

SOMMARIO

1	PREMESSA	3
2	QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO.....	3
3	STATO DI FATTO DEL SISTEMA IMPIANTISTICO ESISTENTE	5
4	NUOVA CENTRALE TERMICA	6
4.1	CONFIGURAZIONE GENERALE DEL SISTEMA DI GENERAZIONE	6
4.2	BILANCIO DI POTENZA E CALCOLI LATO IMPIANTO E LATO FALDA	6
4.3	PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO AD ACQUA DI FALDA	8
4.4	COMPONENTI ACCESSORI DI CENTRALE	8
4.5	PRESCRIZIONI INSTALLATIVE E ASPETTI ACUSTICI.....	9
5	DISPOSITIVI DI ESPANSIONE, SICUREZZA E CONTROLLO.....	10
5.1	CONFIGURAZIONE DELLA CENTRALE E CIRCUITI	10
5.2	VASI DI ESPANSIONE.....	10
5.3	VALVOLE DI SICUREZZA.....	11
5.4	DISPOSITIVI DI CONTROLLO, INTERCETTAZIONE E MISURA.....	13
5.5	PRESCRIZIONI ESECUTIVE DI INSTALLAZIONE	13
5.6	PROVE, COLLAUDI E DOCUMENTAZIONE FINALE.....	14
5.7	SCAMBIATORI DI SICUREZZA LATO FALDA	14
5.7.1	Scambiatore SC 01.....	15
5.7.2	Scambiatore SC-02	16
6	DIMENSIONAMENTO POMPE E CIRCOLATORI	17
6.1	FORMULE GENERALI DI DIMENSIONAMENTO	17
6.2	POMPA SOMMERSA LATO FALDA	17
6.3	POMPE CIRCUITO INTERMEDIO ACQUA-GLICOLE LATO SORGENTE.....	19
6.4	POMPE CIRCUITO IMPIANTO INTERNO	19
6.5	PRESCRIZIONI COMUNI PER INSTALLAZIONE E COLLAUDO POMPE	20
7	SISTEMI DI DISTRIBUZIONE E TERMINALI DI EMISSIONE	20
7.1	RIFACIMENTO DELLA DISTRIBUZIONE.....	20
7.2	TERMINALI DI EMISSIONE DI PROGETTO	21
7.3	REGIMI TERMICI E COMFORT	22
8	PRODUZIONE DI ACQUA CALDA SANITARIA	22
9	REGOLAZIONE, BACS E INTEGRAZIONE ENERGETICA	23
10	LIMITI E CONDIZIONI DI VALIDITÀ DELLE SCELTE PROGETTUALI	23
11	SOLUZIONI PROGETTUALI ALTERNATIVE	25
12	CONCLUSIONI	27

1 PREMESSA

La presente relazione specialistica definisce in forma organica l'assetto degli impianti meccanici a servizio del Palazzo del Municipio di Santa Margherita Ligure nell'ambito dell'intervento di efficientamento energetico dell'edificio. L'elaborato sviluppa in fase esecutiva l'assetto impiantistico previsto per l'intervento, definendo configurazione funzionale, criteri prestazionali, dispositivi di centrale, prescrizioni installative e condizioni di messa in servizio.

L'intervento riguarda la sostituzione dell'attuale sistema di generazione, il rifacimento della distribuzione idronica, la sostituzione o integrazione dei terminali di emissione, la produzione di acqua calda sanitaria, la termoregolazione, il monitoraggio energetico e l'integrazione funzionale con i sistemi BACS e con l'impianto fotovoltaico.

2 QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

La progettazione e la successiva esecuzione dell'intervento dovranno essere sviluppate nel rispetto della normativa cogente vigente alla data della presente relazione e delle norme tecniche applicabili in quanto pertinenti. Il quadro seguente riassume i riferimenti principali assunti come base tecnica del presente elaborato; esso non ha carattere esaustivo e dovrà essere integrato in funzione degli approfondimenti progettuali, delle prescrizioni dell'ente autorizzativo e delle caratteristiche dei componenti effettivamente selezionati.

Riferimento	Ambito	Applicazione al progetto
D.Lgs. 192/2005 e s.m.i.	Prestazione energetica degli edifici	Quadro generale per efficienza energetica, requisiti e verifiche dell'intervento.
D.M. 26 giugno 2015	Metodologie di calcolo e requisiti minimi	Riferimento cogente energetico alla data della presente relazione; da coordinare con gli eventuali aggiornamenti applicabili alla data di gara/permesso.
D.P.R. 74/2013	Esercizio, controllo e manutenzione impianti termici	Prescrizioni di esercizio, conduzione, manutenzione e ispezione del futuro impianto termico.
D.M. 37/2008	Installazione impianti negli edifici	Regole di progettazione, realizzazione, dichiarazione di conformità e documentazione finale.
D.Lgs. 36/2023, art. 57	Contratti pubblici e sostenibilità ambientale	Applicazione dei CAM nella documentazione progettuale e di gara, ove l'intervento sia affidato come appalto pubblico.

Riferimento	Ambito	Applicazione al progetto
D.M. 24 novembre 2025	CAM edilizia	Riferimento CAM vigente per servizi di progettazione e lavori su interventi edilizi pubblici.
D.Lgs. 152/2006	Normativa ambientale e tutela delle acque	Quadro di riferimento per derivazione, uso e reiniezione delle acque di falda e per gli aspetti ambientali autorizzativi.
Regolamento (UE) 2024/573	Gas fluorurati	Gestione, scelta, installazione e manutenzione dei circuiti frigoriferi e dei refrigeranti.
L. 447/1995 e normativa attuativa	Acustica ambientale	Prescrizioni per contenimento delle emissioni sonore e verifica di compatibilità acustica.
D.M. 1 dicembre 1975	Norme di sicurezza per apparecchi contenenti liquidi caldi sotto pressione.	Riferimento nazionale storico per impianti ad acqua calda sotto pressione; applicabilità da verificare con INAIL per centrale con PDC e assenza di generatore a combustione.
Raccolta R INAIL - edizione 2009	Specificazioni tecniche applicative del Titolo II del D.M. 1 dicembre 1975.	Criteri per dispositivi di sicurezza, espansione e denuncia/verifica degli impianti rientranti nel campo di applicazione.

Ai fini del dimensionamento e delle verifiche tecniche, il progetto farà inoltre riferimento alle principali norme UNI/EN di settore, riportate nella tabella seguente.

Norma tecnica	Oggetto	Rilevanza per l'intervento
UNI EN 12831-1:2018	Calcolo del carico termico di progetto	Verifica della potenza necessaria per climatizzazione invernale degli ambienti.
UNI EN 12828:2013	Progettazione dei sistemi di riscaldamento ad acqua	Criteri per circuiti idronici, espansione, sicurezza e organi di impianto.
Serie UNI EN 378 / UNI EN ISO 5149-4:2025	Sicurezza e aspetti ambientali di sistemi frigoriferi e pompe di calore	Requisiti di sicurezza, installazione, esercizio e manutenzione delle pompe di calore.
UNI 8065:2019	Trattamento dell'acqua	Qualità dell'acqua di circuito, protezione da corrosione, incrostazioni e fanghi.
UNI 9182:2014	Distribuzione acqua fredda/calda sanitaria	Criteri per produzione, distribuzione e ricircolo ACS.
UNI/TS 11300-4:2016	Prestazioni energetiche – generatori rinnovabili e pompe di calore	Valutazione energetica del sottosistema di generazione.

Norma tecnica	Oggetto	Rilevanza per l'intervento
UNI/TS 11300-5:2016	Prestazioni energetiche – quota rinnovabile	Valutazione della copertura da fonte rinnovabile e dell'energia esportata/importata.
UNI EN ISO 52120-1:2022	BACS e building management	Classi funzionali e contributo dei sistemi di automazione all'efficienza energetica.
UNI EN 16798-1:2019	Parametri ambientali interni	Criteri di comfort termoigrometrico e parametri di progetto degli ambienti.

3 STATO DI FATTO DEL SISTEMA IMPIANTISTICO ESISTENTE

Allo stato attuale il riscaldamento invernale dell'edificio è affidato a una caldaia pressurizzata a gas metano installata negli anni Novanta, mentre il raffrescamento dei piani superiori è demandato a un gruppo frigorifero aria-acqua installato in epoca successiva. L'assetto esistente è quindi il risultato di stratificazioni progressive, prive di una regia unitaria sotto il profilo energetico e gestionale.

Il sottosistema di distribuzione si sviluppa su reti realizzate in tempi differenti, con livelli di isolamento non omogenei e con terminali diversi per piano e per ambiente. Sono presenti radiatori ai livelli inferiori e ventilconvettori ai livelli superiori; il sistema di regolazione risulta essenzialmente centralizzato, con possibilità di modulazione e monitoraggio limitate. Tale configurazione induce temperature di mandata elevate, rendimenti ridotti dei generatori, scarsa adattabilità ai profili di occupazione reali e difficoltà di governo puntuale dei singoli ambienti.

Sottosistema	Configurazione esistente	Principali criticità
Generazione invernale	Caldaia a gas metano	Rendimento contenuto, dipendenza da combustibile fossile, assenza di integrazione elettrica/rinnovabile.
Generazione estiva	Chiller aria-acqua	Sottosistema separato, efficienza non ottimale e limitata integrazione con il riscaldamento.
Distribuzione	Reti stratificate nel tempo	Isolamento disomogeneo, perdite, scarsa manutenibilità e ridotta flessibilità idraulica.
Emissione	Radiatori e fan coil esistenti	Terminali non uniformi e non sempre coerenti con regimi di bassa temperatura.
Regolazione	Prevalentemente centralizzata/manuale	Limitata capacità di modulazione, assenza di supervisione energetica e di logiche avanzate.

La diagnosi del sistema esistente porta, pertanto, a individuare come priorità progettuali la sostituzione del sistema di generazione, il rifacimento della distribuzione idronica, la riconfigurazione dei terminali e l'introduzione di una regolazione più evoluta, in grado di garantire sia efficienza sia qualità del servizio.

4 NUOVA CENTRALE TERMICA

4.1 CONFIGURAZIONE GENERALE DEL SISTEMA DI GENERAZIONE

La nuova centrale termica sarà basata esclusivamente su pompe di calore geotermiche acqua-acqua ad acqua di falda, installate all'interno del locale tecnico esistente. La soluzione consente di eliminare l'uso diretto di combustibili fossili nel sottosistema di generazione e di concentrare in un unico assetto impiantistico il servizio invernale e quello estivo, con maggiore coerenza energetica rispetto alla configurazione attuale.

Le unità previste sono due pompe di calore geotermiche in cascata, tipo IDM TERRA SW Max o equivalente, nelle taglie TERRA SW 110 Max e TERRA SW 140 Max, selezionate per assicurare elevata modulazione e continuità di servizio. Il funzionamento in cascata permette di adattare la potenza resa alla domanda reale: ai carichi ridotti può operare una sola macchina o un numero parziale di compressori; all'aumentare del fabbisogno entra progressivamente in servizio la seconda unità, con beneficio sull'efficienza ai carichi parziali, sulla continuità di esercizio e sulla riduzione dei cicli di avviamento.

Macchina	Condizione nominale	Potenza resa lato impianto [kW]	COP indicativo [-]
PDC geotermica taglia 110	S7/W35	133,86	5,26
PDC geotermica taglia 140	S7/W35	161,91	5,28
Potenza complessiva installata	S7/W35	295,77	5,27 (medio ponderato)

4.2 BILANCIO DI POTENZA E CALCOLI LATO IMPIANTO E LATO FALDA

Sulla base delle prestazioni nominali assunte a riferimento per il presente progetto esecutivo, derivate dai dati di funzionamento delle pompe di calore e dagli elaborati specialistici di progetto, il bilancio energetico delle unità è ricavato come segue.

$$P_{el} = \frac{P_{term}}{COP}$$

$$P_{falda} = P_{term} - P_{el}$$

$$V = \frac{Q}{1,163 \times \Delta T}$$

Dove P_{el} è la potenza elettrica assorbita, P_{term} è la potenza termica resa lato impianto, P_{falda} è la potenza termica prelevata dalla sorgente, V è la portata in m^3/h , Q è la potenza in kW e ΔT il salto termico di progetto in K. Le grandezze così determinate consentono di distinguere con chiarezza il contributo fornito dalla sorgente geotermica da quello dovuto all'alimentazione elettrica dei compressori e degli ausiliari.

Macchina	Potenza resa lato impianto [kW]	COP [-]	Potenza elettrica assorbita [kW]	Potenza prelevata lato falda [kW]
PDC geotermica taglia 110	133,86	5,26	25,45	108,41
PDC geotermica taglia 140	161,91	5,28	30,66	131,25
Totale centrale	295,77	5,27	56,11	239,66

Ne deriva che, a pieno carico nominale, la centrale rende lato impianto 295,77 kW, con assorbimento elettrico complessivo pari a 56,11 kW e prelievo geotermico lato falda pari a 239,66 kW. In termini percentuali, circa l'81% della potenza utile trasferita all'edificio è coperta dalla sorgente geotermica, mentre la quota residua deriva dall'energia elettrica necessaria al ciclo frigorifero.

Per il dimensionamento dei circuiti idraulici del presente progetto esecutivo si assumono i regimi lato impianto 45/40 °C in riscaldamento e 10/15 °C in raffrescamento ($\Delta T = 5$ K); per la falda si assume un salto termico di progetto pari a 5 K, con circuito intermedio e scambiatori di separazione. La verifica delle portate effettive, delle curve prestazionali di macchina, delle perdite di carico, delle temperature della falda e delle condizioni termoigrometriche dei terminali è prescritta nelle fasi costruttiva, di avviamento e di collaudo.

Circuito	Potenza di riferimento [kW]	ΔT assunto [K]	Portata nominale [m^3/h]
Lato impianto – PDC 110	133,86	5,0	23,02
Lato impianto – PDC 140	161,91	5,0	27,84
Lato puffer – Totale	295,77	5,0	50,86
Lato falda – PDC 110	108,41	5,0	20,4
Lato falda – PDC 140	131,25	5,0	24,6
Lato falda – Totale	239,66	5,0	41,1

Le portate calcolate sono portate nominali teoriche derivate dalle potenze delle PDC. In fase costruttiva dovranno essere verificate le portate effettive lato impianto e lato sorgente in funzione dei salti termici reali, della logica di contemporaneità, dell'eventuale portata variabile sui circuiti secondari e delle prestazioni certificate del costruttore alle condizioni di esercizio effettive.

4.3 PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO AD ACQUA DI FALDA

Il sistema utilizza l'acqua di falda come sorgente termica mediante emungimento da pozzo di prelievo, transito attraverso gli scambiatori di sicurezza lato sorgente e successivo recapito autorizzato, secondo le prescrizioni dell'ente competente e degli elaborati autorizzativi di progetto.

Le pompe di calore non sono alimentate direttamente con acqua naturale di falda, ma operano tramite un circuito intermedio idraulicamente separato, costituito da miscela acqua-glicole 30%. Tale configurazione consente di isolare il circuito frigorifero e gli scambiatori interni delle unità dalle possibili variazioni chimico-fisiche dell'acqua emunta, riducendo il rischio di corrosione, incrostazione, deposito e fouling, e migliorando affidabilità, durabilità e manutenibilità della centrale.

Dal punto di vista energetico, la scelta di una sorgente geotermica a temperatura relativamente stabile durante l'anno consente condizioni di evaporazione/condensazione favorevoli rispetto a sistemi aria-acqua, con particolare beneficio nei periodi invernali più gravosi. La praticabilità della soluzione resta subordinata alla disponibilità effettiva della portata di progetto, alla compatibilità termica tra prelievo e restituzione, alla qualità chimico-fisica dell'acqua emunta e all'autorizzazione della modalità di restituzione: in via di progetto reiniezione in falda, oppure, se assentito dagli enti competenti, recapito in roggia o in acquedotto irriguo.

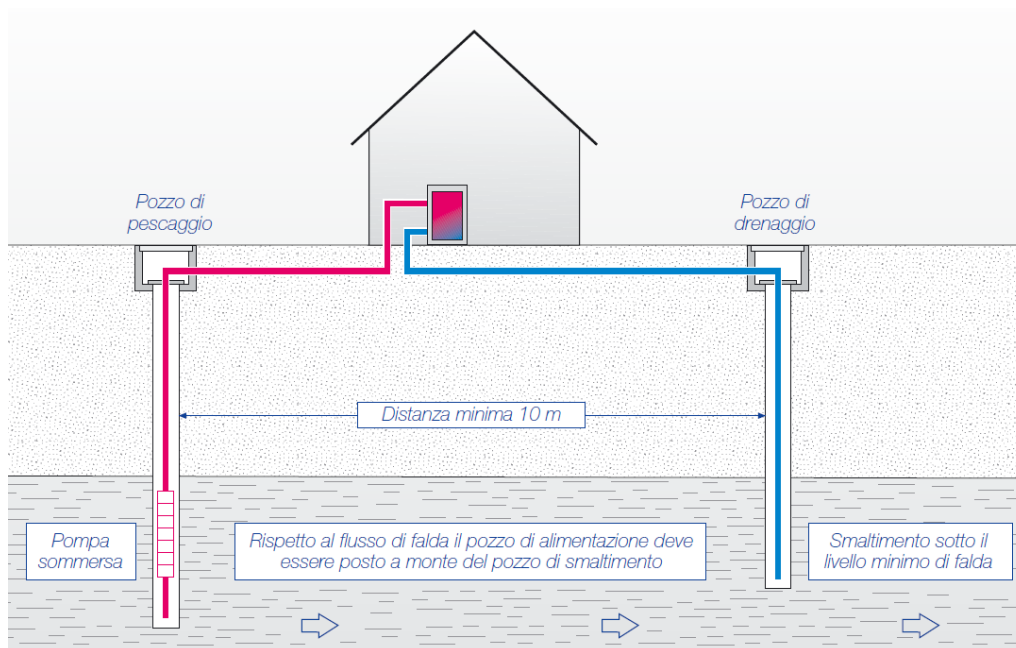


Figura 1: Principio di funzionamento impianto geotermico ad acqua di falda con restituzione in falda

4.4 COMPONENTI ACCESSORI DI CENTRALE

Oltre alle pompe di calore, la nuova centrale comprenderà tutti i componenti accessori necessari al corretto e sicuro funzionamento del sistema. Lo schema funzionale dovrà garantire separazione dei circuiti, stabilità idraulica, accessibilità manutentiva e leggibilità impiantistica.

Componente/insieme	Funzione	Osservazioni progettuali
Scambiatori di sicurezza lato falda	Separazione idraulica tra acqua naturale e circuito macchina	Riduce il rischio di fouling e protegge le PDC da qualità variabile della falda.
Filtri e sistemi di trattamento	Protezione dei circuiti e stabilità delle prestazioni	Da coordinare con analisi chimico-fisica dell'acqua e con UNI 8065 per i circuiti chiusi.
Gruppi di pompaggio	Assicurazione delle portate di progetto	Da selezionare su curve reali di rete e con adeguata ridondanza funzionale.
Vasi di espansione e organi di sicurezza	Controllo della pressione e protezione del circuito	Da dimensionare secondo volumi d'acqua, temperature e pressioni di esercizio.
Valvole di intercettazione, ritegno e bilanciamento	Manovra, sezionamento e taratura del sistema	Necessarie per manutenzione, equilibratura e controllo delle prevalenze.
Flussostati, sonde, contabilizzazione e misura	Sicurezza operativa e monitoraggio prestazionale	Indispensabili per controllo di macchina, supervisione e verifica delle rese.

4.5 PRESCRIZIONI INSTALLATIVE E ASPETTI ACUSTICI

Le macchine dovranno essere installate su superfici piane e strutturalmente idonee, con dispositivi antivibranti, giunti elastici e adeguato disaccoppiamento dalle tubazioni principali, in modo da limitare la trasmissione di vibrazioni alla struttura edilizia. L'installazione interna al locale tecnico costituisce già una misura di mitigazione acustica; dovranno comunque essere rispettate le prescrizioni della normativa acustica vigente e gli eventuali limiti locali applicabili. La centrale dovrà inoltre essere realizzata con particolare attenzione agli aspetti manutentivi: distanze di rispetto per smontaggio componenti, accesso ai quadri e ai collettori, punti di campionamento e spurgo, chiara identificazione delle tubazioni e della strumentazione, predisposizione di by-pass e sezionamenti che consentano la manutenzione senza fermo totale del sistema. La qualità impiantistica complessiva dipenderà non solo dalla bontà delle macchine, ma anche dalla chiarezza dello schema idraulico, dalla taratura delle protezioni e dalla possibilità di monitorare in continuo portate, temperature e consumi elettrici.

5 DISPOSITIVI DI ESPANSIONE, SICUREZZA E CONTROLLO

5.1 CONFIGURAZIONE DELLA CENTRALE E CIRCUITI

Circuito	Tipo	Fluido	Stato rispetto all'espansione	Dispositivi principali
CF-01	Acqua di falda	Acqua naturale	Circuito aperto; non richiede vaso di espansione idronico.	Filtro, misure T/P/q, scambiatori SC-01 e SC-02, scarico/restituzione autorizzata.
CG-01	Circuito intermedio sorgente PDC	Acqua + glicole 30%	Circuito chiuso; richiede espansione, valvola di sicurezza, sfiato, manometro, scarico controllato.	Vaso/i glicole, VS, manometri, termometri, flussostati, sfiati e scarichi.
CI-01	Circuito impianto caldo/freddo	Acqua tecnica trattata	Circuito chiuso principale; richiede espansione dimensionata sul volume complessivo.	Accumuli 2 x 1000 L, vasi principali, VS, gruppo carico, defangatore, disaeratore.
CS-01	Rami secondari/piani	Acqua tecnica trattata	Non richiedono vaso autonomo se sempre collegati a CI-01; richiedono vaso locale se sezionabili in esercizio.	Valvole di bilanciamento, PIM, misure T/q, eventuali vasi locali.

5.2 VASI DI ESPANSIONE

Il dimensionamento dei vasi di espansione chiusi a membrana è eseguito considerando la dilatazione volumica del fluido contenuto nel circuito protetto, la pressione di precarica del vaso e la pressione massima ammessa prima dell'intervento della valvola di sicurezza.

$$V_e = V_{sys} \cdot e$$

$$\eta = (p_f - p_0) / (p_f + 1)$$

$$V_{n,min} = V_e / \eta$$

$$V_{sys,max} = V_n \cdot \eta / e$$

$$p_0 \geq H_{st} / 10 + 0,3$$

Simbolo	Descrizione	Unità
Vsys	Volume complessivo del circuito protetto	litri
e	Coefficiente di espansione volumica del fluido tra temperatura minima e massima di progetto	-
Ve	Volume di espansione del fluido	litri
Vn,min	Volume nominale minimo del vaso di espansione	litri
η	Frazione utile di accettazione del vaso	-
p0	Pressione di precarica del vaso, assunta pari a 2,0 bar come da schema	bar(g)
pf	Pressione massima finale di progetto, assunta pari a 4,0 bar in coerenza con la taratura della valvola di sicurezza	bar(g)
Hst	Altezza statica tra vaso e punto più alto del circuito	m

Sigla	Circuito protetto	Vsys [l]	Fluido	T min/max [°C]	e [-]	Ve [l]	Vn,min [l]	V installato [l]	Vmax [l]	Esito
VE1	Circuito intermedio acqua-glicole 30%	550	acqua-glicole 30%	5 / 28	0.0150	8.2	33.0	50	833	OK
VE2	Accumulo tecnico PF1 e circuito locale PDC 1	1050	acqua tecnica	10 / 45	0.0095	10.0	39.9	50	1316	OK
VE2	Accumulo tecnico PF2 e circuito locale PDC 2	1050	acqua tecnica	10 / 45	0.0095	10.0	39.9	50	1316	OK
VE3	Circuito distribuzione impianto - ramo principale 1	1600	acqua tecnica	10 / 45	0.0095	15.2	60.8	80	2105	OK
VE3	Circuito distribuzione impianto - ramo principale 2	1600	acqua tecnica	10 / 45	0.0095	15.2	60.8	80	2105	OK

I volumi di circuito assunti nella tabella seguente sono valori di progetto coerenti con lo schema funzionale e con la configurazione impiantistica prevista. Prima dell'approvvigionamento dei vasi, l'Appaltatore dovrà confermare i volumi effettivi dei circuiti sulla base degli elaborati costruttivi, delle lunghezze reali di tubazione, dei contenuti d'acqua delle apparecchiature, degli accumuli e dei terminali installati. Eventuali variazioni dei volumi dovranno comportare aggiornamento del calcolo e adeguamento della capacità nominale dei vasi.

Il mantenimento della verifica è subordinato alle seguenti condizioni:

- precarica effettiva dei vasi pari a 2,0 bar, da controllare a circuito scarico prima del riempimento;
- taratura delle valvole di sicurezza pari a 4,0 bar o comunque coerente con la pressione massima ammissibile del componente più debole del circuito;
- pressione di caricamento a freddo compatibile con l'altezza statica e non superiore al valore che riduce eccessivamente il volume utile del vaso;
- assenza di intercettazioni non bloccate aperte sul collegamento tra circuito e vaso di espansione;

5.3 VALVOLE DI SICUREZZA

Le valvole di sicurezza dovranno essere installate sui circuiti chiusi in posizione non intercettabile rispetto al volume protetto. La portata di scarico certificata dovrà essere almeno pari alla potenza termica massima che può essere trasferita al circuito protetto nelle condizioni più gravose di progetto.

Le valvole devono soddisfare almeno le seguenti condizioni:

$$p_{tar} \leq p_{max,amm}$$

$$Q_{VS} \geq Q_{req}$$

$$\Phi_{scarico} \geq \Phi_{prot}$$

dove:

- p_{tar} = pressione di taratura della valvola;
- $p_{max,amm}$ = pressione massima ammissibile del componente più debole del circuito;
- Q_{VS} = capacità di scarico certificata della valvola;
- Q_{req} = capacità di scarico richiesta per lo scenario di sovrappressione;
- $\Phi_{scarico}$ = potenza smaltibile dalla valvola nelle condizioni considerate;
- Φ_{prot} = potenza massima trasferibile al circuito protetto.

Per i circuiti collegati alle pompe di calore, si assume:

$$\Phi_{prot} = \Phi_{PDC,max}$$

Per il circuito intermedio acqua-glicole 30%, si assume:

$$\Phi_{prot} = \Phi_{SC01,max}$$

Sigla	Circuito protetto	Potenza protetta [kW]	Taratura [bar]	Prescrizione minima
VS-PDC1	Circuito impianto collegato a PDC 1	149,14	4,0	Valvola di sicurezza a molla CE/PED, DN minimo da scheda costruttore, scarico convogliato.
VS-PDC2	Circuito impianto collegato a PDC 2	181,06	4,0	Valvola di sicurezza a molla CE/PED, DN minimo da scheda costruttore, scarico convogliato.
VS-COM	Collettori / accumuli comuni lato impianto	330,20	4,0	Capacità di scarico non inferiore alla potenza massima della cascata in W10/W35.
VS-GLI	Circuito intermedio acqua-glicole 30% / SC-01 e SC-02	244,76	4,0	Capacità di scarico non inferiore alla potenza scambiata massima degli scambiatori SC-01 e SC-02.

- Lo scarico delle valvole dovrà essere convogliato in posizione visibile e sicura, senza riduzioni non ammesse e senza possibilità di occlusione.
- Non sono ammesse valvole di intercettazione tra il punto protetto e la valvola di sicurezza, salvo dispositivi specifici bloccati in posizione aperta e conformi alle norme applicabili.
- La pressione di taratura dovrà essere inferiore o uguale alla pressione massima ammissibile del componente più debole del circuito.
- Le valvole installate dovranno riportare marcatura, taratura, diametro, capacità di scarico e documentazione di conformità del costruttore.
- Per il circuito acqua di falda, generalmente non configurato come circuito chiuso di espansione, dovranno essere comunque previsti dispositivi di non ritorno, intercettazione, filtrazione, controllo pressione, flussostato e protezione della pompa contro funzionamento fuori campo.

5.4 DISPOSITIVI DI CONTROLLO, INTERCETTAZIONE E MISURA

Componente	Posizione funzionale	Prescrizione
Manometri	Mandata/ritorno PDC, lato falda, circuito glicole, collettori e gruppo di caricamento	Campo scala coerente con taratura valvole; preferibile 0-6 bar per circuiti con VS 4 bar; rubinetto porta-manometro.
Termometri / sonde T	Mandata e ritorno di tutti i circuiti principali	Campo 0-120 °C; pozzetti ispezionabili;
Flussostati	Circuito falda e circuito intermedio sorgente	Consenso obbligatorio al funzionamento PDC; arresto in caso di portata insufficiente.
Disaeratore DS1	Punto caldo/alto del circuito impianto	Installazione su tratto a bassa velocità e accessibile per manutenzione.
Defangatore DE1	Ritorno impianto prima delle PDC/scambiatori	Con magnete ove compatibile; spurgo accessibile; isolamento termico ripristinato.
Filtri a Y e multistadio	A monte di scambiatore, PDC e dispositivi sensibili	Cestello inox, perdite di carico compatibili, pulizia iniziale dopo lavaggi.
Gruppo di caricamento	Carico circuiti chiusi	Pretarabile, con manometro, disconnettore e rubinetti; pressione a freddo da registrare nel verbale di avviamento.
Valvole di intercettazione e ritegno	Tutti i rami di macchina, scambiatore, accumuli e pompe	Garantire sezionamento manutentivo senza compromettere i dispositivi di sicurezza non intercettabili.
Contatori / misuratori di portata	Falda, intermedio e circuiti principali ove indicato	Lettura remota o predisposizione impulsi; taratura/scala coerente con portate di progetto.

5.5 PRESCRIZIONI ESECUTIVE DI INSTALLAZIONE

- I vasi di espansione dovranno essere installati con collegamento diretto al circuito protetto, preferibilmente sul ritorno e in prossimità del punto di aspirazione delle pompe, evitando perdite di carico localizzate sul tubo di espansione.
- Ogni vaso dovrà essere dotato di targhetta identificativa, indicazione della precarica, valvola di controllo e dispositivo di intercettazione bloccabile in posizione aperta, ove ammesso.
- Le tubazioni di collegamento ai vasi non dovranno essere soggette a gelo e dovranno essere protette contro urti, vibrazioni e sollecitazioni meccaniche.
- Le valvole di sicurezza dovranno essere installate verticalmente, in posizione accessibile, con scarico convogliato e visibile; il tubo di scarico dovrà avere diametro non inferiore all'uscita della valvola salvo diversa prescrizione del costruttore.
- I dispositivi installati sui circuiti con glicole dovranno essere compatibili con miscela acqua-glicole 30% e con le temperature di progetto 5/28 °C lato intermedio.
- Il circuito acqua di falda dovrà essere realizzato con materiali compatibili con la qualità chimico-fisica dell'acqua emunta e con lo scambiatore in titanio, previa conferma delle analisi di acqua e delle prescrizioni autorizzative.
- Tutti i dispositivi dovranno rimanere accessibili per prova, manutenzione, sostituzione e lettura senza smontaggi invasivi.

5.6 PROVE, COLLAUDI E DOCUMENTAZIONE FINALE

Verifica	Contenuto minimo	Fase
Controllo documentale	Schede tecniche, marcatura CE/PED, certificati valvole, manuali PDC, certificati vasi, compatibilità glicole.	Prima installazione
Prova pressione circuiti	Prova idraulica secondo elaborati e istruzioni componenti, senza superare limiti dei componenti più deboli.	Prima isolamento
Lavaggio e filtrazione	Lavaggio reti, pulizia filtri, spurgo defangatore, verifica assenza fanghi e corpi estranei.	Prima avviamento
Trattamento acqua	Controllo parametri secondo UNI 8065 e prescrizioni PDC/scambiatore; glicole 30% da certificare.	Prima consegna
Precarica vasi	Misura a circuito scarico; registrazione $p_0 = 2,0$ bar salvo taratura diversa validata.	Verbale avviamento
Taratura dispositivi	Verifica valvole sicurezza 4,0 bar, gruppo carico, pressostati/flusso, sonde e allarmi.	Verbale avviamento
Prova funzionale	Funzionamento in cascata PDC, consenso flussostati, portate falda/intermedio/impianto, arresti di sicurezza.	Collaudo funzionale
As-built	Schemi aggiornati, elenco matricole, libretti, dichiarazioni di conformità, manuale uso e manutenzione.	Fine lavori

5.7 SCAMBIATORI DI SICUREZZA LATO FALDA

Gli scambiatori di calore lato falda SC-01 e SC-02 sono previsti con piastre in titanio, in considerazione della possibile presenza di acqua con caratteristiche chimico-fisiche aggressive o parzialmente salmastre, tenuto conto della localizzazione costiera dell'edificio e della potenziale influenza del cuneo salino sulla falda. L'impiego del titanio costituisce una misura progettuale cautelativa volta a incrementare la resistenza alla corrosione rispetto alle ordinarie soluzioni in acciaio inossidabile, soprattutto in presenza di cloruri, elevata conducibilità o altri parametri caratteristici di acque sotterranee non assimilabili ad acqua dolce, contribuendo alla durabilità dei componenti e alla continuità di esercizio della centrale.

Prima della messa in servizio resta prescritta l'esecuzione di un'analisi chimico-fisica dell'acqua emunta. I risultati dovranno essere verificati rispetto ai limiti dichiarati dai costruttori degli scambiatori e alla compatibilità con tutti i materiali a contatto con l'acqua di falda, comprese tubazioni, guarnizioni, filtri, valvole e organi accessori. Gli scambiatori sono calcolati in configurazione di funzionamento più gravoso.

5.7.1 Scambiatore SC 01

Pos.: Pos 1		Apparecchio FP 2022-39-2-EH			
Dati tecnici		lato caldo		lato freddo	
Fluido		Water		Glycol/Water 30/70	
Portata massica	[kg/s]	5.17		[kg/s]	5.97
Portata (volume)	[m³/h]	18.600		[m³/h]	20.400
Temp. ingresso	[°C]	13.00		[°C]	5.00
Temp. uscita	[°C]	8.00		[°C]	10.00
Operating pressure	[barg]	0.00		[barg]	0.00
Proprietà fisiche		In		Out	
Viscosità dinamica	[cP]	1.166	1.323	3.908	3.277
Densità	[kg/m³]	999.3	1001	1054.	1053
Calore specifico	[kJ/kgK]	4.198	4.203	3.712	3.718
Conducibilità termica	[W/mK]	0.620	0.616	0.469	0.471
Valori caratteristici scambiatore a piastre					
Potenza scambiata	[kW]		119.01		
Superficie di scambio effettivo	[m²]		6.38		
LMTD/CMTD	[K]		3.00 / 3.00		
Coeff.di scambio termico, richiesto/attuale	[W/m²K]		6223 / 6321		
Sporcamento	[m²K/W]		0.0000025		
Sovradimensionamento	[%]		1.58		
Perdita di carico	[kPa]	31.470		[kPa]	46.869
Velocità Canale	[m/s]	0.65 / 0.65		[m/s]	0.70 / 0.70
Velocità Connessione	[m/s]	2.39		[m/s]	2.75
Passaggi in serie		1			1
Numero totale piastre			39		
Tipo di canali			19*HL		
Costruzione					
Peso	[kg]		ca. 182/196		
Volume	[dm³]	6.903		6.903	
Min./Max.Press.Design /Press.Test	[barg]	0.0/10.0/13.0		0.0/10.0/13.0	
Massima temperatura di esercizio	[°C]		110.00		
Materiali		DIN			
	Piastre	Titanio gr.1 (0.50 mm)			
	Guarnizioni	EPDM HT			
	Telaio	S 355 J2+N (Fusti), Max. n° di piastre 80, Espandibilità 105%			
	Verniciatura	Standard, RAL 5002, <= 150°C,			
Connessioni	lato caldo	F1 => F4 : Attacco flangiato rivestito in gomma, DN 50, EPDM HT, per flange PN 16, EN 1092-1			
	lato freddo	F3 => F2 : Filetto maschio, DN 50, Acciaio inossidabile, G 2"			
Design Code:		AD-2000			
Inspection Code:		PED 2014/68/EU			

5.7.2 Scambiatore SC-02

Pos.: Pos 2		Apparecchio FP 2022-47-2-EH			
<u>Dati tecnici</u>		lato caldo		lato freddo	
Fluido		Water		Glycol/Water 30/70	
Portata massica	[kg/s]	6.25		[kg/s]	7.20
Portata (volume)	[m³/h]	22.500		[m³/h]	24.600
Temp. ingresso	[°C]	13.00		[°C]	5.00
Temp. uscita	[°C]	8.00		[°C]	10.00
Operating pressure	[barg]	0.00		[barg]	0.00
Proprietà fisiche		In	Out	In	Out
Viscosità dinamica	[cP]	1.166	1.323	3.908	3.277
Densità	[kg/m³]	999.3	1001	1054.	1053
Calore specifico	[kJ/kgK]	4.198	4.203	3.712	3.718
Conducibilità termica	[W/mK]	0.620	0.616	0.469	0.471
Valori caratteristici scambiatore a piastre					
Potenza scambiata	[kW]		143.51		
Superficie di scambio effettivo	[m²]		7.75		
LMTD/CMTD	[K]		3.00 / 3.00		
Coeff.di scambio termico, richiesto/attuale	[W/m²K]		6170 / 6306		
Sporcamento	[m²K/W]		0.0000035		
Sovradimensionamento	[%]		2.22		
Perdita di carico	[kPa]	32.575		[kPa]	48.274
Velocità Canale	[m/s]	0.65 / 0.65		[m/s]	0.69 / 0.69
Velocità Connessione	[m/s]	2.88		[m/s]	3.31
Passaggi in serie		1			1
Numero totale piastre			47		
Tipo di canali			23*HL		
Costruzione					
Peso	[kg]		ca. 187/204		
Volume	[dm³]	8.356		8.356	
Min./Max.Press.Design /Press.Test	[barg]	0.0/10.0/13.0		0.0/10.0/13.0	
Massima temperatura di esercizio	[°C]		110.00		
Materiali		DIN			
Piastre		Titanio gr.1 (0.50 mm)			
Guarnizioni		EPDM HT			
Telaio		S 355 J2+N (Fusti), Max. n° di piastre 80, Espandibilità 70%			
Verniciatura		Standard, RAL 5002, <= 150°C,			
Connessioni		F1 => F4 :			
lato caldo		Attacco flangiato rivestito in gomma, DN 50, EPDM HT, per flange PN 16, EN 1092-1			
		F3 => F2 :			
lato freddo		Filetto maschio, DN 50, Acciaio inossidabile, G 2"			
Design Code:		AD-2000			
Inspection Code:		PED 2014/68/EU			

6 DIMENSIONAMENTO POMPE E CIRCOLATORI

Il dimensionamento è condotto sui dati di portata riportati nello schema TM01 e sui dati di funzionamento delle pompe di calore e dello scambiatore lato falda riportati nella relazione generale e nella relazione specialistica meccanica. Le prevalenze riportate hanno carattere progettuale e dovranno essere confermate in sede costruttiva sulla base delle perdite di carico effettive di tubazioni, organi di regolazione, filtri, scambiatore, valvole e accessori installati.

La selezione delle pompe è effettuata imponendo che il punto di lavoro richiesto ricada nel campo utile della pompa selezionata, con adeguato margine di regolazione mediante inverter o elettronica integrata. La scelta finale dovrà essere verificata sulle curve ufficiali del costruttore e coordinata con le caratteristiche elettriche dei quadri di centrale.

6.1 FORMULE GENERALI DI DIMENSIONAMENTO

La portata volumetrica in unità SI è ricavata dalla portata espressa in m³/h mediante la seguente relazione:

$$q_v = \frac{V}{3600}$$

La prevalenza richiesta alla pompa è assunta pari alla somma della prevalenza geodetica o dinamica, delle perdite localizzate e distribuite e del margine progettuale:

$$H_{\text{req}} = H_{\text{geo}} + \frac{\Delta p}{\rho \cdot g} + H_{\text{loc}} + H_{\text{marg}}$$

La potenza idraulica teorica richiesta è valutata secondo:

$$P_{\text{idr}} = \rho \cdot g \cdot q_v \cdot H_{\text{req}}$$

La potenza elettrica assorbita dalla pompa è stimabile introducendo il rendimento complessivo del gruppo pompa-motore:

$$P_{\text{el,pompa}} = \frac{P_{\text{idr}}}{\eta_p}$$

Criterio di verifica:

$$Q_{\text{pompa}} \geq Q_{\text{progetto}} \quad ; \quad H_{\text{pompa}} \geq H_{\text{req}}$$

6.2 POMPA SOMMERSA LATO FALDA

Il circuito acqua di falda alimenta gli scambiatori di sicurezza SC-01 e SC-02 e lavora come circuito aperto di prelievo e restituzione. Ai fini del dimensionamento della pompa sommersa si assume la portata massima risultante dai dati di progetto dello scambiatore, pari a 41,1 m³/h.

Parametro	Valore di progetto	Nota
Fluido	Acqua di falda	Circuito primario aperto
Portata primario SC-01	18,60 m³/h	TPS-IN 13 °C / TPS-OUT 8 °C, ΔT 5 K TPS-IN 18 °C / TPS-OUT 23 °C, ΔT 5 K
Portata primario SC-02	22,50 m³/h	TPS-IN 13 °C / TPS-OUT 8 °C, ΔT 5 K TPS-IN 18 °C / TPS-OUT 23 °C, ΔT 5 K
Portata adottata per selezione	41,1 m³/h	Somma circuiti primari dei due scambiatori
Prevalenza progettuale di riferimento	70 m c.a.	Perdite di carico + salto geodetico da confermare una volta realizzato il pozzo
Pompa selezionata	Grundfos SP 46-9 R	Selezione progettuale richiesta per pompa sommersa lato falda da confermare una volta realizzato il pozzo

La portata di progetto in unità SI risulta:

$$q_{v,falda} = \frac{41,1}{3600} = 0,0114 \text{ m}^3/\text{s}$$

La pompa sommersa lato falda è pertanto individuata in progetto come Grundfos SP 46-9 R, o equivalente prestazionale accettato dalla Direzione Lavori, con verifica obbligatoria del punto di lavoro $Q = 41,1 \text{ m}^3/\text{h}$ e H non inferiore a 70 m c.a. sulla curva certificata del costruttore. La prevalenza definitiva dovrà essere aggiornata dopo le prove di emungimento, con determinazione del livello statico, livello dinamico, perdite della tubazione di mandata, perdite su filtri e organi di linea, quota di recapito e condizioni di funzionamento a filtro progressivamente sporcato.

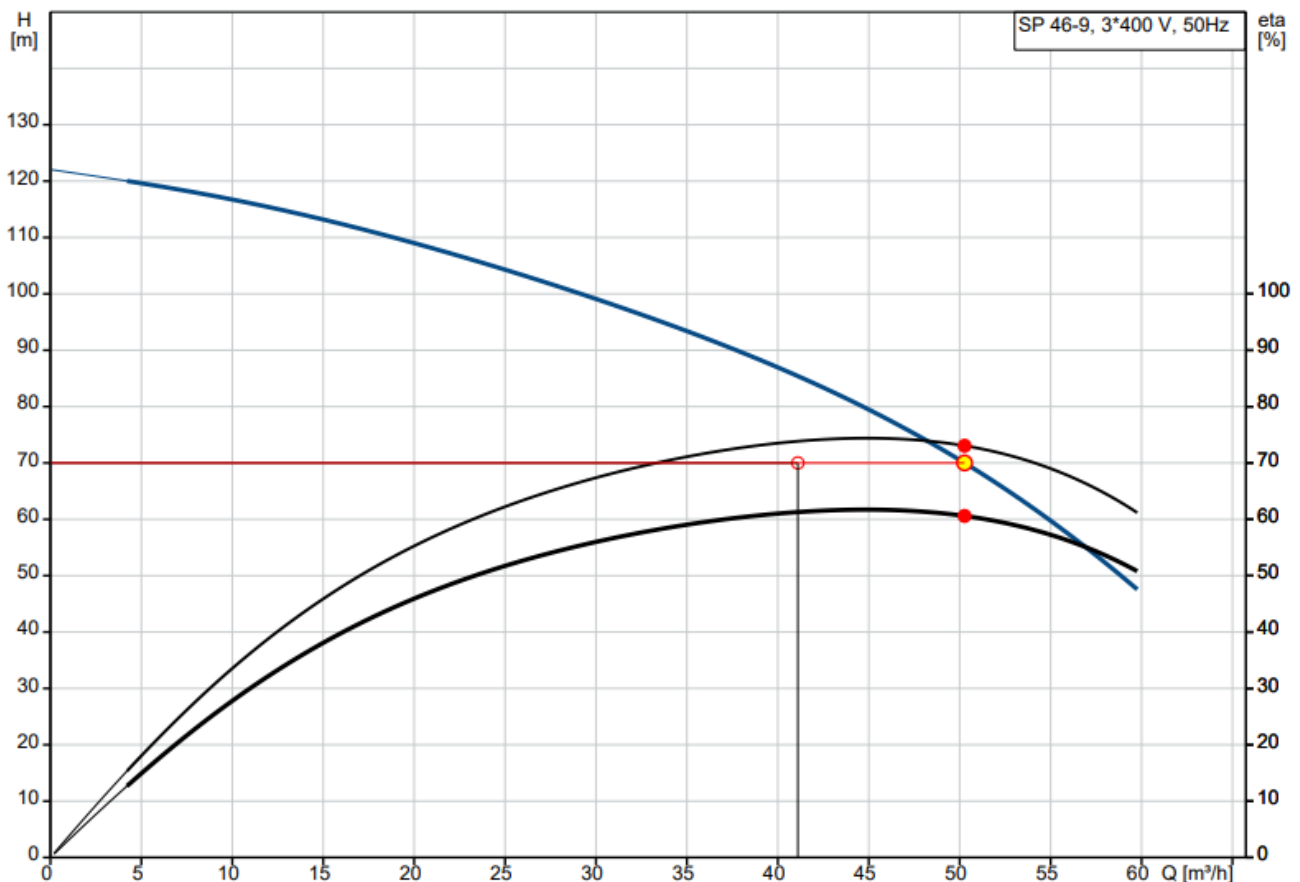


Figura 2 - Curva pompa falda

6.3 POMPE CIRCUITO INTERMEDIO ACQUA-GLICOLE LATO SORGENTE

Il circuito intermedio, separato dal circuito acqua di falda mediante gli scambiatori SC-01 e SC-02, è realizzato con miscela acqua-glicole 30%. La portata nominale indicata negli elaborati di progetto è pari a 45,0 m³/h. Le perdite di carico dello scambiatore sul lato glicole risultano dell'ordine di 25 kPa in regime invernale e circa 23 kPa in regime estivo; ad esse devono essere sommati filtri, valvole, tubazioni e perdite localizzate.

Circuito / sigla	Portata di progetto	Prevalenza di riferimento	Pompa selezionata
SC-01 – Pompa di calore SW 110	20,4 m³/h	fino a 12 m c.a.	Wilo Stratos 65/1-12 PN16 o equivalente
SC-02 – Pompa di calore SW 140	24,6 m³/h	fino a 12 m c.a.	Wilo Stratos 65/1-12 PN16 o equivalente

Il dimensionamento idraulico dovrà essere confermato a valle della scelta definitiva dello scambiatore, del diametro interno delle tubazioni, delle curve dei filtri e delle valvole di regolazione. La pompa ammessa dovrà garantire la portata nominale richiesta con miscela glicolata al 30%, tenendo conto della maggiore viscosità del fluido rispetto all'acqua.

6.4 POMPE CIRCUITO IMPIANTO INTERNO

Il circuito impianto interno è organizzato a due tubi con distribuzione ai terminali ambiente. La selezione delle pompe di distribuzione interne è riferita alla legenda dello schema TM01, che indica elettropompe elettroniche gemellari di circolazione tipo Grundfos MAGNA1 D 40-150 F250 per le pompe PIM.

Sigla	Servizio	Portata di riferimento	Prevalenza utile	Pompa selezionata
PIM1	Circuito secondario impianto	8,4 m³/h	fino a 15 m c.a.	Grundfos MAGNA1 D 40-150 F250
PIM2	Circuito secondario impianto	10,3 m³/h	fino a 15 m c.a.	Grundfos MAGNA1 D 40-150 F250
PIM3	Circuito secondario impianto	10,1 m³/h	fino a 15 m c.a.	Grundfos MAGNA1 D 40-150 F250
PIM4	Circuito secondario impianto	14,1 m³/h	fino a 15 m c.a.	Grundfos MAGNA1 D 40-150 F250

La portata di verifica per ciascun circuito secondario è assunta pari alla massima portata di piano indicata nello schema, incrementata con margine progettuale. La selezione Grundfos MAGNA1 D 40-150 F250 dovrà essere verificata, per ogni ramo, in funzione delle perdite di carico effettive di terminali, valvole di bilanciamento, tubazioni, curve, organi di intercettazione e filtri in sede costruttiva. Le pompe dovranno essere configurate per funzionamento a portata variabile, con regolazione della prevalenza compatibile con le valvole di controllo terminali e con le valvole di bilanciamento dinamico previste.

6.5 PRESCRIZIONI COMUNI PER INSTALLAZIONE E COLLAUDO POMPE

- Ogni elettropompa dovrà essere installata con valvole di intercettazione a monte e a valle, valvola di ritegno ove richiesta dallo schema, giunti antivibranti se necessari, manometri o prese di pressione per il rilievo della prevalenza differenziale e punti di sfiato e scarico.
- Le pompe elettroniche dovranno essere alimentate da linee dedicate protette, coordinate con il quadro elettrico di centrale e interfacciate con il sistema BACS per comando, stato, allarme e, ove disponibile, segnale di regolazione.
- Prima della messa in servizio dovranno essere eseguiti lavaggio circuiti, pulizia filtri, riempimento e spurgo, verifica del senso di rotazione, misura della portata, rilievo della prevalenza differenziale e taratura dei parametri di regolazione.
- Per la pompa sommersa dovranno essere acquisiti verbali di prova pozzo, curva caratteristica pompa, dati motore, protezioni contro marcia a secco, sovraccarico e minimo livello, nonché verifica della compatibilità dei materiali con la qualità dell'acqua emunta.

7 SISTEMI DI DISTRIBUZIONE E TERMINALI DI EMISSIONE

7.1 RIFACIMENTO DELLA DISTRIBUZIONE

Il progetto prevede il rifacimento integrale della distribuzione idronica, con adozione di una rete a due tubi che servirà in modo unificato l'edificio sia in riscaldamento sia in raffrescamento. La scelta del sistema a due tubi consente di mantenere una configurazione semplice, facilmente governabile e pienamente compatibile con la logica di funzionamento per stagione, evitando complessità inutili e garantendo una chiara separazione tra mandata e ritorno. Tutte le tubazioni saranno realizzate con materiali idonei, opportunamente isolate secondo normativa e posate privilegiando controsoffitti, cavedi e percorsi che facilitino manutenzione e ispezionabilità.

Il corretto equilibrio idraulico dell'impianto sarà assicurato mediante gruppi di pompaggio dedicati, valvole di bilanciamento dinamico e regolazione a portata variabile con pompe equipaggiate con inverter. Tale soluzione consente di ridurre i consumi elettrici ausiliari, adattare la portata alle reali esigenze dei terminali e migliorare la stabilità del funzionamento del sistema, evitando squilibri tra piani, rami e ambienti con diverso carico termico.

Nell'ambito delle lavorazioni previste a progetto non è prevista l'installazione di specifici sistemi di staffaggio antisismico dedicati per i canali aerulici e per le tubazioni idroniche.

La scelta progettuale è stata assunta in relazione alla natura dell'intervento, che riguarda prevalentemente opere di efficientamento energetico e impiantistico su edificio esistente, senza interventi di adeguamento o miglioramento sismico delle strutture portanti.

La posa delle nuove reti impiantistiche sarà pertanto eseguita mediante sistemi di sostegno e ancoraggio adeguatamente dimensionati per i carichi di esercizio e compatibili con le strutture esistenti, nel rispetto delle condizioni effettive di installazione.

L'adozione di ulteriori dispositivi specificamente configurati come staffaggi antisismici risulta inoltre fortemente condizionata dalla configurazione geometrica degli spazi disponibili, dalla presenza delle strutture e degli impianti esistenti e dai vincoli architettonici propri dell'edificio, che limitano la possibilità di realizzare controventamenti e sistemi di vincolo aggiuntivi senza interventi invasivi sulle strutture e sulle finiture esistenti.

Resta inteso che, in fase esecutiva e di installazione, dovranno essere verificati puntualmente i sistemi di fissaggio, le distanze e le modalità di ancoraggio delle reti, evitando soluzioni che possano determinare condizioni di instabilità, interferenze o pericolo per le persone.

7.2 TERMINALI DI EMISSIONE DI PROGETTO

L'edificio sarà interamente servito da ventilconvettori e terminali ad aria selezionati in funzione delle caratteristiche architettoniche e d'uso dei locali. La scelta non è guidata unicamente dalla potenza termica necessaria, ma anche dall'ingombro disponibile, dall'inserimento architettonico, dalla distribuzione dell'aria e dal livello di rumorosità ammissibile negli ambienti serviti.

Ambiente/condizione	Tipologia di terminale prevista	Motivazione progettuale
Uffici sotto soppalco	Cassetta a una via a basso spessore	Inserimento tra elementi esistenti senza opere strutturali invasive.
Soppalchi	Fancoil a pavimento integrato	Climatizzazione del livello superiore con continuità architettonica e manutentiva.
Uffici e corridoi con controsoffitto	Cassette a quattro vie	Distribuzione uniforme dell'aria e installazione pulita in controsoffitto.
Grandi spazi e atri	Unità canalizzabili ad alta prevalenza	Corretta diffusione dell'aria in volumi elevati e flessibilità di distribuzione.
Sale di pregio o con vincoli architettonici	Unità ad incasso o a parete	Limitazione dell'impatto visivo e tutela degli elementi esistenti.

Per il dettaglio planimetrico e distributivo dei terminali si farà riferimento alle tavole meccaniche di progetto. In fase costruttiva andranno verificati per ogni ambiente la resa termica e frigorifera, la portata aria, il livello sonoro, il rischio di correnti indesiderate e la compatibilità con l'assetto architettonico dei locali.

7.3 REGIMI TERMICI E COMFORT

L'impianto è progettato per il funzionamento stagionale alternato con terminali idronici a due tubi: regime di mandata/ritorno 45/40 °C in riscaldamento e 10/15 °C in raffrescamento, in coerenza con la Relazione tecnica generale. In fase costruttiva andranno verificate la resa dei terminali alle condizioni effettive e la gestione termoigrometrica degli ambienti, comprese le misure contro la condensazione sulle reti e sui terminali.

Sottosistema	Condizione indicativa di progetto	Osservazioni
Riscaldamento ambiente	45/40 °C	Regime di progetto coerente con PDC acqua-acqua e terminali a ventilconvettore.
Raffrescamento ambiente	10/15°C	Da coordinare con scelta terminali, deumidificazione intrinseca dei fan coil e rischio condensa.
Lato falda	ΔT di progetto 5 K	Valore da confermare con dati idrogeologici e prestazioni certificate delle macchine.
Circuiti chiusi	Acqua trattata secondo UNI 8065	Indispensabile per protezione di scambiatori, valvole e gruppi di pompaggio.

Il comfort atteso non dipende solo dalla potenza installata, ma anche dalla qualità della regolazione, dalla corretta distribuzione dell'aria, dall'equilibratura idraulica e dal contenimento della rumorosità. Per tale ragione la selezione dei terminali e dei regimi di esercizio dovrà essere confermata con verifiche ambiente per ambiente.

8 PRODUZIONE DI ACQUA CALDA SANITARIA

Per i servizi igienici si prevede la sostituzione degli attuali scaldacqua elettrici ad accumulo con sistemi in pompa di calore dedicati alla produzione di acqua calda sanitaria, con accumulo da 80 litri. Tale scelta permette di ridurre sensibilmente i consumi specifici dell'ACS rispetto alla produzione per effetto Joule, valorizzando al contempo l'energia elettrica prodotta dall'impianto fotovoltaico nelle ore diurne e rendendo coerente anche questo sottosistema con la logica full electric dell'intervento.

La distribuzione sanitaria rimarrà sostanzialmente invariata, mentre il rinnovamento del generatore consentirà di abbattere i consumi elettrici necessari alla preparazione dell'acqua calda e di migliorare il bilancio energetico complessivo dell'edificio. In un progetto di riqualificazione, anche la produzione di ACS assume un ruolo non trascurabile perché contribuisce alla quota rinnovabile complessiva e riduce il peso dei servizi ancillari sul fabbisogno totale.

9 REGOLAZIONE, BACS E INTEGRAZIONE ENERGETICA

La nuova configurazione meccanica è stata pensata per operare in stretta sinergia con il sistema di termoregolazione e con la produzione fotovoltaica. In un edificio con generazione elettrica rinnovabile, la qualità del controllo diviene infatti elemento determinante sia per l'efficienza sia per la continuità di servizio.

Il sistema di regolazione dovrà quindi prevedere almeno: comando in cascata delle pompe di calore, gestione delle pompe e dei circuiti secondari, controllo delle temperature di mandata, priorità di esercizio tra servizi, programmazioni orarie, regolazione per zone/ambienti, segnalazione allarmi, acquisizione dei principali dati energetici e interfacciamento con un sistema di supervisione. L'automazione e il controllo dell'edificio dovranno raggiungere almeno la classe B BACS, secondo i criteri applicabili della UNI EN ISO 5120-1 e le funzioni previste dagli elaborati elettrici e di regolazione.

Funzione di controllo	Obiettivo	Beneficio atteso
Cascata PDC	Adattare la generazione al carico reale	Riduzione dei cicli di avviamento e migliore rendimento ai carichi parziali.
Regolazione mandata	Adeguare la temperatura ai fabbisogni effettivi	Riduzione dei consumi e miglior comfort.
Zonizzazione ambienti	Limitare i sovra-riscaldamenti/sovra-raffrescamenti	Migliore governabilità e qualità del servizio.
Monitoraggio energetico	Rilevare consumi elettrici e grandezze termiche	Verifica delle prestazioni e diagnostica in esercizio.
Interfaccia con fotovoltaico	Favorire il funzionamento nelle fasce di autoproduzione	Maggiore autoconsumo e riduzione del prelievo da rete.

L'integrazione con il fotovoltaico risulta particolarmente vantaggiosa poiché consente di coprire parte dell'assorbimento elettrico delle pompe di calore con energia autoprodotta, soprattutto nelle mezze stagioni e durante l'esercizio estivo. La logica di controllo dovrà essere impostata in modo da valorizzare tale sinergia, senza compromettere comfort, continuità di servizio e corretta sequenza operativa delle macchine.

10 LIMITI E CONDIZIONI DI VALIDITÀ DELLE SCELTE PROGETTUALI

Le scelte progettuali relative alla centrale termo-frigorifera sono basate sui dati riportati nello schema TM01, sulle prestazioni delle pompe di calore, sui dati degli scambiatori SC-01 e SC-02 e sulle ipotesi idrauliche assunte nella presente relazione. Tali scelte restano valide a condizione che, in fase costruttiva, approvvigionamento, installazione e messa in servizio, siano confermati i parametri funzionali minimi riportati nel presente capitolo. In particolare, dovrà essere confermata la disponibilità della portata di falda assunta a progetto, pari ad almeno:

$$V_{falda} \geq 41,1 \text{ m}^3/h$$

Tale valore rappresenta la portata massima di riferimento per il funzionamento degli scambiatori nelle condizioni considerate. La disponibilità dovrà essere verificata mediante prove di emungimento e dovrà tenere conto del livello statico, del livello dinamico, della continuità di portata e dell'eventuale variazione stagionale della falda. Prima della messa in servizio dovrà essere verificata la compatibilità chimico-fisica dell'acqua emunta con lo scambiatore in titanio, le tubazioni, le guarnizioni, i filtri, le valvole e gli altri organi installati sul circuito di falda. La verifica dovrà considerare almeno conducibilità, cloruri, solfati, pH, ferro, manganese, solidi sospesi e parametri indicati dai costruttori dei componenti. Dovrà inoltre essere confermata la disponibilità del recapito autorizzato dell'acqua emunta, in coerenza con i titoli ambientali e con le prescrizioni dell'ente competente. In assenza di recapito autorizzato o in caso di prescrizioni incompatibili con la portata di progetto, la configurazione lato falda dovrà essere riesaminata. La pompa sommersa lato falda dovrà essere confermata mediante curva certificata del costruttore, verificando il punto di lavoro:

$$Q = 41,1 \text{ m}^3/h$$

$$H = 70 \text{ m c. a.}$$

La selezione Grundfos SP 46-9 R dovrà quindi essere validata sul punto reale di funzionamento, considerando livello dinamico del pozzo, quota di recapito, perdite distribuite, perdite localizzate, filtro, scambiatore, valvole e condizioni di funzionamento a filtro progressivamente sporcato. Le perdite di carico effettive dei circuiti dovranno essere verificate in sede di shop drawing, sulla base di diametri interni reali, lunghezze installate, curve, valvole, filtri, scambiatore, terminali, organi di bilanciamento e accessori effettivamente forniti. Tale verifica dovrà confermare la compatibilità delle pompe selezionate con il campo di funzionamento richiesto. Dovrà essere verificato il coordinamento elettrico della centrale, includendo assorbimenti delle pompe di calore, pompa sommersa, circolatori, ausiliari, regolazione e dispositivi di controllo. Le protezioni elettriche, le sezioni dei cavi, gli avviamenti, gli inverter e i quadri dovranno essere coerenti con i dati di targa delle apparecchiature effettivamente installate.

La realizzazione dovrà essere accompagnata da verifica acustica e vibrazionale, con particolare riferimento a pompe, circolatori, pompe di calore, staffaggi, attraversamenti edilizi e tubazioni. Dovranno essere previsti giunti antivibranti, supporti idonei e disaccoppiamenti ove necessari, in modo da evitare trasmissioni strutturali e rumorosità incompatibili con la destinazione d'uso dell'edificio. Prima della consegna dovranno essere eseguiti lavaggi, filtrazione, riempimento, sfiato, trattamento dell'acqua tecnica e certificazione della miscela acqua-glicole 30%. La concentrazione di glicole dovrà essere documentata e compatibile con le temperature di esercizio, con i materiali installati e con le prestazioni dello scambiatore e delle pompe. Il mancato rispetto anche di una sola delle condizioni sopra riportate comporta la necessità di aggiornare le verifiche progettuali interessate e,

se necessario, adeguare componenti, regolazioni, portate, pompe, dispositivi di sicurezza o configurazione del circuito lato falda.

11 SOLUZIONI PROGETTUALI ALTERNATIVE

Le valutazioni preliminari del geologo indicano una possibile compatibilità del sito con un sistema a pompa di calore acqua-acqua alimentato da acqua di falda. Il dato di circa 5 l/s, riferito a un pozzo esistente vicino all'area di intervento, costituisce soltanto un'indicazione locale della risorsa e non la portata assunta per il dimensionamento esecutivo della centrale.

Il progetto esecutivo prevede, per il funzionamento contemporaneo dei due scambiatori lato falda SC-01 e SC-02, una portata massima complessiva di 41,1 m³/h (18,60 + 22,50 m³/h), corrispondenti a circa 11,42 l/s. Il dato disponibile del pozzo vicino, pari a circa 5 l/s, è dunque inferiore alla portata richiesta a pieno carico e non dimostra che il nuovo pozzo possa sostenerla.

La disponibilità della portata di progetto dovrà essere verificata mediante prova di emungimento sul nuovo pozzo, eseguibile soltanto dopo il rilascio della concessione, e mediante le verifiche prescritte sul sistema di restituzione. Si dovranno accertare la portata effettivamente emungibile e la sua continuità, i livelli statico e dinamico, l'abbassamento indotto, le possibili variazioni stagionali, le interferenze e la compatibilità idraulica, termica, qualitativa e autorizzativa del recapito.

Solo gli esiti delle prove, delle analisi dell'acqua e dell'istruttoria autorizzativa potranno confermare le condizioni idrogeologiche poste a base del progetto e consentire la validazione delle apparecchiature, del punto di funzionamento della pompa sommersa e della regolazione della centrale. Qualora la portata disponibile sia inferiore a quella richiesta, occorrerà sviluppare e verificare una configurazione integrativa aria-acqua, come indicato nella Relazione tecnica generale.

A titolo di confronto energetico, con un salto termico lato falda di 5 K la potenza teoricamente scambiabile si stima con la relazione:

$$Q = m \cdot c_p \cdot \Delta T$$

Assumendo in prima approssimazione densità dell'acqua di 1 kg/l e calore specifico di 4,18 kJ/(kg·K), alla portata indicativa del pozzo vicino di 5 l/s si ottiene:

$$Q \approx 5 \times 4,18 \times 5 = 104,5 \text{ kW} \approx 105 \text{ Kw}$$

I circa 105 kW ricavabili a 5 l/s e $\Delta T = 5$ K non coprono il prelievo nominale di 239,66 kW previsto per le due pompe di calore a pieno carico nelle condizioni di riferimento. Alla portata di progetto di 41,1 m³/h (circa 11,42 l/s), la stessa stima semplificata restituisce circa 239 kW ($11,42 \times 4,18 \times 5 \approx 238,7$ kW), compatibili per arrotondamento e ipotesi di calcolo con il bilancio nominale. La verifica richiede comunque portata misurata, temperature effettive e curve certificate; la potenza scambiata lato falda non va confusa con la potenza termica utile resa all'impianto.

Qualora, dopo il rilascio della concessione e la prova di emungimento, la portata disponibile risultasse insufficiente rispetto al fabbisogno delle due pompe di calore acqua-acqua, dovrà essere valutato

e progettato un sistema integrativo di supporto aria-acqua, in coerenza con la Relazione tecnica generale.

Una possibile configurazione da approfondire prevede la sostituzione di uno dei due generatori acqua-acqua con una pompa di calore aria-acqua di potenza termica indicativa di circa 150 kW. Le taglie, le prestazioni alle condizioni di esercizio, la quota residua emungibile e la capacità di coprire i carichi invernali ed estivi dovranno essere verificate prima della scelta e dell'eventuale approvazione della variante impiantistica.

Questa impostazione consente di preservare, per quanto possibile, i benefici energetici derivanti dall'utilizzo della falda anche qualora la portata effettivamente disponibile risultasse inferiore a quanto previsto a progetto.

L'eventuale introduzione di una pompa di calore aria-acqua richiede una specifica attenzione alla componente acustica, in quanto l'unità esterna presenta sorgenti sonore riconducibili principalmente ai ventilatori e, in funzione della configurazione della macchina, ai compressori e agli organi ausiliari. Per tale ragione, nella configurazione integrativa dovrà essere previsto un idoneo cassone o sistema di mitigazione acustica, progettato specificamente per la macchina effettivamente scelta. Tale elemento dovrà essere dimensionato in base alla potenza sonora dichiarata dal costruttore dell'unità esterna, allo spettro per bande di frequenza e all'eventuale presenza di componenti tonali.

Il sistema di mitigazione dovrà essere progettato in modo da garantire la necessaria attenuazione sonora senza penalizzare il corretto funzionamento termodinamico dell'unità. Dovranno quindi essere verificati i percorsi di aspirazione ed espulsione dell'aria, le perdite di carico introdotte da eventuali setti o silenziatori, il rischio di ricircolo dell'aria, gli spazi di manutenzione e le distanze minime prescritte dal costruttore.

La definizione costruttiva del cassone dovrà essere supportata dai dati acustici del costruttore e da una specifica verifica previsionale, così da evitare un aggravamento delle condizioni acustiche dell'area e consentire il rispetto dei limiti applicabili presso i ricettori interessati.

La configurazione integrativa aria-acqua è una soluzione condizionata all'esito delle prove, da sottoporre a nuova verifica energetica, termo-frigorifera, idraulica, elettrica, acustica, architettonica e autorizzativa. L'effettivo conseguimento degli obiettivi di efficientamento e la compatibilità con i vincoli economici e temporali dovranno risultare da elaborati e computi aggiornati prima della sua adozione.

L'ipotesi economica iniziale indicava un possibile incremento dell'ordine di € 15.000,00, ancora da verificare con computo specifico della soluzione effettivamente selezionata e delle opere di mitigazione. La voce B.5 "Imprevisti e arrotondamenti" del Quadro economico disponibile ammonta a € 80.507,44; tale accantonamento non prova di per sé la copertura della variante. La disponibilità delle somme, le lavorazioni eventualmente stralciabili e le modalità di impiego dovranno essere verificate dal RUP, nel rispetto degli atti di finanziamento, degli affidamenti e dei termini dell'intervento.

12 CONCLUSIONI

La centrale termo-frigorifera è configurata come sistema integrato con pompe di calore acqua-acqua alimentate da acqua di falda, separata dai circuiti tecnici mediante scambiatori di sicurezza. L'impianto è articolato in circuito aperto di falda, circuito intermedio chiuso acqua-glicole 30% e circuiti impianto chiusi lato edificio. I dispositivi di espansione, sicurezza, controllo e pompaggio sono definiti in coerenza con lo schema TM01, con i dati delle pompe di calore, degli scambiatori SC-01 e SC-02 e con le condizioni di esercizio assunte. I vasi di espansione e le valvole di sicurezza dovranno proteggere i circuiti chiusi secondo pressioni, volumi e capacità di scarico previste, con conferma finale sui dati costruttivi e sulle schede dei componenti. Il circuito di falda, essendo aperto, non richiede vaso di espansione; richiede invece verifica della portata disponibile, della qualità chimico-fisica dell'acqua, della compatibilità dei materiali e del recapito autorizzato. Il pompaggio lato falda è affidato a pompa sommersa Grundfos SP 46-9 R, sul punto di progetto $Q = 41,1 \text{ m}^3/\text{h}$ e $H = 70 \text{ m c.a.}$ La corretta funzionalità della centrale dovrà essere garantita mediante coordinamento tra idraulica, regolazione, protezioni elettriche, trattamento fluidi, collaudi e documentazione finale. Eventuali variazioni rispetto alle apparecchiature o alle condizioni di progetto dovranno essere verificate e documentate prima della messa in esercizio.

Se le condizioni della falda assunte a progetto non saranno confermate, l'eventuale sistema integrativo aria-acqua potrà essere adottato soltanto previa verifica del fabbisogno, delle prestazioni, dei costi, dei tempi e delle autorizzazioni, con aggiornamento e coordinamento degli elaborati progettuali, delle verifiche impiantistiche e degli atti necessari.

§ § §

Onore (BG), 16.09.2026

Il tecnico

dott. ing. Luca Fabrello