

Regione Piemonte
Provincia Cuneo
Comune Bra

PIANO ESECUTIVO CONVENZIONATO
Area DM 2006 del P.R.G.C. del Comune di Bra
Viale della Costituzione

PROGETTO DI RETE FOGNARIA ACQUE BIANCHE

VALUTAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO DELL'AREA
E MISURE DI PREVENZIONE PREVISTE

committente ABET Laminati S.p.A.

data **Maggio 2017**

Ing. Sergio Sordo

Studio di ingegneria civile

Corso Langhe n.10, Alba

Tel 0173 364823

e-mail: sordosergio@srstudio.info

SOMMARIO

| | |
|--|-----------|
| 1. PREMESSA E SINTESI DEL PROGETTO IDRAULICO DELL'AREA DI PEC | 3 |
| 2. REQUISITI PROGETTUALI DELLA RETE DI SMALTIMENTO DELLE ACQUE BIANCHE..... | 4 |
| 3. CARATTERISTICHE IDROLOGICHE DEL BACINO DI INFLUENZA | 4 |
| 4. CALCOLO DELLE PORTATE D'ACQUA DA SMALTIRE..... | 5 |
| 4.1 DETERMINAZIONE DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE DEL BACINO | 6 |
| 4.2. VALUTAZIONE DELL'ALTEZZA DI PIOGGIA TRAMITE LE CURVE DI POSSIBILITA' CLIMATICA | 6 |
| 4.3 DETERMINAZIONE DEL COEFFICIENTE MEDIO DI DEFLUSSO | 7 |
| 5. PROGETTO DEI COLLETTORI DI SMALTIMENTO DELLE ACQUE METEORICHE | 8 |
| 5.1 AREA SUD EST | 8 |
| 5.2 PROGETTO DELLE SEZIONI DI DEFLUSSO DEI COLLETTORI DELL'AREA SUD-EST | 10 |
| 5.3 AREA NORD-OVEST | 15 |
| 5.4 PROGETTO DELLE SEZIONI DI DEFLUSSO DEI COLLETTORI DELL'AREA NORD-OVEST | 17 |
| 6. ANALISI DELLE SEZIONI DEI FOSSI ESISTENTI..... | 21 |
| 6.1 CALCOLO DEL DIAMETRO DELLA TUBAZIONE NEL TRATTO TOMBINATO | 21 |
| 6.2 VERIFICA DELLA SEZIONE DEI FOSSI ESISTENTI..... | 22 |
| 7. VERIFICA DI COMPATIBILITÀ DELLE QUOTE DEI COLLETTORI..... | 23 |
| 8. CONCLUSIONI | 24 |

1. PREMESSA E SINTESI DEL PROGETTO IDRAULICO DELL'AREA DI PEC

La presente relazione viene redatta dallo scrivente su incarico della società ABET Laminati S.p.A. allo scopo di verificare la rete di smaltimento acque bianche del Piano Esecutivo Convenzionato Area DM 2006 del P.R.G.C., da realizzarsi in Comune di Bra (CN), viale della Costituzione.

Il presente studio è stato redatto al fine di analizzare, valutare e progettare il sistema di rete fognario e di raccolta delle acque bianche.

La sistemazione idraulica dell'area del PEC ha essenzialmente due finalità significative:

- la raccolta efficiente e l'allontanamento delle acque meteoriche che interessano direttamente l'area in esame con il loro ruscellamento;
- la minimizzazione dell'influenza che la sistemazione prevista ha sulla capacità di laminazione dell'area medesima.

In merito alla prima finalità, ovvero quella di raccogliere efficientemente ed allontanare le acque meteoriche che interessano direttamente l'area in esame con il loro ruscellamento è stato progettato un sistema di condotte che tramite un numero adeguato di caditoie distribuito su tutta l'area del PEC intercetta e convoglia le acque verso i punti di scarico.

Il tracciato delle condotte si sviluppa sulle strade di servizio e sui piazzali che sono sistemati in modo che le acque di ruscellamento possano confluire agevolmente nelle condotte di raccolta.

Le acque meteoriche intercettate saranno convogliate verso i fossi irrigui che attraversano l'area in esame.

In merito alla seconda finalità indicata, ovvero quella di minimizzazione dell'influenza che la sistemazione prevista ha sulla capacità di laminazione dell'area medesima è doveroso fare alcune considerazioni sui criteri ispiratori degli interventi previsti.

In relazione alla classe di rischio in cui è classificata la vasta area in esame si ritiene fondamentale che il progetto di PEC si ponga come un'operazione urbanistica che non alteri significativamente sia la dinamica di inondazione

zona sia la capacità di laminazione che attualmente l'area può svolgere in caso di allagamento.

Per tali ragioni, si prevede di convogliare le acque meteoriche all'interno dei fossi irrigui che attraversano l'area come già avviene attualmente.

2. REQUISITI PROGETTUALI DELLA RETE DI SMALTIMENTO DELLE ACQUE BIANCHE.

La rete di smaltimento delle acque bianche ha come requisito progettuale lo smaltimento delle acque bianche che interessano sia direttamente l'area del P.E.C. DM 2006, sia indirettamente le aree adiacenti. In particolare saranno intercettate anche le acque provenienti dal lato nord del rilevato di accesso al cavalcavia di Viale della Costituzione che si riversano sull'area di interesse.

Il sistema di regimazione delle acque bianche consiste:

- nella raccolta tramite rete di tubazioni in PVC, in cls e fossi scavati in terra delle acque meteoriche di tetti, piazzali e strade e loro smaltimento nei fossi irrigui che attraversano l'area;
- tombinatura di parte dei fossi irrigui presenti.

In base a quanto previsto si ritiene che l'influenza del progetto in esame venga minimizzata nei confronti delle acque di ruscellamento che possono interessare in vari modi l'area.

3. CARATTERISTICHE IDROLOGICHE DEL BACINO DI INFLUENZA

Le caratteristiche idrologiche del bacino oggetto di studio che vengono adottate nei calcoli delle portate massime al colmo Q_{cmax} con gli assegnati tempi di ritorno sono riferite alle superfici interessate dal Piano Esecutivo Convenzionato DM2006 e dalla rete viabile connessa.

| Quota sezione chiusura (m s.l.m.) | Superficie bacino (m ²) |
|-----------------------------------|-------------------------------------|
| 273 | 37500 |

Tabella 3.1: Caratteristiche idrologiche dell'area in esame

L'area oggetto di studio risulta essere pianeggiante con pendenza media pari all'1‰.

4. CALCOLO DELLE PORTATE D'ACQUA DA SMALTIRE

Si compie il calcolo idrologico delle portate di piena con tempo di ritorno di 10 anni nei vari tronchi di fognatura bianca in progetto. Tale tempo di ritorno è quello che di norma si assume per le fognature bianche.

La valutazione dell'altezza di pioggia viene effettuata con il metodo cinematico che è un metodo idrologico di tipo indiretto. Questa metodologia si basa sull'utilizzo di curve di possibilità climatica per un dato tempo di ritorno, relative a stazioni pluviometriche collocate sul territorio in cui si va ad analizzare la portata.

Occorre precisare che il calcolo del tempo di corrivazione di bacini di dimensioni ridotte come quelli in esame comporta una valutazione delle portate defluenti necessariamente approssimata, perché al limite di ogni trattazione teorica.

Si ritiene comunque che i risultati che si ottengono siano approssimati a favore di sicurezza, e quindi accettabili nel contesto in esame.

Sempre per la modesta estensione dei bacini che si considerano, per la determinazione della portata massima, si suppone ragionevolmente che le altezze di pioggia sui medesimi siano costanti.

In base al metodo cinematico l'espressione analitica della portata defluente è la seguente:

$$Q = \frac{i_{Tc} \cdot S \cdot \Phi}{3.6}$$

ove i simboli hanno i seguenti significati:

Q = portata di massima piena espressa in m³/s

$i_{Tc} = \frac{h_{Tc}}{Tc}$ = intensità di pioggia media per il tempo di corrivazione espressa

in mm/ora

h_{Tc} = altezza di pioggia in mm per un tempo pari al tempo di corrivazione

S = superficie del bacino espressa in km²

ϕ = coefficiente di deflusso medio

A riguardo del tempo di pioggia che si adotta, si precisa che per ottenere l'evento critico più gravoso, l'intensità di pioggia da utilizzare per i calcoli è quella relativa ad un evento meteorico di durata pari al tempo di corrivazione del bacino che si sta esaminando.

4.1 DETERMINAZIONE DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE DEL BACINO

In Idrologia si dimostra che la durata di pioggia critica per un bacino idrografico da considerare nei calcoli idrologici è quella corrispondente al suo tempo di corrivazione, ovvero il tempo necessario perché tutta la superficie sottesa dalla prefissata sezione contribuisca al deflusso.

In relazione della modesta estensione del bacino considerato non si rientra nel campo di applicazione delle formule proposte nella letteratura idrologica e si assume ragionevolmente un tempo di corrivazione pari a **12 minuti**.

4.2. VALUTAZIONE DELL'ALTEZZA DI PIOGGIA TRAMITE LE CURVE DI POSSIBILITA' CLIMATICA

Le caratteristiche idrologiche dell'area in questione si possono desumere dalla pluviometria della zona associata all'analisi morfologica del luogo.

A tal fine si effettua la valutazione dell'altezza di pioggia relativa al tempo di corrivazione del bacino, per il tempo di ritorno considerato; questa viene calcolata facendo riferimento alla curva di possibilità pluviometrica di Bra indicata nella pubblicazione "Curve di possibilità climatica di tipo probabilistico per piogge di durata inferiore al giorno, relativamente al Piemonte e alla Valle d'Aosta" di Butera e Sordo presentata al XXI convegno di idraulica e costruzioni idrauliche.

I coefficienti a ed n di detta curva relativi ai tempi di ritorno "tecnici" desunta da tale pubblicazione per la città di Bra sono:

| Tempo di ritorno [anni] | a [mm/h] | n |
|------------------------------------|----------------------------------|-----------------------|
| 10 | 33.5 | 0.241 |

Dalla formula della curva di possibilità pluviometrica

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

si ricavano, per il tempo di ritorno in anni considerato, le altezze d'acqua corrispondenti all'evento di pioggia di 12 min pari al tempo di corrivazione preso in considerazione:

| Tempo di ritorno [anni] | Tempo di pioggia [min] | h di pioggia [mm] |
|------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|
| 10 | 12 | 22.7 |

4.3 DETERMINAZIONE DEL COEFFICIENTE MEDIO DI DEFLUSSO

La valutazione del coefficiente medio di deflusso viene effettuata mediante l'analisi morfologica del territorio, della coltre vegetale e dell'antropizzazione.

Il coefficiente medio di deflusso che viene assunto per i calcoli sulla base delle caratteristiche morfologiche del bacino è:

$$\phi_{\text{tetti}} = 1$$

$$\phi_{\text{piazzi}} = 0.8$$

ϕ aree verdi = 0.6

5. PROGETTO DEI COLLETTORI DI SMALTIMENTO DELLE ACQUE METEORICHE

La rete di smaltimento delle acque meteoriche sarà divisa in due sottoreti: la prima interesserà la zona sud-est del PEC, mentre la seconda interesserà la zona nord-ovest. Le due sottoreti risulteranno completamente indipendenti e recapiteranno le acque in due fossi irrigui differenti, come visibile nelle planimetrie allegate.

5.1 AREA SUD EST

Nell'area sud-est del PEC sono stati individuati 16 nodi, numerati dal numero 1 al numero 16, collegati da 15 tronchi di tubazione in PVC. Tale rete di tubazioni riverserà le acque collettate in un fosso identificato dai nodi A-B-C. Le acque di tale fosso, infine, saranno immesse nel fosso irriguo esistente, per il loro allontanamento ad est del PEC. Le planimetrie allegate mostrano nel dettaglio la composizione di tale rete.

Nota l'intensità di precipitazione, per una assegnata superficie scolante S caratterizzata da un coefficiente di deflusso ϕ , la portata defluente è data dall'espressione:

$$Q = \phi \cdot S \cdot j$$

con:

Q = portata meteorica defluente

ϕ = coefficiente di deflusso

S = superficie esposta alla pioggia

j = intensità pluviometrica

P.E.C. Area DM 2006 – Viale della Costituzione

Le portate pluviometriche sono determinate considerando il tempo di pioggia pari al tempo di corrivazione del bacino in esame e supponendo ragionevolmente che l'intensità sia costante durante tale breve periodo, per un tempo di ritorno pari a 10 anni.

I coefficienti di deflusso da adottare per i tipi di superficie in oggetto sono, come indicato in precedenza:

tetti e strade bitumate, ovvero $\phi = 1$

superfici pavimentate, ovvero $\phi = 0.8$

aree verdi, ovvero $\phi = 0.6$.

Le aree relative ad ogni singola sezione e le portate da smaltire sono le seguenti:

| Tratto di riferimento | Area tetti [m ²] | Area piazzali [m ²] | Aree verdi [m ²] | Q totale [l/s] |
|-----------------------|------------------------------|---------------------------------|------------------------------|----------------|
| 1-2 | 375.0 | 0.0 | 0.0 | 11.8 |
| 2-3 | 375.0 | 450.6 | 0.0 | 23.2 |
| 4-3 | 0.0 | 558.0 | 0.0 | 14.1 |
| 3-5 | 375.0 | 1695.1 | 0.0 | 54.6 |
| 6-5 | 375.0 | 0.0 | 0.0 | 11.8 |
| 7-5 | 0.0 | 615.1 | 0.0 | 15.5 |
| 5-8 | 750.0 | 2641.5 | 0.0 | 90.3 |
| 8-9 | 750.0 | 3064.1 | 0.0 | 100.9 |
| 9-10 | 750.0 | 3514.4 | 0.0 | 112.3 |
| 11-10 | 375.0 | 0.0 | 0.0 | 11.8 |
| 12-13 | 0.0 | 643.2 | 0.0 | 16.2 |
| 13-10 | 0.0 | 946.5 | 0.0 | 23.9 |
| 10-14 | 1125.0 | 4956.8 | 0.0 | 160.5 |
| 15-14 | 375.0 | 0.0 | 0.0 | 11.8 |
| 14-16 | 1500.0 | 5072.9 | 0.0 | 175.2 |

Tabella 5.1.1: Calcolo delle aree e delle portate afferenti alle tubazioni in PVC dell'area sud-est del PEC

| Tratto di riferimento | Area tetti [m ²] | Area piazzali [m ²] | Aree verdi [m ²] | Q totale [l/s] |
|-----------------------|------------------------------|---------------------------------|------------------------------|----------------|
| A-B | 0.0 | 0.0 | 4659.7 | 88.1 |
| B-C | 1500.0 | 5072.9 | 8318.9 | 332.6 |

Tabella 5.1.2: Calcolo delle aree e delle portate afferenti al fosso in terra

5.2 PROGETTO DELLE SEZIONI DI DEFLUSSO DEI COLLETTORI DELL'AREA SUD-EST

Per il calcolo della portata smaltibile dalle condotte si utilizza la formula di *Prandtl - Colebrook*, che permette di calcolare la portata in tubazioni a riempimento completo.

L'utilizzo di tale formula permette di studiare il moto dell'acqua nelle condotte anche quando il regime del moto non è *assolutamente turbolento* ma semplicemente *turbolento*.

Infatti in Idraulica le due denominazioni descrivono regimi fluidi diversi; le formule pratiche comunemente usate presuppongono che il moto sia *assolutamente turbolento* e quindi che le variazioni di velocità e di viscosità dell'acqua non influenzino il coefficiente d'attrito.

E' ben noto tuttavia che nelle tubazioni di uso comune, per velocità minori al metro al secondo, il regime non è *assolutamente turbolento* ma, per valori normali di viscosità dell'acqua, semplicemente *turbolento*.

L'espressione della formula di Prandtl - Colebrook è la seguente:

$$V = \left[-2 \log \left(\frac{2.51 \nu}{D \sqrt{2gJD}} + \frac{\varepsilon_e}{3.71D} \right) \right] \sqrt{2gJD}$$

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} V$$

con:

V = velocità di scorrimento

D = diametro interno del tubo

J = pendenza motrice

Q = portata defluente

ν = viscosità cinematica del liquido

ε_e = scabrezza di esercizio

g = accelerazione di gravità

Il valore di $\varepsilon_{\text{esercizio}}$ assume il significato di scabrezza equivalente, che tiene in conto non solamente il valore relativo al materiale costituente la condotta, ma anche le perdite localizzate relative ai giunti, alle curve ed ai pozzetti.

Con le condotte realizzate in PVC si assume normalmente come condizioni di esercizio:

$\varepsilon_{\text{esercizio}} = 0.1 \text{ mm}$.

Nel caso in esame, si utilizzano condotte in PVC per le tubazioni con diametro compreso tra 150 e 600 mm.

Utilizzando tale formula, imponendo una **pendenza di progetto minima pari al 3‰**, è possibile dimensionare le condotte calcolando dapprima il valore della portata smaltibile con la tubazione in progetto a riempimento completo.

Il valore a sezione completamente riempita non rappresenta, però, quello massimo smaltibile dalla condotta in quanto la massima portata si ha con un'altezza d'acqua nella tubazione pari al 93% del diametro, come risulta dalla fig. 5.2.1 riportata di seguito, che mostra come la portata massima smaltibile sia pari a 1.074 volte la portata per tubazione piena:

P.E.C. Area DM 2006 – Viale della Costituzione

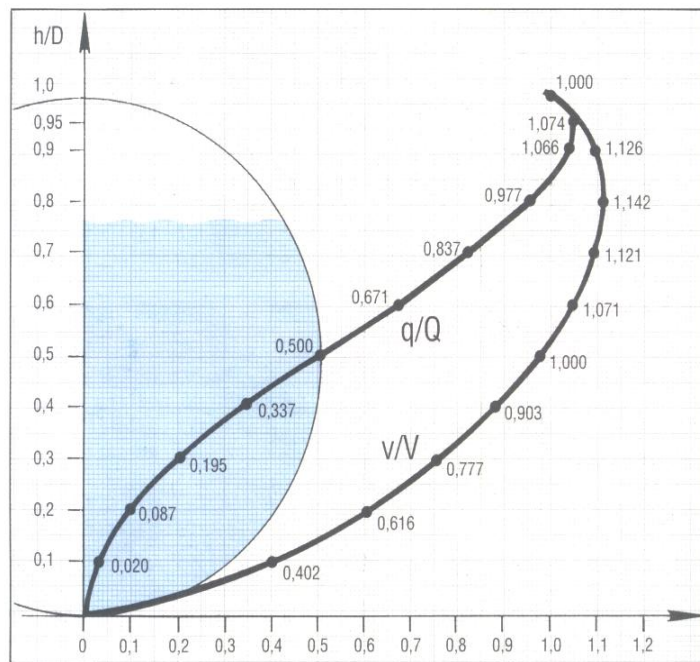


Fig. 1 Scala dei deflussi

Fig. 5.2.1: Condotto circolare con indicazione dei valori adimensionali h/D , v/V e q/Q relativi al riempimento parziale con la formula di Prandtl – Colebrook

Nella tabella seguente si riporta per ciascun diametro utilizzato la portata massima smaltibile e le caratteristiche idrauliche della sezione con tale portata:

| DN tubazione in progetto (mm) | Q max smaltibile al 93 % (l/s) | Velocità media (m/s) |
|-------------------------------|--------------------------------|----------------------|
| 150 | 12.1 | 0.71 |
| 200 | 26.0 | 0.85 |
| 250 | 46.9 | 0.99 |
| 300 | 76.0 | 1.11 |
| 400 | 162.2 | 1.33 |
| 500 | 291.8 | 1.53 |
| 600 | 471.0 | 1.72 |

Tabella 5.2.1: Caratteristiche idrauliche delle tubazioni in progetto

P.E.C. Area DM 2006 – Viale della Costituzione

Le caratteristiche idrauliche delle tubazioni sono state valutate considerando una pendenza di progetto minima pari al 3‰. Per i tratti analizzati i diametri di progetto minimo sono pertanto i seguenti:

| Tratto di riferimento | Q totale [l/s] | Diametro [mm] |
|-----------------------|----------------|---------------|
| 1-2 | 11.8 | 150 |
| 2-3 | 23.2 | 200 |
| 4-3 | 14.1 | 200 |
| 3-5 | 54.6 | 300 |
| 6-5 | 11.8 | 150 |
| 7-5 | 15.5 | 200 |
| 5-8 | 90.3 | 400 |
| 8-9 | 100.9 | 400 |
| 9-10 | 112.3 | 400 |
| 11-10 | 11.8 | 150 |
| 12-13 | 16.2 | 200 |
| 13-10 | 23.9 | 200 |
| 10-14 | 160.5 | 400 |
| 15-14 | 11.8 | 150 |
| 14-16 | 175.2 | 500 |

Tabella 5.2.2: diametri di progetto delle tubazioni

Essendo i rapporti di riempimento inferiori a quello corrispondente alla massima portata smaltibile, ovvero 0.93 % per le tubazioni circolari, le tubazioni risultano verificate.

Per quanto riguarda il fosso scavato in terra, esso sarà composto da due tratti. Il primo tratto, A-B, colleterà le acque provenienti dall'area verde posta in destra e provenienti dal lato nord del rilevato di accesso al cavalcavia di Viale della Costituzione. Il secondo tratto, B-C, riceverà anche le acque provenienti dalla rete di tubazioni poc'anzi progettata, in corrispondenza del nodo B. In corrispondenza del nodo C il fosso in progetto si riverserà nel fosso esistente per l'allontanamento dall'area in oggetto.

Il calcolo delle portate defluenti nel fosso viene eseguito in condizioni di moto uniforme, in quanto per sezioni molto regolari come quelle dei fossi artificiali questo tipo di moto permette di ottenere risultati attendibili alla stregua del moto permanente.

La valutazione della portata viene effettuata utilizzando la nota espressione di Chèzy:

$$Q = \Omega \chi \sqrt{R i}$$

dove:

Q = portata liquida

Ω = sezione liquida

R = Ω/B = raggio idraulico

B = contorno bagnato

i = pendenza media del fondo alveo

χ = $C R^{\frac{1}{6}}$ = coefficiente di Chezy

C = coefficiente di scorrevolezza di Strickler

La scabrezza del canale che si adotta nel calcolo della portata è desunta dai correnti valori suggeriti dalla letteratura tecnica.

Si è pertanto adottato il seguente valore:

fossi in terra:

$$c = 20 \text{ m}^{1/3}/\text{s}.$$

Ipotizzando di realizzare un fosso che abbia le caratteristiche della sezione di minima resistenza, è possibile dimostrare che la sezione di progetto ha forma semiesagonale, il cui lato è pari a:

$$L = \left(\frac{Q}{0.7435c\sqrt{i}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

P.E.C. Area DM 2006 – Viale della Costituzione

| Tratto di riferimento | Q totale [l/s] | L [cm] |
|-----------------------|----------------|--------|
| A-B | 88.1 | 44 |
| B-C | 332.6 | 72 |

Pertanto le caratteristiche geometriche minime dei due tratti di fosso saranno le seguenti:

Tratto A-B

Larghezza al fondo = 44 cm

Altezza della sezione = 49 cm

pendenza delle sponde rispetto all'orizzontale = 60°

Larghezza in sommità = 100 cm

pendenza del fondo = 0.003 %

Tratto B-C

Larghezza al fondo = 72 cm

Altezza della sezione = 73 cm

pendenza delle sponde rispetto all'orizzontale = 60°

Larghezza in sommità = 156 cm

pendenza del fondo = 0.003 %

I fossi sono progettati in modo da mantenere un franco di 10 cm fra la superficie liquida per evento con tempo di ritorno 10 anni e la sommità delle sponde dei fossi stessi.

5.3 AREA NORD-OVEST

Nell'area nord-ovest del PEC sono stati individuati 51 nodi, numerati dal numero 17 al numero 67, collegati da 50 tronchi di tubazione in PVC. Tale rete di tubazioni riverserà le acque collettate in un fosso identificato dai nodi D-E. Le acque di tale fosso, infine, saranno immesse nel fosso irriguo esistente, per il loro allontanamento a nord del PEC. Le planimetrie allegate mostrano nel dettaglio la composizione di tale rete.

P.E.C. Area DM 2006 – Viale della Costituzione

Le aree relative ad ogni singola sezione e le portate da smaltire sono le seguenti:

| Tratto di riferimento | Area tetti [m ²] | Area piazzali [m ²] | Aree verdi [m ²] | Q totale [l/s] |
|-----------------------|------------------------------|---------------------------------|------------------------------|----------------|
| 17-18 | 0.0 | 195.4 | 0.0 | 4.9 |
| 19-18 | 367.5 | 0.0 | 0.0 | 11.6 |
| 18-20 | 367.5 | 365.1 | 256.4 | 25.6 |
| 20-21 | 367.5 | 602.4 | 256.4 | 31.6 |
| 22-21 | 367.5 | 0.0 | 0.0 | 11.6 |
| 21-23 | 735.0 | 811.8 | 256.4 | 48.5 |
| 23-24 | 735.0 | 1143.0 | 256.4 | 56.9 |
| 25-26 | 0.0 | 0.0 | 324.8 | 6.1 |
| 27-26 | 0.0 | 278.4 | 0.0 | 7.0 |
| 26-28 | 0.0 | 603.8 | 324.8 | 21.4 |
| 29-28 | 0.0 | 188.9 | 334.6 | 11.1 |
| 30-28 | 400.0 | 0.0 | 0.0 | 12.6 |
| 31-28 | 367.5 | 0.0 | 0.0 | 11.6 |
| 28-32 | 767.5 | 1034.0 | 1066.2 | 70.4 |
| 32-33 | 767.5 | 1293.1 | 1066.2 | 77.0 |
| 34-33 | 367.5 | 0.0 | 0.0 | 11.6 |
| 33-24 | 1135.0 | 1541.6 | 1066.2 | 94.8 |
| 24-35 | 1870.0 | 3114.6 | 1322.6 | 162.5 |
| 36-35 | 400.0 | 0.0 | 0.0 | 12.6 |
| 35-37 | 2270.0 | 3561.5 | 1322.6 | 186.4 |
| 38-39 | 0.0 | 0.0 | 292.2 | 5.5 |
| 39-40 | 0.0 | 375.8 | 292.2 | 15.0 |
| 41-40 | 365.0 | 0.0 | 0.0 | 11.5 |
| 42-40 | 400.0 | 0.0 | 0.0 | 12.6 |
| 40-43 | 765.0 | 635.9 | 761.8 | 54.6 |
| 43-44 | 765.0 | 912.3 | 761.8 | 61.5 |
| 44-45 | 765.0 | 1188.7 | 761.8 | 68.5 |
| 46-45 | 365.0 | 0.0 | 0.0 | 11.5 |
| 45-37 | 1130.0 | 1453.6 | 761.8 | 86.7 |
| 47-37 | 400.0 | 0.0 | 0.0 | 12.6 |
| 37-48 | 3800.0 | 5587.0 | 2084.4 | 300.2 |
| 48-49 | 3800.0 | 6017.8 | 2084.4 | 311.0 |
| 50-51 | 0.0 | 0.0 | 322.5 | 6.1 |
| 51-52 | 0.0 | 369.3 | 322.5 | 15.4 |
| 53-52 | 308.0 | 0.0 | 0.0 | 9.7 |
| 54-52 | 365.0 | 0.0 | 0.0 | 11.5 |
| 52-55 | 673.0 | 620.6 | 784.7 | 51.7 |

P.E.C. Area DM 2006 – Viale della Costituzione

| | | | | |
|-------|--------|--------|--------|-------|
| 55-56 | 673.0 | 886.5 | 784.7 | 58.4 |
| 56-57 | 673.0 | 1152.4 | 784.7 | 65.1 |
| 58-57 | 302.6 | 0.0 | 0.0 | 9.5 |
| 57-49 | 975.6 | 1385.0 | 784.7 | 80.5 |
| 59-49 | 365.0 | 0.0 | 0.0 | 11.5 |
| 49-60 | 5140.6 | 7819.0 | 2869.1 | 413.6 |
| 60-61 | 5140.6 | 8287.5 | 2869.1 | 425.4 |
| 62-63 | 312.2 | 0.0 | 0.0 | 9.8 |
| 63-64 | 312.2 | 364.1 | 394.0 | 26.5 |
| 64-65 | 312.2 | 596.6 | 394.0 | 32.3 |
| 65-61 | 312.2 | 909.9 | 394.0 | 40.2 |
| 66-61 | 316.9 | 0.0 | 0.0 | 10.0 |
| 61-67 | 5769.7 | 9563.1 | 3263.1 | 484.8 |

Tabella 5.3.1: Calcolo delle aree e delle portate afferenti alle tubazioni in PVC dell'area sud-est del PEC

| Tratto di riferimento | Area tetti [m ²] | Area piazzali [m ²] | Aree verdi [m ²] | Q totale [l/s] |
|-----------------------|------------------------------|---------------------------------|------------------------------|----------------|
| D-E | 5769.7 | 9563.1 | 3933.7 | 498.7 |

Tabella 5.3.2: Calcolo delle aree e delle portate afferenti al fosso in terra

5.4 PROGETTO DELLE SEZIONI DI DEFLUSSO DEI COLLETTORI DELL'AREA NORD-OVEST

Si procede con la stessa metodologia già vista nella sezione 5.2 per i collettori dell'area sud-est.

Nel caso in esame, si utilizzano condotte in PVC per le tubazioni con diametro compreso tra 150 e 600 mm e in CLS per le tubazioni con diametro pari a 800 mm.

Con le condotte realizzate in CLS si assume normalmente come condizioni di esercizio:

$$\varepsilon_{\text{esercizio}} = 1.0 \text{ mm.}$$

Anche in questo caso si impone una **pendenza di progetto minima pari al 3‰.**

Il valore a sezione completamente riempita non rappresenta, però, quello massimo smaltibile dalla condotta in quanto la massima portata si ha con

P.E.C. Area DM 2006 – Viale della Costituzione

Nella tabella seguente si riporta per ciascun diametro utilizzato la portata massima smaltibile e le caratteristiche idrauliche della sezione con tale portata:

| DN tubazione in progetto (mm) | Q max smaltibile al 93 % (l/s) | Velocità media (m/s) |
|--------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|
| 150 | 12.1 | 0.71 |
| 200 | 26.0 | 0.85 |
| 250 | 46.9 | 0.99 |
| 300 | 76.0 | 1.11 |
| 400 | 162.2 | 1.33 |
| 500 | 291.8 | 1.53 |
| 600 | 471.0 | 1.72 |
| 800 (CLS) | 806.2 | 1.65 |

Tabella 5.4.1: Caratteristiche idrauliche delle tubazioni in progetto

Le caratteristiche idrauliche delle tubazioni sono state valutate considerando una pendenza di progetto minima pari al 3%. Per i tratti analizzati i diametri di progetto minimo sono pertanto i seguenti:

| Tratto di riferimento | Q totale [l/s] | Diametro [mm] |
|------------------------------|-----------------------|----------------------|
| 17-18 | 4.9 | 150 |
| 19-18 | 11.6 | 150 |
| 18-20 | 25.6 | 200 |
| 20-21 | 31.6 | 250 |
| 22-21 | 11.6 | 150 |
| 21-23 | 48.5 | 300 |
| 23-24 | 56.9 | 300 |
| 25-26 | 6.1 | 150 |
| 27-26 | 7.0 | 150 |
| 26-28 | 21.4 | 200 |
| 29-28 | 11.1 | 150 |
| 30-28 | 12.6 | 200 |
| 31-28 | 11.6 | 150 |
| 28-32 | 70.4 | 300 |

P.E.C. Area DM 2006 – Viale della Costituzione

| | | |
|-------|-------|-----|
| 32-33 | 77.0 | 400 |
| 34-33 | 11.6 | 150 |
| 33-24 | 94.8 | 400 |
| 24-35 | 162.5 | 500 |
| 36-35 | 12.6 | 200 |
| 35-37 | 186.4 | 500 |
| 38-39 | 5.5 | 150 |
| 39-40 | 15.0 | 200 |
| 41-40 | 11.5 | 150 |
| 42-40 | 12.6 | 200 |
| 40-43 | 54.6 | 300 |
| 43-44 | 61.5 | 300 |
| 44-45 | 68.5 | 300 |
| 46-45 | 11.5 | 150 |
| 45-37 | 86.7 | 400 |
| 47-37 | 12.6 | 200 |
| 37-48 | 300.2 | 600 |
| 48-49 | 311.0 | 600 |
| 50-51 | 6.1 | 150 |
| 51-52 | 15.4 | 200 |
| 53-52 | 9.7 | 150 |
| 54-52 | 11.5 | 150 |
| 52-55 | 51.7 | 300 |
| 55-56 | 58.4 | 300 |
| 56-57 | 65.1 | 300 |
| 58-57 | 9.5 | 150 |
| 57-49 | 80.5 | 400 |
| 59-49 | 11.5 | 150 |
| 49-60 | 413.6 | 600 |
| 60-61 | 425.4 | 600 |
| 62-63 | 9.8 | 150 |
| 63-64 | 26.5 | 250 |
| 64-65 | 32.3 | 250 |
| 65-61 | 40.2 | 250 |
| 66-61 | 10.0 | 150 |
| 61-67 | 484.8 | 800 |

Tabella 5.4.2: diametri di progetto delle tubazioni

Essendo i rapporti di riempimento inferiori a quello corrispondente alla massima portata smaltibile, ovvero 0.93 % per le tubazioni circolari, le tubazioni risultano verificate.

Per quanto riguarda il fosso scavato in terra, esso sarà composto da un unico tratto D-E, che si riverserà nel fosso esistente per l'allontanamento delle acque verso nord. Il progetto della sezione di tale fosso viene eseguito con la stessa metodologia vista nel paragrafo 5.2.

| Tratto di riferimento | Q totale [l/s] | L [cm] |
|-----------------------|----------------|--------|
| D-E | 498.7 | 83 |

Pertanto le caratteristiche geometriche minime dei due tratti di fosso saranno le seguenti:

Tratto D-E

Larghezza al fondo = 83 cm

Altezza della sezione = 82 cm

pendenza delle sponde rispetto all'orizzontale = 60°

Larghezza in sommità = 178 cm

pendenza del fondo = 0.003 %

I fossi sono progettati in modo da mantenere un franco di 10 cm fra la superficie liquida per evento con tempo di ritorno 10 anni e la sommità delle sponde dei fossi stessi.

6. ANALISI DELLE SEZIONI DEI FOSSI ESISTENTI

6.1 CALCOLO DEL DIAMETRO DELLA TUBAZIONE NEL TRATTO TOMBINATO

L'area in esame è attraversata in direzione sud-nord da un fosso irriguo, dal quale si diparte, sempre all'interno dell'area in esame, un secondo fosso irriguo in direzione ovest-est. Parte del fosso in direzione sud-nord dovrà essere tombinato in quanto risulta al di sotto dei piazzali in progetto. Si procede, pertanto, al progetto del diametro della tubazione che andrà a sostituire tale tratto di fosso.

Innanzitutto, non essendo nota la portata massima defluente nel fosso irriguo si procede, in via cautelativa, con la stima della massima portata che può defluire a piene rive, ossia con la sezione del fosso stesso completamente riempita dalle acque irrigue.

Il calcolo di tale portata a piene rive viene effettuata in moto uniforme con la formula di Chèzy già vista in precedenza, utilizzando la pendenza del fondo derivante dai rilievi effettuati in loco e pari a 0.87‰ e mantenendo una scabrezza del fondo pari a $20 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.

I rilievi eseguiti mostrano che la sezione media del fosso è pari a 1.78 m^2 , mentre il perimetro medio della sezione è pari a 3.70 m. Tali condizioni geometriche conducono ad una portata massima defluente nei fossi a piene rive pari a 644 l/s.

Per il tratto che sarà intubato, si mantiene la pendenza del fondo pari a 0.87‰ per non turbare le condizioni di deflusso attuali. Ipotizzando l'utilizzo di una tubazione in CLS e procedendo con il progetto del diametro con la procedura già vista nelle sezioni 5.2 e 5.4, si perviene ad un diametro di progetto pari a 1000 mm, in grado di convogliare una portata massima di 776.5 l/s, ossia una portata superiore a quella di progetto di una quantità pari circa al 20.6%.

Il tracciato di tale tubazione si discosterà lievemente da quello attuale del fosso esistente per evitare l'interferenza con le caditoie di raccolta delle acque meteoriche sui piazzali in progetto.

Si precisa che il diametro qui sopra calcolato è pari al diametro della tubazione in calcestruzzo posta poco a monte, dalla quale ha inizio il fosso irriguo in oggetto. Tale fatto conferma la correttezza del calcolo eseguito per la progettazione della tubazione che sostituirà parte del fosso.

6.2 VERIFICA DELLA SEZIONE DEI FOSSI ESISTENTI

Come precisato in precedenza, le due reti di raccolta delle acque meteoriche progettate riverseranno le acque collettate nei due fossi esistenti, in corrispondenza del nodo C per quanto riguarda la rete sud-est e del nodo E per la rete nord-ovest. Si procede alla verifica delle sezioni di tali fossi per garantire che tali fossi siano in grado di smaltire le acque meteoriche collettate.

NODO C

In corrispondenza del nodo C vengono convogliate le acque collettate dalla rete sud-est, con una portata di progetto pari a 332.6 l/s.

Calcolando la portata massima defluente a piene rive nel fosso in cui si riversano tali acque, ossia il fosso in direzione ovest-est, si procede come già visto in precedenza determinando la portata in moto uniforme.

I rilievi mostrano una pendenza del fondo pari a 1.6‰, mentre la sezione media del fosso è pari a 1.79 m² e il contorno medio della sezione è pari a 3.78 m. Imponendo una scabrezza del fondo pari a 20 m^{1/3}/s si perviene ad una portata massima a piene rive pari a 870 l/s. Tale portata è pari a 2.62 volte la portata immessa nel fosso dalla rete di smaltimento delle acque meteoriche, pertanto si può affermare che il fosso esistente è in grado di convogliare la portata meteoriche di riferimento senza che si verifichi un aggravio sostanziale delle condizioni di criticità idraulica

NODO E

In corrispondenza del nodo E vengono convogliate le acque collettate dalla rete nord-ovest, con una portata di progetto pari a 498.7 l/s.

Calcolando la portata massima defluente a piene rive nel fosso in cui si riversano tali acque, ossia il fosso in direzione sud-nord, si procede come già visto in precedenza determinando la portata in moto uniforme.

I rilievi mostrano che nel tratto in esame la pendenza del fondo è pari a 0.75‰, mentre la sezione media del fosso è pari a 1.83 m² e il contorno medio della sezione è pari a 3.81 m. Imponendo una scabrezza del fondo pari a 20 m^{1/3}/s si perviene ad una portata massima a piene rive pari a 615 l/s. Tale portata è pari a 1.23 volte la portata immessa nel fosso dalla rete di smaltimento delle acque meteoriche, pertanto si può affermare che il fosso esistente è in grado di convogliare la portata meteoriche di riferimento senza che si verifichi un aggravio sostanziale delle condizioni di criticità idraulica

7. VERIFICA DI COMPATIBILITÀ DELLE QUOTE DEI COLLETTORI

Si procede alla verifica di compatibilità delle quote dei collettori in progetto con le quote dei piazzali dell'area in oggetto.

La quota di riferimento per il calcolo delle quote di scorrimento di tutti i collettori in progetto è la quota del fondo del fosso esistente in corrispondenza del confine del PEC in esame, sul lato nord. Tale quota è stata rilevata e posta pari a -2.284 m nel sistema di riferimento locale utilizzato dal personale incaricato del rilievo.

A partire da tale quota, utilizzando le pendenze di rilievo e di progetto e i diametri di progetto, sono state ricavate le quote del fondo e delle sponde dei fossi in progetto e le quote delle sommità di tutte le tubazioni in progetto. Tutte le quote ricavate sono indicate sulle tavole allegate.

Tutti i piazzali in progetto devono mantenere una quota di almeno 25 cm superiore alla quota della sommità di ogni tubazione pertanto sulle tavole allegate sono anche indicate le quote minime dei piazzali in ognuno dei nodi di progetto.

8. CONCLUSIONI

La presente relazione illustra il progetto della rete di smaltimento delle acque meteoriche che insistono sul PEC in esame.

È stato mostrato che la rete di fossi e canali progettata e i fossi esistenti sono in grado di smaltire efficacemente le acque meteoriche e che la sistemazione in progetto non presenta elementi che possano indurre condizioni critiche sul piano idraulico e, conseguentemente, che essa è compatibile dal punto di vista idraulico.