



UNIVERSITÀ DEL SALENTO

FACOLTÀ DI INGEGNERIA
Corso di Laurea in Ingegneria Civile

Tesi di Laurea in Costruzioni Idrauliche

**Progettazione di un impianto idrico sanitario e
fognario per il recupero di un complesso rurale in
Salento**

Relatori

Prof. ssa Alessandra Saponieri

Prof. Antonio Francone

Laureando

Francesco Antonio Urso

Matricola 20053273

Correlatore

Ing. Giuliano De Pascalis

*Alla mia famiglia
a me*

Indice

1	Stato dell'arte	5
1.1	Impianto di adduzione e distribuzione di un edificio	6
1.1.1	Tubazioni	6
1.1.2	Organi accessori delle reti	7
1.1.3	Dimensionamento delle reti	8
1.1.4	Perdite di carico	12
1.1.5	Sollevamento dell'acqua	15
1.1.6	Produzione acqua calda sanitaria	17
1.1.7	Rete di ricircolo	20
1.1.8	Trattamenti	22
1.1.9	Rischi connessi al batterio legionella	23
1.2	Impianto di scarico delle acque reflue	27
1.2.1	Generalità sulle reti di scarico	28
1.2.2	Dimensionamento della rete di scarico	29
1.2.3	Tubazioni	30
1.2.4	Trattamenti	32
1.2.5	Opere d'arte	41
1.3	Normativa di riferimento	41
1.3.1	Qualità dell'acqua	41
1.3.2	Impianto idrico sanitario	42
1.3.3	Impianto di scarico delle acque reflue	42
2	Soluzioni alternative di progetto	43
2.1	Schematizzazione della rete di adduzione	43
2.2	Confronto tra le normative esistenti	45
2.3	Ricircolo e disinfezione termica	52
2.3.1	Ricircolo	52
2.3.2	Disinfezione termica	54
3	Progetto	57

<i>INDICE</i>	3
3.1 Impianto idrico sanitario	57
3.1.1 Analisi dei carichi idrici	57
3.1.2 Dimensionamento rete di adduzione	63
3.1.3 Dimensionamento della rete di ricircolo	64
3.1.4 Dimensionamento gruppi di spinta	65
3.1.5 Centrale idrica	68
3.1.6 Gestione e manutenzione dell'impianto idrico in rapporto al rischio di legionella	71
3.2 Impianto fognario e scarico in sub-irrigazione	73
3.2.1 Dimensionamento della rete di scarico	73
3.2.2 Calcolo del numero di abitanti equivalenti (AE)	75
3.2.3 Dimensionamento fossa IMHOFF	75
3.2.4 Subirrigazione fitoprotetta	76
4 Conclusioni	78
A Tabelle utilizzate per il dimensionamento dei tubi	81
B Tavole esecutive	90

Introduzione

La progettazione di un impianto idrico sanitario e fognario è un processo che richiede un'analisi approfondita e ad ampio spettro: per poter scegliere correttamente la tipologia di impianto e dimensionarne tutte le componenti, è necessario infatti conoscere nel dettaglio la composizione dell'involucro edilizio, la collocazione geografica dell'edificio e i terreni di proprietà della committenza, così come la destinazione d'uso (residenziale, ricettiva, commerciale, industriale, ecc.).

Il presente lavoro di tesi ha come obiettivo la progettazione di un impianto idrico sanitario e fognario da realizzare nell'ambito dei lavori per il "recupero e trasformazione in struttura agrituristica di un complesso rurale denominato "Masseria La fica", sito in Galatina (LE) alla Strada Provinciale 307.

L'analisi e lo sviluppo del presente elaborato è frutto di un'esperienza formativa svolta presso lo studio dell'Ing. Giuliano De Pascali presso il quale è stato possibile mettere in pratica teorie e problematiche studiate durante il corso di Costruzioni idrauliche .

Il Capitolo 1 riporta una panoramica riguardante le reti di distribuzione interne con particolare riferimento alle caratteristiche ed alle funzioni degli impianti di adduzione e scarico di un edificio, le tipologie di tubazioni maggiormente utilizzate ed i trattamenti di depurazione delle acque reflue e potabili.

Il Capitolo 2 è invece stata dedicato alla presentazione di ipotesi e soluzioni progettuali alternative nell'ottica di un risparmio economico ed energetico.

L'ultima parte della trattazione presenta gli obiettivi di progetto, ossia le esigenze tecniche del caso in esame, le metodologie utilizzate per il dimensionamento di condotte, serbatoi e gruppi di pressurizzazione e i risultati ottenuti da tali calcoli.

Capitolo 1

Stato dell'arte

La rete di distribuzione dell'acqua è suddivisa in due parti: la pubblica all'esterno di un edificio e la privata all'interno, con una sezione in corrispondenza del contatore (per ogni edificio) che separa le due parti. Oggetto di interesse di questo capitolo è la rete di distribuzione all'interno degli edifici, che come rappresentato in figura 1.1, comprende:

- un sistema di adduzione o di approvvigionamento, costituito dall'insieme delle reti, dei componenti e delle apparecchiature che permettono l'adduzione e la distribuzione dell'acqua calda e fredda alle varie utenze di un edificio;
- un sistema di scarico, che permette lo smaltimento delle quantità necessarie a soddisfare le esigenze dell'utenza.

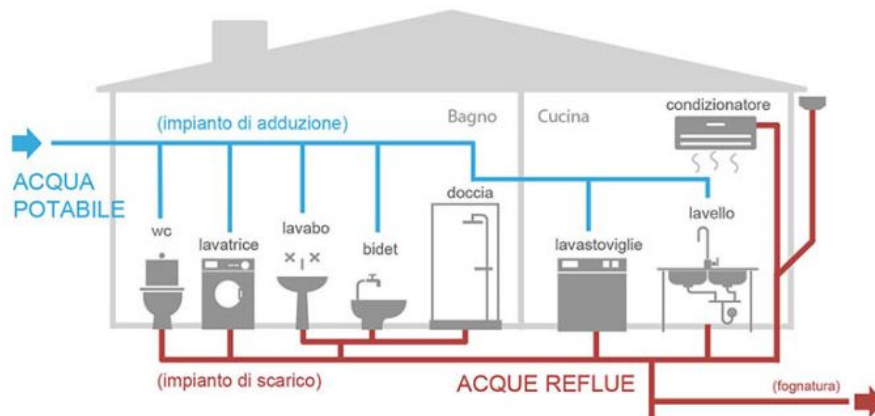


Figura 1.1: Impianto idrico, adduzione e scarico delle acque reflue

1.1 Impianto di adduzione e distribuzione di un edificio

Per capire come funziona l'impianto idrico sanitario è utile soffermarsi sul percorso dell'acqua, elemento che lo alimenta e ne costituisce la "linfa vitale". L'impianto preleva l'acqua dall'acquedotto della rete pubblica, la trasporta fino ai punti di erogazione nelle abitazioni e ne permette il deflusso una volta che è stata utilizzata.

L'acqua di un impianto idrico sanitario viene definita sanitaria e può essere calda o fredda.

La rete di adduzione di un edificio si divide essenzialmente in due parti:

- una parte in cui un sistema di produzione dell'acqua calda riceve l'acqua dalla rete pubblica, la riscalda, la immette in circolo nell'impianto idrico per poi farla fluire verso i terminali, ossia i dispositivi di erogazione degli apparecchi (i comuni rubinetti);
- una parte in cui l'acqua fredda che non subisce il trattamento dell'acqua calda, viene prelevata dalla rete pubblica, trattata tramite appositi sistemi di filtraggio e trasportata poi verso i terminali.

Esaminiamo ora come funziona l'impianto idrico sanitario prendendo in considerazione i suoi principali componenti.

1.1.1 Tubazioni

La rete di distribuzione è in genere costituita da tubazioni (orizzontali, colonne montanti verticali, tubi distributori ai piani e ai vari apparecchi) che devono avere caratteristiche specifiche in grado di garantire all'impianto durabilità nel tempo ed efficienza. Tra queste ritroviamo:

- un'ottima resistenza meccanica e al deterioramento chimico;
- assenza di agenti contaminanti;
- bassa predisposizione alla formazione di incrostazioni e limitata scabrosità interna;
- elevata resistenza al fuoco e agli agenti chimici;
- bassa rumorosità e predisposizione alla formazione di depositi;

In relazione a queste caratteristiche, i materiali comunemente usati per gli impianti idrici sono:

- acciaio (non legati e inossidabili): presentano ottime caratteristiche meccaniche, di affidabilità, e dal punto di vista sanitario. Per il loro utilizzo è necessario però non trascurare il problema della corrosività e i problemi dovuti alla dilatazione termica;
- rame: utilizzato per la distribuzione e per gli scarichi, presenta una buona affidabilità, idoneità alle caratteristiche sanitarie e un coefficiente di dilatazione termica identico all'acciaio. Deve presentare un rivestimento esterno per contrastare i fenomeni di corrosione;
- materiale plastico (PVC, polietilene, polipropilene): presentano una scarsa dilatazione termica lineare, una buona opposizione alla propagazione della fiamma, idoneità alle caratte-

ristiche sanitarie e un'ottima resistenza agli agenti corrosivi. Per contro, i materiali plastici sono soggetti ad un aumento del coefficiente di scabrezza interna.¹

1.1.2 Organi accessori delle reti

La distribuzione dell'acqua all'interno di un edificio è controllata, regolata e misurata, da numerosi accessori:

- contatori: strumenti che misurano il volume d'acqua passato in una sezione di una condotta in pressione, usati per stabilire il volume consumato da un utente o erogato da una sezione;
- valvole di non ritorno: assicurano che il deflusso avvenga in una sola direzione. Sono generalmente collocate a monte o a valle del contatore per impedire che l'acqua che riempie le tubazioni possa rifluire alla rete pubblica per un'eventuale minore pressione o depressione;
- disconnettori: dispositivi adottati nei casi che richiedono una maggiore sicurezza rispetto a quella ottenibile con una valvola di non ritorno;
- riduttori di pressione: dispositivi in grado di ridurre e stabilizzare le pressioni in rete secondo i valori richiesti. Servono a proteggere gli impianti da pressioni troppo elevate, evitando in tal modo possibili danni alle reti di distribuzione, forti rumori e maggiori consumi di acqua;
- ammortizzatori dei colpi d'ariete: dispositivi in grado di assorbire le sovrappressioni causate dai colpi d'ariete;
- regolatori di portata: servono a mantenere costante, indipendentemente dalla pressione che sussiste a monte e a valle, la quantità di fluido che passa attraverso le condotte su cui sono posti;
- flussostati: rilevano la circolazione dell'acqua attraverso un determinato tratto di rete. Sono utilizzati soprattutto per attivare i dispositivi di segnalazione e di allarme, comandare o disattivare le pompe di sopraelevazione al variare della presenza di acqua;
- pressostati: servono a controllare e a regolare la pressione dell'acqua entro valori prefissati;
- valvole di sicurezza: hanno la funzione di scaricare nell'atmosfera il fluido quando la sua pressione supera un valore predefinito;
- valvole di intercettazione: organi che servono ad interrompere, o a consentire, il passaggio del fluido;
- vasi di espansione: limitano gli incrementi di pressione dovuti alla dilatazione dell'acqua. Sono costituiti da un contenitore in cui una membrana atossica divide una parte riservata all'acqua dell'impianto e l'altra ad un gas;

¹Fonte:<https://itcsrl.biz/tubazioni-impianto-idrico/>

- miscelatori termostatici: dispositivi in grado di miscelare l'acqua fredda con la calda e mantenere l'acqua miscelata alla temperatura richiesta. In commercio esistono anche miscelatori elettronici in grado non solo di soddisfare la funzione di regolazione della temperatura, ma anche di gestire programmi di disinfezione termica².

1.1.3 Dimensionamento delle reti

Per poter dimensionare correttamente le reti di distribuzione degli impianti idrico-sanitari è necessario condurre una attenta analisi sulle portate che devono essere convogliate dalle tubazioni.

Un impianto idrico-sanitario deve essere dimensionato in base alle portate massime probabili o portate di progetto, ossia in base alle portate massime erogabili dai rubinetti che possono restare aperti contemporaneamente. Il massimo fabbisogno teorico è dato dalla somma dei consumi d'acqua di ciascun apparecchio sanitario. Dimensionare le condotte rispetto al massimo fabbisogno teorico, però, comporterebbe un sovradimensionamento dell'impianto che risulterebbe ingombrante e costoso. E' necessario quindi fare riferimento a due tipi di portate: portate nominali e portate di progetto.

Le portate nominali, indicate in apposite tabelle (1.2) sulla normativa prEN806, sono le portate minime che devono essere assicurate ai rubinetti dei vari apparecchi sanitari.

<i>Apparecchio</i>	<i>Acqua fredda l/sec</i>	<i>Acqua calda l/sec</i>	<i>Pressione m c.a.</i>
<i>Lavabo</i>	0,1	0,1	5
<i>Bidet</i>	0,1	0,1	5
<i>Vaso a cassetta</i>	0,1	-	5
<i>Vaso con passo rapido</i>	1,5	-	15
<i>Vaso con flussometro</i>	1,5	-	15
<i>Vasca da bagno</i>	0,20	0,20	5
<i>Doccia</i>	0,15	0,15	5
<i>Lavello da cucina</i>	0,20	0,20	5
<i>Lavabiancheria</i>	0,10	-	5
<i>Lavastoviglie</i>	0,20	-	5
<i>Orinatoio comandato</i>	0,10	-	5

Figura 1.2: prEN806 - Portate nominali e pressioni

Le portate di progetto sono invece, le portate massime che devono essere erogate nei periodi di maggior uso dell'impianto. Il loro valore dipende essenzialmente dalle seguenti variabili:

²[8]Bearzi Vittorio. Manuale degli impianti idricosanitari. Tecniche Nuove, 1999.

il tipo di utenza, i valori delle portate nominali, il numero dei rubinetti, la frequenza d'uso degli apparecchi e la durata dei periodi di punta. Per la determinazione delle portate di progetto esistono:

- i. metodi probabilistici
- ii. metodi empirici

Metodi probabilistici

I metodi probabilistici sono più complessi e puntano alla determinazione di una portata probabile partendo da considerazioni relative ai consumi giornalieri e individuando la contemporaneità delle erogazioni.

Preso atto che il consumo giornaliero per persona, in edilizia abitativa, può essere stimato intorno ai 200-250 l, e che valori maggiori si registreranno nella stagione calda, nelle abitazioni con più servizi, al sabato, nelle città più grandi, è possibile scomporre il consumo di una giornata di particolare interesse nei singoli prelievi orari, individuando l'andamento in figura 1.3, dove: la linea spezzata superiore rappresenta l'andamento in un edificio di trenta alloggi, in un sabato d'estate con un consumo totale giornaliero di 24.000 L e la linea inferiore è relativa allo stesso giorno per un'abitazione monofamiliare.

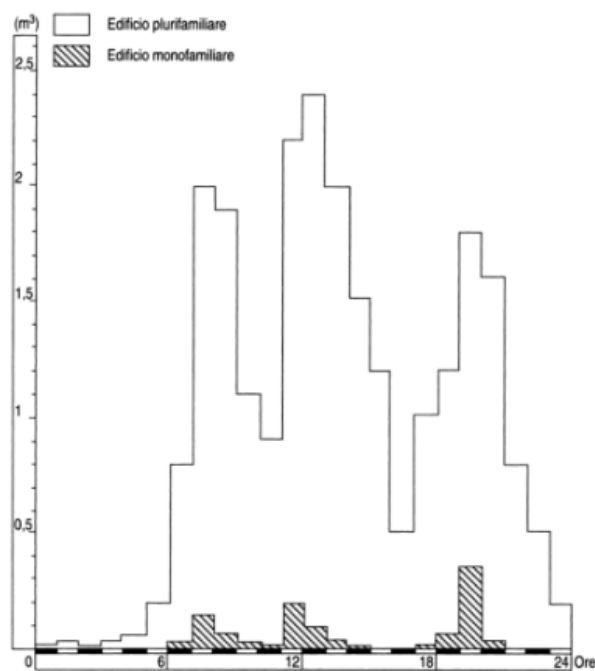


Figura 1.3: Andamento tipico dei consumi idrici

Se si dovessero analizzare i prelievi in un'ora di punta, si riscontrerebbero consumi istantanei più elevati negli edifici di dimensione minore. Una semplice regola di probabilità conferma infatti che, in complessi maggiori, la contemporaneità d'uso diminuisce e perciò la portata d'acqua massima totale istantanea è minore.

La contemporaneità delle erogazioni perciò viene espressa tramite un numero puro r rappresentativo del rapporto fra il numero di persone che utilizzano nello stesso momento il servizio di maggior carico e il numero complessivo di utenti potenziali. Nel grafico di figura 1.4, infatti, r non dipende dal numero di apparecchi installati, poiché esso non è significativo dell'entità dei prelievi, ma esclusivamente dal numero di utenti. Non avrebbe senso, usare contemporaneamente gli apparecchi installati nello stesso bagno, né si può ritenere che, a parità di utenti, aumenti in misura sostanziale il consumo istantaneo raddoppiando il numero di sanitari.

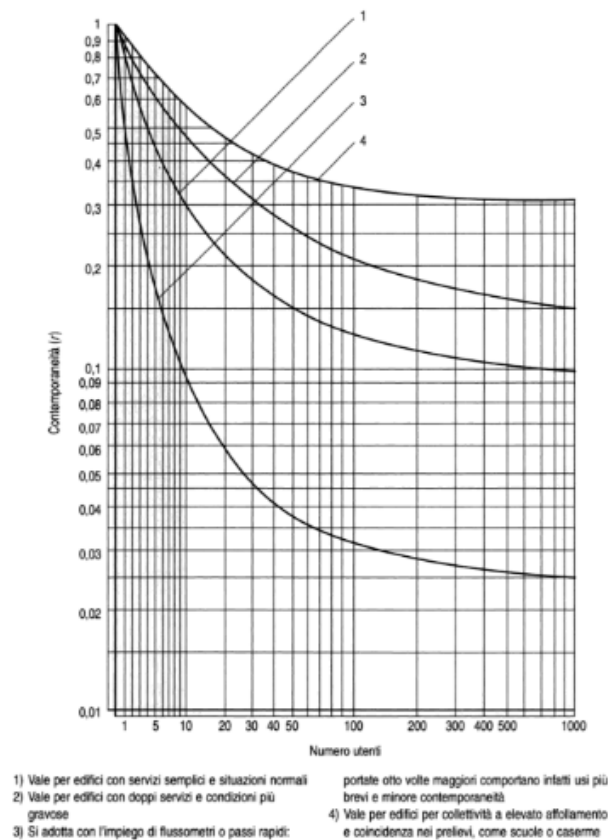


Figura 1.4: Curve di contemporaneità

Riferire quindi, il consumo istantaneo al numero di utenti adottando il rapporto r consente tramite la relazione 1.1 di calcolare la portata di progetto basandosi su delle stime di probabilità.

$$Q = N \cdot q \cdot r \quad (1.1)$$

dove:

Q (l/s) portata d'acqua

N numero di persone

q (l/s) portata massima unitaria del servizio di riferimento, influenzata dal tipo di apparecchio servito, dalla pressione disponibile

r contemporaneità

Da questo punto di vista i metodi probabilistici si discostano da quelli empirici riportati nelle normative. ³

Metodi empirici

I metodi empirici maggiormente utilizzati, invece, sono i seguenti:

- * **metodo dei coefficienti di contemporaneità:** le portate di progetto si calcolano moltiplicando fra loro, le portate totali degli apparecchi con coefficienti, detti di contemporaneità, che tengono conto sia del tipo di utenza sia del numero di apparecchi serviti;
- * **metodo delle portate totali:** le portate di progetto si determinano, con diagrammi o tabelle, in funzione del tipo di utenza e delle portate totali;
- * **metodo delle unità di carico:** in questo caso si assegnano valori adimensionali (unità di carico) ai vari apparecchi in relazione alle loro portate nominali e alla loro contemporaneità d'uso.

Determinate le portate, generalmente si procede con il dimensionamento utilizzando 3 metodi diversi:

- * **metodo delle velocità massime:** si scelgono i diametri dei tubi in base alle portate di progetto e alle velocità massime consentite, e in seguito si verifica (in base alla pressione di progetto, alle perdite di carico della rete e ai dislivelli) che a monte dell'apparecchio più sfavorito la pressione disponibile non sia inferiore a quella minima richiesta, riportata dalla tabella 1.2.
- * **metodo del carico unitario lineare:** si calcola il carico unitario lineare (J) disponibile e si dimensionano le tubazioni in base alle portate di progetto e al carico unitario lineare. In ultima analisi si verifica se il diametro scelto comporta o meno una velocità accettabile, la quale dovrà essere minore o uguale della velocità riportata nelle tabelle in appendice (A.3, A.4, A.5, A.6) per un determinato J e

³[8] Bearzi Vittorio. Manuale degli impianti idricosanitari. Tecniche Nuove, 1999.

per un determinato diametro. Se la velocità è troppo alta si dovrà scegliere un diametro maggiore a parità di pendenze.

- * **metodo dei diametri predefiniti e del carico unitario lineare:** calcolato il carico unitario lineare disponibile si scelgono i diametri dei tubi interni agli alloggi in base alle portate totali e si dimensionano i diametri dei tubi esterni agli alloggi in base alle portate di progetto e al carico unitario lineare.

E' importante fare alcune considerazioni sulla scelta di J : nei casi di alimentazione diretta da acquedotto è consigliabile adottare i seguenti valori $40 \leq J \leq 120$ mm c.a.m.⁴ per evitare velocità troppo basse o troppo alte, in caso di pressurizzazione dell'acqua invece, è preferibile usare valori compresi nel seguente intervallo $80 \leq J \leq 120$ mm c.a.m.[1]. Questi valori rappresentano un buon compromesso fra il costo dell'impianto, il contenimento dei fenomeni di colpi d'ariete e di eccessivi incrementi di pressione fra i vari punti di erogazione dell'impianto.

Nella scelta dei diametri, inoltre, bisogna rispettare dei limiti sulle pressioni e sulle velocità.

Generalmente è consigliabile avere delle pressioni a monte dei rubinetti più sfavoriti che variano tra i 10/15 m c.a. e i 40 m c.a.[1]. Queste non possono essere né troppo basse né troppo alte, in quanto se sono troppo basse non consentono l'erogazione delle portate minime richieste, se sono troppo alte possono danneggiare l'impianto, causare forti rumori e non consentire il controllo delle portate erogate.

Per quanto concerne le velocità all'interno delle tubazioni, secondo la norma UNI9182, esse devono essere minori di 2,0 m/s per distribuzioni primarie, colonne montanti, adduzioni di distribuzione al piano e di 4,0 m/s per linee di adduzione alle singole utenze [1]. Velocità troppo alte potrebbero causare perdite di carico troppo elevate e colpi d'ariete troppo forti.

1.1.4 Perdite di carico

Dopo aver dimensionato correttamente le tubazioni è necessario verificare tutte le perdite di carico presenti all'interno dell'impianto. Le perdite di carico sono perdite di pressione (trasformazioni irreversibili di energia meccanica in calore) causate dalle resistenze che il fluido incontra, attraversando una condotta. Possono essere:

- * continue: si manifestano lungo i tratti rettilinei e a sezione costante delle condotte;
- * localizzate: si manifestano in corrispondenza dei pezzi speciali (giunti, raccordi, curve, diramazioni, confluenze, ecc...) e dei componenti che fanno variare la direzione o la sezione di passaggio del fluido.

⁴[1] Doninelli Mario. Quaderni Caleffi. Impianti idrosanitari. NICOLINI EDITORE, 2001

Le perdite di carico continue possono essere calcolate con la formula di Darcy:

$$J = \frac{\lambda \cdot \rho \cdot v^2}{2 \cdot D} \quad (1.2)$$

dove:

J = perdita di carico continua unitaria, Pa/m

ρ = densità, kg/m³

D = diametro interno, m

λ è un fattore di attrito adimensionale, che può essere determinato in funzione del numero di Reynolds e della scabrezza relativa della condotta, sia in maniera grafica tramite l'abaco di Moody (1.5) sia in maniera analitica.

Come si evince dall'abaco in figura 1.5, per bassi valori del numero di Reynolds ($Re < 2300$), il moto è laminare e il diagramma è composto da un'unica retta, pertanto λ può essere determinato con la formula:

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad (1.3)$$

All'aumentare del numero di Reynolds, invece, il moto è turbolento ed è possibile distinguere due zone:

- * nella prima zona, valida per moto turbolento di transizione ($2300 < Re < 4000$), λ diminuisce all'aumentare del numero di Reynolds e può essere determinato con l'equazione di Colebrook:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log\left(\frac{\epsilon}{3,71D} + \frac{2,51}{Re\lambda}\right) \quad (1.4)$$

- * nella seconda, valida per moto assolutamente turbolento ($Re > 4000$), λ rimane costante all'aumentare di Re e può essere calcolato con l'equazione di Prandtl:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log\left(\frac{\epsilon}{3,71D}\right) \quad (1.5)$$

L'equazione di Colebrook non è, però, risolvibile in modo esplicito per cui, in genere si ricorre a formule semplificate per tubi a bassa scabrezza (1.6) e per tubi a media scabrezza: (1.7)⁵

$$\lambda = 0,316 \cdot Re^{-0,25} \quad (1.6)$$

$$\lambda = 0,07 \cdot Re^{-0,13} \cdot D^{-0,14} \quad (1.7)$$

Calcolato J , la perdita di carico continua per un tratto di tubazione di lunghezza L vale:

$$\Delta H = J \cdot L \quad (1.8)$$

⁵[4]Doninelli Marco; Doninelli Mario. Quaderni Caleffi. Tabelle e diagrammi perdite di carico acqua

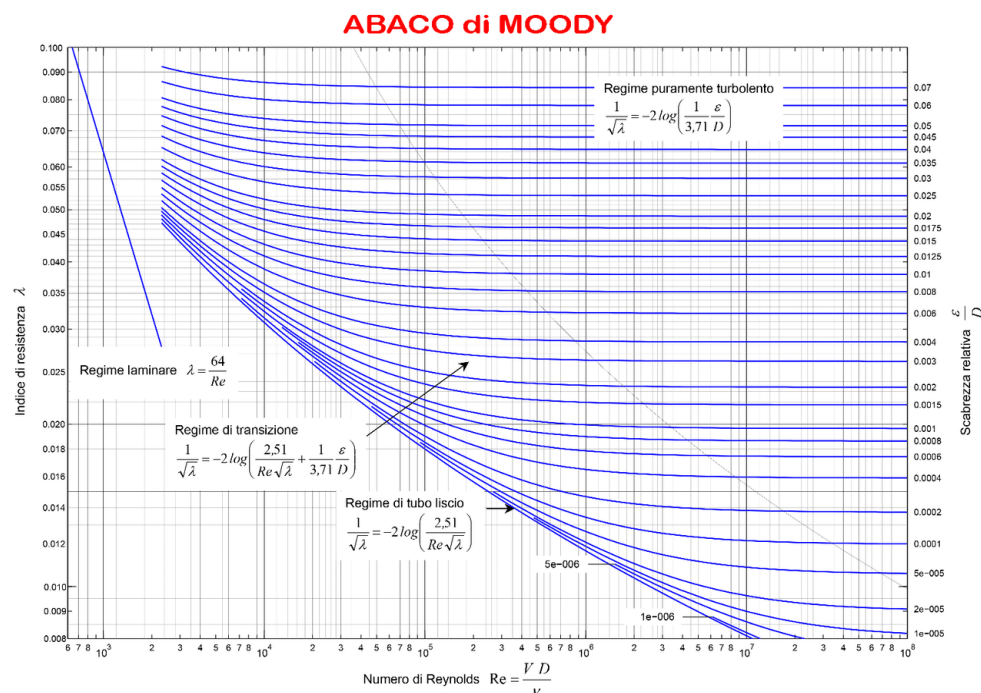


Figura 1.5: Abaco di Moody

Per la determinazione delle perdite di carico concentrate invece, possono essere adottati diversi metodi. Quello più comunemente utilizzato è il metodo diretto, il quale prevede il calcolo delle perdite di carico attraverso la seguente formula:

$$\Delta H_C = \frac{\xi \cdot \rho \cdot v^2}{2 \cdot 9,81} \quad (1.9)$$

dove:

ΔH_c = perdite di carico localizzate, mm c. a.⁶

ξ = coefficiente adimensionale di perdita localizzata, che può essere determinato tramite la tabella 1.6 in funzione del tipo di resistenza localizzata, del diametro e del materiale della tubazione lungo la quale si sta effettuando il calcolo.

ρ = densità, kg/m³

v = velocità, m/s

In una valutazione generale delle perdite di carico è opportuno considerare anche le perdite dovute alla presenza di eventuali organi accessori (contatore generale, discon-

⁶Il metro colonna d'acqua (abbreviato in mca o mH₂O) è un'unità di misura di pressione utilizzata in idraulica, definita come la pressione esercitata da una colonna verticale d'acqua dell'altezza di un metro. Espresso nel sistema internazionale (SI), 1 mH₂O è pari a 9806,65 Pa.

nettore, miscelatore termostatico, scambiatore di calore a piastre, addolcitore, dosatore di polifosfati, ecc..) ricavate dalle tabelle o dalle schede tecniche dei fornitori.

Diametro interno tubi in acciaio inox, rame e materiale plastico		8 + 16 mm	18 + 28 mm	30 + 54 mm	> 54 mm
Diametro tubi in acciaio		3/8" + 1/2"	3/4" + 1"	1 1/4" + 2"	> 2"
Tipo di resistenza localizzata	Simbolo				
Curva stretta a 90° <i>r/d = 1,5</i>		2,0	1,5	1,0	0,8
Curva normale a 90° <i>r/d = 2,5</i>		1,5	1,0	0,5	0,4
Curva larga a 90° <i>r/d > 3,5</i>		1,0	0,5	0,3	0,3
Curva stretta a U <i>r/d = 1,5</i>		2,5	2,0	1,5	1,0
Curva normale a U <i>r/d = 2,5</i>		2,0	1,5	0,8	0,5
Curva larga a U <i>r/d > 3,5</i>		1,5	0,8	0,4	0,4
Allargamento		1,0			
Restringimento		0,5			
Diramazione semplice con T a squadra		1,0			
Confluenza semplice con T a squadra		1,0			
Diramazione doppia con T a squadra		3,0			
Confluenza doppia con T a squadra		3,0			
Diramazione semplice con angolo inclinato (45° - 60°)		0,5			
Confluenza semplice con angolo inclinato (45° - 60°)		0,5			
Diramazione con curve d'invito		2,0			
Confluenza con curve d'invito		2,0			

Figura 1.6: Valori del coefficiente di perdita localizzata ξ

1.1.5 Sollevamento dell'acqua

Le reti di distribuzione di acqua sanitaria devono assicurare ad ogni punto di prelievo (lavandini, docce, ecc.) la corretta erogazione di acqua calda e fredda. E' opportuno, quindi, durante la progettazione di questi impianti non trascurare il controllo e la regolazione della pressione. A tale scopo, vengono normalmente utilizzati appositi sistemi, detti di sopraelevazione, i quali vengono scelti in base alla portata di progetto (G_{pr}) e alla differenza tra la pressione massima richiesta e la pressione a monte del gruppo di pressurizzazione (ΔH), la quale può essere calcolata utilizzando la formula inversa del metodo del carico unitario lineare (Eq. 3.1).

I sistemi di sopraelevazione della pressione (o gruppi di pressurizzazione) in genere sono utilizzati quando:

- * la pressione di alimentazione dalla rete pubblica risulta insufficiente: la prevalenza del gruppo di pressurizzazione deve essere pari alla differenza tra la pressione richiesta e quella disponibile dalla rete pubblica che di solito varia tra i 30 e i 40 m c.a.
- * è necessario distribuire acqua contenuta in serbatoi: la prevalenza del gruppo di pressurizzazione deve essere uguale a quella richiesta in quanto i serbatoi generalmente accumulano acqua a pressione atmosferica.
- * si deve prelevare acqua da un pozzo: la prevalenza del gruppo di pressurizzazione deve essere uguale a quella richiesta ma è molto importante verificare che la capacità di aspirazione della pompa sia maggiore della pressione di aspirazione richiesta. In genere questo valore è fornito dai produttori tramite i valori di NPSHr (Net Positive Suction Head required).

Questi sistemi hanno il compito di elevare la pressione ad un valore tale da garantire una corretta distribuzione dell'acqua alle utenze .

Spesso il gruppo di pressurizzazione può essere preceduto da un serbatoio di acqua in pressione, denominato autoclave, la cui funzione è quella di limitare il numero di avviamenti orari delle pompe grazie alla riserva idrica contenuta al suo interno, il cui volume può essere calcolato tramite la formula⁷:

$$V = 30 \cdot \frac{G_{pr} \cdot 60}{a} \cdot \frac{P_{max} + 1}{P_{max} - P_{min}} \quad (1.10)$$

dove:

V = Volume dell'autoclave, [l]

G_{pr} = Portata di progetto, [l/s]

P_{min} = Pressione min. di sopraelevazione [bar]

P_{max} = Pressione max. di sopraelevazione [bar]

a = Numero massimo orario degli avviamenti della pompa [h-1] ,tabellato al variare della potenza della pompa

Tale riserva può essere mantenuta in pressione tramite l'aria (1.7) oppure un diaframma in materiale elastico (membrana).

In figura (1.7) è rappresentato un tradizionale sistema di sopraelevazione dell'acqua, caratterizzato da un serbatoio autoclave contenente la riserva idrica. A monte della

⁷[5]Zinna Nino. Manuale degli impianti idrotermosanitari. Tecniche nuove, 2004

riserva è presente un'elettropompa, in grado di innalzare la pressione dell'acqua proveniente dalla rete pubblica, la quale è comandata da un pressostato di esercizio avente la funzione di attivare la pompa quando la pressione è troppo bassa o di disattivarla quando è troppo alta rispetto ai valori stabiliti. E' presente anche un dispositivo di blocco che serve ad impedire il funzionamento della pompa quando sussiste il pericolo di marcia a secco (cioè in assenza di liquido pompato). All'interno del serbatoio è presente anche un cuscino d'aria, mantenuto in pressione tramite dei sistemi di immissione dell'aria.

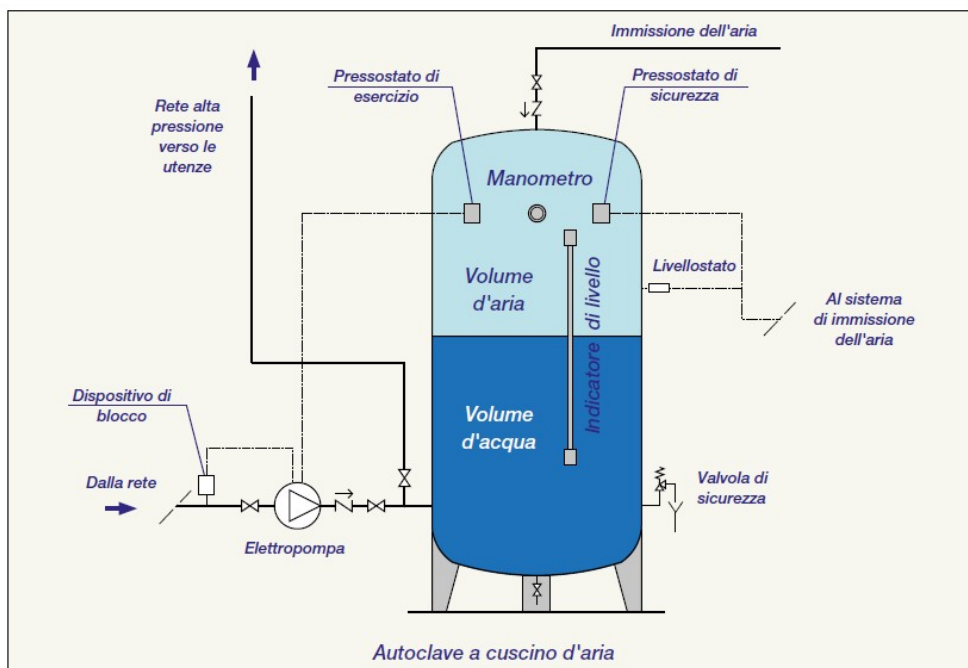


Figura 1.7: Autoclave a cuscino d'aria

1.1.6 Produzione acqua calda sanitaria

L'acqua calda sanitaria può essere prodotta con sistemi ad accumulo, istantanei e misti.

Sistemi ad accumulo

L'acqua calda è prodotta e accumulata in appositi serbatoi ad una temperatura di circa 15-20°C più elevata rispetto a quella alla quale viene utilizzata. Grazie all'accumulo è possibile far fronte al fabbisogno dei periodi di massima richiesta senza dover impegnare potenze termiche troppo elevate.

Un sistema ad accumulo, come rappresentato in figura 1.8, funziona nel seguente modo: un termostato di regolazione attiva o disattiva la pompa dello scambiatore di calore in relazione alla temperatura d'accumulo impostata sul termostato. In uscita invece, un miscelatore provvede poi a regolare la temperatura d'invio dell'acqua calda agli apparecchi utilizzatori.

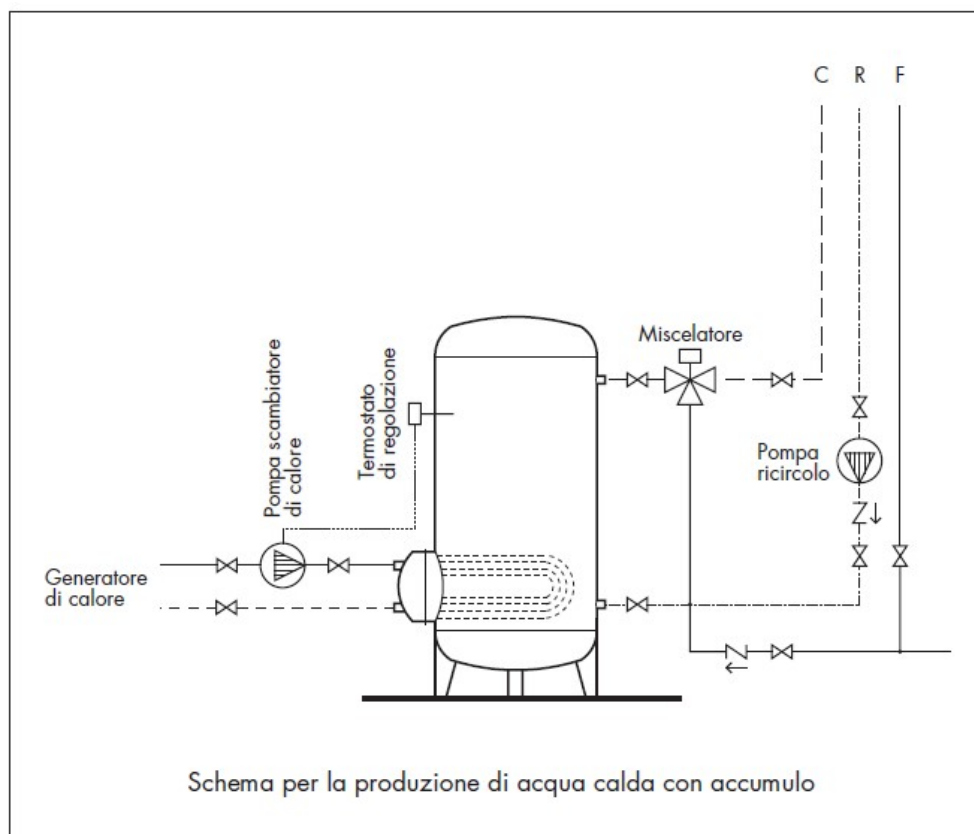


Figura 1.8: Schema per la produzione di acqua calda con accumulo

I bollitori utilizzati in sistemi di questo tipo possono essere tradizionali con scambiatori di calore a serpentino, a fascio tubiero, o a intercapedine. Vengono dimensionati tenendo conto di diverse grandezze:

- * periodo di punta, periodo in cui risulta più elevato il consumo d'acqua calda;
- * consumo d'acqua calda nel periodo di punta;
- * periodo di preriscaldamento, tempo impiegato per portare l'acqua (fredda) immessa nel bollitore fino alla temperatura di accumulo richiesta, generalmente 2h;
- * temperatura dell'acqua fredda;

- * temperatura di utilizzo dell'acqua calda;
- * temperatura di accumulo dell'acqua calda stabilita in relazione a diverse esigenze: evitare o limitare fenomeni di corrosione e deposito del calcare, limitare le dimensioni dei bollitori, impedire lo sviluppo dei batteri. Considerando tutti questi aspetti, in generale l'acqua viene accumulata a 60°C;
- * temperatura del fluido scaldante, scelta con l'obiettivo di evitare il deposito del calcare sul serpentino e limitare la superficie dello scambiatore di calore.

Il volume teorico dei bollitori può quindi essere determinato nel seguente modo:

1. si calcola il calore totale necessario per riscaldare l'acqua da erogare nel periodo di punta, moltiplicando il consumo d'acqua calda nel periodo di punta per il salto termico tra la temperatura alla quale viene utilizzata l'acqua e la temperatura dell'acqua fredda;

$$Q_t = C \cdot (t_u - t_f) \quad (1.11)$$

2. si calcola il calore orario che deve essere ceduto all'acqua, dividendo il calore appena calcolato per il tempo dato dalla somma fra il periodo di preriscaldamento e quello di punta (tempo in cui il calore deve essere ceduto);

$$Q_h = \frac{Q_t}{t_{pr} + t_{pu}} \quad (1.12)$$

3. si determina il calore da accumulare nella fase di preriscaldamento, moltiplicando il calore orario per il periodo di preriscaldamento;

$$Q_a = Q_h \cdot t_{pr} \quad (1.13)$$

4. si calcola infine il volume del bollitore dividendo il calore da accumulare per la differenza fra la temperatura di accumulo e quella dell'acqua fredda.

$$V = \frac{Q_a}{t_a - t_f} \quad (1.14)$$

Le superfici di scambio termico sono in genere determinate, per i bollitori ad intercapedine, con l'aiuto delle tabelle sperimentali dei Costruttori, per i bollitori a serpentino e a fascio tubiero con la formula:

$$S = \frac{Q_h}{k \cdot (T_{m1} - T_{m2})} \quad (1.15)$$

dove:

S = Superficie di scambio termico del serpentino o del fascio tubiero, m^2

Q_h = Calore orario che deve essere ceduto all'acqua, kcal/h

k = Coefficiente di scambio termico, $\frac{kcal}{h \cdot m^2 \cdot C}$

T_{m1} = Temperatura media del fluido scaldante ($^{\circ}C$), è la media fra le temperature di mandata e di ritorno del fluido scaldante.

T_{m2} = Temperatura media del fluido riscaldato ($^{\circ}C$), è la media fra le temperature dell'acqua fredda e quella di accumulo.

Come affermato in precedenza, l'acqua può essere prodotta anche con **sistemi istantanei** e **misti** in funzione delle esigenze dell'impianto.

Produzione istantanea

Per la **produzione istantanea** di acqua calda si possono utilizzare sistemi che derivano energia termica dalla fiamma dei bruciatori (il caso delle caldaie), dai generatori di calore, dal teleriscaldamento. In questo tipo di sistemi gli scambiatori di calore vengono dimensionati utilizzando formule e tabelle fornite dai produttori, conoscendo il calore da scambiare e le caratteristiche del circuito sanitario.

Produzione mista

Nel caso della **produzione mista**, l'acqua calda invece, è prodotta con un sistema in parte ad accumulo e in parte istantaneo. Per dimensionare questi impianti di norma si procede in base alla potenza termica disponibile oppure per tentativi alla ricerca della soluzione ottimale.

Nel primo metodo si calcola inizialmente la quantità d'acqua calda istantanea che si può produrre con la potenza termica disponibile e si determina poi (in relazione alla quantità d'acqua calda mancante) il volume dell'accumulo necessario.

Nel secondo, si ipotizzano quantità variabili di acqua calda prodotta in modo istantaneo e con accumulo, e in base a queste si dimensiona il sistema di produzione misto confrontando le soluzioni ottenute e scegliendo la più conveniente⁸.

1.1.7 Rete di ricircolo

La rete di ricircolo assume un ruolo fondamentale per il corretto funzionamento degli impianti di distribuzione sanitaria. In relazione a questo sistema di tubazioni la norma UNI9182 stabilisce quanto segue:

Nelle distribuzioni è indispensabile prevedere una rete di ricircolo che consenta all'acqua di restare in continuo movimento e di evitare le conseguenze della stagnazione quali perdita di calore e rischio igienico. Il ricircolo deve consentire l'erogazione dell'acqua calda alla temperatura di progetto entro 30 secondi.

⁸[1]Doninelli Mario. Quaderni Caleffi. Impianti idrosanitari. NICOLINI EDITORE, 2001

La rete di ricircolo quindi, serve a tenere in circolazione l'acqua calda per tre motivi principali:

- * garantire in corrispondenza di tutti i rubinetti temperature di erogazione pressochè costanti ed evitare lunghi tempi di attesa alla richiesta di acqua calda da parte di uno di essi;
- * impedire che, ristagnando, l'acqua possa raffreddarsi (per effetto delle dispersioni termiche) lungo i vari tronchi e ricadere all'interno del campo di proliferazione della Legionella ($20\div 50^{\circ}\text{C}$);
- * garantire la portata minima al miscelatore.

La rete di ricircolo deve essere dimensionata in modo tale da poter compensare le dispersioni termiche delle reti di acqua calda. A tal fine si può procedere stabilendo il salto termico ammesso (in genere 2°C) fra la temperatura di partenza dell'acqua calda e quella di erogazione all'apparecchio più sfavorito e ipotizzando che i tubi dell'acqua calda disperdano mediamente 10 kcal/h ogni metro⁹. Si determinano poi le portate dei vari tratti della rete in funzione di questi due parametri e della loro lunghezza. In base alle portate determinate, ipotizzando perdite di carico lineari costanti $J = 20 \text{ mm c.a./m.}$, per il dimensionamento di queste tubazioni si utilizzano le tabelle riportate sulle normative.

Affinchè la rete possa funzionare correttamente, è necessaria la presenza di un circolatore, dimensionabile considerando che:

- * la portata è uguale a quella massima della rete di ricircolo;
- * la prevalenza è determinabile con la formula:

$$H = L \cdot J \cdot f + H_A \quad (1.16)$$

dove:

H = prevalenza della pompa [mm c.a.]

L = lunghezza massima della rete di ricircolo [m]

J = valore assunto per le perdite di carico lineari [mm c.a./m]

f = fattore che tiene conto delle perdite di carico localizzate [adimensionale]

H_A = pressione nominale minima degli autoflow [mm c.a.] (da considerarsi solo per reti bilanciate con autoflow).

⁹L'indipendenza di tale valore dal diametro dei tubi deriva dal fatto che gli spessori dell'isolamento richiesto crescono col diametro dei tubi stessi

1.1.8 Trattamenti

L'acqua distribuita dagli impianti idrici può essere potabile o non potabile.

L'acqua non potabile, pur non rispondendo alle caratteristiche dell'acqua potabile, contiene sostanze o microrganismi non pericolosi per le persone che ne vengono a contatto e può essere utilizzata per alimentare gli apparecchi di un impianto idricosanitario.

L'acqua potabile invece è destinata al consumo umano, pertanto non deve contenere nè microrganismi patogeni, nè sostanze tossiche o chimiche che possano essere nocive alla salute dell'uomo. Le sue caratteristiche (chimiche, fisiche, organolettiche e batteriologiche) devono essere conformi a quanto stabilito da apposite leggi o regolamenti. In Italia è attualmente in vigore un Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri emanato l'8.2.85 e pubblicato sulla G.U. 108 del 9.5.85.

Tra le caratteristiche chimiche rivestono una particolare importanza il residuo fisso e la durezza. Il primo rappresenta il peso delle sostanze disciolte nell'acqua (mg/l), la durezza, invece, indica la quantità di sali incrostanti presenti all'interno, ed è espressa in mole al metro cubo o in gradi francesi (°f).

L'acqua potabile, inoltre, deve essere fresca, limpida¹⁰; incolore, inodore e di sapore gradevole.

L'acqua utilizzata dalle reti di distribuzioni interne non è allo stato puro, contiene bensì diverse sostanze, in sospensione o disciolte, che possono causare gravi danni sia agli impianti di distribuzione, sia agli apparecchi che la utilizzano. Queste sostanze possono essere:

- * **sali incrostanti** (soprattutto di calcio e magnesio): normalmente sciolti nell'acqua, depositandosi in seguito al suo riscaldamento possono formare incrostazioni e strozzature nelle tubazioni;
- * **sabbia e corpuscoli solidi**: si trovano normalmente in sospensione nell'acqua e sono in grado di alterare il normale funzionamento di componenti essenziali dell'impianto innescando fenomeni di corrosione;
- * **ferro**: in quantità troppo elevate può compromettere la potabilità dell'acqua e, depositandosi sotto forma di ossido o idrato, può ostruire le tubazioni, favorire i fenomeni corrosivi e lasciare macchie rossastre sulle superfici degli apparecchi sanitari;
- * **cloro**: generalmente utilizzato per disinfettare l'acqua, se presente in grandi quantità può alterarne il sapore e creare problemi a chi soffre di malattie intestinali;

¹⁰L'unità di misura della limpidezza è la torbidità, ovvero la presenza in acqua di 1 mg/l di SiO_2

- * **microrganismi** come batteri, funghi e alghe, che essendo in grado di superare i trattamenti a cui l'acqua potabile è normalmente sottoposta e di adattarsi alle scarse fonti di nutrimento, possono causare varie patologie e innescare fenomeni di corrosione.

Per eliminare o ridurre le sostanze nocive presenti nell'acqua possono essere utilizzate diverse apparecchiature:

- * **dosatori di sali** che servono ad immettere nell'acqua sali stabilizzatori (in genere fosfati e silicati) in grado di inibire la precipitazione dei sali incrostanti e formare film protettivi contro le corrosioni;
- * **addolcitori** che hanno la funzione di trasformare i sali incrostanti in sali solubili nell'acqua. L'addolcimento però è una tecnica che in alcuni casi può rendere l'acqua chimicamente aggressiva, pertanto è consigliabile integrare questo trattamento con dei sali stabilizzatori;
- * **filtri** in grado di trattenere la sabbia e i corpuscoli solidi sospesi nell'acqua;
- * **deferizzatori** che consentono di ridurre la quantità di ferro contenuta nell'acqua con un'azione combinata di precipitazione (per ossidazione del ferro) e filtrazione;
- * **decoloratori** che riducono la quantità di cloro quando presente in quantità troppo elevate, per mezzo di sostanze assorbenti e riducenti;
- * **lampade a raggi ultravioletti** (generalmente abbinate a filtri) che emettono raggi ultravioletti in grado di esercitare un'azione germicida¹¹.

1.1.9 Rischi connessi al batterio legionella

Un pericolo molto importante di cui bisogna tener conto per una corretta progettazione di un impianto idrico sanitario è la proliferazione del batterio Legionella. Il batterio Legionella è presente sia negli ambienti acquatici naturali sia in ambienti artificiali, come condotte cittadine e impianti idrici degli edifici, quali serbatoi, tubature, fontane e piscine. Gli impianti a rischio sono tutti quegli impianti e processi tecnologici che comportano un moderato riscaldamento dell'acqua (da 25 a 42°C) e la sua nebulizzazione (cioè la formazione di microgocce aventi diametri variabili da 1 a 5 micron). In Italia la normativa che regola la progettazione in relazione al problema della legionella è: **"Linee guida per la prevenzione ed il controllo della legionellosi – Ministero della Salute – Documento approvato in Conferenza Stato-Regioni nella seduta del 07/05/2015"**. Come precisano queste Linee Guida:

"la prevenzione delle infezioni da Legionella si basa essenzialmente sulla corretta progettazione e realizzazione degli impianti tecnologici che comportano un riscaldamento dell'acqua".

¹¹[8] Bearzi Vittorio. Manuale degli impianti idricosanitari. Tecniche Nuove, 1999

Le principali indicazioni da loro prescritte per un ottimale controllo della contaminazione da *Legionella* sono le seguenti:

- * nelle strutture di nuova edificazione e in quelle soggette a ristrutturazione totale le reti dell'acqua fredda e della acqua calda sanitaria devono essere adeguatamente distanziate tra loro e da altre fonti di calore, adeguatamente isolate termicamente e il più possibile lineari, evitando tubazioni con tratti terminali ciechi e senza circolazione dell'acqua.
- * i serbatoi di accumulo, quando installati, devono contenere acqua a una temperatura maggiore di 60°C, essere facilmente ispezionabili e disporre di due rubinetti: uno per effettuare le operazioni di spurgo del sedimento e uno per prelevare campioni di acqua da sottoporre ad indagini analitiche.
- * negli impianti d'acqua calda sanitaria centralizzati la proliferazione del batterio *Legionella* può essere minimizzata mantenendo la temperatura di distribuzione dell'acqua al di sopra dei 50°C. Considerando questo aspetto, si raccomanda inoltre la progettazione della rete di ricircolo dell'acqua calda.
- * nel caso in cui si dovessero riscontrare pericoli di ustioni dovranno essere prese adeguate precauzioni per minimizzare tali rischi, ad esempio l'installazione di opportune valvole termostatiche di miscelazione (TMV) in prossimità o sui terminali di erogazione.

Per prevenire e controllare la contaminazione del sistema idrico sono consigliate dalla normativa diverse misure da adottare.

Misure a breve termine

Per eliminare definitivamente la presenza di *Legionella* dalle reti di distribuzione di acqua calda, è necessario mettere in atto delle misure a breve termine, indicate come buone pratiche di manutenzione:

- * **decalcificazione degli elementi meno usurati** mediante immersione in soluzione acida (acido sulfamico, acido acetico, ecc.) e successiva disinfezione, per un tempo non inferiore a 30 min, in acqua fredda contenente almeno 50 mg/L di cloro libero;
- * **sostituzione** di giunti, filtri ai rubinetti, soffioni e tubi flessibili usurati alle docce;

Misure a lungo termine

Filtrazione al punto di utilizzo Consente la rimozione di *Legionella* dall'acqua in uscita al punto di utilizzo mediante l'impiego di una barriera meccanica. E' un sistema basato sull'installazione di filtri che devono essere sostituiti con regolarità a causa del progressivo intasamento.

Trattamento Termico Negli impianti i cui l'acqua è mantenuta a temperature comprese tra i 50 e i 55°C la proliferazione di *Legionella* viene rallentata, mentre per valori superiori a 60°C il numero di colonie si riduce in modo proporzionale al tempo di esposizione (pastorizzazione). Per il trattamento di disinfezione si utilizzano quindi due approcci:

- * **shock termico**: consiste nell'elevare la temperatura dell'acqua a 70-80°C per almeno 30 min al giorno per tre giorni consecutivi assicurando il suo deflusso da tutti i punti di erogazione. Alcuni autori, inoltre, raccomandano lo svuotamento preventivo dei serbatoi di acqua calda, la loro pulizia e la successiva decontaminazione con 100 mg/L di cloro per 12-14 ore. Durante lo shock termico è fondamentale verificare che la temperatura dell'acqua nei punti più distanti dell'impianto sia maggiore o uguale ai 60°C, altrimenti la procedura non assicura il raggiungimento dell'obiettivo. Al termine del trattamento bisogna effettuare un controllo batteriologico su campioni di acqua prelevati nei punti estremi dell'impianto. In caso di risultato sfavorevole, è necessario ripetere l'intera procedura fino alla decontaminazione della rete.
- * **mantenimento costante della temperatura a 60°C a monte della miscelazione con acqua fredda (disinfezione termica)**: si applica agevolmente agli impianti con due sistemi di regolazione della temperatura dell'acqua, nei quali il primo (costituito da un termostato regolato a 60°C) serve a regolare la temperatura alla quale l'acqua viene accumulata nei bollitori, mentre il secondo (costituito da un miscelatore termostatico posto all'uscita del bollitore) per controllare la temperatura di distribuzione di acqua calda a 48-53°C. Per quanto detto in precedenza, la *Legionella* non può svilupparsi nei bollitori, ma soltanto nelle reti di distribuzione e di ricircolo che richiedono quindi dei trattamenti di disinfezione termica, effettuati applicando la seguente procedura:
 - si innalza la temperatura di produzione dell'acqua calda sanitaria all'interno dei bollitori a 65°C (regolazione primaria);
 - si inibisce la miscelazione con acqua fredda attivando un by-pass al miscelatore (comandato da un'orologio programmato e da un'elettovalvola);
 - si effettua il ricircolo dell'acqua a 55-60°C in tutto l'impianto di distribuzione per almeno 30 min al giorno, preferibilmente durante le ore notturne al fine di evitare il contemporaneo consumo d'acqua da parte degli utenti.

Irraggiamento UV In questo metodo la luce ultravioletta a 254 nm inattiva i batteri dimerizzando la timina presente nel DNA e ne ostacola la replicazione. E' un metodo alternativo di disinfezione efficace in prossimità del punto di applicazione ma non è adeguato, come unica modalità, al trattamento di un intero edificio.

Clorazione Il cloro è un agente ossidante utilizzato con successo nel controllo igienico-sanitario delle acque potabili. L'inattivazione e la soppressione di *L. pneumophila* richiedono una concentrazione costante compresa tra 1 e 3 mg/L. Per il trattamento di disinfezione si utilizzano due approcci: l'iperclorazione shock e l'iperclorazione continua. Tali procedure generano un aumento della concentrazione in acqua del cloro residuo e dei potenziali sottoprodotti di disinfezione, che varia in base alle proprietà chimiche e chimico-fisiche dell'acqua e alle caratteristiche strutturali dell'impianto. Inoltre, dal momento che la sua attività biocida decresce rapidamente in ambiente alcalino, è necessario mantenere il pH dell'acqua a valori compresi tra 6 e 7 al fine di ridurre la sua concentrazione senza alterarne l'efficacia.

- * **iperclorazione shock:** dopo aver disattivato il riscaldamento del boiler ed atteso il raffreddamento dell'impianto fino a temperature inferiori ai 30°C, viene immesso del disinfettante(ipoclorito di sodio o di calcio) sull'acqua fredda di reintegro fino ad ottenere concentrazioni di cloro residuo libero di 20-50 mg/L in tutta la rete. Dopo un periodo di 2 h nel caso in cui vengano immessi 20 mg/L di cloro e di 1 h nel caso di 50 mg/L, l'acqua presente nel sistema di distribuzione viene drenata e sostituita con una nuova immissione di acqua fredda in quantità tale da ridurre la concentrazione di cloro residuo entro l'intervallo di 0,5-1,0 mg/L nei punti estremi dell'impianto.
- * **iperclorazione continua:** si effettua aggiungendo continuamente cloro sotto forma di ipoclorito di calcio o di sodio. I livelli residui di cloro in questo caso possono variare a seconda della qualità dell'acqua, del flusso e della presenza di biofilm tra 1 e 3 mg/L.

Disinfezione con biossido di cloro Il biossido di cloro, molto utilizzato in acquedottistica e contro la proliferazione della Legionella, rispetto al cloro è più attivo nei confronti del biofilm e mostra una diversa efficacia in funzione dei materiali impiegati nella rete di distribuzione.

Viene prodotto in loco utilizzando un apposito generatore installato in prossimità del punto di immissione in rete e deve avere una concentrazione efficace tra 0,1 e 1,0 mg/L a seconda delle peculiarità dell'impianto, delle caratteristiche chimiche dell'acqua e del livello quali-quantitativo della contaminazione da Legionella. In caso di rete fortemente contaminata, è consigliabile procedere con il lavaggio temporaneo della rete di distribuzione con biossido di cloro a concentrazioni comprese tra 5 e 10 mg/L, assicurando il flussaggio di tutti i punti di prelievo e bloccando il consumo dell'acqua calda sanitaria ad uso potabile. Al termine di questo breve trattamento shock, l'acqua viene drenata e sostituita con un nuovo apporto fino a ridurre la concentrazione del biocida ai livelli di routine (0,1-1,0 mg/L).

Ozonizzazione L'ozono è un eccellente biocida in grado di danneggiare irreversibilmente il DNA dei microorganismi. Un generatore può immetterlo in acqua alla concentrazione di 1-2 mg/L in funzione della velocità di flusso dell'acqua da trattare. Può essere impiegato solo per trattamenti brevi dell'impianto, perchè caratterizzato da un tempo di emivita estremamente breve non mostra effetto residuo. Ha un minimo impatto sul biofilm, produce sottoprodotti e, ad alte dosi, può danneggiare le condutture. La sua efficacia risulta moderatamente influenzata dal pH e dalla temperatura dell'acqua.

Disinfezione con monoclorammina Viene introdotta monoclorammina in acqua alla concentrazione di 2-3 mg/L. Trattamento recentemente scoperto e utilizzato in Italia per la disinfezione dell'acqua calda sanitaria.

Ionizzazione rame-argento Metalli come il rame e l'argento noti agenti battericidi. Gli ioni rame ed argento sono generati elettroliticamente in quantità proporzionale all'intensità di corrente applicata agli elettrodi ed al tempo di elettrolisi. La loro concentrazione in acqua, è di 0,02-0,08 mg/L per lo ione argento e di 0,2-0,8 mg/L per lo ione rame. L'impiego di questa tecnica necessita di verifiche sperimentali sull'efficacia nel sistema di applicazione.

Disinfezione con perossido di idrogeno e ioni argento Il trattamento viene effettuato tramite una soluzione stabile e concentrata contenente perossido di idrogeno (acqua ossigenata) e ioni argento, sfruttando l'azione battericida di ciascun componente e la sinergia che tra di loro si sviluppa (effetto catalitico dello ione argento).

Il reagente, in soluzione stabilizzata, viene immesso in rete mediante una pompa dosatrice. La loro concentrazione in acqua proposta per il controllo della contaminazione della rete idrica è di 10 mg/L per il perossido di idrogeno e di 10 g/L per lo ione argento.

Disinfezione con acido peracetico Alcune esperienze hanno dimostrato una discreta efficacia di questo biocida nei trattamenti shock.¹²

1.2 Impianto di scarico delle acque reflue

Un impianto idrico sanitario comprende anche un impianto di scarico delle acque reflue, che riceve e a convoglia il deflusso delle acque usate fino ai siti di recapito consentiti. Le acque usate possono essere così classificate:

¹²[7]Cagarelli R.; Caraglia A.; La Mura S. Linee guida per la prevenzione ed il controllo della legionellosi – ministero della salute – documento approvato in conferenza stato-regioni nella seduta del 07/05/2015

- * acque fecali nere: provengono dagli apparecchi nei quali avviene lo scarico di sostanze organiche (vasi, vuotatoi, orinatoi);
- * acque saponose bianche: provengono dalle apparecchiature in cui si fa largo uso di sapone e detersivi (lavabi, bidet, lavelli, lavastoviglie, lavatrici, docce);
- * acque grasse: provengono soprattutto dalle cucine di ospedali, mense e grandi alberghi;
- * acque di rifiuto speciali: provengono essenzialmente dalle lavorazioni industriali e artigianali.

1.2.1 Generalità sulle reti di scarico

La rete di scarico delle acque reflue è costituita dal sistema di tubazioni che servono a smaltire all'esterno dell'edificio le acque in uscita dai vari apparecchi sanitari.

Una rete di scarico è suddivisa in una rete di scarico esterna per le acque meteoriche (acque bianche) e una rete di scarico interna destinata allo smaltimento delle acque nere, composta da:

- * diramazioni: tratti orizzontali che raccolgono gli scarichi degli apparecchi sanitari nei singoli piani;
- * colonne: tratti verticali che raccolgono gli scarichi delle diramazioni;
- * collettori: tratti orizzontali, posti sotto il più basso dei piani serviti, che raccolgono gli scarichi delle colonne e scaricano in fognatura.

Le reti di scarico delle acque usate devono essere in grado di:

1. consentire il deflusso per gravità e in condotte non in pressione, in maniera rapida e senza ristagni, delle acque reflue verso il sistema di smaltimento esterno. A tal fine si devono realizzare le opportune pendenze e scegliere diametri tenendo conto che:
 - * diametri troppo piccoli possono generare intasamenti e ostruzioni della rete;
 - * diametri troppo grandi possono favorire il deposito di sedimenti e la formazione di incrostazioni;
2. impedire la fuoriuscita di liquami, gas, odori e germi patogeni.
3. resistere alle sollecitazioni termiche e meccaniche (urti e abrasioni) previste.
4. resistere alla possibile azione corrosiva dei liquami chimicamente aggressivi e dei gas che possono svilupparsi in rete.
5. smaltire i liquami senza provocare rumorosità eccessiva.
6. consentire la facile e completa pulizia di tutto l'impianto.

Le reti di scarico, inoltre, devono essere ventilate (collegate con l'esterno) per consentire una buona circolazione dell'aria e per evitare variazioni di pressione troppo elevate. Senza un'adeguata ventilazione, il liquame di scarico potrebbe agire come un vero e proprio stantuffo comprimendo l'aria sottostante e mandando in depressione quella che sta sopra. Nascerebbero in questo modo sovrappressioni e depressioni in rete tali da compromettere il regolare funzionamento del sistema di scarico, in quanto:

- * le sovrappressioni potrebbero causare rigurgiti attraverso i sifoni con eventuale fuoriuscita di liquami, gas e germi patogeni;
- * le depressioni potrebbero invece comportare l'aspirazione dei sifoni, e quindi far mancare i "tappi idraulici" che impediscono la fuoriuscita dei gas e dei germi che si sviluppano in rete.

1.2.2 Dimensionamento della rete di scarico

Per permettere il corretto deflusso delle acque ed il loro convogliamento nella rete fognaria deve essere effettuato un ottimo dimensionamento della rete di scarico. A tale scopo si procede nel seguente modo:

1. si determinano le portate nominali di tutti i punti di scarico secondo i valori riportati nella tabella A.7;
2. determinate le portate nominali, si calcolano le portate totali dei vari tratti di rete;
3. si calcolano poi le portate di progetto tramite apposite tabelle in relazione alle portate totali e al tipo di utenza oppure tramite la seguente formula derivata dalle **DIN 1986** (Deutsches Institut für Normung e.V., Istituto tedesco per la standardizzazione):

$$G_{pr} = F \cdot (G_t)^{0.5} \quad (1.17)$$

dove:

G_{pr} = Portata di progetto, l/s

F = Fattore di contemporaneità

G_t = Portata totale (somma delle portate nominali che scaricano nel tronco di rete considerato), l/s

4. si scelgono poi (con l'aiuto di apposite tabelle, riportate in figura 1.9) i diametri dei tubi in base alla loro collocazione, alla loro pendenza e alla portata di progetto.

Per rendere più semplice e rapido il dimensionamento delle derivazioni interne agli edifici di tipo residenziale si possono utilizzare le seguenti regole empiriche:

- * il diametro del tubo di scarico di ogni apparecchio si assume uguale a quello consigliato nella tabella A.8;

COLLETTORI INTERNI Portate ammesse [l/s] in relazione alla pendenza dei tubi						DERIVAZIONI INTERNE Portate ammesse [l/s] in relazione alla pendenza dei tubi					
DN	1,0%	1,5%	2,0%	2,5%	3,0%	DN	0,5%	1,0%	1,5%	2,0%	2,5%
63	0,9	1,2	1,4	1,6	1,7	40	0,11	0,15	0,19	0,22	0,24
75	1,7	2,0	2,4	2,6	2,9	50	0,21	0,30	0,37	0,43	0,48
90	2,5	3,0	3,5	4,0	4,3	63	0,43	0,61	0,75	0,87	0,98
110*	4,5	5,5	6,4	7,1	7,8	75	0,72	1,03	1,26	1,46	1,64
125	6,5	8,0	9,2	10,3	11,3	90	1,05	1,53	1,88	2,18	2,44
160	13,0	16,0	18,5	21,0	23,0	110*	1,95	2,79	3,42	3,96	4,43
200	23,8	29,2	33,7	37,7	41,4	125	2,85	4,05	4,97	5,75	6,43
250	43,2	53,0	61,2	68,5	75,0	160	5,70	8,23	10,10	11,68	13,07
315	79,8	97,8	113,0	126,5	138,6						

Figura 1.9: Tabelle delle portate ammesse per il dimensionamento dei tubi di scarico

- * da 2 a 4 apparecchi (escluso il WC) si possono "scaricare" con derivazioni interne del 50;
- * le derivazioni interne (esclusa quella che collega il WC alla colonna) non devono coinvolgere le acque di più di 4 apparecchi, in modo tale da evitare tubi con diametri troppo grandi che renderebbero più difficile la posa in opera.

1.2.3 Tubazioni

Per la realizzazione delle reti di scarico, devono essere utilizzati tubi in grado di resistere:

- * alle sollecitazioni termiche e meccaniche;
- * alla possibile azione corrosiva dei liquami chimicamente aggressivi e dei gas che possono svilupparsi in rete;
- * alla possibile azione corrosiva del terreno in cui possono essere posti i tubi.

Preso atto di questi aspetti, si utilizzano le seguenti tipologie di tubazioni:

- * TUBI IN POLIETILENE AD ALTA DENSITÀ (Pead): hanno elevate proprietà meccaniche sia a temperature molto basse sia in presenza di acqua bollente (Fig. 1.14);
- * TUBI IN POLIPROPILENE (PP): realizzati con una resina che presenta minor densità e minor coefficiente di dilatazione rispetto al Pead;
- * TUBI IN CLORURO DI POLIVINILE (PVC): hanno buone proprietà meccaniche, resistenza all'abrasione, alla corrosione e all'usura. Sono inoltre leggeri, economici, ecologici e idrorepellenti (Fig. 1.13);

- * TUBI IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO: hanno principalmente una resistenza all'abrasione e all'aggressione chimica non molto elevata (Fig. 1.10);
- * TUBI IN FIBROCEMENTO: sono resistenti all'abrasione chimica, ed hanno un'elevata resistenza all'aggressione chimica, che può essere migliorata con impregnazione interna o esterna e rivestimento interno;
- * TUBI IN ACCIAIO: sono altamente conduttivi, vengono perciò protetti con una protezione catodica (Fig. 1.11);
- * TUBI IN GRÈS: sono inattaccabili da qualsiasi sostanza acida o basica a qualsiasi temperatura o concentrazione. Il gres è un materiale fragile, pesante e pregiato;
- * TUBI IN GHISA: hanno buona resistenza all'aggressione chimica, una buona resistenza meccanica alla flessione longitudinale, all'ovalizzazione e una scabrezza che si mantiene costante nel tempo (Fig. 1.12);



Figura 1.10: Tubazioni in conglomerato cementizio



Figura 1.11: Tubazioni in acciaio



Figura 1.12: Tubazioni in ghisa



Figura 1.13: Tubazioni in PVC



Figura 1.14: Tubazioni in PEAD

Scelta la tipologia di tubazione, è opportuno seguire un'attenta procedura per la posa in opera nel terreno dei tubi di scarico, come riportato in figura 1.15:

1. si realizza uno scavo con pendenza uguale a quella prevista per i tubi e con fondo piano, privo di irregolarità con queste caratteristiche:
 - * larghezza dello scavo: $40 \text{ cm} + \text{il diametro del tubo}$;
 - * profondità dello scavo:
 - 80 cm quando i tubi passano sotto strade;
 - 50 cm quando i tubi non passano sotto strade;
 - in zone che devono sopportare carichi molto elevati, oppure dove non sono consentite le profondità di cui sopra, vanno adottare soluzioni particolari.
2. si deve poi realizzare il letto di posa, con circa 10 cm di ghiaia pressata;
3. porre in opera i tubi, controllando la pendenza ed evitando possibili ondulazioni;
4. realizzare lo strato di riempimento, a strati di 10 cm di materiale per volta, fino alla copertura dei tubi pressando il materiale;
5. riempire lo scavo, con materiale di riporto privo di pietre e grossi sassi.¹³

1.2.4 Trattamenti

Prima di progettare un impianto di scarico delle acque reflue devono essere individuati i trattamenti appropriati, in conformità alle indicazioni dell'**Allegato 5 alla Parte Terza del D.Lgs 152/06**, con l'obiettivo di:

¹³[1]Doninelli Mario. Quaderni Caleffi. Impianti idrosanitari. NICOLINI EDITORE, 2001

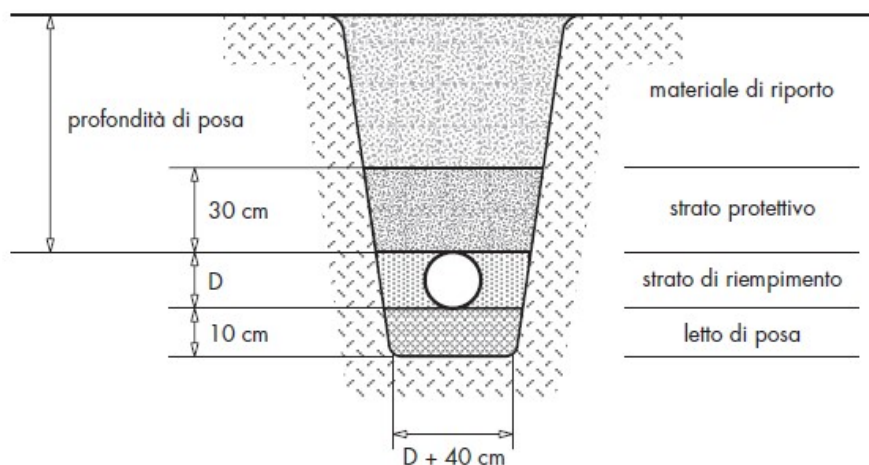


Figura 1.15: Posa dei tubi nel terreno

- * rendere semplice la manutenzione e la gestione;
- * essere in grado di sopportare adeguatamente forti variazioni orarie del carico idraulico ed organico;
- * minimizzare i costi gestionali.

Gli impianti di trattamento appropriato, al fine di garantire il raggiungimento o il mantenimento degli obiettivi di qualità ambientale dei corpi idrici superficiali e di quelli nei quali viene scaricata l'acqua, devono rispettare le seguenti condizioni:

- * garantire la tutela della falda e il rispetto delle disposizioni per la tutela igienico-sanitaria;
- * essere dimensionati e realizzati a regola d'arte;
- * garantire nel tempo il corretto stato di conservazione, manutenzione e funzionamento.

Tali trattamenti possono essere primari o secondari e devono essere dimensionati in base al numero degli abitanti equivalenti da servire, unità di misura del carico inquinante di natura biodegradabile veicolato dalle acque reflue.

Calcolo degli abitanti equivalenti

Gli A.E. sono definiti attraverso i seguenti parametri:

- * richiesta biochimica di ossigeno a 5 giorni (BOD5) ai sensi dell'art. 74 - comma 1 - lett. a) del D. Lgs. 152/2006,

- * richiesta chimica di ossigeno (COD)
- * volume di scarico

Vengono determinati numericamente mediante applicazione delle seguenti equivalenze:

- * 1 A.E. = richiesta biochimica di ossigeno a 5 giorni (BOD5) = 60 grammi di ossigeno al giorno;
- * 1 A.E. = richiesta chimica di ossigeno (COD) = 130 grammi di ossigeno al giorno;
- * 1 A.E. = volume di scarico = 200 litri al giorno¹⁴.

Il numero di A.E. da assumere come riferimento per il dimensionamento e la scelta del sistema di trattamento delle acque reflue domestiche sarebbe pari al valore più alto trovato applicando queste equivalenze, ma in termini pratici, viene calcolato seguendo questi parametri:

- * Per una civile abitazione si considera 1 A. E. per camere da letto con superficie fino a 13,90 mq, 2 A. E. per camere da letto con superficie superiore a 14 mq;
- * Per un albergo o complesso ricettivo si deve aggiungere 1 A. E. ogni qual volta la superficie di una stanza aumenta di 6 m² oltre i 14 m²;
- * Per le case di vacanza o situazioni particolari in cui l'utilizzo stagionale consente forti densità abitative è opportuno riferirsi alla potenzialità massima effettiva prevedibile;
- * Per le fabbriche o laboratori artigiani si considera 1 A. E. ogni 2 dipendenti, fissi o stagionali, durante la massima attività;
- * Per ditte, uffici commerciali, negozi si considera 1 A. E. ogni 3 dipendenti, fissi o stagionali, durante la massima attività;
- * Per ristoranti e trattorie è necessario quantificare la massima capacità ricettiva delle sale da pranzo considerando che una persona occupa circa 1,20 m², al numero dei clienti si somma il personale dipendente; il numero di A.E. viene calcolato considerando che 1 A.E. equivale a 3 persone così calcolate;
- * Bar, circoli e club come al punto precedente, ma calcolando 1 A. E. ogni 7 persone;
- * Per cinema, stadi e teatri ogni trenta utenti corrisponde 1 A. E.;
- * Per scuole e palestre ad ogni 10 frequentanti, calcolati sulla massima potenzialità, corrisponde 1 A. E.;
- * Per campeggi 1 A. E. ogni 4 frequentanti.¹⁵

¹⁴[6]Regolamento regionale. Bollettino ufficiale della regione puglia - n. 195 del 16-12-2011. pages 14-24

¹⁵Fonte: <https://www.edilimpianti.it/supporto-tecnico/calcolo-abitanti-equivalenti#:~:text=per%20il%20calcolo%20degli%20abitanti,ogni%203%20persone%20cos%C3%AC%20risultanti>.

Trattamenti primari

Il trattamento primario produce una chiarificazione del liquame riducendone il carico inquinante, ottenendo la sedimentazione del materiale grossolano trasportato dallo scarico e la separazione dei grassi e degli oli. Le principali tecnologie, adottabili nell'ambito di questi trattamenti, sono:

- Fosse settiche di tipo tradizionale a due o tre camere
- Fosse settiche di tipo IMHOFF

Fosse settiche di tipo tradizionale Le fosse settiche (in figura 1.16) sono delle vasche interrato (in cemento armato, plastica, vetroresina, acciaio o altro) utilizzate nelle zone non servite dalla fognatura pubblica, o in alcuni casi anche in presenza della possibilità di allacciamento alla fognatura pubblica. Essa effettua una prima digestione della materia organica, e separa le sostanze galleggianti (ad esempio, oli e grassi) dalle sostanze solide delle acque reflue.

Solitamente una fossa settica è costituita da una vasca suddivisa in due o più comparti, detti "camere". Le camere sono divise da dei setti ma collegate idraulicamente tra di loro, in modo che le acque reflue immesse dalle tubazioni, possano percorrere un determinato percorso e uscire da altre tubature di scarico.

Una volta entrate nella fossa, le acque reflue seguono un percorso obbligato attraverso i setti di separazione, i quali impediscono il passaggio tra le varie camere, delle sostanze galleggianti e dei solidi che si vanno a sedimentare sotto forma di fanghi. All'interno dei fanghi avviene una fermentazione anaerobica che porta alla formazione di gas, i quali non possono ritornare attraverso le tubature grazie al modo in cui sono stati progettati i setti e i sifoni idraulici.

Quando viene dimensionata adeguatamente, una fossa settica è in grado di trattenere circa il 50% dei solidi sospesi, ma l'acqua in uscita chiarificata e resa più semplice da trattare dovrà essere seguita da un adeguato processo di depurazione secondaria poiché i rendimenti depurativi in relazione all'abbattimento del BOD5 e della carica batterica sono ancora piuttosto modesti, attestandosi sul 30-40 %¹⁶.

Fosse settiche di tipo IMHOFF Le vasche di tipo Imhoff (in figura 1.17) possono essere utilizzate in tutti i casi di insediamenti civili di consistenza inferiore a 5.000 m³. Sono dotate di un coperchio di ispezione e suddivise in due comparti comunicanti idraulicamente tra di loro: il comparto superiore nel quale avviene la sedimentazione, dotato di una sezione a tramoggia con un'apertura verso il comparto inferiore, dedicato alle funzioni di accumulo e digestione anaerobica dei fanghi più pesanti.

¹⁶Fonte : <https://www.acquereflue.it/la-fossa-settica/>

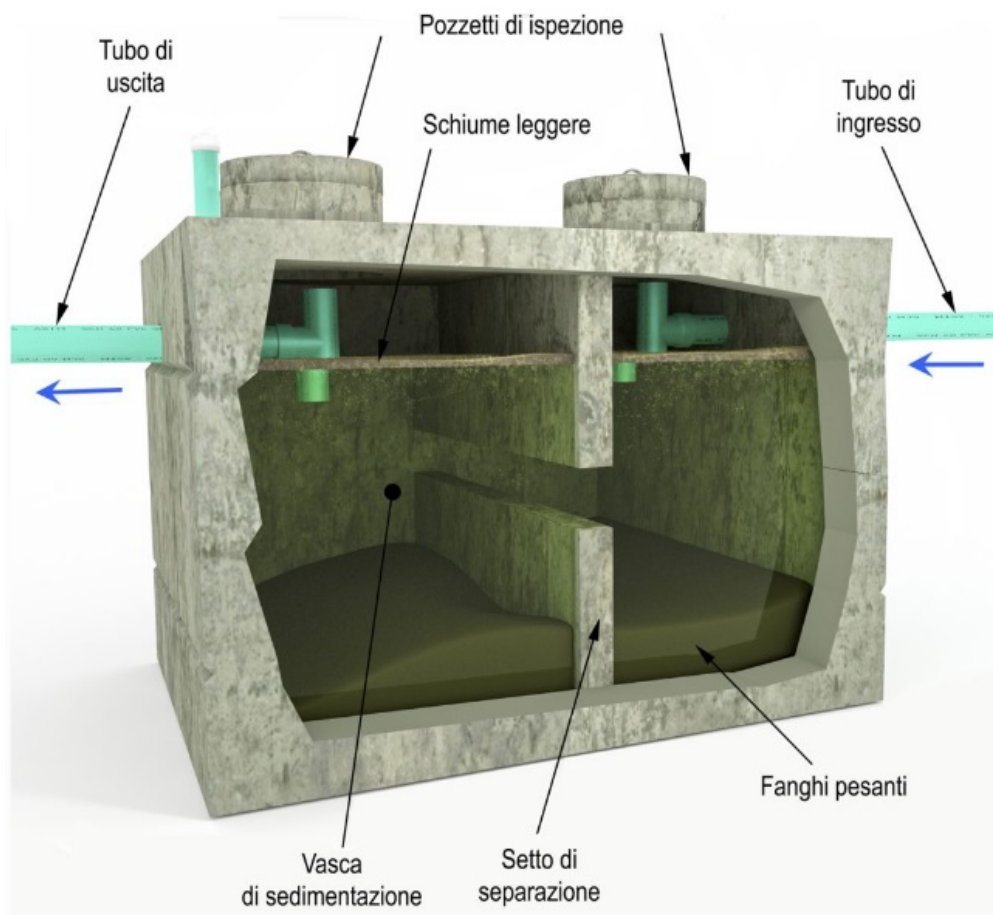


Figura 1.16: Fossa settica

Il loro funzionamento è molto semplice, l'acqua da trattare entra nel comparto superiore dove avviene una separazione per gravità: le sostanze più leggere (schiume, oli, ecc.) si accumulano in superficie, mentre avviene una sedimentazione dei fanghi più pesanti, che scivolano lungo le pareti inclinate e passano nel comparto di digestione sottostante. I fanghi sedimentati, una volta accumulati nel comparto inferiore, vengono digeriti dai batteri anaerobici che ne riducono il carico inquinante. Periodicamente è necessario procedere al prelievo e allo smaltimento della parte inferiore dei fanghi.

Con una fossa biologica Imhoff si riesce ad ottenere solo una depurazione primaria, in quanto il carico inquinante viene ridotto solamente del 30 – 35%, pertanto le acque in uscita devono essere smaltite mediante impianti di subirrigazione e fitodepurazione.¹⁷

¹⁷Fonte: <https://www.acquereflue.it/la-vasca-imhoff/>

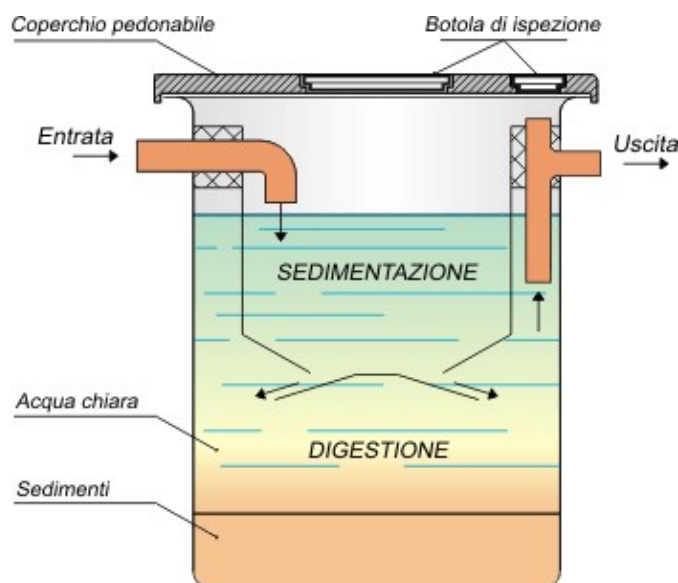


Figura 1.17: Fossa IMHOF

Trattamenti secondari

I trattamenti secondari, posti a valle di un trattamento primario, completano i trattamenti appropriati realizzando oltre alla chiarificazione dell'effluente di scarico un sostanziale abbattimento dei principali inquinanti.

Per una corretta valutazione e progettazione dei sistemi depurativi è necessario richiedere una Relazione Geologica e in particolare porre attenzione alle capacità di assorbimento del terreno. Tra i trattamenti secondari più importanti ritroviamo: la subirrigazione e la fitodepurazione.

Subirrigazione E' un sistema di smaltimento delle acque reflue nelle parti superficiali del terreno che permette un'ulteriore depurazione dei liquami grazie ai processi naturali di auto depurazione, biologica e chimica, che avvengono in tutti i terreni, i quali devono rientrare nelle caratteristiche previste dalla prova di percolazione.

Il sistema di subirrigazione, rappresentato in figura 1.18, può essere descritto nel seguente modo: il liquame chiarificato proveniente dai trattamenti primari, mediante condotta a tenuta realizzata con una pendenza minima del 0,5%, giunge in un pozzetto dotato di sifone di cacciata, che ha la funzione di garantire una distribuzione uniforme del liquame lungo tutta la condotta disperdente e assicurare un certo intervallo di tempo tra l'immissione del liquame e lo scarico nella rete di sub-irrigazione, in modo tale da agevolare l'ossigenazione e l'assorbimento del terreno.

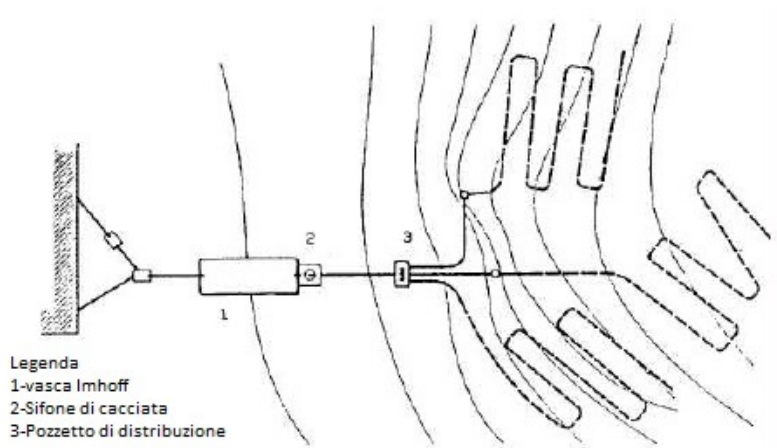


Figura 1.18: Andamento planimetrico delle condotte di subirrigazione

La condotta disperdente può essere unica, ramificata e su più linee in parallelo. Viene posta in una trincea di adeguata profondità e dimensionata, secondo quanto riportato nella seguente tabella:

Principali elementi per il dimensionamento	
Trincea	profondità 600÷700 mm
	Larghezza ≥ 400 mm
Condotta disperdente (costituita da elementi tubolari)	Diam. = 100÷120mm
	L = 300 ÷ 500 mm x elemento
	Pendenza = 0.2 ÷ 0.5 %

Figura 1.19: Principali elementi per il dimensionamento della trincea e della colonna disperdente

Lo sviluppo della condotta disperdente, in funzione della natura del terreno, si assume pari a 2 – 5 m per A.E. in funzione della permeabilità del terreno ricavabile da indagini geologiche.

Essa viene collocata all'interno di una trincea il cui fondo, per almeno 30 cm è occupato da un letto di pietrisco di tipo lavato al cui centro viene collocata la condotta disperdente. La parte superiore della massa ghiaiosa prima di essere coperta con il terreno di scavo, deve essere protetta con uno strato di materiale del tipo tessuto non tessuto che ne impedisca l'intasamento dal terreno sovrastante e garantisca l'aerazione del sistema drenante. La trincea dovrà essere ubicata tenendo conto di diversi fattori definiti dalla norma e dovrà seguire l'andamento delle curve di livello per mantenere la condotta disperdente in idonea pendenza. Alla fine dei lavori, la sommità dovrà risultare rilevata rispetto al terreno adiacente,

in modo tale da evitare la formazione di avvallamenti che porterebbero alla formazione di linee di compluvio ed eventuale penetrazione delle acque meteoriche nella rete drenante.

Nel caso di terreni impermeabili si può realizzare una Subirrigazione-Drenata. In questo caso il liquame rilasciato dalla condotta disperdente percola in uno strato di pietrisco e viene raccolto da una seconda condotta denominata "drenante", posizionata al di sotto della prima. In questo sistema viene inoltre prevista la posa in opera di tubi di aerazione che consentono al liquame di essere ossidato.

Fitodepurazione Con il termine fitodepurazione si intende un processo naturale di trattamento delle acque di scarico basato sui processi fisici, chimici e biologici caratteristici degli ambienti acquatici e delle zone umide. Si tratta essenzialmente di sistemi ingegnerizzati progettati per riprodurre i naturali processi autodepurativi presenti nelle zone umide. Tali sistemi sono posti a valle di un trattamento primario e sono costituiti da un bacino impermeabilizzato riempito con materiale ghiaioso e da piante acquatiche. All'uscita si ottiene esclusivamente acqua depurata a norma di legge, senza alcuna produzione di fanghi.

La depurazione avviene mediante l'azione combinata tra substrato ghiaioso, piante, refluo e microrganismi presenti. Con il passaggio delle acque reflue all'interno del substrato ghiaioso, si formano microrganismi che mettono in atto reazioni biochimiche di degradazione delle sostanze inquinanti. Le piante, oltre a partecipare attivamente all'eliminazione degli inquinanti, forniscono l'ossigeno necessario alle reazioni trasportandolo dall'apparato foliare a quello radicale. Per questo motivo solo le specie vegetali che possiedono determinate caratteristiche possono essere impiegate negli impianti di fitodepurazione: in particolare le specie più utilizzate a livello internazionale sono *Phragmites Australis*, *Carex*, *Juncus*, *Typha*, *Iris*.

Il sistema può essere definito "ecocompatibile", perchè può funzionare senza l'aggiunta di energia e senza parti elettromeccaniche.¹⁸.

La fitodepurazione può essere:

- a flusso libero – FWS
- a flusso sub-superficiale orizzontale – SFS-h (Fig. 1.20)
- a flusso sub-superficiale verticale – SFS-v (Fig. 1.21)
- ibrido

Nella seconda e nella terza tecnica con il termine "orizzontale" e "verticale" si individua l'andamento del refluo all'interno del bacino: nel primo caso il refluo lo attraversa orizzontalmente grazie anche ad una leggera pendenza del fondo vasca, nel secondo viene immesso verticalmente, raccolto dal fondo del bacino tramite un sistema di captazione ed inviato al corpo recettore. I sistemi a flusso libero invece sono veri e propri stagni con profondità

¹⁸Fonte: <https://www.fitodepurazione.it/fitodepurazione.htm>

di poche decine di centimetri e necessitano di ampie superfici. Alcuni sistemi sono invece definiti ibridi, perchè sono caratterizzati da vasche a flusso orizzontale e vasche a flusso verticale.

Per ogni tipologia di fitodepurazione si procede al dimensionamento del vasoio assorbente e della colonna disperdente utilizzando apposite tabelle¹⁹.

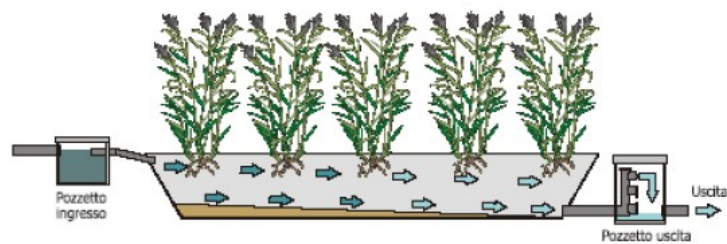


Figura 1.20: Fitodepurazione – SFS-h

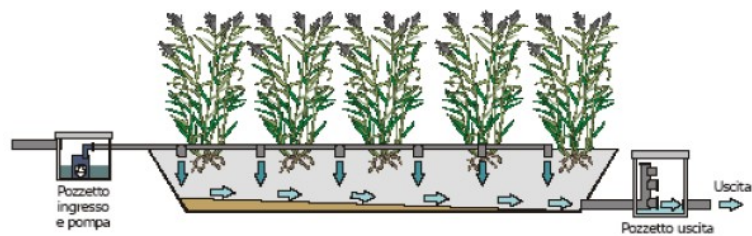


Figura 1.21: Fitodepurazione – SFS-v

¹⁹[6]Regolamento regionale. Bollettino ufficiale della regione puglia - n. 195 del 16-12-2011. pages 14–24

1.2.5 Opere d'arte

All'interno di una rete di scarico o di ciascun tipo di trattamento, sono presenti delle opere d'arte che contribuiscono al corretto funzionamento dell'impianto e al normale deflusso delle acque reflue. Tra questi ritroviamo:

- Degrassatori: utilizzati in tutte quelle attività dove sono presenti notevoli quantità di grassi, oli vegetali e animali. Il degrassatore per cucine (di ristoranti, alberghi, ospedali, abitazioni) è una vasca in cemento di calma in cui si dà modo agli oli, grassi, schiume, di flottare secondo meccanismi fisici di separazione. Viene installato a monte di trattamenti primari (vasche Imhoff) o di quelli biologici, oppure direttamente presso le utenze responsabili dei maggiori scarichi di oli e grassi animali, vegetali;
- Pozzetti di ispezione: manufatti (prefabbricati) inseriti nella rete di fognatura che hanno funzione di sorveglianza e pulizia dei tratti fognari tra pozzetto e pozzetto. Consentono curve, confluenze e cadute;
- Pozzetti di confluenza, curva e salto: sono realizzati, rispettivamente, in corrispondenza di incroci, deviazioni altimetriche e planimetriche;
- Pozzetti di carico con sifone di cacciata: hanno lo scopo di scaricare automaticamente una quantità di acqua prestabilita con una certa pressione, che consente una sorta di "risciacquo" delle tubature. Di solito vengono installati a valle di fosse Imhoff o fosse settiche, prima di immettere il liquame chiarificato all'interno delle condotte di subirrigazione;

1.3 Normativa di riferimento

Si elencano di seguito le principali norme alle quali si fa generalmente riferimento per la progettazione di un impianto idrico sanitario e fognario.

1.3.1 Qualità dell'acqua

- **DIRETTIVA 98/83/CE DEL CONSIGLIO** (in revisione)
"concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano".
- **DECRETO LEGISLATIVO 2 febbraio 2001, n. 31**
"Attuazione della direttiva 98/83/CE relativa alla qualità delle acque destinate al consumo umano".
- **D.M. n. 174/2004** (in revisione)
"Ministero della Salute. Regolamento concernente i materiali e gli oggetti che possono essere utilizzati negli impianti fissi di captazione, trattamento, adduzione e distribuzione delle acque destinate al consumo umano".

- **UNI EN 1717:2002** (in revisione)

“Protezione dall'inquinamento dell'acqua potabile negli impianti idraulici e requisiti generali dei dispositivi atti a prevenire l'inquinamento da riflusso”.

- **Linee guida per la prevenzione ed il controllo della legionellosi 2015**

1.3.2 Impianto idrico sanitario

- **UNI EN 806 – Parti 1,2,3,4,5** (in revisione)

“Specifiche relative agli impianti all'interno di edifici per il convogliamento di acque destinate al consumo umano”

- **UNI 9182:2014**

“Impianti di alimentazione e distribuzione d'acqua fredda e calda - Progettazione, installazione e collaudo”

- **prEN 806** (normativa europea)

1.3.3 Impianto di scarico delle acque reflue

- **UNI EN 12056:2001**

“Sistemi di scarico funzionanti a gravità all'interno degli edifici – Impianti per acque reflue, progettazione e calcolo”

- **D. Lgs. 152/06**

Capitolo 2

Soluzioni alternative di progetto

Nella progettazione e nel dimensionamento dell'impianto idrico sanitario sono state adottate le soluzioni che più si adattavano alle caratteristiche della masseria e alle richieste della committenza. In questo capitolo si riportano le ipotesi e le valutazioni effettuate nella fase preliminare di progettazione e le eventuali soluzioni alternative adottabili nella realizzazione delle reti di adduzione e di scarico che sono state confrontate con quelle da noi scelte.

2.1 Schematizzazione della rete di adduzione

Prima di procedere con il dimensionamento delle tubazioni, sono state effettuate diverse ipotesi circa la schematizzazione della rete e la posizione di condotte e collettori della rete di adduzione.

- *1°Ipotesi*: un collettore principale in grado di servire tre collettori di zona, di cui il primo per alimentare gli appartamenti, il secondo la cucina e i servizi ristorante, il terzo i servizi presenti nell'area giardini (2.1);
- *2°Ipotesi*: un collettore principale da cui si dipartono 3 reti di cui una con una montante orizzontale a servizio dei 5 appartamenti, una della cucina e dei servizi ristorante e l'ultima della zona giardini (2.2);
- *3°Ipotesi*: un collettore principale da cui si diramano due reti: una per alimentare i 5 appartamenti, i 2 spogliatoi e una delle due sale ristoro, la seconda per servire la cucina, il bar e la sala ristoro restante (2.3).

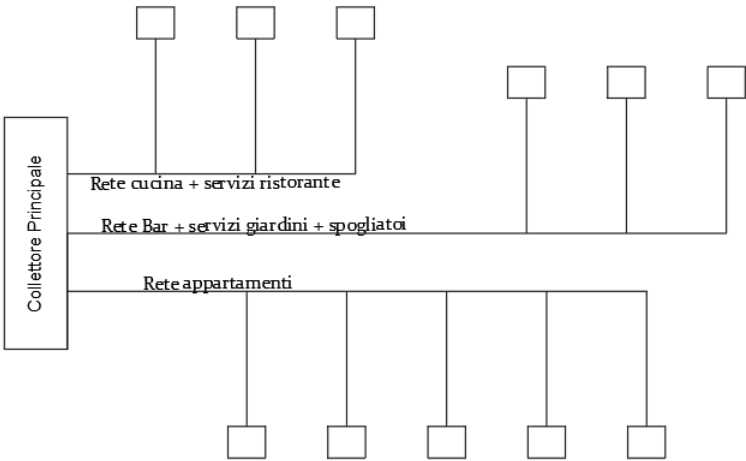


Figura 2.1: 1°ipotesi

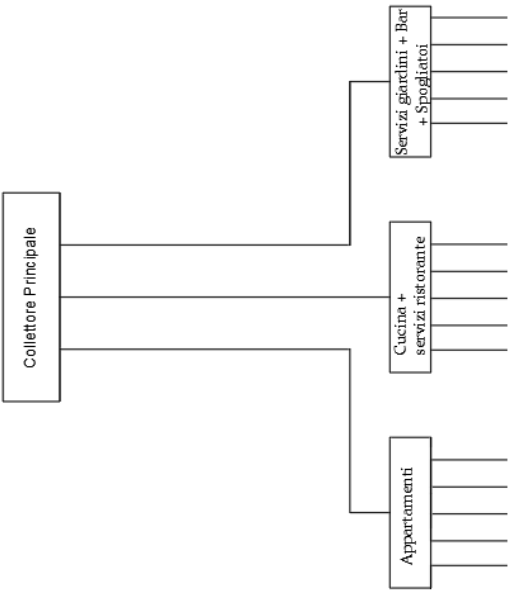


Figura 2.2: 2°ipotesi

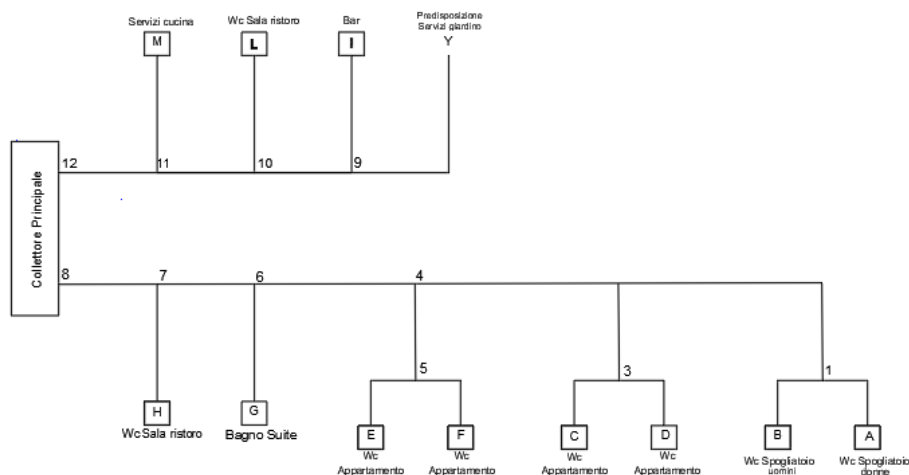


Figura 2.3: 3ª ipotesi

Come si evince dalla figura 3.13 del capitolo successivo, l'impianto di adduzione è stato dimensionato seguendo la 3ª ipotesi. Provando a rappresentare le 3 soluzioni progettuali sull'elaborato architettonico della masseria, ci si è resi immediatamente conto che per la realizzazione delle prime due ipotesi sarebbe stata necessaria la presenza di molti più collettori, molte più tracce e tubazioni molto più lunghe. La terza ipotesi, oltre ad essere più lineare e più facile da realizzare in cantiere, permetteva un risparmio non indifferente di tubazioni e collettori che avrebbero rappresentato una spesa totalmente inutile per la committenza.

2.2 Confronto tra le normative esistenti

Scelta la disposizione delle tubazioni, per procedere con il loro dimensionamento è stato necessario fare alcune considerazioni circa la normativa da utilizzare.

Le normative a cui si fa generalmente riferimento per gli impianti di adduzione sono:

- UNI9182
- prEN 806
- UNI EN 806

Le prime due vengono utilizzate per la progettazione di abitazioni private ed edifici collettivi (alberghi, ospedali, caserme, centri sportivi e simili), la terza esclusivamente per edifici residenziali pertanto non è adatta al nostro caso. Confrontando i risultati ottenuti nel capitolo successivo utilizzando la norma prEN806, con quelli ottenibili con la UNI9182 ci

si rende conto che la scelta della normativa da utilizzare riveste un ruolo importante nella progettazione.

Il dimensionamento delle tubazioni effettuato seguendo la normativa UNI9182 può essere condotto utilizzando il metodo delle unità di carico, come riportato nelle tabelle seguenti: si considerano le portate nominali che ogni apparecchio dovrebbe erogare e si calcolano le portate totali di ogni singolo tratto a monte dei collettori interni, in termini di UNITA' DI CARICO.¹

Bagno appartamento				
Apparecchio	Acqua fredda UC	Acqua calda UC	Acqua fredda l/s	Acqua calda l/s
lavabo	1,5	1,5	0,195	0,195
bidet	1,5	1,5	0,195	0,195
vaso con cassetta	5	/	0,65	/
doccia	3	3	0,39	0,39
lavello di cucina	3	3	0,39	0,39
totale	14	9	1,82	1,17

Figura 2.4: Bagno appartamento

wc sale ristoro				
Apparecchio	Acqua fredda UC	Acqua calda UC	Acqua fredda l/s	Acqua calda l/s
lavabo	1,5	1,5	0,195	0,195
lavabo	1,5	1,5	0,195	0,195
vaso con cassetta	5	/	0,65	/
totale	8	3	1,04	0,39

Figura 2.5: WC sale ristoro

wc cucina piccolo				
Apparecchio	Acqua fredda UC	Acqua calda UC	Acqua fredda l/s	Acqua calda l/s
lavabo	1,5	1,5	0,195	0,195
vaso con cassetta	5	/	0,65	/
totale	6,5	1,5	0,845	0,195

Figura 2.6: WC piccolo (cucina)

¹1 UC = 0,13 l/s

wc cucina grande				
Apparecchio	Acqua fredda UC	Acqua calda UC	Acqua fredda l/s	Acqua calda l/s
lavabo	1,5	1,5	0,195	0,195
vaso con cassetta	5	/	0,65	/
doccia	3	3	0,39	0,39
totale	9,5	4,5	1,235	0,585

Figura 2.7: WC grande (cucina)

Cucina				
Apparecchio	Acqua fredda UC	Acqua calda UC	Acqua fredda l/s	Acqua calda l/s
lavello di cucina 1	3	3	0,39	0,39
lavello di cucina 2	3	3	0,39	0,39
lavastoviglie	2	/	0,26	/
lavatrice	2	/	0,26	/
lavabicchieri	2	/	0,26	/
macchinetta caffè	0,75	/	0,0975	/
doccetta vapore forno	0,75	/	0,0975	/
produttore ghiaccio	1	/	0,13	/
totale	14,5	6	1,885	0,78

Figura 2.8: Cucina

wc spogliatoio				
Apparecchio	Acqua fredda UC	Acqua calda UC	Acqua fredda l/s	Acqua calda l/s
lavabo	1,5	1,5	0,195	0,195
doccia	3	3	0,39	0,39
doccia	3	3	0,39	0,39
vaso con cassetta	5	/	0,65	/
totale	12,5	7,5	1,625	0,975

Figura 2.9: WC Spogliatoio

docce esterne				
Apparecchio	Acqua fredda UC	Acqua calda UC	Acqua fredda l/s	Acqua calda l/s
doccia	3	3	0,39	0,39
doccia	3	3	0,39	0,39
lavapiedi	0,75	0,75	0,0975	0,0975
totale	6,75	6,75	0,8775	0,8775

Figura 2.10: Docce esterne

Bar				
Apparecchio	Acqua fredda UC	Acqua calda UC	Acqua fredda l/s	Acqua calda l/s
lavello di cucina	3	3	0,39	0,39
lavello di cucina	3	3	0,39	0,39
lavabicchieri	2	/	0,26	/
produttore ghiaccio	1	/	0,13	/
macchinetta caffè	0,75	/	0,0975	/
totale	9,75	6	1,2675	0,78

Figura 2.11: Bar

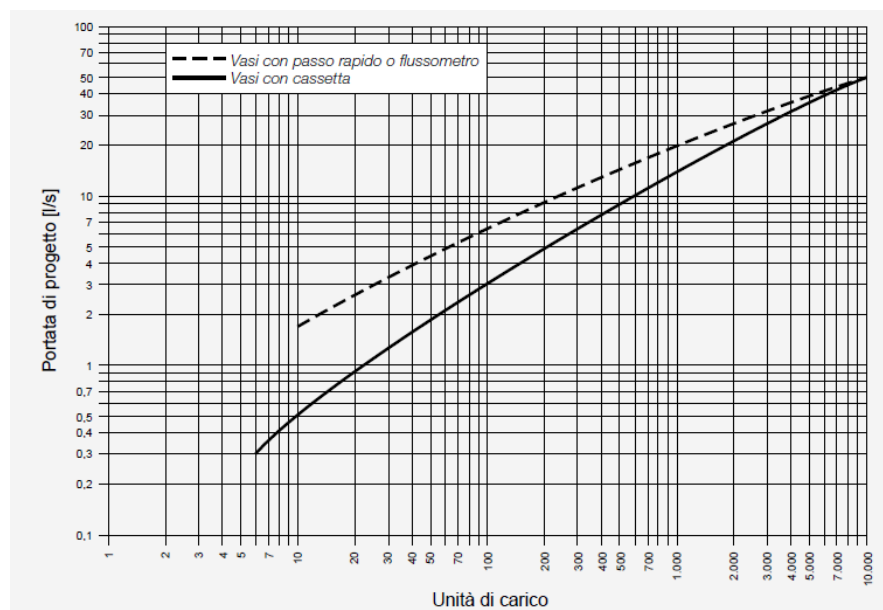


Figura 2.12: UNI 9182 - Portate di progetto in funzione delle UC per abitazioni private ed edifici collettivi

Come evidenziato dalle tabelle 2.13, 2.14 definite le portate totali di ogni singolo tratto dello schema 3.13 è stato possibile calcolare le portate di progetto in base alle portate determinate e agli abachi riportati sulla normativa (2.12). Trovate le portate di progetto sono stati determinati i diametri utilizzando le tabelle A.3, A.4 riportate in appendice e assumendo come carico unitario lineare $J = 100 \text{ mmc.a./m}$.

RETE APPARTAMENTI + 2 SPOGLIATOI + SALA RISTORO												
Tubazione	Gt F [UC]	Gpr F [l/s]	Gpr F [mc/s]	Gt C [UC]	Gpr C [l/s]	Gpr C [mc/s]	Di [mm] M	De[mm] M	Di[mm] M	De[mm] M	V [m/s]	V [m/s]
B1	12,5	0,6	0,0006	7,5	0,38	0,00038	26	32	20	26	1,131	1,210
A1	12,5	0,6	0,0006	7,5	0,38	0,00038	26	32	20	26	1,131	1,210
C3	14	0,7	0,0007	9	0,46	0,00046	26	32	20	26	1,319	1,465
D3	14	0,7	0,0007	9	0,46	0,00046	26	32	20	26	1,319	1,465
E5	14	0,7	0,0007	9	0,46	0,00046	26	32	20	26	1,319	1,465
F5	14	0,7	0,0007	9	0,46	0,00046	26	32	20	26	1,319	1,465
G6	14	0,7	0,0007	9	0,46	0,00046	26	32	20	26	1,319	1,465
3_2	28	1,25	0,00125	18	0,85	0,00085	33	40	26	32	1,462	1,602
4_5	28	1,25	0,00125	18	0,85	0,00085	33	40	26	32	1,462	1,602
1_2	25	1,15	0,00115	15	0,74	0,00074	33	40	26	32	1,345	1,394
2_4	53	2	0,002	33	1,5	0,0015	42	50	33	40	1,444	1,755
4_6	81	2,75	0,00275	51	2	0,002	51	63	42	50	1,347	1,444
H7	16	0,8	0,0008	6	0,3	0,0003	26	32	15	20	1,508	1,699
6_7	95	3	0,003	60	2,25	0,00225	51	63	42	50	1,469	1,625
7_8	111	3,25	0,00325	66	2,4	0,0024	51	63	42	50	1,592	1,733

RETE CUCINA + 1 SALA RISTORO+ BAR +PISCINA												
Tubazione	Gt F [UC]	Gpr F [l/s]	Gpr F [mc/s]	Gt C [UC]	Gpr C [l/s]	Gpr C [mc/s]	Di [mm] M	De[mm] M	Di[mm] M	De[mm] M	V [m/s]	V [m/s]
Y-9	6,75	0,34	0,00034	6,75	0,34	0,00034	20	26	20	26	1,083	1,083
I-9	9,75	0,48	0,00048	6	0,3	0,0003	20	26	15	20	1,529	1,699
9_10	16,5	0,82	0,00082	12,75	0,65	0,01275	26	32	26	32	1,545	24,027
L-10	8	0,4	0,0004	3	0,1	0,0001	20	26	10	14	1,274	1,274
10_11	24,5	1,15	0,00115	15,75	0,78	0,00078	33	40	26	32	1,345	1,470
M-11	30,5	1,35	0,00135	12	0,6	0,0006	33	40	26	32	1,579	1,131
11_12	55	2,15	0,00215	27,75	1,1	0,0011	42	50	33	40	1,553	1,287

Figura 2.13: Dimensionamento tubazioni

TUBAZIONE IN USCITA DAL GRUPPO DI PRESSURIZZAZIONE						
Gt F [UC]	Gpr F [l/s]	Gt C [UC]	Gpr C l/s	SOMMA PORTATE	Di (mm) ACC INOX	De (mm) ACC INOX
166	4,35	93,75	2,85	7,2	72,1	76,1

Figura 2.14: Tubazione in uscita dal gruppo di pressurizzazione

Dai calcoli effettuati, salta all'occhio immediatamente che le portate trovate con la UNI9182 sono maggiori rispetto a quelle per le quali è stato dimensionato l'impianto, addirittura quasi il doppio. Provando a dimensionare l'impianto con le norme francesi (DTU 60.11) e tedesche (DIN 1988-300) si ottengono risultati simili a quelli trovati con

la prEN806, come è possibile osservare dall'esempio riportato qui di seguito riguardante il dimensionamento della tubazione in uscita dal gruppo di pressurizzazione, riassunto nelle tabelle 2.15, 2.16, 2.17, 2.18.

Normativa Francese DTU 60.11

La portata di progetto è calcolata col metodo del coefficiente di contemporaneità α determinabile con la formula:

$$\alpha = \frac{0.8}{(n-1)^{0.5}} \quad (2.1)$$

dove n è il numero di rubinetti serviti e α nel caso di hotel va moltiplicato per 1,25.

Normativa Francese		
N°	Apparecchio	Portata nominale [l/s]
9	Lavello da cucina	0,2
8	Lavabo	0,2
5	Bidet	0,2
12	Doccia	0,2
0	Vasca da bagno	0,33
11	Vasi a cassetta	0,12
1	Lavatrice	0,2
2	Lavastoviglie	0,1
2	macchinetta caffè	0,1
1	doccetta vapore forno	0,1
2	produttore ghiaccio	0,1

Figura 2.15: Portate nominali normativa francese DTU 60.11

TUBAZIONE IN USCITA DAL GRUPPO DI PRESSURIZZAZIONE		
Gt F [l/s]	α	Gpr F [l/s]
9,02	0,111	1,251

Figura 2.16: Dimensionamento tubazione con la DTU 60.11

Normativa tedesca DIN 1988-300

La portata di progetto è calcolata con la formula :

$$G_{PR} = a \cdot G_{TOT}^b - c \quad (2.2)$$

dove

G_{PR} = portata di progetto

G_{TOT} = portata totale , somma delle portate nominali

a, b, c = 1.48 , 0.19 , 0.94 nel caso di edifici residenziali

Normativa tedesca		
N°	Apparecchio	Portata nominale [l/s]
9	Lavello da cucina	0,07
8	Lavabo	0,07
5	Bidet	0,07
12	Doccia	0,15
0	Vasca da bagno	0,15
11	Vasi a cassetta	0,13
1	Lavatrice	0,15
2	Lavastoviglie	0,07
2	macchinetta caffè	0,07
1	doccetta vapore forno	0,07
2	produttore ghiaccio	0,07

Figura 2.17: Portate nominali normativa tedesca DIN 1988-300

TUBAZIONE IN USCITA DAL GRUPPO DI PRESSURIZZAZIONE	
Gt F [l/s]	Gpr F [l/s]
5,41	1,100

Figura 2.18: Dimensionamento tubazione con la DIN 1988-300

Questi risultati derivano dal fatto che la normativa UNI9182:

- definisce portate nominali pari al doppio o comunque maggiori rispetto a quelle presenti sulla norma prEN806 e sulle norme francesi e tedesche;
- prevede le stesse contemporaneità d'uso per abitazioni private, alberghi, ospedali, caserme, centri sportivi che, molto probabilmente, hanno modalità e tempi d'uso assai diversi fra loro;
- considera una contemporaneità delle utenze maggiore rispetto a quella prevista dalla prEN806.

Una progettazione effettuata con questi criteri avrebbe portato a un sovradimensionamento delle tubazioni, alla scelta di un gruppo di pressurizzazione molto più prestante e di bollitori e serbatoi di accumulo molto più grandi.

Un progetto di questo tipo sarebbe stato eccessivamente sovradimensionato dal punto di vista pratico ed economico, pertanto si è deciso di utilizzare la normativa prEN806 grazie alla quale sono stati ottenuti risultati più attendibili e adeguati al caso nostro.

2.3 Ricircolo e disinfezione termica

Anche nella progettazione della rete di ricircolo e nella gestione della disinfezione termica possono essere valutate diverse soluzioni progettuali nell'ottica del risparmio energetico e dell'ottimizzazione dei costi della rete.

2.3.1 Ricircolo

La rete di ricircolo, spesso sottovalutata, influenza non di poco la spesa per la produzione dell'acqua calda sanitaria. Tra i fattori che la influenzano ritroviamo:

- la dispersione della rete che dipende dalla sua estensione e dal grado di isolamento;
- l'intervallo di tempo nel quale il ricircolo viene fatto funzionare;
- la disinfezione termica, che se correttamente pianificata all'interno della gestione giornaliera del ricircolo ha un costo energetico minore.

Nel nostro caso è stato scelto di tenere la rete di ricircolo sempre accesa per l'intero arco della giornata, ma si sarebbero potute valutare diverse casistiche ai fini di una migliore gestione economica ed energetica. Tra queste ritroviamo:

1. rete sempre accesa
2. spegnimento notturno
3. spegnimento notturno e nelle ore centrali della giornata
4. alternanza di accensione e spegnimento.

Caso 1: Rete sempre accesa La rete è attiva durante tutta la giornata a una temperatura costante come evidenziato dal grafico 2.19. Tale strategia è la più onerosa in termini energetici, ma dal punto di vista tecnico garantisce la perfetta attuazione di tutte le funzioni per le quali è stata progettata.

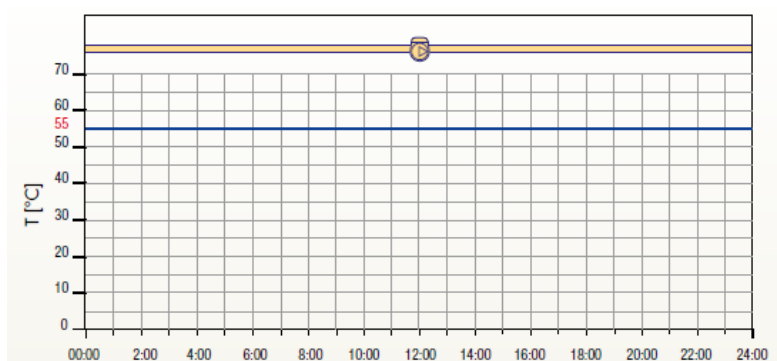


Figura 2.19: Rete di ricircolo sempre accesa

Caso 2: Spegnimento notturno In questo caso (2.20) è previsto solo uno spegnimento notturno continuo (ad esempio dalle 23.00 alle 6.00). Il risparmio energetico, sarebbe sicuramente elevato rispetto al caso di rete sempre accesa. Ciò sarebbe dovuto al fatto che la rete di ricircolo rimanendo “calda” disperderebbe energia, anche per un tempo successivo allo spegnimento del circolatore. È il modo di funzionamento più utilizzato per gli edifici residenziali.

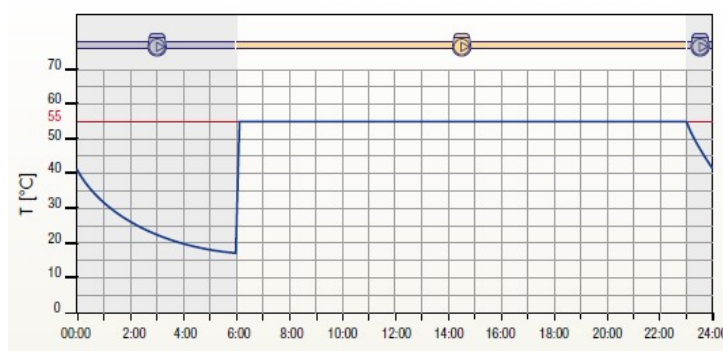


Figura 2.20: Rete di ricircolo gestita con spegnimento notturno

Caso 3: Spegnimento notturno e nelle ore centrali della giornata In questa circostanza la rete di ricircolo oltre che nelle ore notturne sarebbe spenta anche nelle ore centrali della giornata (ad esempio dalle 10:00 alle 12:00 e dalle 14:00 alle 17:00). In questo caso (2.21) si avrebbe un risparmio energetico maggiore rispetto al caso precedente dovuto allo spegnimento nelle ore diurne, ma non così rilevante se confrontato con quello ottenuto con il solo spegnimento notturno. Ciò non avviene poichè la successione degli spegnimenti diurni provoca un minor raffreddamento della rete e di conseguenza un maggiore calore disperso. È il funzionamento utilizzato in alcuni contesti residenziali di piccole e medie dimensioni dove il consumo di acqua calda sanitaria è prevalentemente concentrato nelle ore mattutine e serali.

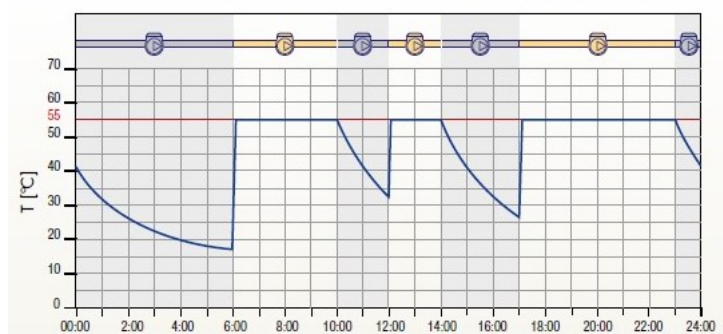


Figura 2.21: Rete di ricircolo gestita con spegnimento notturno e nelle ore centrali della giornata

Caso 4: Alternanza di accensione e spegnimento. Prevede frequenti accensioni del circolatore alternate a periodi di spegnimento (ad esempio ogni 2 ore). Come si può notare dal grafico riportato in figura (2.22) la rete risulta mediamente calda e questo comporta un risparmio energetico minore rispetto ai casi precedenti nonostante il ricircolo risulti inattivo per metà del tempo durante l'arco della giornata.

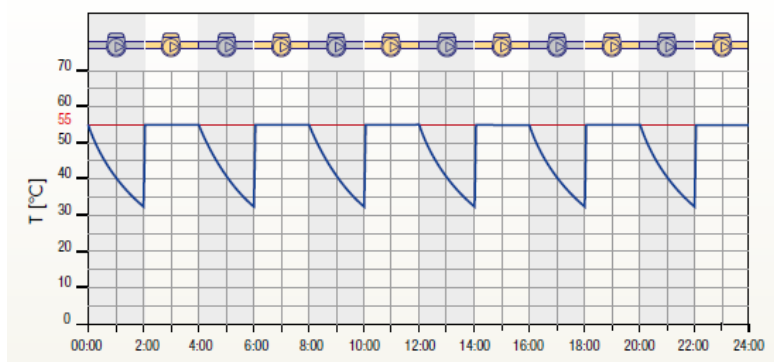


Figura 2.22: Rete di ricircolo gestita con alternanza di accensioni e spegnimenti

2.3.2 Disinfezione termica

Negli edifici residenziali, dove non vige l'obbligo di disinfezione continua, si possono fare delle considerazioni circa la disinfezione periodica giornaliera. Nell'analisi che segue, si evidenzieranno gli orari ideali per effettuare la disinfezione termica e si analizzeranno le conseguenze dal punto di vista energetico.

Prenderemo in considerazione la disinfezione termica eseguita in 3 fasce orarie differenti:

- durante le ore notturne
- immediatamente prima dello spegnimento
- all'accensione mattutina del ricircolo

Caso A: disinfezione durante le ore notturne Questa soluzione prevede la disinfezione termica nelle ore di minor utilizzo dell'impianto, cioè quelle notturne in cui il ricircolo è spento. Come riportato nel grafico 2.23, l'innalzamento della temperatura della rete durante il suo spegnimento (a rete fredda) provoca un sostanziale aumento della spesa.

Caso B: disinfezione prima dello spegnimento La disinfezione effettuata immediatamente prima dello spegnimento della rete porta invece ad un aumento della spesa più contenuto rispetto al caso esaminato in precedenza. Questo è dovuto al fatto che, come evidenziato nel grafico 2.23), l'innalzamento della temperatura viene effettuato nel momento in cui la rete è già ad una temperatura elevata (55°C).

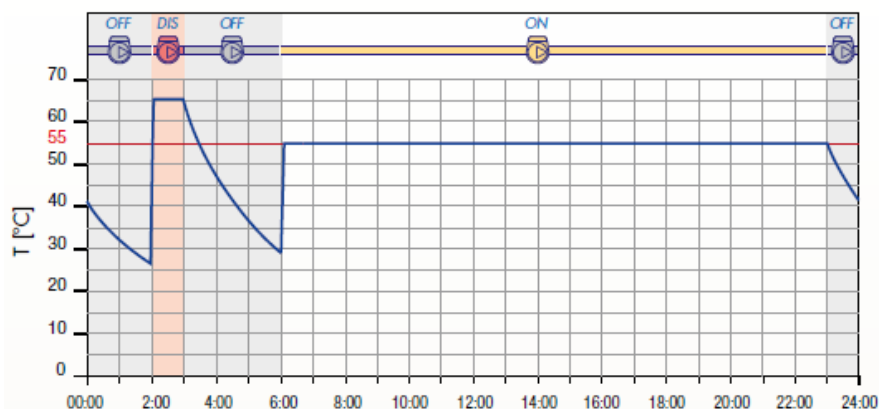


Figura 2.23: Rete con spegnimento notturno e disinfezione dalle 02:00 alle 03:00

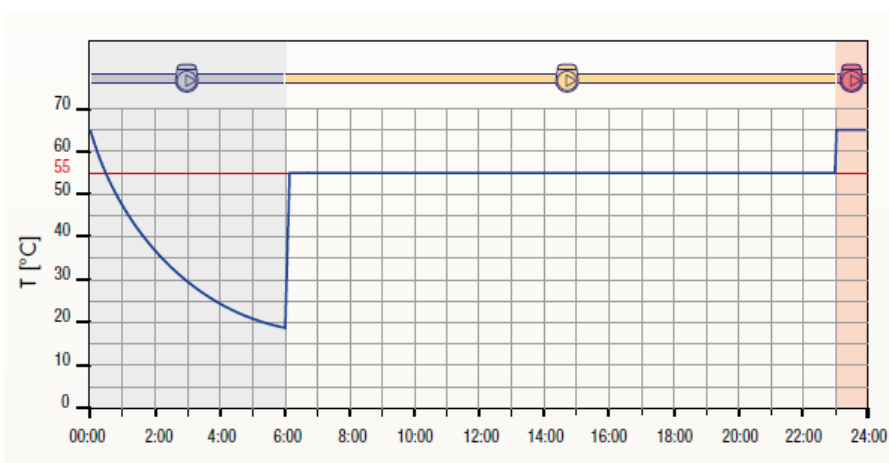


Figura 2.24: Rete con spegnimento notturno e disinfezione dalle 22:00 alle 23:00

Caso C: disinfezione all'accensione mattutina Ancor di più la disinfezione effettuata all'accensione mattutina minimizza l'incidenza del costo energetico (figura 2.25). Il calore utilizzato per la disinfezione termica è in gran parte recuperato per l'accensione e il successivo mantenimento della fase di ricircolo; per questa ragione l'aumento della spesa è sostanzialmente trascurabile e può essere paragonato alla disinfezione eseguita su una rete sempre accesa. Risulta essere quindi la soluzione energeticamente più efficiente.

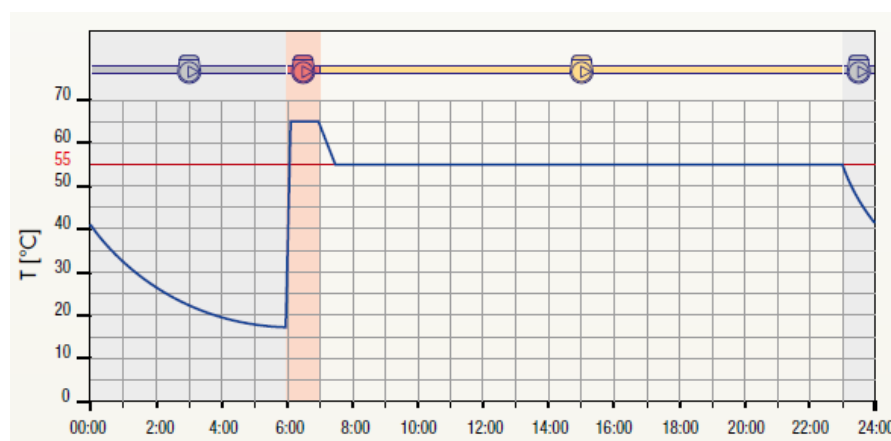


Figura 2.25: Rete con spegnimento notturno e disinfezione dalle 06:00 alle 07:00

In queste gestioni è necessario prevedere l'installazione di miscelatori periferici antiscottatura, nonostante spesso questo pericolo venga ritenuto trascurabile o di poca importanza.²

Nel nostro caso la disinfezione è stata effettuata bypassando il miscelatore termostatico e azionando un'opportuna valvola, in grado di alimentare i rubinetti direttamente con l'acqua calda proveniente dalla rete di distribuzione. Nel paragrafo 3.1.6 sono stati indicati i tempi e le temperature in relazione alle quali attivare la disinfezione, ma la sua ciclità e la sua gestione è stata demandata alla committenza in relazione ai periodi d'uso della struttura e alle esigenze dell'impianto.

²[3]Doninelli Mario. Quaderni Caleffi. Le pompe di circolazione. Centrostampa S.r.l. Novara, 2017.

Capitolo 3

Progetto

In questo terzo capitolo si andranno ad illustrare ed esplicitare le analisi e le valutazioni effettuate per la progettazione della rete idrica sanitaria e fognante, da realizzare nell'ambito dei lavori per il "RECUPERO E TRASFORMAZIONE IN STRUTTURA AGRITURISTICA DI UN COMPLESSO RURALE DENOMINATO "MASSERIA LA FICA", sito in Galatina (LE) alla Strada Provinciale 307 (Fig.3.1).

3.1 Impianto idrico sanitario

La nuova struttura si trova in una zona non servita dalla rete pubblica, pertanto sarà necessario realizzare un apposito pozzo per l'approvvigionamento, il quale non sarà oggetto del presente progetto. L'impianto idrico di adduzione e ricircolo di acqua sanitaria calda e fredda è stato dimensionato partendo dall'ipotesi di presenza del nuovo pozzo. Da esso, l'acqua attinta, dopo apposito filtraggio, sarà accumulata in tre serbatoi posti nel vano tecnico. A partire da questi, un apposito gruppo di spinta provvederà alla pressurizzazione dell'acqua, in modo da farla arrivare alle utenze e all'impianto di produzione di A.C.S. Nei prossimi paragrafi sarà descritto l'impianto in tutte le sue peculiarità e saranno poi illustrati i risultati ottenuti e le metodologie utilizzate.

3.1.1 Analisi dei carichi idrici

La prima fase di progetto ha riguardato l'analisi dei carichi idrici. Come riportato nelle tabelle seguenti, sono state prese in considerazione le portate nominali fornite dalla norma prEN 806 (A.1) e sono state calcolate le portate totali di ogni singolo tratto a monte dei collettori interni.



Figura 3.1: Ubicazione area di studio

Bagno appartamento		
Apparecchio	Acqua fredda [l/s]	Acqua calda [l/s]
lavabo	0,1	0,1
bidet	0,1	0,1
vaso a cassetta	0,1	/
doccia	0,15	0,15
lavello di cucina	0,2	0,2
totale	0,65	0,55

Figura 3.2: Bagno appartamento

WC sale ristoro		
Apparecchio	Acqua fredda [l/s]	Acqua calda [l/s]
lavabo	0,1	0,1
lavabo	0,1	0,1
vaso a cassetta	0,1	/
totale	0,3	0,2

Figura 3.3: WC sale ristoro

WC piccolo (cucina)		
Apparecchio	Acqua fredda [l/s]	Acqua calda [l/s]
lavabo	0,1	0,1
vaso a cassetta	0,1	/
totale	0,2	0,1

Figura 3.4: WC piccolo (cucina)

WC grande (cucina)		
Apparecchio	Acqua fredda [l/s]	Acqua calda [l/s]
lavabo	0,1	0,1
vaso a cassetta	0,1	/
doccia	0,15	0,15
totale	0,35	0,25

Figura 3.5: WC grande (cucina)

Cucina		
Apparecchio	Acqua fredda [l/s]	Acqua calda [l/s]
lavello di cucina 1	0,2	0,2
lavello di cucina 2	0,2	0,2
lavastoviglie	0,2 /	
lavatrice	0,1 /	
lavabicchieri	0,2 /	
macchinetta caffè	0,1 /	
doccetta vapore forno	0,1 /	
produttore ghiaccio	0,1 /	
totale	1,2	0,4

Figura 3.6: Cucina

WC spogliatoio		
Apparecchio	Acqua fredda [l/s]	Acqua calda [l/s]
lavabo	0,1	0,1
doccia	0,15	0,15
doccia	0,15	0,15
vaso a cassetta	0,1 /	
totale	0,5	0,4

Figura 3.7: WC Spogliatoio

Docce esterne		
Apparecchio	Acqua fredda [l/s]	Acqua calda [l/s]
doccia	0,15	0,15
doccia	0,15	0,15
lavapiedi	0,1	0,1
totale	0,4	0,4

Figura 3.8: Docce esterne

Bar		
Apparecchio	Acqua fredda [l/s]	Acqua calda [l/s]
lavello di cucina	0,2	0,2
lavello di cucina	0,2	0,2
lavabicchieri	0,2 /	
produttore ghiaccio	0,1 /	
macchinetta caffè	0,1 /	
totale	0,8	0,4

Figura 3.9: Bar

Prima di procedere con il calcolo delle portate e con il dimensionamento delle tubazioni, sono state effettuate diverse ipotesi riguardo la schematizzazione e la posizione di condotte e collettori della rete di adduzione. Come si può osservare dalla figura (3.13), l'ipotesi finale ha previsto la progettazione di un impianto costituito da un collettore principale da cui si diramano due reti: una per alimentare i 5 appartamenti, i 2 spogliatoi e una delle due sale ristoro, la seconda per servire la cucina, il bar e la sala ristoro restante. E' stata inoltre prevista una predisposizione per un eventuale reintegro di una biopiscina.

Definita la disposizione delle tubazioni, è stato possibile calcolare le portate totali dei vari tratti della rete. Grazie all'utilizzo delle tabelle 3.10 e dell'abaco in figura 3.11, presente sulla normativa europea **prEN806**, in funzione delle portate totali riportate sull'asse delle ascisse, sono state dedotte le portate di progetto di tutte le tubazioni.

Gta l/s	Gtb l/s	Gpr l/s	Gta, Gtb l/s	Gpr l/s	Gta, Gtb l/s	Gpr l/s	Gta, Gtb l/s	Gpr l/s
0,06		0,05	8,1	2,15	25,55	4,25	97,53	6,7
0,1		0,1	8,33	2,2	26,26	4,3	103,01	6,8
0,15		0,15	8,56	2,25	26,98	4,35	108,8	6,9
0,21		0,2	8,8	2,3	27,73	4,4	114,91	7
0,28		0,25	9,04	2,35	28,5	4,45	121,37	7,1
0,36		0,3	9,29	2,4	29,29	4,5	128,19	7,2
0,45		0,35	9,55	2,45	30,1	4,55	135,39	7,3
0,56		0,4	9,81	2,5	30,94	4,6	143	7,4
0,67		0,45	10,09	2,55	31,79	4,65	151,04	7,5
0,79		0,5	10,37	2,6	32,68	4,7	159,52	7,6
0,92	0,55	0,55	10,65	2,65	33,58	4,75	168,49	7,7
1,06	0,6	0,6	10,95	2,7	34,51	4,8	177,96	7,8
1,2	0,65	0,65	11,25	2,75	35,47	4,85	187,96	7,9
1,35	0,7	0,7	11,56	2,8	36,45	4,9	198,52	8
1,51	0,75	0,75	11,88	2,85	37,46	4,95	209,68	8,1
1,67	0,8	0,8	12,21	2,9	38,5	5	221,46	8,2
1,84	0,85	0,85	12,55	2,95	39,57	5,05	233,9	8,3
2,02	0,9	0,9	12,9	3	40,66	5,1	247,05	8,4
2,2	0,95	0,95	13,26	3,05	41,79	5,15	260,93	8,5
2,39	1	1	13,62	3,1	42,95	5,2	275,6	8,6
2,58	1,14	1,05	14	3,15	44,14	5,25	291,08	8,7
2,78	1,3	1,1	14,39	3,2	45,36	5,3	307,44	8,8
2,98	1,47	1,15	14,79	3,25	46,62	5,35	324,72	8,9
3,19	1,65	1,2	15,2	3,3	47,91	5,4	342,97	9
3,41	1,84	1,25	15,62	3,35	49,24	5,45	362,24	9,1
3,63	2,05	1,3	16,05	3,4	50,6	5,5	382,6	9,2
3,85	2,27	1,35	16,5	3,45	52,01	5,55	404,1	9,3
4,08	2,51	1,4	16,95	3,5	53,45	5,6	426,81	9,4
4,32	2,76	1,45	17,42	3,55	54,93	5,65	450,79	9,5
4,56	3,03	1,5	17,91	3,6	56,45	5,7	476,12	9,6
4,8	3,31	1,55	18,4	3,65	58,02	5,75	502,88	9,7
5,05	3,61	1,6	18,91	3,7	59,62	5,8	531,14	9,8
5,3	3,93	1,65	19,44	3,75	61,28	5,85		
5,56	4,26	1,7	19,98	3,8	62,97	5,9		
5,83	4,61	1,75	20,53	3,85	64,72	5,95		
6,09	4,93	1,8	21,1	3,9	66,51	6		
6,37	5,37	1,85	21,68	3,95	70,25	6,1		
6,64	5,78	1,9	22,29	4	74,2	6,2		
6,92	6,2	1,95	22,9	4,05	78,37	6,3		
7,21	6,64	2	23,54	4,1	82,77	6,4		
7,5	7,11	2,05	24,19	4,15	87,42	6,5		
7,79	7,59	2,1	24,86	4,2	92,34	6,6		

Gta = Portata totale con singoli prelievi < 0,5 l/s - Gtb = Portata totale con singoli prelievi ≥ 0,5 l/s - Gpr = Portata di progetto l/s

Figura 3.10: Norme prEN 806 - Portate di progetto in funzione delle portate totali

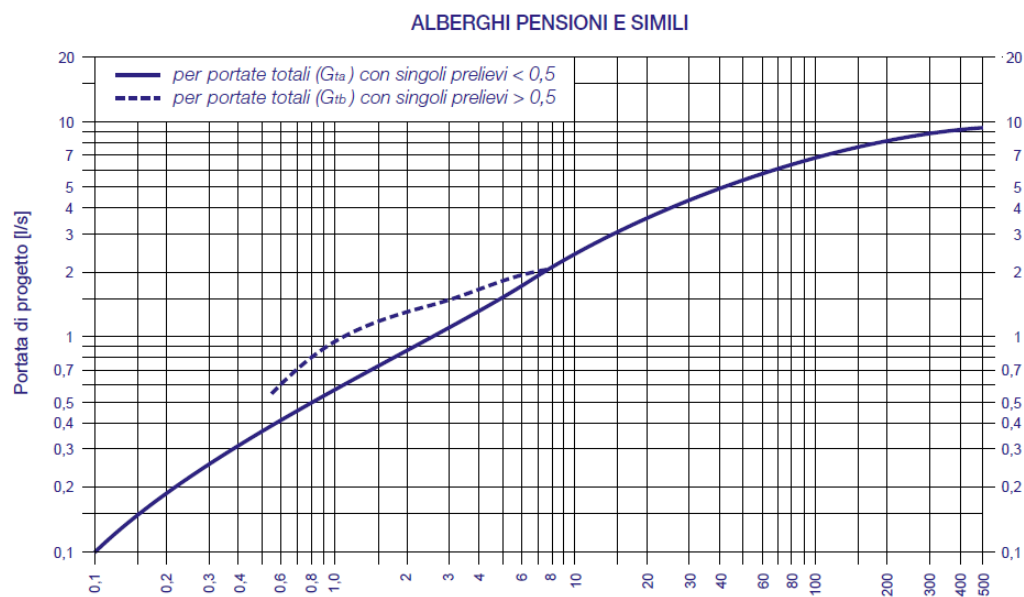


Figura 3.11: Norme prEN 806 - Portate di progetto in funzione delle portate totali

RETE APPARTAMENTI +2 SPOGLIATOI + SALA RISTORO				
Tubazione	Gt F [l/s]	Gpr F [l/s]	Gt C [l/s]	Gpr C [l/s]
B1	0,5	0,4	0,4	0,35
A1	0,5	0,4	0,4	0,35
C3	0,65	0,45	0,55	0,4
D3	0,65	0,45	0,55	0,4
E5	0,65	0,45	0,55	0,4
F5	0,65	0,45	0,55	0,4
G6	0,65	0,45	0,55	0,4
3_2	1,3	0,7	1,1	0,65
4_5	1,3	0,7	1,1	0,65
1_2	1	0,6	0,8	0,55
2_4	2,3	1	1,5	0,75
4_6	3,6	1,3	2,6	1,1
H7	0,6	0,45	0,4	0,35
6_7	4,25	1,45	3,15	1,2
7_8	4,85	1,6	3,55	1,3

RETE CUCINA + SALA RISTORO + BAR + SERVIZI GIARDINO				
Tubazione	Gt F [l/s]	Gpr F [l/s]	Gt C [l/s]	Gpr C [l/s]
Y-9	0,4	0,35	0,4	0,35
I-9	0,8	0,55	0,4	0,35
9_10	1,2	0,65	0,8	0,55
L-10	0,6	0,45	0,4	0,35
10_11	1,8	0,85	1,2	0,65
M-11	1,75	0,85	0,75	0,5
11_12	3,55	1,3	1,95	0,9

Figura 3.12: Calcolo Portate di progetto

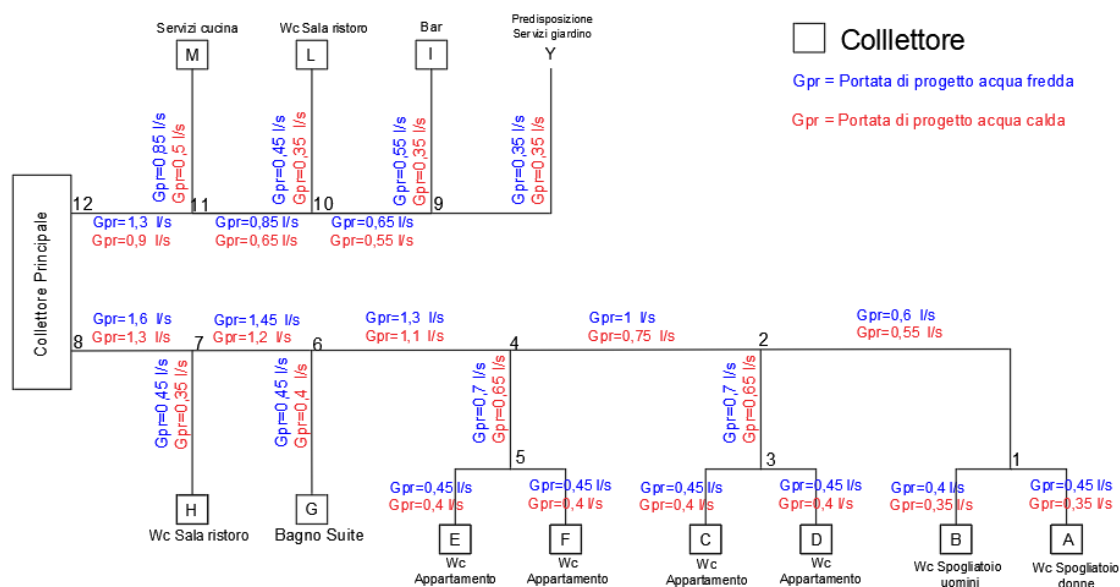


Figura 3.13: Schema rete di adduzione

3.1.2 Dimensionamento rete di adduzione

Dopo aver determinato le portate di progetto sono stati determinati i diametri con il metodo del carico unitario lineare con il supporto delle tabelle riportate in appendice (A.3, A.4). Essendo prevista la pressurizzazione dell'acqua è stato adottato $J=100$ mm.c.a./m.

Le tabelle utilizzate per il dimensionamento consentono anche di verificare se il diametro scelto comporta o meno una velocità accettabile, nel caso in cui la velocità fosse troppo alta sarebbe opportuno scegliere un diametro maggiore. Le tubazioni di acqua fredda e acqua calda sanitaria della rete sono state realizzate in multistrato, mentre quelle nella centrale idrica in acciaio inox pressfitting.

I risultati ottenuti sono riportati nelle tabelle 3.14.

RETE APPARTAMENTI + 2 SPOGLIATOI + SALA RISTORO												
Tubazione	Gt F [l/s]	Gpr F [l/s]	Gpr [mc/s]	Gt C [l/s]	Gpr C [l/s]	Gpr [mc/s]	Di [mm] M	De[mm] M	Di[mm] M	De[mm] M	V [m/s]	V [m/s]
B1	0,5	0,4	0,0004	0,4	0,35	0,00035	20	26	20	26	1,274	1,115
A1	0,5	0,4	0,0004	0,4	0,35	0,00035	20	26	20	26	1,274	1,115
C3	0,65	0,45	0,00045	0,55	0,4	0,0004	26	32	20	26	0,848	1,274
D3	0,65	0,45	0,00045	0,55	0,4	0,0004	26	32	20	26	0,848	1,274
E5	0,65	0,45	0,00045	0,55	0,4	0,0004	26	32	20	26	0,848	1,274
F5	0,65	0,45	0,00045	0,55	0,4	0,0004	26	32	20	26	0,848	1,274
G6	0,65	0,45	0,00045	0,55	0,4	0,0004	26	32	20	26	0,848	1,274
3_2	1,3	0,7	0,0007	1,1	0,65	0,00065	26	32	26	32	1,319	1,225
4_5	1,3	0,7	0,0007	1,1	0,65	0,00065	26	32	26	32	1,319	1,225
1_2	1	0,6	0,0006	0,8	0,55	0,00055	26	32	26	32	1,131	1,036
2_4	2,3	1	0,001	1,5	0,75	0,00075	33	40	26	32	1,170	1,413
4_6	3,6	1,3	0,0013	2,6	1,1	0,0011	33	40	33	40	1,521	1,287
H7	0,6	0,45	0,00045	0,4	0,35	0,00035	26	32	20	26	0,848	1,115
6_7	4,25	1,45	0,00145	3,15	1,2	0,0012	33	40	33	40	1,696	1,404
7_8	4,85	1,6	0,0016	3,55	1,3	0,0013	33	40	33	40	1,872	1,521

RETE CUCINA + 1 SALA RISTORO+ BAR + SERVIZI GIARDINO												
Tubazione	Gt F [l/s]	Gpr F [l/s]	Gpr [mc/s]	Gt C [l/s]	Gpr C [l/s]	Gpr [mc/s]	Di [mm] M	De[mm] M	Di[mm] M	De[mm] M	V [m/s]	V [m/s]
Y-9	0,4	0,35	0,00035	0,4	0,35	0,00035	20	26	20	26	1,115	1,115
I-9	0,8	0,55	0,00055	0,4	0,35	0,00035	26	32	20	26	1,036	1,115
9_10	1,2	0,65	0,00065	0,8	0,55	0,00055	26	32	26	32	1,225	1,036
L-10	0,6	0,45	0,00045	0,4	0,35	0,00035	26	32	20	26	0,848	1,115
10_11	1,8	0,85	0,00085	1,2	0,65	0,00065	33	40	26	32	0,994	1,225
M-11	1,75	0,85	0,00085	0,75	0,5	0,0005	33	40	26	32	0,994	0,942
11_12	3,55	1,3	0,0013	1,95	0,9	0,0009	33	40	33	40	1,521	1,053

Figura 3.14: Dimensionamento tubazioni

3.1.3 Dimensionamento della rete di ricircolo

Per la progettazione della rete di ricircolo sono state valutate diverse ipotesi circa la schematizzazione delle tubazioni. Alla luce dei risultati ottenuti per le reti di acqua calda e fredda, si è preferito sviluppare due reti parallele a quelle di adduzione (3.13), dove: una ha permesso la circolazione dell'acqua proveniente dai 5 appartamenti, dai 2 spogliatoi e da una delle due sale ristoro, l'altra ha servito il bar, la cucina e la sala ristoro rimanente. Le due reti, realizzate in multistrato, sono state dimensionate nel seguente modo:

1. E' stato assunto come salto termico ammesso 2°C e come dispersione termica 10 kcal/h ogni metro;
2. Le portate delle derivazioni terminali sono state calcolate moltiplicando 10 kcal/h per la lunghezza del ramo e dividendo per il salto termico ammesso;
3. Le portate dei rami interni invece, sommando fra loro:
 - la portata del tratto considerato, ottenuta dividendo le dispersioni termiche lungo la sua estensione per il salto termico ammesso;
 - le portate richieste a valle del tratto considerato;

4. Trovate le portate da coinvolgere e ipotizzando perdite di carico lineari costanti pari $J = 20 \text{ mmc.a./m.}$, sono stati calcolati i diametri utilizzando la tabella (A.4) riportata in appendice.

I risultati ottenuti sono riportati nelle tabelle 3.15.

Rete di ricircolo (8)					
TUBAZIONE	L [m]	Q [Kcal/h]	G [l/h]	Di [mm]	De [mm]
A1	11,2	112	56	10	14
B1	2,2	22	11	10	14
1_2	3,9	39	86,5	10	14
C3	4,9	49	24,5	10	14
D3	9,2	92	46	10	14
3_2	2,21	22,1	81,55	10	14
2_4	12,86	128,6	232,35	15	20
E-5	2,8	28	14	10	14
F-5	9,8	98	49	10	14
5_4	4,8	48	87	10	14
4_6	19,6	196	417,35	20	26
6-G	0,8	8	4	10	14
6_7	25	250	546,35	20	26
H7	21,3	213	106,5	11,5	16
7_8	2,61	26,1	665,9	20	26

Rete di ricircolo (12)					
TUBAZIONE	L [m]	Q [Kcal/h]	G [l/h]	Di [mm]	De [mm]
Y9	3,62	36,2	18,1	10	14
I9	2	20	10	10	14
9_10	22,8	228	142,1	11,5	16
10-L	1,4	14	7	10	14
10_11	6,7	67	182,6	15	20
M-11	18,5	185	92,5	10	14
11_12	4,84	48,4	299,3	15	20

Figura 3.15: Calcolo Portate di progetto

3.1.4 Dimensionamento gruppi di spinta

Una fase successiva al dimensionamento delle reti di adduzione e ricircolo è stata la determinazione delle perdite di carico, necessarie per la scelta dei 2 gruppi di spinta presenti all'interno dell'impianto:

- il gruppo di pressurizzazione, grazie al quale è possibile permettere la corretta erogazione delle portate di acqua fredda e di acqua calda;
- il circolatore, dispositivo in grado di garantire il corretto funzionamento della rete di ricircolo.

Dimensionamento del gruppo di pressurizzazione

Dimensionare un gruppo di pressurizzazione implica il calcolo della prevalenza e della portata di progetto della tubazione in uscita.

Quest'ultima è stata calcolata sommando le portate nominali di tutti gli apparecchi presenti all'interno dell'impianto e calcolando la portata di progetto attraverso la tabella (3.10).

La prevalenza, invece, è stata ottenuta attraverso la risoluzione della seguente equazione¹:

¹[2] Mario Doninelli. Le reti di distribuzione degli impianti idrosanitari. Quaderni Caleffi.

$$P_{pr} = \Delta H + P_{min} + H_{APP} + \Delta H_C + \frac{J \cdot L}{1000} \quad (3.1)$$

dove:

ΔH = dislivello fra il gruppo di pressurizzazione e il rubinetto più sfavorito [m c.a.]

P_{min} = pressione minima richiesta dal rubinetto più sfavorito [m c.a.]

H_{APP} = perdite di carico dei principali componenti dell'impianto [m c.a.]

J = carico unitario lineare [mm c.a./m]

L = Lunghezza del tratto più sfavorito

Considerando che il nostro impianto si sviluppa in superficie e non presenta variazioni di quota, l'unico dislivello eventualmente presente lungo il tratto più sfavorito sarebbe quello tra una doccia e il piano di calpestio, pertanto ΔH è stato assunto pari a 2 m.

I termini relativi alle perdite di carico, invece, sono stati calcolati nel seguente modo:

- in accordo con quanto fatto nel caso del dimensionamento della rete di adduzione, per la determinazione delle perdite di carico continue indicate col termine $J \cdot L$ è stato assunto J pari a 100 mm c.a./m;
- le perdite di carico localizzate ΔH_c , sono state calcolate utilizzando la formula 1.9 e la tabella 1.6;
- per le perdite di carico H_{APP} , sono state sommate le perdite di pressione (presenti nella tabella (A.2) dovute alla presenza di ciascun accessorio.

I calcoli effettuati e i risultati ottenuti sono riportati nelle tabelle 3.16, 3.17, 3.18.

Calcolo perdite di carico localizzate RAMO 8-A								
curve a 90°[mm]	VALVOLA A SFERA P. TOT [mm]	VALVOLA A RITEGNO [mm]	VALVOLA INT. DIR[mm]	ELETTROVALV. [mm]	ALLARGAM. SEZIONE[mm]	DIRAMAZIONE SEMPLIFICATA A T [mm]	TOTALE mm.c.a	TOTALE m.c.a
884,00	11,56				82,71	82,71	1060,99	1,06

Calcolo perdite di carico localizzate RAMO GRUPPO DI PRESSURIZZAZIONE-8								
curve a 90°[mm]	VALVOLA A SFERA P. TOT [mm]	VALVOLA A RITEGNO [mm]	VALVOLA INT. DIR[mm]	ELETTROVALV. [mm]	ALLARGAM. SEZIONE[mm]	DIRAMAZIONE SEMPLIFICATA A T [mm]	TOTALE mm.c.a	TOTALE m.c.a
1158,37	170,45	231,67	795,45	795,45	347,51	347,51	3846,43	3,85

Figura 3.16: Perdite di carico localizzate

TUBAZIONE IN USCITA DAL GRUPPO DI PRESSURIZZAZIONE						
Gt F l/s	Gpr F l/s	Gt C l/s	Gpr C l/s	SOMMA PORTATE	Di (mm) ACC INOX	De (mm) ACC INOX
8,4	2,25	5,5	1,7	3,95	51	54

Figura 3.17: Dimensionamento tubazione in uscita dal gruppo di pressurizzazione

GRUPPO DI PRESSURIZZAZIONE [2 EASYBOX MAX 60/120 T]							
ΔH [m]	P_{min} [Kpa]	P_{min} [m.c.a.]	H_{APP}	ΔH_c	J [m.c.a]	L [m]	P_{pr} [m.c.a.]
2,00	50,00	5,00	26,00	4,91	100,00	90,00	46,91

Figura 3.18: Dimensionamento Gruppo di pressurizzazione

Con questi requisiti di portata e prevalenza , il gruppo di pressurizzazione scelto è :
2 EASYBOX MAX 60/120 T.

Dimensionamento del circolatore

La pompa di ricircolo è stata dimensionata invece , utilizzando la formula 1.16, la quale nel calcolo della prevalenza tiene conto delle perdite di carico localizzate utilizzando un fattore riduttivo f pari a 1,8.

Nella formula compare anche il termine H_A , facente riferimento alle perdite di pressione dovute alla presenza di dispositivi di bilanciamento della rete (Autoflow). Nel caso in questione è stata prevista la presenza di 1 dispositivo Autoflow lungo il tratto più sfavorito, pertanto il calcolo riportato nella tabella (3.19) fornisce una prevalenza di circa 4 m di colonna d'acqua. Alla luce di ciò, è stato scelto un circolatore EVOSTA 2 40-70/150 SAN.

CIRCOLATORE EVOSTA [2 40-70/150 SAN]		
PORTATA(l/h)	ΔH (mm.c.a)	ΔH (m.c.a)
965,20	3986	3,986

Figura 3.19: Dimensionamento circolatore

3.1.5 Centrale idrica

L'acqua prima di essere veicolata all'interno del sistema di tubazioni della masseria passa all'interno del vano tecnico dove subisce diversi trattamenti.

Presupponendo la captazione dell'acqua da un'eventuale pozzo e la sua pressurizzazione verso l'impianto, dopo un trattamento di filtrazione e sanificazione tramite ipoclorito entra all'interno di un apposito sistema di accumulo da 4500 l, costituito da tre serbatoi da 1500 litri l'uno. In seguito l'acqua viene prelevata dal gruppo di pressurizzazione, appena dimensionato, funzionante mediante l'utilizzo di un elettrovalvola, in posizione di apertura quando la pompa ha necessità di prelevare acqua e di chiusura quando non è necessaria la sua pressurizzazione. Attivato il gruppo di spinta, dopo un nuovo trattamento di filtrazione, arriverà in un collettore dal quale partiranno le diverse diramazioni:

- L'acqua che andrà ad alimentare il circuito di acqua fredda sanitaria sarà in parte addolcita da un addolcitore e in parte non addolcita;
- L'acqua calda sanitaria, in seguito ai trattamenti di sanificazione e anti-legionella come il dosaggio di silicati o silico-polifosfati, di perossido di idrogeno e di filmante protettivo, sarà prodotta con un sistema ad accumulo. All'interno di un bollitore di 800 l verrà scaldata tramite: uno scambiatore di calore a piastre alimentato da una pompa di calore e due scambiatori di calore a serpentino di cui uno alimentato da un collettore solare e uno da una caldaia a pellet. Successivamente, una valvola miscelatrice termostatica in funzione della temperatura impostata, miscelando l'acqua calda proveniente dal boiler con l'acqua fredda e il ricircolo, provvederà all'alimentazione del circuito di acqua calda.

All'interno della centrale quindi, oltre ai serbatoi di accumulo e ai vari dispositivi di trattamento, sono presenti un boiler e due collettori principali: uno per l'acqua fredda e uno per l'acqua calda da cui partiranno le due reti che andranno ad alimentare l'impianto.

Dimensionamento del bollitore

Per dimensionare il bollitore destinato alla produzione di acqua calda è stato utilizzato un metodo pratico. Calcolato il numero di docce, lavabi e bidet presenti all'interno della masseria, in funzione degli interventi e della quantità di acqua calda a 40°C consumata da ogni apparecchio è stato possibile determinare la quantità di acqua consumata a 40°C in 2 ore da tutti gli apparecchi presenti. I risultati ottenuti sono riportati qui di seguito nella tabella 3.20.

Apparecchio	Numero	AC a 40°C per ogni utilizzo	Interventi	Litri a 40°C in 2 ore
Docce	12	60	2	1440
Lavabi	13	10	4	520
Bidet	5	8	2	80
			Totale	2040

Figura 3.20: Volume di acqua calda consumata in 2 ore

I 2040 l sono stati calcolati considerando come periodo di punta 2 ore, pertanto dovendo esprimere il consumo in l/h è necessario dividere questa quantità per 2. Per ottenere quindi, la capacità di accumulo del boiler a 65°C è stata adottata la seguente formula:

$$V_M = V_B \cdot \frac{T_1 - t_1}{t_2 - t_1} = 1020 \cdot \frac{40 - 15}{65 - 15} = 510l \quad (3.2)$$

dove:

V_M = volume di acqua miscelata all'uscita del boiler (l)

V_B = volume di acqua calda nel boiler (l/h)

T_1 = Massima temperatura di d'acqua calda nel boiler (60°C)

t_1 = temperatura acqua fredda all'ingresso del boiler (15°C)

t_2 = temperatura acqua calda miscelata al servizio dell'utenza (40°C)

Dimensionando il boiler esclusivamente per le funzioni dell'albergo, dovremmo optare per un bollitore con una capacità maggiore o uguale di 516 l. All'interno della nostra masseria è però presente anche un ristorante, adibito per un massimo di 50 coperti.

Considerando la masseria un albergo di categoria media, il consumo di acqua a 40°C per il lavaggio delle stoviglie è di circa 6 l per pasto. Questo vorrebbe dire una capacità di accumulo aggiuntiva pari a 300 l. Preso atto di ciò, dovremmo disporre di un boiler da circa 810 l. Per ragioni economiche, e in seguito ad alcune considerazioni circa la contemporaneità delle utenze e l'ottimizzazione del sistema dal punto di vista energetico, è stato scelto un bollitore da 800 l.

Dimensionamento dei collettori

Per dimensionare i collettori non esistono formule generali di carattere teorico, perchè troppi sarebbero i fattori da tenere in considerazione. In fase di progetto è stata utilizzata la formula 3.3, di natura empirica, la quale giunge al calcolo della sezione interna del collettore sommando tutte le sezioni in uscita da esso e aumentandole del 50%:

$$A_{coll} = (A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n) \cdot 1,5 \quad (3.3)$$

I calcoli effettuati per il collettore di acqua calda e i due collettori di acqua fredda presenti nel vano tecnico sono riportati nelle tabelle:

Collettore principale acqua fredda (non addolcita)					
Di [mm]	Sezioni uscenti dal collettore [mm ²]	Area totale delle sezioni uscenti [mm ²]	Area totale delle sezioni uscenti , aumentata del 50%[mm ²]	Di(Calcolato) [mm]	DN commerciale [mm]
51	2042,82	6572,21	9858,32	112,04	125
33	855,30				
33	855,30				
33	855,30				
50	1963,50				
Collettore principale acqua fredda (addolcita)					
Di [mm]	Sezioni uscenti dal collettore [mm ²]	Area totale delle sezioni uscenti [mm ²]	Area totale delle sezioni uscenti , aumentata del 50%[mm ²]	Di(Calcolato) [mm]	DN commerciale [mm]
50	1963,50	4100,56	6150,85	88,50	100
20	314,16				
20	314,16				
20	314,16				
39	1194,59				
Collettore principale acqua calda					
Di [mm]	Sezioni uscenti dal collettore [mm ²]	Area totale delle sezioni uscenti [mm ²]	Area totale delle sezioni uscenti , aumentata del 50%[mm ²]	Di(Calcolato) [mm]	DN commerciale [mm]
33	855,30	1710,60	2565,90	57,16	65
33	855,30				

Figura 3.21: Dimensionamento collettori principali

3.1.6 Gestione e manutenzione dell'impianto idrico in rapporto al rischio di legionella

Negli impianti di produzione di acqua calda per uso sanitario con accumulo, per poter prevenire la proliferazione del pericoloso batterio Legionella, è necessario accumulare acqua calda ad una temperatura minima di 60°C. A questa temperatura si ha la certezza di inibire totalmente la proliferazione del batterio, ma l'acqua non è utilizzabile direttamente, dato che temperature maggiori di 50°C possono provocare ustioni in modo molto rapido.

A fronte di ciò, nel nostro caso è stato installato un miscelatore termostatico in grado di:

- ridurre la temperatura al punto di utilizzo ad un valore più basso rispetto a quella di accumulo ed utilizzabile dall'utenza sanitaria;
- mantenere costante la temperatura di utilizzo al variare delle condizioni di temperatura e pressione in ingresso;
- impedire alla temperatura dell'acqua in uscita di raggiungere valori superiori a 50°C;
- avere una sicurezza antiscottatura in caso di mancanza accidentale dell'acqua fredda in ingresso;

Per poter essere sicuri che non ci sia proliferazione della Legionella, tutti i tratti della rete devono essere sottoposti al trattamento di disinfezione termica. Anche per il tratto di rete a valle del miscelatore, fino al rubinetto d'utenza deve essere possibile eseguire il flussaggio a temperatura superiore ai 60 °C. Occorre perciò by-passare il miscelatore termostatico, tarato a valori inferiori, ed azionare una opportuna valvola che permetta di alimentare i rubinetti direttamente con l'acqua calda proveniente dalla rete di distribuzione. Le temperature ed i corrispondenti tempi di disinfezione della rete devono essere scelti in funzione del tipo di impianto e della relativa destinazione d'uso. Alla luce di quanto richiesto dalla legislazione vigente, sono stati adottati i seguenti criteri:

- $T = 70^{\circ}\text{C}$ per 10 minuti
- $T = 65^{\circ}\text{C}$ per 15 minuti
- $T = 60^{\circ}\text{C}$ per 30 minuti

Dopo aver azionato l'interruttore di comando della valvola di flussaggio, si devono aprire i rubinetti di utenza per effettuare la loro disinfezione termica con l'acqua calda della rete di distribuzione.

Nella relazione tecnica del progetto sono state inoltre prescritte le seguenti misure di controllo che i gestori di strutture sanitarie, di ricovero, recettive, termali, ad uso collettivo ed industriali devono attuare in accordo con le **"Linee guida per la prevenzione ed il controllo della legionellosi – Ministero della Salute – Documento approvato in Conferenza Stato-Regioni nella seduta del 07/05/2015"** :

- a. la temperatura dell'acqua fredda non dovrebbe essere $> 20^{\circ}\text{C}$.
- b. se praticabile, ispezionare periodicamente l'interno dei serbatoi d'acqua fredda: nel caso ci siano depositi o sporcizia, provvedere alla pulizia, e comunque disinfettarli almeno una volta l'anno con 50 mg/L di cloro residuo libero per un'ora. Nel caso in cui la disinfezione per iperclorazione non potesse essere applicata, tale mancanza deve essere compensata dall'implementazione di un'attività alternativa;
- c. svuotare e disinfettare (se necessario anche disincrostare) i bollitori/serbatoi di accumulo dell'acqua calda sanitaria (compresi i boiler elettrici) almeno due volte all'anno e ripristinarne il funzionamento dopo accurato lavaggio;
- c. disinfettare l'impianto dell'acqua calda sanitaria con cloro ad elevata concentrazione (cloro residuo libero pari a 50 mg/L per un'ora o 20 mg/L per due ore) o con altri metodi di comprovata efficacia, dopo interventi sugli scambiatori di calore;
- e. ispezionare mensilmente i serbatoi dell'acqua sanitaria e accertarsi che tutte le coperture siano intatte e correttamente posizionate;
- f. accertarsi che eventuali modifiche apportate all'impianto, oppure nuove installazioni, non creino rami morti o tubazioni con scarsità di flusso dell'acqua o flusso intermittente. Ogni qualvolta si proceda a operazioni di disinfezione, occorre accertarsi che siano oggetto del trattamento anche i rami stagnanti o a ridotto utilizzo, costituiti dalle tubazioni di spurgo o prelievo, le valvole di sovrappressione ed i bypass presenti sugli impianti;
- g. ove si riscontri un incremento significativo della crescita microbica che possa costituire un incremento del rischio legionellosi, utilizzare appropriati trattamenti disinfettanti;
- h. provvedere, se necessario, a applicare un efficace programma di trattamento dell'acqua, capace di prevenire sia la formazione di biofilm, sia la corrosione e le incrostazioni;
- i. ove le caratteristiche dell'impianto lo permettano, l'acqua calda sanitaria deve avere una temperatura d'erogazione costantemente superiore ai 50°C . Per evitare il rischio di ustioni è necessario installare rubinetti dotati di valvola termostatica (TMV);
- j. Assicurarsi che le TMV abbiano un meccanismo che rende nella posizione terminale il flussaggio con acqua calda. Nel caso in cui non fosse così dovrà essere limitata la contaminazione attraverso la pulizia, decalcificazione e disinfezione delle TMV e di ogni elemento associato ad esse (es. docce, rubinetti, ecc.);
- k. nelle strutture recettive, prima che le camere siano rioccupate, è necessario fare scorrere l'acqua (sia calda che fredda sanitaria) da tutti gli erogatori ivi presenti, per almeno 5 minuti;

- l. mantenere le docce, i diffusori delle docce e i rompigitto dei rubinetti puliti e privi di incrostazioni, sostituendoli all'occorrenza, preferendo quelli aperti (es. a stella o croce) rispetto a quelli a reticella e agli aeratori/riduttori di flusso);
- m. in tutti gli edifici a funzionamento stagionale, prima della riapertura, procedere ad una pulizia completa dei serbatoi e della rubinetteria ed ad una disinfezione dell'intera rete idrica, facendo anche defluire a lungo l'acqua da tutte le erogazioni da essa servite;
- n. nelle strutture abitative condominiali con impianto idro-sanitario centralizzato, l'amministratore di condominio è tenuto ad informare e sensibilizzare i singoli condomini sull'opportunità di adottare le misure di controllo sopraelencate;
- o. l'acqua utilizzata nei circuiti di fontane decorative, piscine e vasche per idromassaggi, esposte a scopo dimostrativo, in occasione di fiere o esposizioni, deve essere disinfettata con mezzi fisici e/o chimici².

3.2 Impianto fognario e scarico in sub-irrigazione

L'impianto fognario della masseria sarà costituito da una serie di tubazioni in PEAD, incassate nelle pavimentazioni quando correnti negli ambienti interni o interrate se correnti all'esterno, che porteranno le acque nere dagli scarichi dei sanitari fino all'impianto di smaltimento. Queste acque saranno destinate a un trattamento primario effettuato da una fossa IMHOFF, interrata in un terreno adiacente la masseria, di proprietà della committenza e a un trattamento secondario, conseguito per sub-irrigazione fitoprotetta.

3.2.1 Dimensionamento della rete di scarico

La rete di scarico fognaria è stata dimensionata utilizzando le regole empiriche enunciate nel paragrafo 1.2.2. Le derivazioni interne sono state realizzate con tubazioni di diametro non inferiore a 50mm per gli scarichi di lavabi e bidet e non inferiore a 110mm per gli scarichi dei WC. Esse sono state poi collegate alla dorsale principale per mezzo di tubazioni di DN110 o DN125 e appositi pozzetti di ispezione di dimensione 70x70cm. La dorsale principale, costituita da un tubo di DN 160mm, posta alla profondità di un metro, tramite un altro pozzetto di ispezione è stata poi collegata a una vasca IMHOFF. Lo schema generale dell'impianto di scarico è riportato in figura (3.22).

²[7] Linee guida per la prevenzione ed il controllo della legionellosi – ministero della salute – documento approvato in conferenza stato-regioni nella seduta del 07/05/2015"

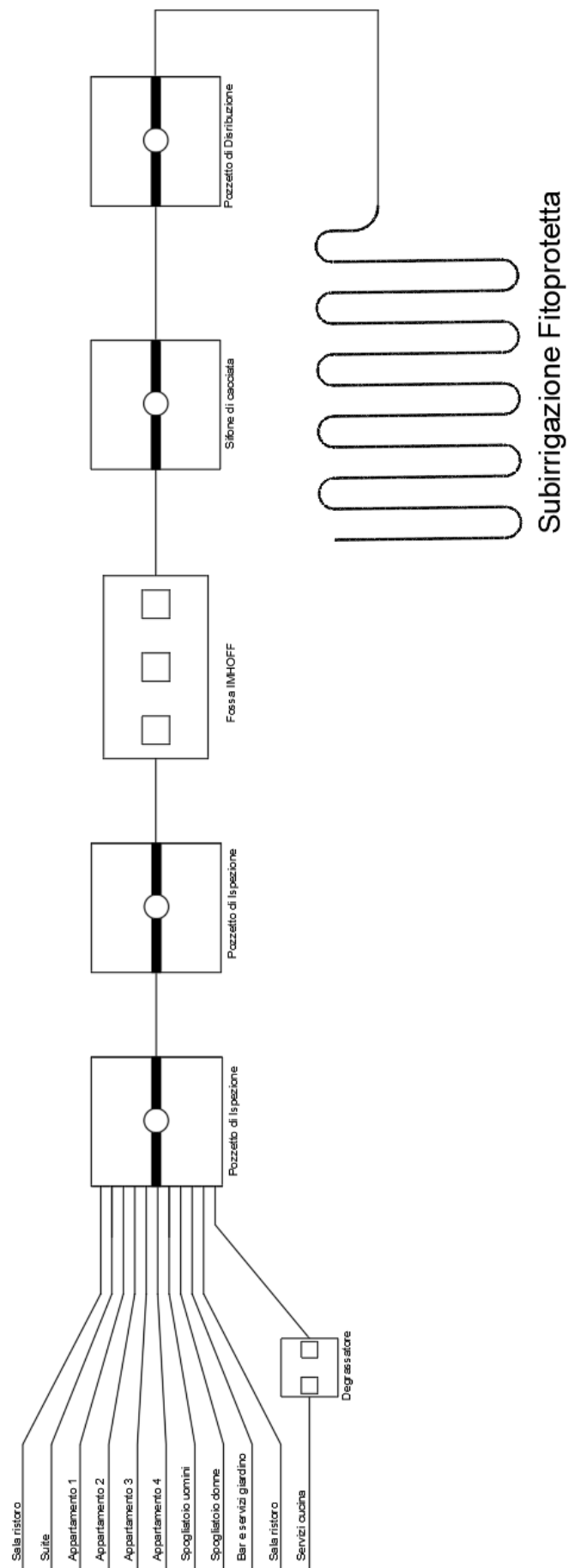


Figura 3.22: Schema impianto fognario

3.2.2 Calcolo del numero di abitanti equivalenti (AE)

Come anticipato nel paragrafo 2.2.4, i sistemi di trattamento dei reflui devono essere individuati e dimensionati in base al numero degli abitanti equivalenti da servire. Gli A.E. calcolati seguendo i criteri già definiti sono:

- A.E. in base al numero di posti letto: 12
- A.E. in base al numero di coperti e dipendenti: 33

I trattamenti primari e secondari saranno quindi dimensionati in funzione di 45 A.E totali, seguendo le linee guida definite dal regolamento regionale **Disciplina degli scarichi di acque reflue domestiche o assimilate alle domestiche di insediamenti di consistenza inferiore ai 2.000 A.E., ad esclusione degli scarichi già regolamentati dal S.I.I.[D.Lgs.n.152/2006, art.100 - comma 3]**.

Le tipologie di trattamento da realizzare sono state scelte utilizzando la Tabella C dell' **Allegato 4 della L.R. 26/2011**, riportata in appendice (A.9).

3.2.3 Dimensionamento fossa IMHOFF

Il dimensionamento della fossa IMHOFF è stato effettuato determinando il volume di sedimentazione e il volume di digestione secondo la tabella sotto riportata.

Principali elementi per il dimensionamento		
<i>N. utenti (AE)</i>	<i>Volume Sedimentazione (mc)</i>	<i>Volume Digestione (mc)</i>
fino a 30	1	4
da 31 a 50	2	6

Figura 3.23: Dimensionamento Fossa IMHOFF

E' stato necessario rispettare anche alcune prescrizioni di normativa in relazione all'ubicazione della fossa:

L'ubicazione deve essere esterna agli edifici e distante almeno 5 m dai muri perimetrali di fondazione e non meno di 20 m da condotte, pozzi o serbatoi di acqua potabile. Le vasche devono essere interrate ed avere accesso dall'alto a mezzo di apposito vano ed essere munite di tubo di ventilazione.

Nella relazione tecnica è stata inoltre prescritta l'asportazione del fango con frequenza almeno trimestrale ad opera di ditte autorizzate allo smaltimento.

Il liquame chiarificato, in seguito a un trattamento di questo tipo, verrà poi smaltito mediante sub-irrigazione.

3.2.4 Subirrigazione fitoprotetta

Questo sistema, applicato all'effluente di una vasca IMHOFF o di una fossa settica, consente sia lo smaltimento che una ulteriore depurazione. Tale metodologia è applicabile nel caso specifico in quanto si è in presenza di terreni naturali permeabili con falda acquifera sufficientemente profonda.

A monte della rete di sub-irrigazione è stato previsto un sifone di cacciata, collegato alla vasca IMHOFF da una condotta dalla pendenza dello 0,5%, in modo che vengano convogliate, seppur in maniera intermittente, portate di una certa entità in grado di interessare anche le zone terminali del sistema.

La trincea e la condotta all'interno della rete di subirrigazione sono state dimensionate secondo quanto riportato nella seguente tabella:

Principali elementi per il dimensionamento	
Trincea	profondità 600÷700 mm
	Larghezza $\geq$ 400 mm
Condotta disperdente (costituita da elementi tubolari)	Diam. = 100÷120mm
	L = 300 ÷ 500 mm x elemento
	Pendenza = 0.2 ÷ 0.5 ‰

Figura 3.24: Dimensionamento trincea e colonna disperdente

La condotta verrà posta in una trincea profonda circa 700 mm all'interno di uno strato di pietrisco (dello spessore pari a 300 mm) collocato nella metà inferiore della stessa. La trincea verrà invece riempita con terreno di copertura, previa posa in opera di uno strato di tessuto non tessuto al fine di evitare la penetrazione di materiale fine all'interno dello strato di pietrisco sottostante. Dovrà seguire l'andamento delle curve di livello per mantenere la condotta disperdente in idonea pendenza.

Lo sviluppo della condotta disperdente, data la permeabilità del terreno ricavata dalla relazione geologica allegata al progetto, è pari a 4,5m/A.E.; pertanto, la condotta avrà una lunghezza complessiva maggiore o uguale di 200 m. Lungo il suo asse saranno messe a dimora piante sempreverdi ad elevato apparato fogliare (lauroceraso, pitosforo, oleandro, ecc.) in grado di consentire il rapido smaltimento del liquido chiarificato mediante evapotraspirazione. La condotta sarà in PVC flessibile e avrà DN120 e sarà realizzata con una pendenza dello 0,2‰.

La trincea sarà ubicata nel terreno a ovest della struttura e rispetterà le seguenti prescrizioni relative all'ubicazione:

- distanza $\geq$ 5 m dai muri perimetrali di fondazione dei fabbricati;
- distanza $\geq$ 30 m da condotte, serbatoi o altro servizio di acqua potabile;

- *distanza tra il massimo livello della falda (in condizioni di massima ricarica) ed il fondo della trincea ≥ 1 m.*

E' stato importante inoltre prescrivere che la falda a valle del sistema di dispersione, per una distanza di almeno 100 m da essa, non potrà essere utilizzata per usi potabili o domestici, o per l'irrigazione di prodotti da mangiare crudi.

Si rimanda alle tavole grafiche allegate in appendice per maggiori dettagli³.

³[6]Regolamento regionale. Bollettino ufficiale della regione puglia - n. 195 del 16-12-2011. pages 14–24

Capitolo 4

Conclusioni

Nella progettazione dell'impianto idrico sanitario della masseria sono stati tenuti in considerazione diversi fattori che hanno influenzato la schematizzazione e il dimensionamento della rete di adduzione, la scelta della normativa da utilizzare, il dimensionamento di serbatoi e collettori e l'adozione dei trattamenti primari e secondari da utilizzare per la decontaminazione delle acque reflue.

Le dimensioni, la disposizione degli ambienti da servire, la loro collazione pianterreno e la destinazione d'uso della masseria hanno reso obbligatoria la scelta di un impianto schematizzato nel seguente modo: l'acqua attinta da un eventuale pozzo è accumulata in tre serbatoi da 1500 litri ciascuno posti nel vano tecnico. A partire da questi, un gruppo di spinta (2 EASYBOX MAX 60/120 T) pressurizza l'acqua, in modo da farla arrivare alle utenze e all'impianto di produzione di A.C.S., realizzato con un boiler da 800 l. Dai collettori principali partono le due reti di adduzione, dove una alimenta i 5 appartamenti, i 2 spogliatoi e una delle due sale ristoro, la seconda invece la cucina, il bar e la sala ristoro restante (4.3).

Realizzando due reti di adduzione e dimensionandole utilizzando la normativa prEN806 è stato possibile dividere in due zone principali la masseria, diversificare il funzionamento in base alle richieste della specifica zona, con un migliore controllo delle temperature e delle portate erogate nelle singole tubazioni, garantendo una sensibile diminuzione del dispendio economico ed energetico.

Predisponendo, inoltre, in maniera funzionale numerose valvole di intercettazione, sono stati permessi eventuali interventi di manutenzione o di riparazione su ogni tratto della rete senza inficiare il corretto funzionamento delle altre tubazioni.

Per di più la collocazione geografica, la conoscenza della proprietà dei terreni della committenza e le indagini geologiche effettuate in sito sono state di fondamentale importanza per l'adozione di un sistema di scarico con una vasca IMHOFF da 8 mc e una sub-irrigazione

fitoprotetta caratterizzata da una trincea profonda 700 mm e larga 400 mm e una colonna disperdente di diametro 120 mm lunga 200 m realizzata con una pendenza del 0.2 %.

Si valuterà poi, in un secondo momento, la possibilità di costruire una nuova piscina per la quale è già stata prevista una linea di tubazioni per il suo eventuale reintegro.

La progettazione è stata effettuata partendo dall'ipotesi di presenza di un pozzo, pertanto uno dei sviluppi futuri del progetto prevederà la costruzione di un pozzo a seguito di richiesta e ottenimento delle necessarie autorizzazioni, e il dimensionamento di un eventuale gruppo di spinta che favorirà l'adduzione dell'acqua captata, all'interno della riserva idrica presente nel vano tecnico.

Bibliografia

- [1] Doninelli Mario. *Quaderni Caleffi. Impianti idrosanitari*. NICOLINI EDITORE, 2001.
- [2] Doninelli Mario. *Quaderni Caleffi. Le reti di distribuzione degli impianti idrosanitari*. Centrostamp S.r.l. Novara, 2016.
- [3] Doninelli Mario. *Quaderni Caleffi. Le pompe di circolazione*. Centrostamp S.r.l. Novara, 2017.
- [4] Doninelli Marco; Doninelli Mario. *Quaderni Caleffi. Tabelle e diagrammi perdite di carico acqua*.
- [5] Zinna Nino. *Manuale degli impianti idrotermosanitari*. Tecniche nuove, 2004.
- [6] Regolamento regionale. Bollettino ufficiale della regione puglia - n. 195 del 16-12-2011. pages 14–24.
- [7] Cagarelli R.; Caraglia A.; La Mura S. Linee guida per la prevenzione ed il controllo della legionellosi – ministero della salute – documento approvato in conferenza stato-regioni nella seduta del 07/05/2015.
- [8] Bearzi Vittorio. *Manuale degli impianti idricosanitari*. Tecniche Nuove, 1999.

Appendice A

Tabelle utilizzate per il dimensionamento dei tubi

<i>Apparecchio</i>	<i>Acqua fredda l/sec</i>	<i>Acqua calda l/sec</i>	<i>Pressione m c.a.</i>
<i>Lavabo</i>	0,1	0,1	5
<i>Bidet</i>	0,1	0,1	5
<i>Vaso a cassetta</i>	0,1	-	5
<i>Vaso con passo rapido</i>	1,5	-	15
<i>Vaso con flussometro</i>	1,5	-	15
<i>Vasca da bagno</i>	0,20	0,20	5
<i>Doccia</i>	0,15	0,15	5
<i>Lavello da cucina</i>	0,20	0,20	5
<i>Lavabiancheria</i>	0,10	-	5
<i>Lavastoviglie</i>	0,20	-	5
<i>Orinatoio comandato</i>	0,10	-	5

Figura A.1: prEN806 - Portate nominali e pressioni

<i>Componenti</i>	<i>ΔP_{APP} m c.a.</i>
<i>Contatore d'acqua generale</i>	6 ÷ 8
<i>Contatore d'acqua d'utenza</i>	4 ÷ 5
<i>Disconnettore</i>	5 ÷ 6
<i>Miscelatore termostatico</i>	4
<i>Miscelatore elettronico</i>	2
<i>Scambiatore di calore a piastre</i>	4
<i>Addolcitore</i>	8
<i>Dosatore di polifosfati</i>	4

Figura A.2: Valori medi perdite di carico dei principali componenti

r = perdite di carico continue, mm c.a./m					G = portate, l/h					v = velocità, m/s														
r	De	14	16	20	26	32	40	50	63	75	90	110	De	r										
	Di	10	11,5	15	20	26	33	42	51	60	73	90	Di											
2	G	22	32	67	146	207	567	1.001	1.848	2.872	4.801	8.633	G	2										
	v	0,08	0,09	0,10	0,13	0,16	0,18	0,22	0,25	0,28	0,32	0,38	v											
4	G	33	48	99	216	441	842	1.621	2.746	4.268	7.268	12.828	G	4										
	v	0,12	0,13	0,16	0,19	0,23	0,27	0,32	0,37	0,42	0,48	0,56	v											
6	G	42	61	125	273	556	1.062	2.044	3.461	5.381	9.162	16.173	G	6										
	v	0,15	0,16	0,20	0,24	0,29	0,34	0,41	0,47	0,53	0,61	0,71	v											
8	G	49	72	147	322	655	1.252	2.409	4.080	6.342	10.900	19.063	G	8										
	v	0,17	0,19	0,23	0,28	0,34	0,41	0,48	0,55	0,62	0,72	0,83	v											
10	G	56	81	167	365	744	1.422	2.736	4.635	7.204	12.268	21.655	G	10										
	v	0,20	0,22	0,26	0,32	0,39	0,46	0,55	0,63	0,71	0,81	0,95	v											
12	G	62	90	186	405	826	1.578	3.037	5.144	7.996	13.615	24.033	G	12										
	v	0,22	0,24	0,29	0,36	0,43	0,51	0,61	0,70	0,79	0,90	1,05	v											
14	G	67	99	203	443	902	1.723	3.316	5.617	8.732	14.869	26.246	G	14										
	v	0,24	0,26	0,32	0,39	0,47	0,56	0,66	0,76	0,86	0,99	1,15	v											
16	G	73	106	219	478	974	1.860	3.579	6.063	9.424	16.048	28.327	G	16										
	v	0,26	0,28	0,34	0,42	0,51	0,60	0,72	0,82	0,93	1,07	1,24	v											
18	G	78	114	234	511	1.042	1.989	3.828	6.485	10.080	17.165	30.299	G	18										
	v	0,28	0,30	0,37	0,45	0,54	0,65	0,77	0,88	0,99	1,14	1,32	v											
20	G	83	121	249	543	1.106	2.113	4.066	6.887	10.706	18.231	32.180	G	20										
	v	0,29	0,32	0,39	0,48	0,58	0,69	0,82	0,94	1,05	1,21	1,41	v											
22	G	87	128	262	573	1.168	2.231	4.294	7.273	11.305	19.251	33.981	G	22										
	v	0,31	0,34	0,41	0,51	0,61	0,72	0,85	0,99	1,11	1,28	1,48	v											
24	G	92	134	276	602	1.228	2.345	4.513	7.643	11.881	20.232	35.713	G	24										
	v	0,32	0,36	0,43	0,53	0,64	0,76	0,90	1,04	1,17	1,34	1,56	v											
26	G	96	140	289	631	1.285	2.455	4.724	8.001	12.437	21.179	37.384	G	26										
	v	0,34	0,38	0,45	0,56	0,67	0,80	0,95	1,09	1,22	1,41	1,63	v											
28	G	100	146	301	658	1.341	2.561	4.928	8.347	12.975	22.095	39.002	G	28										
	v	0,35	0,39	0,47	0,58	0,70	0,83	0,99	1,14	1,27	1,47	1,70	v											
30	G	104	152	313	684	1.395	2.664	5.126	8.683	13.497	22.984	40.570	G	30										
	v	0,37	0,41	0,49	0,60	0,73	0,87	1,03	1,18	1,33	1,53	1,77	v											
35	G	114	166	342	747	1.523	2.909	5.598	9.482	14.740	25.100	44.306	G	35										
	v	0,40	0,44	0,54	0,66	0,80	0,94	1,12	1,29	1,45	1,67	1,93	v											
40	G	123	180	369	806	1.644	3.140	6.042	10.234	15.900	27.090	47.819	G	40										
	v	0,43	0,48	0,58	0,71	0,86	1,02	1,21	1,39	1,56	1,80	2,09	v											
45	G	131	192	395	863	1.758	3.358	6.463	10.947	17.016	28.977	51.148	G	45										
	v	0,46	0,51	0,62	0,76	0,92	1,09	1,30	1,49	1,67	1,92	2,23	v											
50	G	140	204	420	916	1.867	3.567	6.864	11.626	18.072	30.775	54.322	G	50										
	v	0,49	0,55	0,66	0,81	0,98	1,16	1,38	1,58	1,78	2,04	2,37	v											
60	G	155	226	466	1.017	2.072	3.958	7.617	12.903	20.057	34.154	60.287	G	60										
	v	0,55	0,61	0,73	0,90	1,08	1,29	1,53	1,75	1,97	2,27	2,63	v											
70	G	169	247	509	1.110	2.263	4.323	8.319	14.091	21.904	37.299	65.838	G	70										
	v	0,60	0,66	0,80	0,98	1,18	1,40	1,67	1,92	2,15	2,48	2,87	v											
80	G	183	267	549	1.198	2.443	4.666	8.979	15.208	23.640	40.256	71.058	G	80										
	v	0,65	0,71	0,86	1,06	1,28	1,52	1,80	2,07	2,32	2,67	3,10	v											
90	G	195	285	587	1.282	2.613	4.991	9.604	16.267	25.286	43.059	76.006	G	90										
	v	0,69	0,76	0,92	1,13	1,37	1,62	1,93	2,21	2,48	2,86	3,32	v											
100	G	207	303	624	1.361	2.775	5.300	10.200	17.276	26.855	45.731	80.722	G	100										
	v	0,73	0,81	0,98	1,20	1,45	1,72	2,04	2,35	2,64	3,04	3,52	v											
Se = superficie esterna, m²/m															Si = sezione interna, mm²					V = contenuto acqua, l/m				
De [mm]		14	16	20	26	32	40	50	63	75	90	110	De [mm]											
Di [mm]		10	11,5	15	20	26	33	42	51	60	73	90	Di [mm]											
Se [m²/m]		0,044	0,050	0,063	0,082	0,101	0,126	0,157	0,198	0,236	0,283	0,346	Se [m²/m]											
Si [mm²]		79	104	177	314	531	855	1.385	2.043	2.827	4.185	6.362	Si [mm²]											
V [l/m]		0,08	0,10	0,18	0,31	0,53	0,86	1,39	2,04	2,83	4,19	6,36	V [l/m]											

r = perdite di carico continue, mm c.s./m														G = portate, l/h				v = velocità, m/s			
r	Øe	14	16	20	26	32	40	50	63	75	90	110	Øe	r							
	Øi	10	11,5	15	20	26	33	42	51	60	73	90	Øi								
2	G	25	37	76	166	330	647	1.244	2.108	3.277	5.580	9.849	G	2							
	v	0,09	0,10	0,12	0,15	0,18	0,21	0,25	0,29	0,32	0,37	0,43	v								
4	G	38	55	113	247	503	961	1.849	3.132	4.860	8.291	14.636	G	4							
	v	0,13	0,15	0,18	0,22	0,26	0,31	0,37	0,43	0,48	0,55	0,64	v								
6	G	47	69	143	311	634	1.212	2.331	3.940	6.130	10.453	18.452	G	6							
	v	0,17	0,19	0,22	0,28	0,33	0,39	0,47	0,54	0,60	0,69	0,81	v								
8	G	56	82	168	367	748	1.428	2.748	4.655	7.235	12.321	21.748	G	8							
	v	0,20	0,22	0,26	0,32	0,39	0,46	0,55	0,63	0,71	0,82	0,95	v								
10	G	63	93	191	417	840	1.622	3.122	5.288	8.219	13.997	24.706	G	10							
	v	0,22	0,25	0,30	0,37	0,44	0,53	0,63	0,72	0,81	0,93	1,08	v								
12	G	70	103	212	462	943	1.800	3.465	5.868	9.122	15.534	27.419	G	12							
	v	0,25	0,28	0,33	0,41	0,49	0,58	0,69	0,80	0,90	1,03	1,20	v								
14	G	77	112	231	505	1.029	1.966	3.784	6.409	9.962	16.964	29.944	G	14							
	v	0,27	0,30	0,36	0,45	0,54	0,64	0,76	0,87	0,98	1,13	1,31	v								
16	G	83	121	250	545	1.111	2.122	4.084	6.917	10.752	18.309	32.318	G	16							
	v	0,29	0,32	0,39	0,48	0,58	0,69	0,82	0,94	1,06	1,22	1,41	v								
18	G	89	130	267	583	1.188	2.270	4.368	7.308	11.500	19.584	34.568	G	18							
	v	0,31	0,35	0,42	0,52	0,62	0,74	0,88	1,01	1,13	1,30	1,51	v								
20	G	94	138	284	619	1.262	2.411	4.630	7.857	12.214	20.700	36.713	G	20							
	v	0,33	0,37	0,45	0,55	0,66	0,78	0,93	1,07	1,20	1,38	1,60	v								
22	G	100	146	299	654	1.333	2.546	4.890	8.297	12.898	21.963	38.768	G	22							
	v	0,35	0,39	0,47	0,58	0,70	0,83	0,98	1,13	1,27	1,46	1,69	v								
24	G	105	153	315	687	1.401	2.675	5.148	8.720	13.555	23.083	40.744	G	24							
	v	0,37	0,41	0,49	0,61	0,73	0,87	1,03	1,19	1,33	1,53	1,78	v								
26	G	110	160	329	719	1.466	2.801	5.380	9.128	14.190	24.163	42.651	G	26							
	v	0,39	0,43	0,52	0,64	0,77	0,91	1,08	1,24	1,39	1,60	1,86	v								
28	G	114	167	344	750	1.530	2.922	5.622	9.523	14.803	25.208	44.496	G	28							
	v	0,40	0,45	0,54	0,66	0,80	0,95	1,13	1,29	1,45	1,67	1,94	v								
30	G	119	174	358	781	1.591	3.039	5.848	9.906	15.300	26.222	46.286	G	30							
	v	0,42	0,46	0,56	0,69	0,83	0,99	1,17	1,35	1,51	1,74	2,02	v								
35	G	130	190	390	853	1.738	3.319	6.387	10.818	16.817	28.636	50.548	G	35							
	v	0,46	0,51	0,61	0,75	0,91	1,08	1,28	1,47	1,65	1,90	2,21	v								
40	G	140	206	421	920	1.875	3.582	6.893	11.676	18.150	30.907	54.556	G	40							
	v	0,50	0,55	0,66	0,81	0,98	1,16	1,38	1,59	1,78	2,05	2,38	v								
45	G	150	219	451	984	2.006	3.832	7.373	12.489	19.414	33.059	58.354	G	45							
	v	0,53	0,59	0,71	0,87	1,05	1,24	1,48	1,70	1,91	2,19	2,55	v								
50	G	159	233	479	1.045	2.131	4.069	7.831	13.264	20.618	35.110	61.975	G	50							
	v	0,56	0,62	0,75	0,92	1,11	1,32	1,57	1,80	2,03	2,33	2,71	v								
60	G	177	258	531	1.160	2.364	4.516	8.601	14.721	22.882	38.966	68.780	G	60							
	v	0,63	0,69	0,84	1,03	1,24	1,47	1,74	2,00	2,25	2,59	3,00	v								
70	G	193	282	580	1.267	2.582	4.932	9.401	16.076	24.980	42.554	75.114	G	70							
	v	0,68	0,75	0,91	1,12	1,35	1,60	1,90	2,19	2,46	2,82	3,28	v								
80	G	208	304	626	1.367	2.787	5.323	10.243	17.351	26.971	45.928	81.060	G	80							
	v	0,74	0,81	0,98	1,21	1,46	1,73	2,05	2,36	2,65	3,05	3,54	v								
90	G	223	326	670	1.462	2.981	5.694	10.957	18.550	28.840	49.125	86.713	G	90							
	v	0,79	0,87	1,05	1,29	1,56	1,85	2,20	2,52	2,83	3,26	3,79	v								
100	G	237	346	711	1.553	3.166	6.047	11.637	19.710	30.630	52.174	92.094	G	100							
	v	0,84	0,92	1,12	1,37	1,66	1,96	2,33	2,68	3,01	3,46	4,02	v								

Se = superficie esterna, m²/m				Si = sezione interna, mm²				V = contenuto acqua, l/m				
Øe [mm]	14	16	20	26	32	40	50	63	75	90	110	Øe [mm]
Øi [mm]	10	11,5	15	20	26	33	42	51	60	73	90	Øi [mm]
Se [m²/m]	0,044	0,050	0,063	0,082	0,101	0,126	0,157	0,198	0,236	0,283	0,346	Se [m²/m]
Si [mm²]	79	104	177	314	531	855	1.385	2.043	2.827	4.185	6.362	Si [mm²]
V [l/m]	0,08	0,10	0,18	0,31	0,53	0,86	1,39	2,04	2,83	4,19	6,36	V [l/m]

Figura A.4: Perdite di carico continue Tubi Multistrato -Temperatura acqua= 50°C

r = perdite di carico continue, mm c.a./m				G = portata, l/h				v = velocità, m/s					
r	Oe	15	18	22	28	35	42	54	76,1	88,9	108	Oe	r
	Oi	13	16	19,6	25,6	32	39	51	72,1	84,9	104	Oi	
2	G	45	70	138	285	521	892	1.848	4.729	7.369	12.782	G	2
	v	0,09	0,11	0,13	0,15	0,18	0,21	0,25	0,32	0,36	0,42	v	
4	G	67	118	205	423	775	1.325	2.746	7.027	10.950	18.903	G	4
	v	0,14	0,16	0,19	0,23	0,27	0,31	0,37	0,48	0,54	0,62	v	
6	G	85	149	258	533	977	1.671	3.461	8.859	13.805	23.046	G	6
	v	0,18	0,21	0,24	0,29	0,34	0,39	0,47	0,60	0,68	0,78	v	
8	G	100	175	304	628	1.151	1.970	4.080	10.442	16.271	28.224	G	8
	v	0,21	0,24	0,28	0,34	0,40	0,46	0,55	0,71	0,80	0,92	v	
10	G	113	199	346	714	1.308	2.238	4.635	11.862	18.484	32.062	G	10
	v	0,24	0,28	0,32	0,39	0,45	0,52	0,63	0,81	0,91	1,05	v	
12	G	126	221	384	792	1.452	2.483	5.144	13.165	20.514	35.583	G	12
	v	0,26	0,31	0,35	0,43	0,50	0,58	0,70	0,90	1,01	1,16	v	
14	G	137	242	419	865	1.585	2.712	5.617	14.377	22.403	38.860	G	14
	v	0,29	0,33	0,39	0,47	0,55	0,63	0,76	0,98	1,10	1,27	v	
16	G	148	261	452	934	1.711	2.927	6.063	15.517	24.179	41.941	G	16
	v	0,31	0,36	0,42	0,50	0,59	0,68	0,82	1,06	1,19	1,37	v	
18	G	159	279	484	999	1.830	3.131	6.485	16.597	25.862	44.861	G	18
	v	0,33	0,39	0,45	0,54	0,63	0,73	0,88	1,13	1,27	1,47	v	
20	G	169	296	514	1.061	1.944	3.325	6.887	17.627	27.467	47.645	G	20
	v	0,35	0,41	0,47	0,57	0,67	0,77	0,94	1,20	1,35	1,56	v	
22	G	178	313	543	1.120	2.082	3.511	7.273	18.614	29.005	50.311	G	22
	v	0,37	0,43	0,50	0,60	0,71	0,82	0,99	1,27	1,42	1,65	v	
24	G	187	329	570	1.177	2.157	3.690	7.643	19.562	30.483	52.876	G	24
	v	0,39	0,45	0,52	0,64	0,75	0,86	1,04	1,33	1,50	1,73	v	
26	G	196	344	597	1.232	2.258	3.863	8.001	20.478	31.970	55.351	G	26
	v	0,41	0,48	0,55	0,66	0,78	0,90	1,09	1,39	1,57	1,81	v	
28	G	204	359	623	1.286	2.356	4.030	8.347	21.364	33.290	57.745	G	28
	v	0,43	0,50	0,57	0,69	0,81	0,94	1,14	1,45	1,63	1,89	v	
30	G	213	373	648	1.337	2.450	4.192	8.683	22.223	34.629	60.067	G	30
	v	0,44	0,52	0,60	0,72	0,85	0,97	1,18	1,51	1,70	1,96	v	
35	G	232	408	707	1.460	2.676	4.578	9.482	24.269	37.818	65.598	G	35
	v	0,49	0,56	0,65	0,79	0,92	1,05	1,29	1,65	1,86	2,15	v	
40	G	250	440	763	1.576	2.888	4.941	10.234	26.193	40.816	70.800	G	40
	v	0,52	0,61	0,70	0,85	1,00	1,15	1,39	1,78	2,00	2,32	v	
45	G	268	471	817	1.686	3.089	5.285	10.947	28.017	43.658	75.729	G	45
	v	0,56	0,65	0,75	0,91	1,07	1,23	1,49	1,91	2,14	2,48	v	
50	G	285	500	867	1.790	3.281	5.613	11.626	29.756	46.367	80.428	G	50
	v	0,60	0,69	0,80	0,97	1,13	1,31	1,58	2,02	2,28	2,63	v	
60	G	316	555	963	1.987	3.641	6.229	12.903	33.023	51.458	89.259	G	60
	v	0,66	0,77	0,89	1,07	1,26	1,45	1,75	2,25	2,52	2,92	v	
70	G	345	606	1.051	2.170	3.977	6.893	14.091	36.064	56.197	97.479	G	70
	v	0,72	0,84	0,97	1,17	1,37	1,58	1,92	2,45	2,76	3,19	v	
80	G	372	654	1.134	2.342	4.292	7.343	15.208	38.923	60.653	105.208	G	80
	v	0,78	0,90	1,04	1,26	1,48	1,71	2,07	2,65	2,98	3,44	v	
90	G	398	700	1.213	2.505	4.591	7.854	16.267	41.633	64.875	112.532	G	90
	v	0,83	0,97	1,12	1,35	1,59	1,83	2,21	2,83	3,18	3,68	v	
100	G	423	743	1.289	2.661	4.876	8.341	17.276	44.217	68.901	119.516	G	100
	v	0,88	1,03	1,19	1,44	1,68	1,94	2,35	3,01	3,38	3,91	v	

Se = superficie esterna, m²/m		Si = sezione interna, mm²		V = contenuto acqua, l/m		P = peso tubo, kg/m					
Oe [mm]	15	18	22	28	35	42	54	76,1	88,9	108	Oe [mm]
Oi [mm]	13	16	19,6	25,6	32	39	51	72,1	84,9	104	Oi [mm]
Se [m²/m]	0,047	0,057	0,069	0,088	0,110	0,132	0,170	0,239	0,279	0,339	Se [m²/m]
Si [mm²]	133	201	302	515	804	1.195	2.043	4.083	5.661	8.495	Si [mm²]
V [l/m]	0,13	0,20	0,30	0,51	0,80	1,19	2,04	4,08	5,66	8,49	V [l/m]
P [kg/m]	0,34	0,42	0,61	0,79	1,23	1,49	1,93	3,63	4,26	5,19	P [kg/m]

Figura A.5: Perdite di carico continue Tubi in Acciaio Inox a pressare -Temperatura acqua= 10°C

r = perdite di carico continue, mm c.s./m													G = portata, l/h				v = velocità, m/s			
r	Oe	15	18	22	28	35	42	54	76,1	88,9	108	Oe	r							
	Øi	13	16	19,6	25,6	32	39	51	72,1	84,9	104	Øi								
2	G	52	91	157	325	595	1.018	2.108	5.395	8.407	14.582	G	2							
	v	0,11	0,13	0,14	0,18	0,21	0,24	0,29	0,37	0,41	0,48	v								
4	G	77	135	234	482	884	1.512	3.132	8.017	12.492	21.669	G	4							
	v	0,16	0,19	0,22	0,26	0,31	0,35	0,43	0,55	0,61	0,71	v								
6	G	97	170	295	608	1.114	1.907	3.949	10.107	15.750	27.319	G	6							
	v	0,20	0,23	0,27	0,33	0,38	0,44	0,54	0,69	0,77	0,89	v								
8	G	114	200	347	717	1.314	2.247	4.655	11.913	18.564	32.200	G	8							
	v	0,24	0,28	0,32	0,39	0,45	0,52	0,63	0,81	0,91	1,05	v								
10	G	129	227	394	814	1.492	2.553	5.288	13.533	21.088	36.579	G	10							
	v	0,27	0,31	0,36	0,44	0,52	0,59	0,72	0,92	1,03	1,20	v								
12	G	144	252	438	904	1.656	2.833	5.868	15.019	23.404	40.596	G	12							
	v	0,30	0,35	0,40	0,49	0,57	0,66	0,80	1,02	1,15	1,33	v								
14	G	157	276	478	987	1.809	3.094	6.409	16.402	25.559	44.334	G	14							
	v	0,33	0,38	0,44	0,53	0,62	0,72	0,87	1,12	1,25	1,45	v								
16	G	169	297	516	1.065	1.952	3.339	6.917	17.703	27.585	47.849	G	16							
	v	0,35	0,41	0,48	0,57	0,67	0,78	0,94	1,20	1,35	1,56	v								
18	G	181	318	552	1.139	2.088	3.572	7.398	18.935	29.506	51.181	G	18							
	v	0,38	0,44	0,51	0,61	0,72	0,83	1,01	1,29	1,45	1,67	v								
20	G	192	338	586	1.210	2.217	3.794	7.857	20.110	31.337	54.357	G	20							
	v	0,40	0,47	0,54	0,65	0,77	0,88	1,07	1,37	1,54	1,78	v								
22	G	203	357	619	1.278	2.342	4.006	8.297	21.236	33.091	57.399	G	22							
	v	0,42	0,49	0,57	0,69	0,81	0,93	1,13	1,44	1,62	1,88	v								
24	G	213	375	651	1.343	2.461	4.210	8.720	22.318	34.778	60.325	G	24							
	v	0,45	0,52	0,60	0,72	0,85	0,98	1,19	1,52	1,71	1,97	v								
26	G	223	393	681	1.406	2.576	4.407	9.128	23.363	36.405	63.149	G	26							
	v	0,47	0,54	0,63	0,76	0,89	1,02	1,24	1,59	1,79	2,06	v								
28	G	233	410	710	1.467	2.688	4.598	9.523	24.374	37.980	65.889	G	28							
	v	0,49	0,57	0,65	0,79	0,93	1,07	1,29	1,66	1,86	2,15	v								
30	G	242	426	739	1.526	2.796	4.783	9.906	25.354	39.508	68.530	G	30							
	v	0,51	0,59	0,68	0,82	0,97	1,11	1,35	1,72	1,94	2,24	v								
35	G	265	465	807	1.666	3.053	5.223	10.818	27.688	43.145	74.840	G	35							
	v	0,55	0,64	0,74	0,90	1,05	1,21	1,47	1,88	2,12	2,45	v								
40	G	286	502	871	1.798	3.295	5.637	11.676	29.884	46.566	80.774	G	40							
	v	0,60	0,69	0,80	0,97	1,14	1,31	1,59	2,03	2,28	2,64	v								
45	G	306	537	922	1.923	3.525	6.030	12.489	31.964	49.898	86.398	G	45							
	v	0,64	0,74	0,86	1,04	1,22	1,40	1,70	2,17	2,44	2,83	v								
50	G	325	570	989	2.043	3.743	6.404	13.264	33.948	52.899	91.759	G	50							
	v	0,68	0,79	0,91	1,10	1,29	1,49	1,80	2,31	2,60	3,00	v								
60	G	360	633	1.098	2.267	4.154	7.107	14.721	37.675	58.708	101.835	G	60							
	v	0,75	0,87	1,01	1,22	1,43	1,65	2,00	2,56	2,88	3,33	v								
70	G	393	691	1.199	2.476	4.537	7.762	16.076	41.145	64.114	111.212	G	70							
	v	0,82	0,96	1,10	1,34	1,57	1,80	2,19	2,80	3,15	3,64	v								
80	G	425	746	1.294	2.672	4.897	8.377	17.351	44.407	69.198	120.030	G	80							
	v	0,89	1,03	1,19	1,44	1,69	1,95	2,36	3,02	3,40	3,92	v								
90	G	454	798	1.384	2.858	5.237	8.960	18.559	47.499	74.015	128.386	G	90							
	v	0,95	1,10	1,27	1,54	1,81	2,09	2,52	3,23	3,63	4,20	v								
100	G	482	848	1.470	3.035	5.562	9.516	19.710	50.446	78.608	136.353	G	100							
	v	1,01	1,17	1,35	1,64	1,92	2,21	2,68	3,43	3,86	4,46	v								

Se = superficie esterna, m²/m				Si = sezione interna, mm²				V = contenuto acqua, l/m				P = peso tubo, kg/m			
Oe [mm]	15	18	22	28	35	42	54	76,1	88,9	108	Oe [mm]				
Øi [mm]	13	16	19,6	25,6	32	39	51	72,1	84,9	104	Øi [mm]				
Se [m²/m]	0,047	0,057	0,069	0,088	0,110	0,132	0,170	0,239	0,279	0,339	Se [m²/m]				
Si [mm²]	133	201	302	515	804	1.195	2.043	4.083	5.661	8.495	Si [mm²]				
V [l/m]	0,13	0,20	0,30	0,51	0,80	1,19	2,04	4,08	5,66	8,49	V [l/m]				
P [kg/m]	0,34	0,42	0,61	0,79	1,23	1,49	1,93	3,63	4,26	5,19	P [kg/m]				

Figura A.6: Perdite di carico continue Tubi in Acciaio Inox a pressione -Temperatura acqua= 50°C

PORTATE NOMINALI DI SCARICO	
Apparecchi	portata nominale [l/s]
Lavabo	0,50
Lavabo a canale (3 rubinetti)	0,75
Lavabo a canale (6 rubinetti)	1,00
Bidet	0,50
Vaso a cassetta	2,50
Vaso con passo rapido	2,50
Vaso con flussometro	2,50
Vasca da bagno	1,00
Vasca terapeutica	1,50
Doccia	0,50
Lavello da cucina	1,00
Lavatrice	1,20
Lavastoviglie	1,00
Orinatoio comandato	1,00
Orinatoio continuo	0,50
Vuotatoio con cassetta	2,50
Sifone a pavimento DN 63	1,00
Sifone a pavimento DN 75	1,50
Sifone a pavimento DN 90/110	2,50

Figura A.7: Portate nominali di scarico

DIAMETRI DI SCARICO CONSIGLIATI PER APPARECCHI E ALLACCIAMENTI TRADIZIONALI	
Apparecchi	diametro consigliato
Lavabo	DN 40
Bidet	DN 40
Vaso a cassetta	DN 110
Vaso con passo rapido	DN 110
Vaso con flussometro	DN 110
Vasca da bagno	DN 50
Doccia	DN 40
Lavello da cucina	DN 50
Lavatrice	DN 50
Lavastoviglie	DN 50

Figura A.8: Diametri di scarico consigliati per apparecchi e allacciamenti tradizionali

Tabella C - Trattamenti appropriati per insediamenti fino a 2.000 A.E.							
Sistema di Trattamento		Classe di consistenza e recapito					
		A	B	C	D	E	F
1	Fossa Imhoff + Subirrigazione drenata con trincea a fondo impermeabile	X	X				
2	Fossa Imhoff + Subirrigazione fitoprotetta	X	X				
3	Fossa Imhoff + Subirrigazione fitoprotetta e drenaggio			X			
5	Fossa Settica + Trincea disperdente			X			
6	Fossa Settica + Fitodepurazione HF		X	X		X	X
7	Fossa Settica + Fitodepurazione VH			X		X	X
8	Fossa Settica + Stagno			X		X	X
9	Stagni in serie			X		X	X
10	Fossa Imhoff + Fitodepurazione combinata			X		X	X
11	Stagno anaerobico + Fitodepurazione combinata			X		X	X
12	Fossa Settica + Filtro a sabbia intermittente			X		X	
13	Fossa Imhoff + Filtro percolatore						X
14	Fossa Imhoff + Biodischi						X
15	Fossa Settica + Impianto areazione prolungata						X
16	Trattamento primario + Impianto ANO-OX				X		X
17	Impianto SBR				X		X
18	Chiariflocculazione						X
19	Impianto biologico + Fitodepurazione				X		X
20	Impianto biologico + Stagni di finissaggio				X		X
21	Impianto biologico + Chiariflocculazione						X

A	Trattamenti appropriati per scarichi fino a 50 A.E. sul suolo
B	Trattamenti appropriati per scarichi fino a 50 A.E. sul suolo a falda vulnerabile
C	Trattamenti appropriati per scarichi fino a 50 A.E. in acque superficiali e marino-costiere
D	Trattamenti specifici per scarichi oltre i 50 A.E. sul suolo
E	Trattamenti appropriati per scarichi da 51 a 500 A.E. in acque superficiali e marino-costiere
F	Trattamenti appropriati per scarichi da 501 a 2.000 A.E. in acque superficiali e marino-costiere (*)

(*) Nel caso di insediamenti con un numero superiore a 1.000 presenze/giorno devono essere utilizzati esclusivamente trattamenti di tipo tecnologico.

Figura A.9: Tabella C - Allegato 4 della L.R. 26/2011

Appendice B

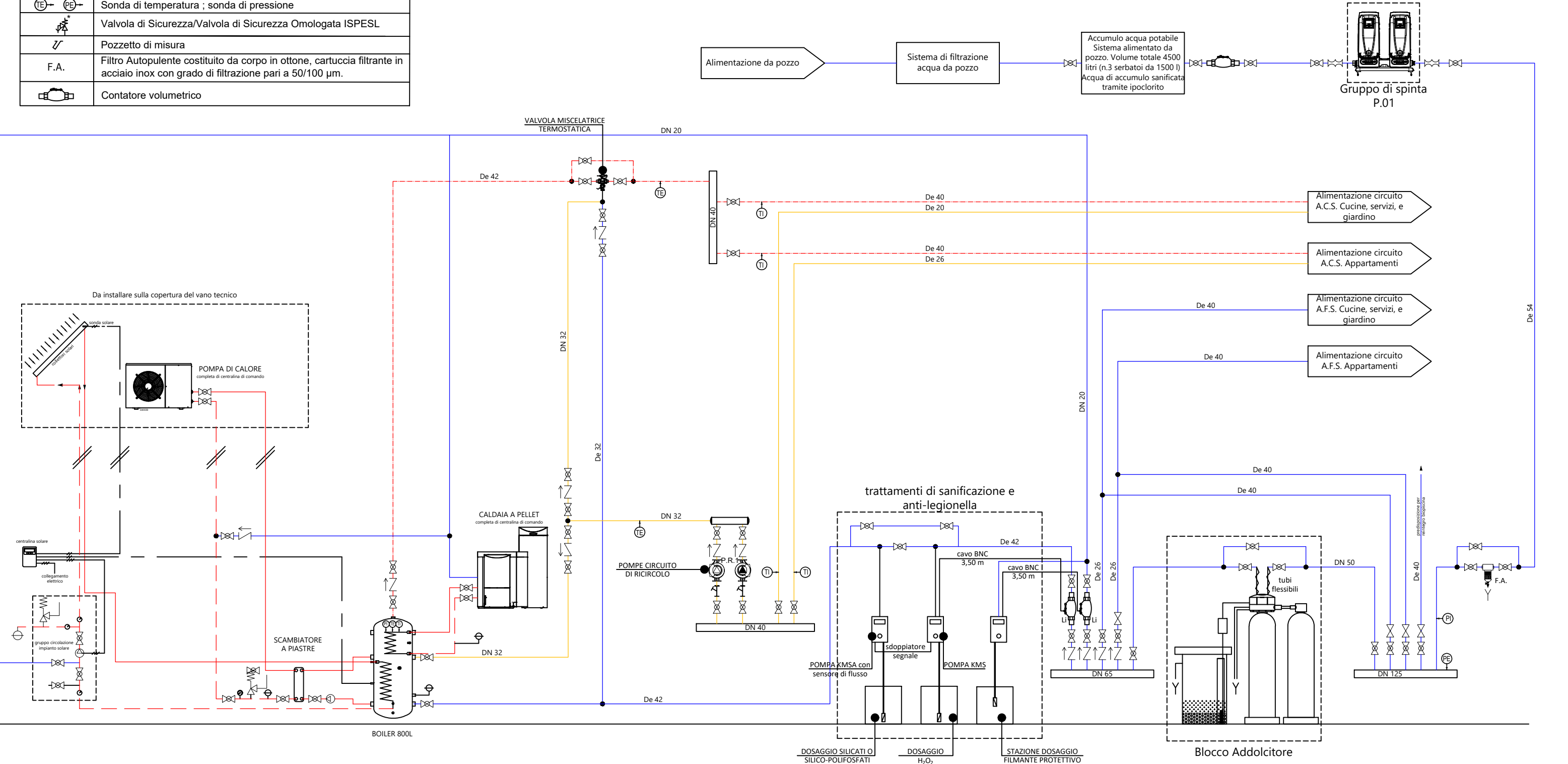
Tavole esecutive

SCHEMA CENTRALE IDRICA IN VANO TECNICO

LEGENDA SIMBOLI	
	Valvola a farfalla flangiata
	Valvola a sfera filettata/flangiata per impianto di riscaldamento
	Valvola a sfera filettata per uso sanitario
	Valvola di ritegno flangiata/filettata
	Valvola di taratura flangiata/filettata
	Valvola a due vie modulante con servocomando flangiata/filettata
	Vaso di espansione chiuso a membrana
	Rubinetto di scarico a sfera
	Termometro ; manometro
	Sonda di temperatura ; sonda di pressione
	Valvola di Sicurezza/Valvola di Sicurezza Omologata ISPESL
	Pozzetto di misura
	Filtro Autopulente costituito da corpo in ottone, cartuccia filtrante in acciaio inox con grado di filtrazione pari a 50/100 µm.
	Contatore volumetrico

LEGENDA TUBAZIONI	
	Tubazioni Mandata/Ritorno Acqua Calda (A.C.) in acciaio nero S.S. secondo norma UNI 10255
	Tubazioni Acqua Potabile (A.P.): - Distribuzione in Centrale/Cavedi Tecnici: Tubazione in acciaio zincato secondo norma UNI 10255 - Distribuzione Interrata: Tubazione in polietilene alta densità
	Tubazioni A.C.S. - in acciaio inox press-fitting (o multistrato per dorsale di distribuzione)
	Tubazioni Ricircolo A.C.S. - in acciaio inox press-fitting (o multistrato per dorsale di distribuzione)
	Tubazione spurgo acqua in acciaio zincato secondo norma UNI 10255

CARATTERISTICHE ELETTROPOMPE/CIRCOLATORI					
DESCRIZIONE	N°	VELOCITÀ	TIPOLOGIA	PORTATA	PREVALENZA
P.01 Gruppo di spinta tipo DAB 2Easybox MAX 60/120 T	2	Variabile	Pompa multigrante	34,8 mc/h	784 kPa
P.R.1 Circuito Ricircolo ACS tipo DAB Evosta2 40-70/150 SAN	2	Variabile	Singola Rotore Bagnato	3,6 mc/h	67 kPa
COIBENTAZIONI TUBAZIONI					
ACQUA CALDA - Rivestimento isolante in gomma sintetica espansa (finitura in alluminio) Spessore isolante come da D.P.R. 412/93 e successive modifiche					



SCHEMA DISTRIBUZIONE PRINCIPALE ACQUA SANITARIA CALDA E FREDDA
Scala 1:250



LEGENDA

- Adduzione acqua fredda sanitaria
- Adduzione acqua calda sanitaria
- Adduzione acqua calda sanitaria miscelata
- Collettore provvisto di gruppo per controllo temperatura e disinfezione termica (tipo Caleffi - serie 6005)
- Valvola a sfera
- Valvola a sfera in posizione di chiusura

NOTE IMPIANTO IDRICO SANITARIO

La distribuzione idrica a partire dalla centrale tecnologica sino alle utenze sarà eseguita con tubazione multistrato per le distribuzioni di A.F.S., A.C.S. e Ricircolo.

Tutte le derivazioni sulle dorsali di distribuzione idrica saranno dotate di valvole di intercettazione; le derivazioni principali della rete di ricircolo saranno inoltre dotate di valvole di bilanciamento.

Tutte le colonne dovranno essere provviste di valvole di intercettazione a sfera e rubinetti di scarico a piè di colonna.

L'isolamento delle tubazioni acqua calda sanitaria e ricircolo sarà conforme a quanto previsto dal DPR 412/93. Le dorsali principali e le linee a monte delle valvole di arresto non dovranno comunque avere uno spessore dell'isolamento inferiore a 32 mm.

Finitura superficiale delle coibentazioni delle tubazioni correnti a vista, nei cavedi tecnici ed in central con lamierino di alluminio.

NOTE DI CARATTERE GENERALE

- Il disegno architettonico è indicativo, la tavola è valida solo per gli impianti ivi riportati;
- La compatibilita' del passaggio delle tubazioni degli impianti meccanici e la posizione dei componenti dovranno essere verificate in sede di realizzazione con le soluzioni architettoniche finali ed i percorsi definitivi degli altri impianti.

SCHEMA DORSALI PRINCIPALI E SECONDARIE IMPIANTO FOGNANTE

Scala 1:200

NOTE TUBAZIONI E RETE DI SCARICO

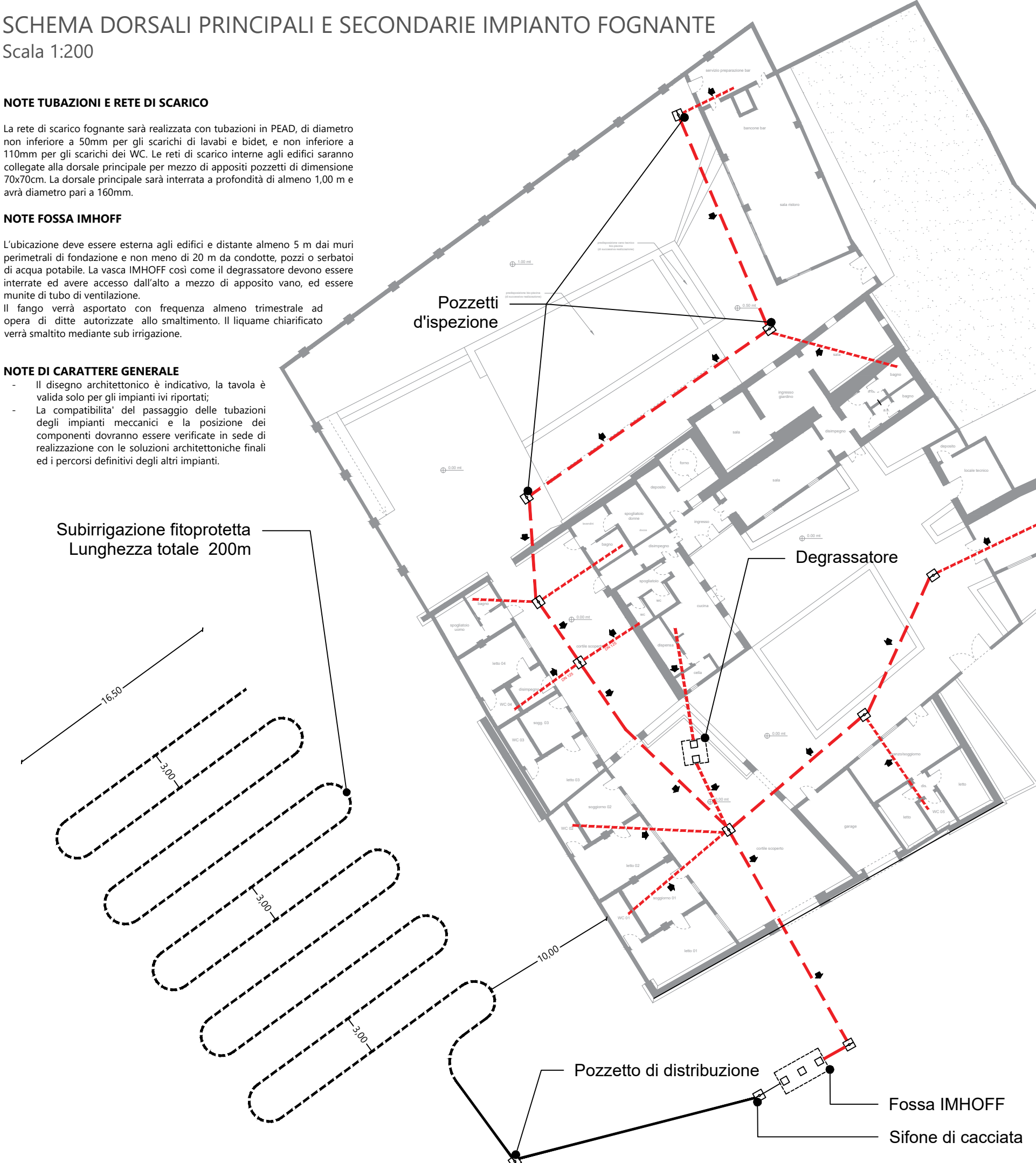
La rete di scarico fognante sarà realizzata con tubazioni in PEAD, di diametro non inferiore a 50mm per gli scarichi di lavabi e bidet, e non inferiore a 110mm per gli scarichi dei WC. Le reti di scarico interne agli edifici saranno collegate alla dorsale principale per mezzo di appositi pozzetti di dimensione 70x70cm. La dorsale principale sarà interrata a profondità di almeno 1,00 m e avrà diametro pari a 160mm.

NOTE FOSSA IMHOFF

L'ubicazione deve essere esterna agli edifici e distante almeno 5 m dai muri perimetrali di fondazione e non meno di 20 m da condotte, pozzi o serbatoi di acqua potabile. La vasca IMHOFF così come il degrassatore devono essere interrati ed avere accesso dall'alto a mezzo di apposito vano, ed essere munite di tubo di ventilazione. Il fango verrà asportato con frequenza almeno trimestrale ad opera di ditte autorizzate allo smaltimento. Il liquame chiarificato verrà smaltito mediante sub irrigazione.

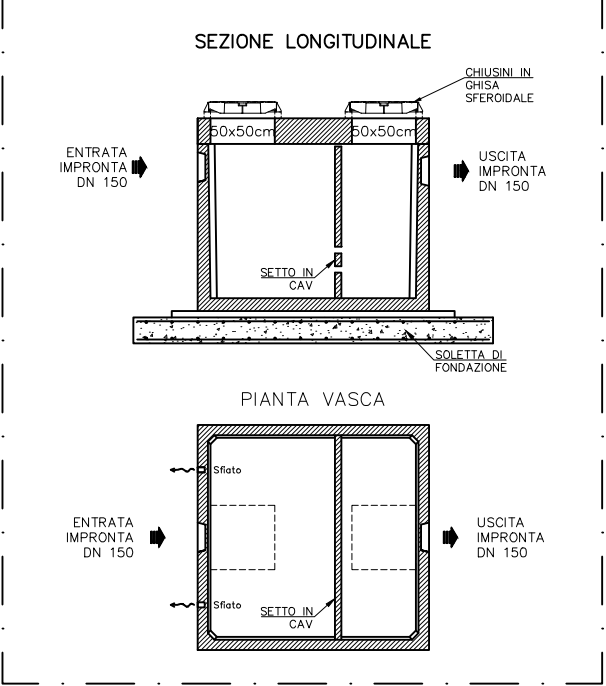
NOTE DI CARATTERE GENERALE

- Il disegno architettonico è indicativo, la tavola è valida solo per gli impianti ivi riportati;
- La compatibilità del passaggio delle tubazioni degli impianti meccanici e la posizione dei componenti dovranno essere verificate in sede di realizzazione con le soluzioni architettoniche finali ed i percorsi definitivi degli altri impianti.

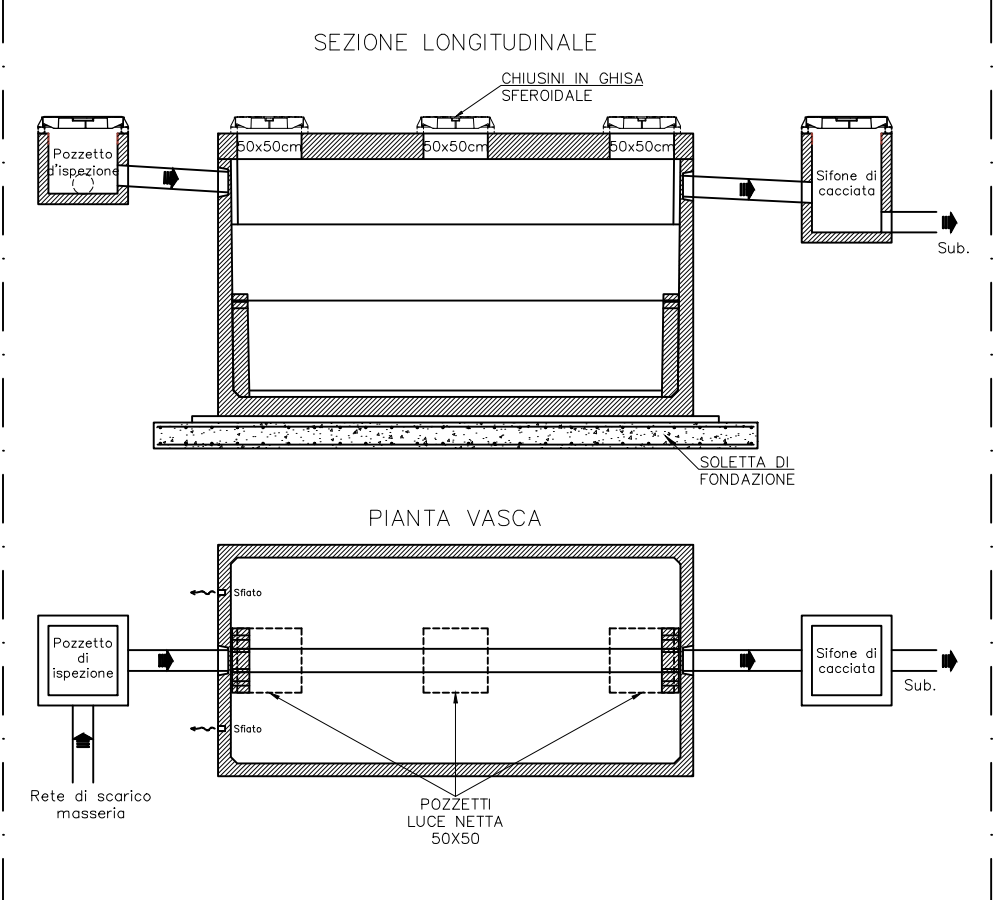


LEGENDA	
	Dorsale principale: Tubazioni Interrate profonde - DN 160
	Raccordo scarichi interni - pozzetti di ispezione: Tubazioni interrate superficiali - DN 110 o 125
	Tubo flessibile forato in PVC per subirrigazione - DN 120
	Fossa IMHOFF interrata, realizzata con vasca prefabbricata in c.a.v., classe di resistenza C45/55. Volume di sedimentazione 2250 l, volume di digestione 6750 l, volume utile 9000 l. Dimensioni esterne: 180x370x200 - Lastra di copertura 10 cm (non carrabile).
	Degrassatore interrato, realizzato con vasca prefabbricata in c.a.v., classe di resistenza C45/55. Volume utile 2500 l (15litri a pasto per 166 pasti al giorno). Dimensioni esterne: 175x180x130 - Lastra di copertura 10 cm (non carrabile).

PARTICOLARE DEGRASSATORE



PARTICOLARE FOSSA IMHOFF



Ringraziamenti

Al termine di questo elaborato, vorrei dedicare questo spazio della mia tesi a tutte le persone che hanno contribuito alla realizzazione della stessa e che mi hanno supportato nel mio percorso di crescita universitaria.

In primis desidero ringraziare i miei relatori Alessandra Saponieri e Antonio Francone, grazie ai quali ho potuto per la prima volta mettere in pratica le conoscenze acquisite in questi 3 anni. Li ringrazio per avermi dato la possibilità di fare questa bellissima esperienza, per la loro disponibilità, il sostegno e la fiducia che hanno riposto in me sin dal primo momento.

Un ringraziamento particolare va al mio correlatore, l'Ing. Giuliano De Pascali, per avermi guidato, con tutta la sua disponibilità e pazienza, durante questo percorso formativo. Lo ringrazio per i suoi preziosi consigli e suggerimenti, indispensabili per la stesura di quest'elaborato. Un grazie sentito anche ad Alessandro, per la sua disponibilità ed ospitalità. Mi ritengo fortunato ad aver avuto la possibilità di svolgere il mio lavoro di tesi in un ambiente lavorativo così giovanile e stimolante, che mi ha permesso di mettermi in gioco e fare un'esperienza che sarà importante per il mio futuro.

Ringrazio infinitamente i miei genitori che sono il mio punto di riferimento e che mi hanno sempre sostenuto, appoggiando ogni mia decisione, sin dal primo momento in cui ho deciso di intraprendere questo percorso universitario. Senza il loro sostegno, la loro pazienza e la loro continua fiducia in me non avrei mai potuto raggiungere questo traguardo. Li ringrazio per tutte quelle giornate che mi hanno visto passare sui libri, il loro incoraggiamento è stato fondamentale per fare sempre del mio meglio. Desidero poi ringraziare Fabio, mio fratello minore, perché sopporta i miei pomeriggi di studio ed è sempre stato al mio fianco mostrandomi il suo affetto nei momenti più difficili. Gli auguro di trovare la strada migliore per il suo futuro perché se lo merita. Questa tesi la dedico a voi che siete la mia famiglia, vi voglio un bene immenso e vi ringrazio con tutto il mio cuore.

Grazie a mia nonna, ai miei nonni che spero mi guardino da lassù, ai miei zii e ai miei cugini per l'affetto che non mi hanno mai fatto mancare e per essere sempre stati orgogliosi di me.

Grazi ai miei coinquilini, Federico, Davide, Giuseppe e Gianluca, per aver condiviso con me durante questo percorso gioie, sacrifici, successi e insuccessi. Grazie per le serate scaramantiche e gli in bocca al lupo prima di ogni esame.

Grazie ai miei amici di "Kaniconlagvng" per avermi fatto sentire a casa in ogni regione d'Italia, per la serenità che mi trasmettono, per avermi sostenuto con costanza e per essere stati sempre al mio fianco. Grazie per ogni momento trascorso insieme.

Grazie ai miei amici di "Stasera San Foca", per aver reso meno infiniti i pomeriggi passati in biblioteca, per l'affetto, il sostegno e le risate passate insieme, per aver reso molto più appassionato questo percorso. Con voi è stato tutto più bello.

Grazie ai miei compagni di corso, in particolare Martina, Gabriele, Federico, Fabio, Andrea, Benedetta e Luigi, per il supporto, i consigli e per aver reso meno faticosi e molto più leggeri e divertenti questi 3 anni.

Infine, vorrei dedicare questo piccolo traguardo a me stesso, che possa essere il punto di partenza di una lunga e brillante carriera professionale.