



COMUNE DI CAGLIARI

Sardegna IT s.r.l. c.s.u.
Viale dei Giornalisti 6, 09123 Cagliari
Tel. 070.6069015 - PEC: segreteria@pec.sardegna.it.

**RISTRUTTURAZIONE DEI LOCALI
DI VIA FALZAREGO DI PROPRIETÀ DELLA RAS
E PRATICHE CONNESSE
CIG: 9873364DB6**



PROFESSIONISTA INCARICATO

Arch. Gianluca Boasso
Studio Gianluca Boasso Architect
Iscritto all'Albo dell'Ordine degli Architetti della
Provincia di Bolzano n.1050

PROFESSIONISTA FIRMATARIO

Arch. Gianluca Boasso
Studio Gianluca Boasso Architect
Iscritto all'Albo dell'Ordine degli Architetti della
Provincia di Bolzano n.1050

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

L'IMPRESA APPALTATRICE

N°	AGGIORNAMENTI	COMPILATORE	CONTROLLORE	DATA
-	EMISSIONE FINALE	Arch. G. Boasso	Arch. G. Boasso	14/12/2023
1				
2				
3				
4				

PROGETTO ESECUTIVO

PROGETTO IMPIANTI MECCANICI – RELAZIONE DI CALCOLO

FILE: PRJ325_ESEC_IMOB.pdf	COMPILATORE: Arch. G. BOASSO	SCALA: ***	ELABORATO:
PROGETTO: PRJ 325	CONTROLLORE: Arch. Gianluca Boasso	DATA: 14/06/2024	IMOB

Sommario

1.	Introduzione	3
2.	Impianti termici e di climatizzazione	4
2.1	Carichi termici estivi ed invernali	4
2.2	Impianto di climatizzazione VRF.....	4
2.3	Portate di ventilazione impianto ad aria primaria.....	4
2.4	Rete di canali	5
2.4.1	Dati in ingresso	5
2.4.2	Procedura di calcolo	5
3.	Impianti idrotermosanitari	7
3.1	Reti idroniche aperte	7
3.1.1	Dati in ingresso	7
3.1.2	Determinazione della portata statistica secondo DIN 1988.....	7
3.1.3	Procedura di calcolo	8
3.2	Produzione acqua calda sanitaria ad accumulo	9
3.2.1	Dimensionamento dei bollitori.....	9
3.2.2	Dimensionamento componenti di sicurezza	9
3.3	Rete di ricircolo dell'acqua calda sanitaria	10
3.4	Rete di scarico delle acque meteoriche.....	11
3.4.1	Parametri iniziali e dimensionamento gronde	11
3.4.2	Dimensionamento pluviali.....	13
3.4.3	Dimensionamento collettori di scarico.....	13
3.5	Rete di scarico delle acque reflue.....	14
3.5.1	Dati di ingresso iniziali	14
3.5.2	Dimensionamento diramazioni interne e colonne.....	15
3.5.3	Dimensionamento collettori di scarico.....	15
4.	Allegati	17

1. Introduzione

La presente relazione descrive le procedure di calcolo utilizzate per dimensionare i vari sistemi impiantistici che servono l'edificio di via Falzarego 6 a Cagliari. Di ciascun impianto saranno fornite informazioni generali sugli algoritmi di calcolo, il riferimento a normative tecniche e leggi vigenti; successivamente verranno allegati i calcoli svolti che permetteranno di conoscere non solo i risultati ma anche le ipotesi fatte e i dati iniziali di ingresso.

Per una migliore comprensione dei risultati, si consiglia di fare sempre riferimento agli elaborati grafici costituenti il progetto ed eventualmente alla relazione tecnica descrittiva.

2. Impianti termici e di climatizzazione

Saranno elencate le procedure di calcolo relative ai sistemi dedicati al riscaldamento, al raffrescamento ed alla ventilazione degli ambienti, nonché ai componenti principali delle centrali di generazione dell'energia termica.

2.1 Carichi termici estivi ed invernali

La determinazione dei fabbisogni di potenza estivi ed invernali dell'edificio sono stati calcolati effettuando una modellazione dell'edificio nello stato di progetto.

Il programma utilizzato è EC700 di Edilclima. La normativa utilizzata per il calcolo dei carichi invernali è la UNI EN 12831, mentre i carichi estivi sono stati calcolati secondo il metodo "Carrier-Pizzetti".

2.2 Impianto di climatizzazione VRF

Il dimensionamento dei ventilconvettori è stato effettuato sulla base dei carichi termici estivi. Essendo l'edificio ubicato in zona climatica C, il carico estivo costituisce un elemento molto importante nel dimensionamento dei sistemi di climatizzazione, e l'edificio in questione non costituisce un'eccezione.

Dal momento che viene controllata solo la temperatura, è necessario che venga innanzitutto verificata la copertura, da parte di ciascun ventilconvettore, del carico termico sensibile ambiente.

Una volta che tale verifica è soddisfatta si controlla che la potenza nominale in riscaldamento riesca a coprire il carico termico invernale: il controllo è praticamente sempre soddisfatto, sia perché in zona C il carico invernale è meno gravoso rispetto a quello estivo, sia per la maggiore capacità termica dei ventilconvettori in riscaldamento rispetto al raffrescamento.

Per quanto riguarda il dimensionamento della rete di tubi del refrigerante, per prassi si fa riferimento alle specifiche fornite dal produttore del sistema, il quale definisce le dimensioni di ogni tratto di rete tali da poter garantire il perfetto funzionamento del sistema.

2.3 Portate di ventilazione impianto ad aria primaria

La ventilazione degli ambienti con un impianto ad aria primaria viene garantita secondo portate minime igieniche con riferimento alla normativa UNI 10339. Tale normativa fornisce gli indici di ventilazione a persona o unità di superficie a seconda del tipo di destinazione d'uso degli edifici (classificazione come da D.P.R. 412/93).

La portata è calcolata per ciascun ambiente costituente l'edificio o la parte di questo che è soggetta a ventilazione. Di ciascun ambiente occorre conoscere la superficie utile e l'altezza netta: in base alla destinazione d'uso si ricaveranno in automatico tutti gli indici necessari per completare il calcolo, tra questi anche l'indice di affollamento n_s . Se l'affollamento A_n è noto, allora occorre considerare direttamente tale valore, diversamente si calcola un affollamento teorico sulla base dell' n_s .

2.4 Rete di canali

Il calcolo delle reti di ventilazione (impianti ad aria primaria, a tutt'aria, VMC, ecc.) segue una procedura che è simile a quella utilizzata nel calcolo delle reti idroniche; il dimensionamento dei condotti porterà ad avere una perdita di carico complessiva che dovrà essere contrastata dall'azione di un ventilatore o estrattore caratterizzato da una prevalenza maggiore o uguale alla massima perdita di pressione della rete.

2.4.1 Dati in ingresso

I dati di partenza sono legati alle caratteristiche della località, alla tipologia di canali utilizzati e alle proprietà fisiche del fluido:

- Altitudine della località in oggetto [m]
- Diametro o lati del canale [mm]
- Temperatura del fluido [°C]
- Rugosità interna del canale [mm]
- Portata del fluido [m³/h]

Il programma chiede come dati in ingresso le dimensioni del canale. Si tratta dunque di una procedura di verifica che permette di capire, data una certa taglia del condotto, l'ordine di grandezza della perdita di carico e se quest'ultima rimane costante (dimensionamento con il metodo della perdita di carico lineare costante). Le formule di calcolo della perdita di carico, identiche a quelle viste per le reti idroniche, utilizzano come parametro geometrico il diametro, ipotizzando che il condotto abbia sempre sezione circolare. Nel caso di canali a sezione rettangolare occorre dunque calcolare il diametro equivalente D_e ; date le dimensioni A e B di un canale a sezione rettangolare, il diametro equivalente si calcola come:

$$D_e = 1,3 \cdot \frac{(A \cdot B)^{0,625}}{(A + B)^{0,25}} = [mm]$$

2.4.2 Procedura di calcolo

Anche nel caso di reti di ventilazione le perdite di carico si suddividono in distribuite (legate alle caratteristiche dei canali e alla lunghezza dei tratti) e concentrate (calcolate con il metodo diretto); il fattore di attrito Fa viene calcolato a partire dalla formula di Coolebrook, che come già visto è di difficile impiego. Un metodo semplificato per ottenere il fattore di attrito nelle reti di ventilazione è quello che utilizza la relazione di Altshul-Tsal. Si ricava dapprima un fattore Fa^* dato da:

$$Fa^* = 0,11 \cdot \left(\frac{\varepsilon}{D_e} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}$$

Dove Re è il numero di Reynolds funzione della velocità del fluido, della viscosità cinematica e delle caratteristiche geometriche del canale. Successivamente si pone $Fa = Fa^*$ se Fa è maggiore o uguale a 0,018 altrimenti si ha:

$$Fa = 0,85 \cdot Fa^* + 0,0028$$

Le perdite di carico distribuite si calcoleranno come:

$$r = Fa \cdot \frac{1}{D_e} \cdot \rho \cdot \frac{v^2}{2} = \left[\frac{Pa}{m} \right]$$

Mentre quelle concentrate come:

$$z = \xi \cdot \rho \cdot \frac{v^2}{2} = [mmc.a.]$$

Dove v è la velocità del fluido (espressa in m/s), e ξ è il coefficiente caratteristico del componente localizzato che crea perdita di pressione (curva, derivazione, confluenza, serranda, ecc.).

Nel computo delle perdite occorre anche tenere conto del diffusore e degli eventuali dislivelli a scendere o salire, anche se, per quanto riguarda l'aria, il contributo delle perdite per dislivello è molto piccolo. La perdita di carico da tenere in considerazione per la selezione del ventilatore è quella massima riscontrabile nella rete che coincide con quella del percorso aeraulicamente più sfavorito.

3. Impianti idrotermosanitari

Saranno elencate le procedure di calcolo relative ai sistemi dedicati alle reti di distribuzioni idriche a scopi sanitari, nonché ai sistemi di evacuazione delle acque reflue e meteoriche.

3.1 Reti idroniche aperte

Il calcolo delle reti aperte idrico-sanitarie (acqua fredda e acqua calda) si basa sulla determinazione dei diametri minimi delle linee di distribuzione tali da conseguire un duplice scopo: risparmiare sul costo delle tubazioni e allo stesso tempo limitare le perdite di carico, in modo da poter garantire un livello di pressione accettabile al rubinetto.

3.1.1 Dati in ingresso

Innanzitutto occorre conoscere la geometria della rete, comprensiva di tratti lineari e nodi. Per quanto riguarda i dati termo-fluidodinamici bisogna impostare i seguenti parametri:

- Temperatura del fluido [°C]
- Portata massica per ciascun tratto di rete [kg/s]
- Materiale delle tubazioni

La procedura di calcolo è del tipo a perdita di carico lineare costante. Si definisce un parametro r che rappresenta la perdita di carico per unità di lunghezza; inizialmente si imporrà un valore di r consono al tipo di rete che si sta calcolando, e successivamente si selezionerà il diametro commerciale più adatto a mantenere r al valore scelto.

Le reti di tipo idrico-sanitarie sono caratterizzate da un valore di portata statistica; queste vengono calcolate secondo una metodologia che tiene conto di determinati fattori di contemporaneità. A tal proposito, le normative a cui fare riferimento per la determinazione delle portate statistiche sono:

- UNI 9182 per tutti i tipi di impianto, a servizio di edifici civili ed industriali (normativa italiana)
- UNI EN 806 per edifici standard e impianti di dimensioni contenute (normativa europea)
- DIN 1988 come alternativa alla UNI 9182 (normativa tedesca dalla quale è derivata la UNI EN 806)

3.1.2 Determinazione della portata statistica secondo DIN 1988

La norma tedesca DIN 1988 (ed in particolare la parte 3 denominata: “*Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen: Ermittlung der Rohrdurchmesser; Technische Regel des DVGW*”), propone una metodologia per la determinazione delle portate di progetto o statistiche Q_s che si basa su relazioni analitiche funzione delle portate totali da erogare Q_t . Tali formule sono equazioni espresse nella forma:

$$Q_s = a \cdot Q_t^b + c = \left[\frac{l}{s} \right]$$

Dove a , b e c sono dei coefficienti che variano a seconda delle caratteristiche dell'impianto, in particolare la destinazione d'uso (legata alla contemporaneità e alla durata di ogni utilizzo) e gli intervalli di portata totale (solitamente i coefficienti cambiano a cavallo dei 20 l/s).

Questa metodologia di calcolo permette di ottenere impianti ben dimensionati, con velocità del fluido tali da non creare rumori e vibrazioni, e diametri delle tubazioni piuttosto contenuti.

La norma DIN 1988 è la più diffusa e conosciuta in Europa e proprio da questa deriva la normativa comunitaria EN 806, alle quali si fa riferimento per tutti gli aspetti costruttivi e progettuali.

3.1.3 Procedura di calcolo

Una volta impostato un valore di r , si seleziona un diametro commerciale del tratto considerato in modo da ricalcolare r secondo l'equazione:

$$r = Fa \cdot \frac{1}{D_i} \cdot \rho \cdot \frac{v^2}{2} = \left[\frac{Pa}{m} \right]$$

Dove:

- Fa è il fattore di attrito
- D_i è il diametro interno della tubazione [m]
- ρ è la densità del fluido [kg/m³]
- v è la velocità del fluido [m/s]

Il parametro Fa è abbastanza difficile da determinare, perché è legato sia alle caratteristiche del tubo, sia a quelle del fluido in moto. In particolare il calcolo di questo parametro è differenziato che si tratti di moto laminare o turbolento.

In regime turbolento (riscontrabile nel caso delle reti idroniche aperte) il fattore di attrito è determinato dalla formula di Coolebrook; tale formula non è però facilmente utilizzabile, perché in essa il parametro Fa è espresso implicitamente e quindi risulta determinabile solo con procedimenti di calcolo iterativi.

Nella pratica si ricorre a relazioni di facile impiego, generalmente derivate dalla stessa formula di Coolebrook, con semplificazioni ottenute limitando il suo campo di validità. Nello specifico, con fluido termovettore acqua allo stato liquido si possono utilizzare le seguenti relazioni (rispettivamente per tubi a bassa rugosità e tubi a media rugosità):

$$r = 14,68 \cdot \nu^{0,25} \cdot \rho \cdot \frac{G^{1,75}}{D_i^{4,75}} = \left[\frac{mmc.a.}{m} \right]$$

$$r = 3,3 \cdot \nu^{0,13} \cdot \rho \cdot \frac{G^{1,87}}{D_i^{5,01}} = \left[\frac{mmc.a.}{m} \right]$$

Dove:

- ν è la viscosità cinematica del fluido [m²/s]
- G è la portata in volume del fluido [l/h]

La prima formula viene utilizzata per tubazioni in materiale plastico (PE, PEX, ecc.) oppure rame, mentre la seconda viene impiegata per le tubazioni in acciaio (nero o zincato).

Si tenga presente che generalmente la verifica di un diametro tiene soprattutto conto della velocità massima, che secondo la UNI 9182 è impostata in questo modo: 2 m/s nei tratti principali ed intermedi; 4 m/s nei tratti di collegamento alle varie utenze.

3.2 Produzione acqua calda sanitaria ad accumulo

La preparazione dell'acqua calda per usi sanitari ad accumulo è un metodo di frequentissimo impiego, perché consente di soddisfare il fabbisogno dell'utenza (civile o industriale) minimizzando l'energia termica necessaria a riscaldare l'acqua.

3.2.1 Dimensionamento dei bollitori

Come dati di ingresso iniziali devono essere noti i consumi di acqua calda nel periodo di punta C . Per quanto riguarda le utenze civili, i consumi corrispondono all'erogazione media (espressa in litri) che un apparecchio sanitario fornisce durante una normale operazione di impiego. Per alcune tipologie di edificio (ad esempio ristoranti, lavanderie, palestre, ecc.) si preferisce calcolare il consumo adottando degli indici parametrici quali il numero di utenti, il numero di coperti o i posti letto. Nel caso dei condomini è bene tenere conto anche di un fattore di contemporaneità che riduce il consumo calcolato. Le altre grandezze in ingresso da stabilire sono:

- La temperatura dell'acqua fredda in ingresso al bollitore t_f [°C]
- La temperatura di utilizzo dell'acqua calda t_u [°C]
- Il periodo di punta τ_{pu} [h]
- Il periodo di preriscaldamento τ_{pr} [h]
- La temperatura di accumulo dell'acqua calda t_a [°C]

Il primo parametro utile da calcolare è il calore orario Q_h che deve essere ceduto all'acqua, ottenuto dividendo il calore totale (necessario per riscaldare l'acqua da erogarsi nel periodo di punta) per il tempo in cui quest'ultimo deve essere ceduto, cioè il tempo dato dalla somma tra il periodo di preriscaldamento e quello di punta. Si ha dunque:

$$Q_h = \frac{C \cdot (t_u - t_f)}{860 \cdot (\tau_{pr} + \tau_{pu})} = [kW]$$

Questa è a tutti gli effetti una potenza e corrisponde alla potenza termica che deve essere fornita al serpentino da parte del generatore di calore.

Il volume del serbatoio sarà dato dal rapporto tra il calore orario (prodotto di Q_h e del tempo di preriscaldamento) e la differenza di temperatura tra l'acqua calda nell'accumulo e l'acqua fredda in ingresso:

$$V = 860 \cdot \frac{Q_h \cdot \tau_{pr}}{(t_a - t_f)} = [l]$$

3.2.2 Dimensionamento componenti di sicurezza

Un bollitore a serpentino per la produzione di acqua calda sanitaria è dotato di due componenti importanti ai fini della sicurezza dal lato sanitario: vaso d'espansione e valvola di sicurezza. Quest'ultima viene selezionata in base alla pressione massima d'esercizio (cioè quella minima riscontrabile tra i componenti) e

alla capacità del bollitore. Infatti secondo la raccolta INAIL R 2009 deve valere la seguente disuguaglianza per quanto riguarda il diametro di attacco della valvola:

$$D_{\min} > \sqrt{\frac{V}{5}} = [mm]$$

Per quanto riguarda il dimensionamento del vaso d'espansione sanitario V_{VES} si ricorre alla relazione riportata di seguito:

$$V_{VES} = \frac{V \cdot (e_B - e_O)}{\left(1 - \frac{p_I + 1}{p_F + 1}\right)} = [l]$$

Dove:

- V è il volume dell'accumulo [l]
- e_B ed e_O sono coefficienti d'espansione dell'acqua riferiti rispettivamente alla temperatura di accumulo e quella d'ingresso dell'acqua fredda
- p_I è la pressione iniziale (espressa in bar) che può essere assunta pari a:
 - ➡ pressione dell'acquedotto
 - ➡ pressione di taratura pressostato autoclave o altro sistema di pressurizzazione
 - ➡ pressione di taratura riduttore di pressione
- p_F è la pressione finale (espressa in bar) corrispondente al valore di taratura della valvola di sicurezza

3.3 Rete di ricircolo dell'acqua calda sanitaria

La rete di ricircolo dell'acqua calda unita alla rete di distribuzione dell'acqua calda sanitaria costituisce un sistema chiuso, movimentato grazie ad un circolatore, che garantisce il mantenimento in temperatura dell'acqua calda stessa. Infatti in assenza di un ricircolo il fluido può stare fermo anche parecchio tempo se non vengono effettuati prelievi dall'utenza e pertanto si raffredda.

Il dimensionamento della rete si basa su un valore di temperatura differenziale tra la temperatura di invio in rete (es. dal bollitore o dalla valvola miscelatrice) e quella erogata dal rubinetto più sfavorito. Un valore accettabile di salto termico può essere assunto pari a 2°C, questo anche ai fini della sicurezza antilegionella; per permettere una perfetta disinfezione della rete è infatti necessario che nei vari punti della rete non ci sia troppo divario tra le temperature del fluido.

Un'altra grandezza importante da tenere in considerazione durante i calcoli è il calore disperso da un metro di tubazione che per prassi è imposto pari a 7 W/m, a cui corrisponde una portata specifica lineare di progetto pari a circa 3 l/h/m.

Tale portata viene considerata nei tratti della rete di alimentazione e viene movimentata anche nella rete simmetrica di ricircolo. Considerando ciascun segmento di lunghezza L si ha una portata del tratto GT data da:

$$G_T = 3 \cdot L = \left[\frac{l}{h} \right]$$

La portata complessiva di un tratto di rete è pari a G_T solo se è un segmento terminale, altrimenti a G_T bisogna sommare anche le portate dei tratti precedenti; il programma di calcolo ipotizza un numero massimo di confluenze pari a 3; indicando con G_{P1} , G_{P2} e G_{P3} le portate di confluenza, si ha che la portata globale di ricircolo G in un tratto di rete è:

$$G = G_T + G_{P1} + G_{P2} + G_{P3} = \left[\frac{l}{h} \right]$$

Noto il valore di G e le caratteristiche fisiche del fluido si può ricavare il diametro del tubo della linea di ricircolo imponendo una perdita di carico lineare. Non esiste un limite di imposizione, ma un valore ragionevole di perdita è compreso tra 20 e 30 mm/m, poiché valori alti sono sinonimo di alte prevalenze per la pompa, mentre perdite lineari basse favoriscono la formazione di biofilm.

La prevalenza del circolatore deve essere ricavata calcolando il sistema ricircolo + alimentazione come una rete chiusa ed assumendo come portate soltanto quelle di ricircolo (compresa la linea di alimentazione).

3.4 Rete di scarico delle acque meteoriche

Il calcolo idraulico di una rete di allontanamento delle acque meteoriche viene effettuato secondo la normativa UNI EN 12056-3; la normativa mostra una procedura analitica che dunque sostituisce le vecchie metodologie di dimensionamento che si basavano su dati tabellari.

Il programma utilizzato suddivide la procedura in 3 sezioni principali: la prima è relativa alla determinazione delle portate di acqua da smaltire e al dimensionamento dei cornicioni di gronda; la seconda riguarda la selezione dei pluviali e la terza è legata al calcolo dei collettori di scarico fino all'allaccio in fognatura.

Per una migliore comprensione dei calcoli si suggerisce di fare anche riferimento agli elaborati grafici che costituiscono il progetto.

3.4.1 Parametri iniziali e dimensionamento gronde

Con riferimento alla copertura di un edificio, si suddivide la stessa in aree di raccolta e per ciascuna di queste si calcola la portata di scorrimento Q :

$$Q = r \cdot S_c \cdot C \cdot C_R = \left[\frac{l}{s} \right]$$

Dove:

■ r è l'intensità pluviometrica [l/sm^2]

- S_C è la superficie della copertura o di una frazione di copertura [m²]
- C è un coefficiente di scorrimento (tabulato da norma)
- C_R è un coefficiente di rischio (tabulato da norma)

Il passo successivo è quello di determinare la tipologia di gronda che deve essere adoperata. Una gronda è caratterizzata da una sezione trasversale totale A_E (espressa in mm²) e le sezioni a cui si può fare riferimento sono sostanzialmente due: semicircolare e trapezoidale. La sezione di un canale semicircolare è caratterizzato da un raggio R , mentre una gronda trapezoidale è identificata dalle seguenti lunghezze:

- S corrispondente alla base minore della sezione
- T corrispondente alla base maggiore della sezione
- W corrispondente all'altezza della sezione

Tutte le grandezze appena elencate sono espresse in mm ai fini del calcolo. Un ulteriore parametro legato alla scelta del canale di gronda è la sua lunghezza L (espressa in metri). La lunghezza determina la caratteristica di **canale corto** o **canale lungo**. Un canale si definisce corto quando la lunghezza L non è maggiore di 50 volte l'altezza di progetto dell'acqua (corrispondente a R o W).

Per i canali semicircolari si determina la capacità nominale Q_N , definita come:

$$Q_N = 2,78 \cdot 10^{-5} \cdot A_E^{1,25} = \left[\frac{l}{s} \right]$$

E successivamente la capacità di progetto Q_L , data da:

$$Q_L = 0,9 \cdot Q_N = \left[\frac{l}{s} \right]$$

Per quanto riguarda i canali trapezoidali, si parla invece di capacità equivalente Q_{SE} , espressa in questo modo:

$$Q_{SE} = 3,48 \cdot 10^{-5} \cdot A_E^{1,25} = \left[\frac{l}{s} \right]$$

Mentre la capacità di progetto risulta essere pari a:

$$Q_L = 0,9 \cdot Q_{SE} \cdot F_d \cdot F_s = \left[\frac{l}{s} \right]$$

F_d è un coefficiente di profondità, funzione del rapporto W/T , mentre F_s è un coefficiente di forma funzione del rapporto S/T . Entrambi sono desumibili da un grafico riportato dalla norma.

Una volta ottenuto Q_L occorre verificare che questo sia maggiore o uguale alla portata Q , legata alla superficie S_C .

3.4.2 Dimensionamento pluviali

In base ai parametri geometrici del canale di gronda impostati in precedenza, si procede con il dimensionamento della bocca d'efflusso, elemento che connette la gronda con il pluviale.

Una bocca d'efflusso è caratterizzata da un diametro iniziale D_i , un diametro finale d_i e da un diametro efficace D (espressi in mm). Si possono identificare tre tipologie di bocche:

- A spigoli vivi, in cui $D_i=d_i=D$
- A spigoli arrotondati, in cui $D_i>d_i$ e vale $D=0,9D_i$
- Con cono di riduzione, in cui $D_i\geq 1,5d_i$ e $D=D_i\leq 2d_i$

Definito h il carico della bocca d'efflusso pari al prodotto di W o R ed un coefficiente F_h (tabulato e funzione del rapporto S/T), è possibile calcolare la capacità della bocca d'efflusso Q_0 secondo 2 formule:

$$Q_0 = \frac{k_0 \cdot D \cdot h^{1,5}}{7.500} = \left[\frac{l}{s} \right] \text{ se } h \leq D/2$$

$$Q_0 = \frac{k_0 \cdot D \cdot h^{0,5}}{15.000} = \left[\frac{l}{s} \right] \text{ se } h > D/2$$

Il coefficiente k_0 vale 1 per bocchettoni a scarico libero e 0,5 per bocche provviste di griglia. A questo punto non resta che definire le caratteristiche del pluviale. In realtà, avendo già imposto come dato il diametro d_i , questo rappresenta a tutti gli effetti anche il diametro minimo del pluviale e pertanto l'unico calcolo che occorre ancora effettuare è quello della portata nel discendente Q_p , ottenibile mediante la seguente espressione:

$$Q_p = 2,5 \cdot 10^{-4} \cdot k^{-0,167} \cdot d_i^{2,667} \cdot f^{1,667} = \left[\frac{l}{s} \right]$$

Dove:

- k è la scabrezza del pluviale, e si può porre pari a 0,25÷0,30 mm
- f è un numero dimensionato espresso come rapporto tra la sezione trasversale del pluviale e la parte considerata piena. Il grado di riempimento può essere posto pari a 0,20÷0,33

Anche in questo caso occorre verificare che Q_p sia compatibile con quella scaricata dalla copertura.

3.4.3 Dimensionamento collettori di scarico

Si tratta della rete orizzontale che raccoglie le acque di un pluviale o di un piazzale per poi inviarle ad un collettore fognario comunale o altro punto all'esterno dell'edificio.

La rete viene suddivisa in tratti; ciascun tratto è caratterizzato da un valore di portata globale Q_t (espressa in l/s) pari al valore della portata scaricata dal pluviale o dalla somma delle portate dei tratti di collettore precedenti (nel programma si suppone che in un nodo possano confluire al massimo 3 portate).

Anche in questo caso si ha a che fare con una procedura di verifica; nota la Q_t , si ipotizza un diametro interno DN_{int} (espresso in mm) e di conseguenza si ricava la portata massima ammissibile per quel diametro, confrontandola con Q_t .

La formula che viene utilizzata è quella di Colebrook-White, che permette di calcolare la velocità del flusso v data una pendenza ed un riempimento della condotta:

$$v = -2 \cdot \sqrt{2gD_B i} \cdot \log_{10} \left(\frac{k}{3,71 \cdot D_B} + \frac{2,51 \cdot v}{D_B \cdot \sqrt{2gD_B i}} \right) = \left[\frac{m}{s} \right]$$

Dove:

- g è l'accelerazione di gravità, pari a $9,81 \text{ m/s}^2$
- D_B è il diametro della tubazione, ovvero nel caso di sezioni non completamente piene, $D_B = 4R_i$, con R_i pari al raggio idraulico, dato dal rapporto tra sezione bagnata ed il perimetro bagnato [m]
- i è la pendenza della tubazione
- k è la scabrezza idraulica, che nel caso in esame si assume pari a 1 mm
- ν è la viscosità cinematica del fluido, pari a $1,31 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

Una volta ricavata la velocità, è possibile ottenere, per un determinato valore di DN_{int} , la portata di scarico massima ammissibile $Q_{max,amm}$ secondo la seguente relazione:

$$Q_{max,amm} = v \cdot b \cdot DN_{int}^2 = \left[\frac{l}{s} \right]$$

Dove b è un coefficiente legato al grado di riempimento della condotta, che viene automaticamente calcolato dal programma.

3.5 Rete di scarico delle acque reflue

Il calcolo idraulico di una rete di allontanamento delle acque reflue viene effettuato secondo la normativa UNI EN 12056-2 e UNI EN 12056-4 (dimensionamento dei sistemi di sollevamento acque reflue).

La procedura analitica prevede tre sezioni di calcolo: la prima relativa alla determinazione delle unità di scarico delle apparecchiature e all'impostazione del sistema di scarico; la seconda legata al dimensionamento delle diramazioni interne e delle colonne verticali; la terza relativa al calcolo dei collettori orizzontali di allontanamento verso la fognatura comunale.

3.5.1 Dati di ingresso iniziali

Si determina per le diramazioni interne e le colonne la tipologia di sistema di scarico; la norma individua ben 4 sistemi, così definiti:

- Sistema I: rete con tubazioni riempite al 50%
- Sistema II: rete con tubazioni riempite al 70%
- Sistema III: rete con tubazioni riempite al 100%
- Sistema IV: rete di tipo I, II o III ma con separazione delle acque reflue in acque nere e grigie

Successivamente si fa un censimento delle apparecchiature presenti nell'edificio e per ciascuna di queste si determinano le **unità di scarico** DU . Un'unità di scarico è la portata media di scarico di un apparecchio

sanitario, espressa in l/s; per le apparecchiature di uso comune (sanitari) il valore di DU varia a seconda del sistema scelto.

Un altro dato iniziale da imporre è il coefficiente di contemporaneità k , funzione della tipologia di edificio e di utenza. Il valore di k è basso nel caso di un edificio residenziale, mentre è molto alto in strutture con docce e spogliatoi o laboratori speciali.

3.5.2 Dimensionamento diramazioni interne e colonne

Individuate le varie unità all'interno dell'edificio (bagno, cucina, spogliatoio, ecc.) si calcola la portata Q_{ww} circolante nella diramazione, data dalla seguente relazione:

$$Q_{ww} = k \cdot \sqrt{\sum DU} = \left[\frac{l}{s} \right]$$

Se in un tratto di tubazione confluiscono portate di liquido provenienti da apparecchi con scarico continuo Q_c e/o dall'impianto di sollevamento Q_p , queste vanno sommate a Q_{ww} , dando luogo alla portata totale Q_t :

$$Q_t = Q_{ww} + Q_c + Q_p = \left[\frac{l}{s} \right]$$

La Q_t però non è il valore finale che determina il diametro della tubazione. Infatti occorre ricavare ancora la portata massima Q_{max} , definita come il massimo valore tra Q_t e l'apparecchio con il DU più elevato.

Il diametro della tubazione della diramazione e della colonna sarà selezionato con metodo tabellare, in funzione del tipo di sistema e della presenza o meno della colonna di ventilazione.

Il diametro di una colonna di scarico viene selezionato anche in base al tipo di collegamento con le diramazioni. Esistono due tipi di innesto, con braga a squadra e braga ad angolo; per semplicità e per comodità, il programma di calcolo considera solamente il caso con utilizzo di braga a squadra (caratterizzata da un angolo di innesto con un valore maggiore di 87°).

3.5.3 Dimensionamento collettori di scarico

Si tratta della rete orizzontale che allontana le acque reflue dall'edificio inviandole al collettore fognario comunale o altro punto di raccolta.

I collettori di scarico sono dimensionati per un grado di riempimento pari al 70%. E' possibile avere anche reti con il 50% di riempimento (che però comportano l'uso di diametri più grossi), mentre sono molto rari i sistemi con riempimento 100% (caso che è comunque contemplato dal programma di calcolo).

Il dimensionamento dei collettori è in realtà una procedura di verifica; nota la Q_{max} , si ipotizza un diametro interno D_i (espresso in mm) e di conseguenza si ricava la portata massima ammissibile per quel diametro, confrontandola con Q_{max} .

La formula che viene utilizzata è quella di Colebrook-White, che permette di calcolare la velocità del flusso v data una pendenza ed un riempimento della condotta:

$$v = -2 \cdot \sqrt{2gD_B i} \cdot \log_{10} \left(\frac{k}{3,71 \cdot D_B} + \frac{2,51 \cdot \nu}{D_B \cdot \sqrt{2gD_B i}} \right) = \left[\frac{m}{s} \right]$$

Dove:

- g è l'accelerazione di gravità, pari a $9,81 \text{ m/s}^2$
- D_B è il diametro della tubazione, ovvero nel caso di sezioni non completamente piene, $D_B=4R_i$, con R_i pari al raggio idraulico, dato dal rapporto tra sezione bagnata ed il perimetro bagnato [m]
- i è la pendenza della tubazione
- k è la scabrezza idraulica, che nel caso in esame si assume pari a 1 mm
- ν è la viscosità cinematica del fluido, pari a $1,31 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

Una volta ricavata la velocità, è possibile ottenere, per un determinato valore di D_i , la portata di scarico massima ammissibile $Q_{\max,amm}$ secondo la seguente relazione:

$$Q_{\max,amm} = v \cdot b \cdot D_i^2 = \left[\frac{l}{s} \right]$$

Dove b è un coefficiente legato al grado di riempimento della condotta, che viene automaticamente calcolato dal programma.

4. Allegati

Si allegano alla presente relazione i seguenti calcoli:

- Calcolo dei carichi termici invernali
- Calcolo dei carichi termici estivi
- Calcolo reti idricosanitarie (acqua calda e fredda)
- Calcolo accumulo sanitario
- Calcolo rete di ricircolo sanitario
- Calcolo rete di scarico acque meteoriche
- Calcolo rete di scarico acque reflue