 0,179854 0,179854419
 Δ 0,4072003 0,275946 0,058419 0,003458 0,000141172 5,63E-06 2,24E-07 8,94E-09 3,56E-10 1,42E-11

α (rad) 0,1798544 (radianti)
 α (°) 10,304899

| D | sp | D int |
|-----|------|-------|
| 400 | 11,7 | 376,6 |

r 188,3 mm
A 68313,074 mm² sezione bagnata (verifica)
A 68313,074
C 659,29507 mm contorno bagnato
R 104 mm raggio idraulico
h 222 mm altezza di riempimento

| CALCOLO DELLA PORTATA: Gauckler-Strickler | | | |
|---|-------|---------------------|------------------|
| R | 0,104 | m | raggio idraulico |
| i | 0,001 | | pendenza |
| c | 128 | m ^{1/3} /s | |
| U | 0,89 | m/s | velocità |
| Q | 61,00 | l/s | portata |

POZZETTI 15-4

**LEGAME TRA IL GRADO DI RIEMPIMENTO DI UNA CONDOTTA A PELO LIBERO
ED IL CORRISPONDENTE RAGGIO IDRAULICO**

ρ 0,6406652 grado di riempimento

Nota: riempimento maggiore del 50%

$F(\alpha) = \alpha + \sin(\alpha) \cos(\alpha) + \pi(0,5 - \rho)$
 $F'(\alpha) = 2 \cos^2(\alpha)$

$\alpha(0)$ 53 angolo di primo tentativo (gradi sessagesimali)
 $\alpha(0)$ 0,9250245 angolo di primo tentativo (radianti)

| | | | | | | | | | | | | |
|----------|-----------|----------|----------|----------|-------------|-----------|----------|----------|----------|----------|--------|-------------|
| α | 0,9250245 | 0,551204 | 0,294874 | 0,230785 | 0,225087384 | 0,224724 | 0,224702 | 0,2247 | 0,2247 | 0,2247 | 0,2247 | 0,224700116 |
| Δ | 0,37382 | 0,256331 | 0,064089 | 0,005698 | 0,000363338 | 2,245E-05 | 1,38E-06 | 8,54E-08 | 5,27E-09 | 3,25E-10 | | |

α (rad) 0,2247001 (radianti)
 α (°) 12,874368

| | | |
|----------|-----------|--------------|
| D | sp | D int |
| 500 | 14,6 | 470,8 |

r 235,4 mm
A 111530,57 mm² sezione bagnata
A 111530,57 (verifica)
C 845,31973 mm contorno bagnato
R 132 mm raggio idraulico
h 288 mm altezza di riempimento

| CALCOLO DELLA PORTATA: Gauckler-Strickler | | | |
|--|--------|---------------------|------------------|
| R | 0,132 | m | raggio idraulico |
| i | 0,001 | | pendenza |
| c | 128 | m ^{1/3} /s | |
| <hr/> | | | |
| U | 1,05 | m/s | velocità |
| Q | 117,00 | l/s | portata |

POZZETTI 4-5

LEGAME TRA IL GRADO DI RIEMPIMENTO DI UNA CONDOTTA A PELO LIBERO ED IL CORRISPONDENTE RAGGIO IDRAULICO

ρ 0.855 grado di riempimento

Nota: riempimento maggiore del 50%

$F(\alpha) = \alpha + \sin(\alpha) \cos(\alpha) + \pi(0,5 - \rho)$
 $F'(\alpha) = 2 \cos^2(\alpha)$

$\alpha(0)$ 53 angolo di primo tentativo (gradi sessagesimali)
 $\alpha(0)$ 0,9250245 angolo di primo tentativo (radianti)

| | | | | | | | | | | | |
|----------|-----------|----------|----------|----------|-------------|-----------|----------|----------|----------|----------|-------------|
| α | 0,9250245 | 0,812387 | 0,730951 | 0,682318 | 0,657446042 | 0,6459254 | 0,640862 | 0,63869 | 0,637769 | 0,637381 | 0,637216715 |
| Δ | 0,1126375 | 0,081436 | 0,048633 | 0,024872 | 0,011520673 | 0,0050637 | 0,002171 | 0,000921 | 0,000389 | 0,000164 | |

α (rad) 0,6372167 (radianti)
 α (°) 36,509828

| D | sp | D int |
|-----|------|-------|
| 800 | 23,3 | 753,4 |

r 376,7 mm
A 381181,75 mm² sezione bagnata
A 381159,92 (verifica)
C 1663,517 mm contorno bagnato
R 229 mm raggio idraulico
h 601 mm altezza di riempimento

| CALCOLO DELLA PORTATA: Gauckler-Strickler | | | |
|---|--------|-----------------------|------------------|
| R | 0,229 | m | raggio idraulico |
| i | 0,001 | | pendenza |
| c | 128 | m ^{^(1/3)/s} | |
| U | 1,52 | m/s | velocità |
| Q | 577,74 | l/s | portata |

POZZETTI 5-7

LEGAME TRA IL GRADO DI RIEMPIMENTO DI UNA CONDOTTA A PELO LIBERO ED IL CORRISPONDENTE RAGGIO IDRAULICO

ρ 0,82 grado di riempimento

Nota: riempimento maggiore del 50%

$F(\alpha) = \alpha + \sin(\alpha) \cos(\alpha) + \pi(0,5 - \rho)$
 $F'(\alpha) = 2 \cos^2(\alpha)$

$\alpha(0)$ 53 angolo di primo tentativo (gradi sessagesimali)
 $\alpha(0)$ 0,9250245 angolo di primo tentativo (radianti)

| | | | | | | | | | | | |
|----------|-----------|----------|----------|----------|-------------|-----------|----------|----------|----------|----------|-------------|
| α | 0,9250245 | 0,769737 | 0,657802 | 0,597178 | 0,571326009 | 0,5617484 | 0,558414 | 0,557281 | 0,556898 | 0,55677 | 0,556726688 |
| Δ | 0,1552876 | 0,111934 | 0,060624 | 0,025852 | 0,009577568 | 0,0033339 | 0,001134 | 0,000382 | 0,000129 | 4,32E-05 | |

α (rad) 0,5567267 (radianti)
 α (°) 31,89809

| D | sp | D int |
|-----|------|-------|
| 800 | 23,3 | 753,4 |

| | | | |
|---|-----------|-----------------|------------------------|
| r | 376,7 | mm | |
| A | 365561,35 | mm ² | sezione bagnata |
| A | 365556,88 | | (verifica) |
| C | 1602,8758 | mm | contorno bagnato |
| R | 228 | mm | raggio idraulico |
| h | 576 | mm | altezza di riempimento |

| CALCOLO DELLA PORTATA: Gauckler-Strickler | | | |
|---|--------|---------------------|------------------|
| R | 0,228 | m | raggio idraulico |
| i | 0,0015 | | pendenza |
| c | 128 | m ^{1/3} /s | |
| U | 1,85 | m/s | velocità |
| Q | 676,48 | l/s | portata |

POZZETTI 11-9

LEGAME TRA IL GRADO DI RIEMPIMENTO DI UNA CONDOTTA A PELO LIBERO ED IL CORRISPONDENTE RAGGIO IDRAULICO

ρ 0,82 grado di riempimento

Nota:

riempimento maggiore del 50%

$F(\alpha) = \alpha + \sin(\alpha) \cos(\alpha) + \pi(0,5 - \rho)$
 $F'(\alpha) = 2 \cos^2(\alpha)$

$\alpha(0)$ 53 angolo di primo tentativo (gradi sessagesimali)
 $\alpha(0)$ 0,9250245 angolo di primo tentativo (radianti)

| | | | | | | | | | | | |
|----------|-----------|----------|----------|----------|-------------|-----------|----------|----------|----------|----------|-------------|
| α | 0,9250245 | 0,769737 | 0,657802 | 0,597178 | 0,571326009 | 0,5617484 | 0,558414 | 0,557281 | 0,556898 | 0,55677 | 0,556726688 |
| Δ | 0,1552876 | 0,111934 | 0,060624 | 0,025852 | 0,009577568 | 0,0033339 | 0,001134 | 0,000382 | 0,000129 | 4,32E-05 | |

α (rad) 0,5567267 (radianti)
 α (°) 31,89809

| | | |
|------------|------------|--------------|
| D | sp | D int |
| 315 | 9,2 | 296,6 |

r 148,3 mm
A 56656,708 mm² sezione bagnata
A 56656,015 (verifica)
C 631,02333 mm contorno bagnato
R 90 mm raggio idraulico
h 227 mm altezza di riempimento

| | | | |
|--|---------------|---------------------|------------------|
| CALCOLO DELLA PORTATA: Gauckler-Strickler | | | |
| R | 0,090 | m | raggio idraulico |
| i | 0,0015 | | pendenza |
| c | 128 | m ^{1/3} /s | |
| U | 0,99 | m/s | velocità |
| Q | 56,32 | l/s | portata |

POZZETTI 8-9

LEGAME TRA IL GRADO DI RIEMPIMENTO DI UNA CONDOTTA A PELO LIBERO ED IL CORRISPONDENTE RAGGIO IDRAULICO

ρ 0,7402449 grado di riempimento

Nota: riempimento maggiore del 50%

$F(\alpha) \quad \alpha + \sin(\alpha) \cos(\alpha) + \pi(0,5 - \rho)$
 $F'(\alpha) \quad 2 \cos^2(\alpha)$

$\alpha(0)$ 53 angolo di primo tentativo (gradi sessagesimali)
 $\alpha(0)$ 0,9250245 angolo di primo tentativo (radianti)

| | | | | | | | | | | | |
|----------|-----------|----------|----------|----------|-------------|-----------|----------|----------|----------|----------|------------|
| α | 0,9250245 | 0,67255 | 0,493398 | 0,420301 | 0,402112444 | 0,3985116 | 0,39784 | 0,397716 | 0,397693 | 0,397689 | 0,39768829 |
| Δ | 0,2524749 | 0,179151 | 0,073097 | 0,018189 | 0,003600889 | 0,0006717 | 0,000124 | 2,28E-05 | 4,19E-06 | 7,7E-07 | |

α (rad) 0,3976883 (radianti)
 α (°) 22,785861

| | | |
|------------|-------------|--------------|
| D | sp | D int |
| 500 | 14,6 | 470,8 |

| | | | |
|---|-----------|-----------------|------------------------|
| r | 235,4 | mm | |
| A | 128865,98 | mm ² | sezione bagnata |
| A | 128865,96 | | (verifica) |
| C | 926,76256 | mm | contorno bagnato |
| R | 139 | mm | raggio idraulico |
| h | 327 | mm | altezza di riempimento |

| CALCOLO DELLA PORTATA: Gauckler-Strickler | | | |
|--|--------|---------------------|------------------|
| R | 0,139 | m | raggio idraulico |
| i | 0,001 | | pendenza |
| c | 128 | m ^{1/3} /s | |
| <hr/> | | | |
| U | 1,09 | m/s | velocità |
| Q | 140,00 | l/s | portata |

POZZETTI a valle di 9

**LEGAME TRA IL GRADO DI RIEMPIMENTO DI UNA CONDOTTA A PELO LIBERO
ED IL CORRISPONDENTE RAGGIO IDRAULICO**

ρ 0,7003076 grado di riempimento

Nota: riempimento maggiore del 50%

$F(\alpha) \quad \alpha + \sin(\alpha) \cos(\alpha) + \pi(0,5 - \rho)$
 $F'(\alpha) \quad 2 \cos^2(\alpha)$

$\alpha(0)$ 53 angolo di primo tentativo (gradi sessagesimali)
 $\alpha(0)$ 0,9250245 angolo di primo tentativo (radianti)

| | | | | | | | | | | | |
|----------|-----------|----------|----------|----------|-------------|-----------|----------|----------|----------|----------|-------------|
| α | 0,9250245 | 0,623883 | 0,412741 | 0,340532 | 0,327882963 | 0,3261893 | 0,325973 | 0,325946 | 0,325943 | 0,325942 | 0,325942167 |
| Δ | 0,3011414 | 0,211142 | 0,072209 | 0,012649 | 0,00169367 | 0,0002159 | 2,73E-05 | 3,46E-06 | 4,37E-07 | 5,53E-08 | |

α (rad) 0,3259422 (radianti)
 α (°) 18,675111

| D | sp | D int |
|-----|------|-------|
| 630 | 15,4 | 599,2 |

r 299,6 mm
A 197479,64 mm² sezione bagnata (verifica)
A 197479,64 mm²
C 1136,5257 mm contorno bagnato
R 174 mm raggio idraulico
h 396 mm altezza di riempimento

| CALCOLO DELLA PORTATA: Gauckler-Strickler | | | |
|---|--------|---------------------|------------------|
| R | 0,174 | m | raggio idraulico |
| i | 0,0005 | | pendenza |
| c | 128 | m ^{1/3} /s | |
| U | 0,89 | m/s | velocità |
| Q | 176,00 | l/s | portata |