

Università degli Studi di Genova Centro di Servizi Interfacoltà del Polo Universitario di Savona Savona, Italia

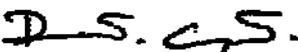
**Progettazione Preliminare,
Definitiva ed Esecutiva, per la
Realizzazione di un'Infrastruttura
Sperimentale-Dimostrativa di
Poligenerazione Denominata
“Smart Polygeneration Microgrid”**

**Progetto Esecutivo
Relazione Tecnica
Impianti Meccanici**

Università degli Studi di Genova Centro di Servizi Interfacoltà del Polo Universitario di Savona Savona, Italia

**Progettazione Preliminare,
Definitiva ed Esecutiva, per la
Realizzazione di un'Infrastruttura
Sperimentale-Dimostrativa di
Poligenerazione Denominata
"Smart Polygeneration Microgrid"**

**Progetto Esecutivo
Relazione Tecnica
Impianti Meccanici**

Preparato da	Firma	Data
Alessandro Venturin		Maggio 2012
Andrea Podestà		Maggio 2012
Controllato da	Firma	Data
Gianluca Cassulo		Maggio 2012
Approvato da	Firma	Data
Claudio Mordini		Maggio 2012
Sottoscritto da	Firma	Data
Roberto Carpaneto		Maggio 2012

Rev.	Descrizione	Preparato da	Controllato da	Approvato da	Sottoscritto da	Data
1	Seconda Emissione	ALV/ANP	GIC	CSM	RC	Maggio 2012
0	Prima Emissione	ALV/ANP	GIC	CSM	RC	Aprile 2012

INDICE

	<u>Pagina</u>
ELENCO DELLE FIGURE	II
ELENCO DELLE TAVOLE (FUORI DAL TESTO)	II
1 INTRODUZIONE	1
1.1 ORGANIZZAZIONE DEL DOCUMENTO	2
2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
3 SISTEMI COGENERATIVI INTEGRATI ALLA CENTRALE TERMICA	5
3.1 INTERFACCIA CON LA CENTRALE TERMICA ESISTENTE	5
3.2 MICROTURBINA CAPSTONE C65 ICHP	6
3.3 ULTERIORI PREDISPOSIZIONI	9
4 SISTEMA FRIGORIFERO AD ASSORBIMENTO ED ACCUMULO TERMICO	10
5 IMPIANTO CSP	14
6 SALA DI CONTROLLO	18
7 LOCALI INVERTER, UPS E SALA SERVER	20
8 SISTEMA DI REGOLAZIONE, CONTROLLO E MONITORAGGIO	21
8.1 LOGICA DI FUNZIONAMENTO	21
8.2 COMPONENTI DEL SISTEMA	21
8.3 ALIMENTAZIONI ELETTRICHE	23
8.3.1 Area Microturbine-Centrale Termica	23
8.3.2 Area Chiller ad Assorbimento	24
8.3.3 Area CSP	25
8.3.4 Sala di Controllo, Vano Server, Vano UPS e Vano Inverter	25
APPENDICE A: CALCOLI ESECUTIVI IMPIANTO MICROCOGENERATORE	
APPENDICE B: CALCOLI ESECUTIVI IMPIANTO ASSORBITORE	
APPENDICE C: CALCOLI ESECUTIVI IMPIANTO CSP	

ELENCO DELLE FIGURE

<u>Figura No.</u>	<u>Pagina</u>
Figura 3.1: Curva di Potenza ed Efficienza della Turbina Capstone C65 iCHP	6
Figura 3.2: Curve di Potenza Massima/Temperatura in Relazione all'Altitudine	7

ELENCO DELLE TAVOLE (FUORI DAL TESTO)

Tavola No.

Tavola 1 – Impianti Meccanici: Planimetria Generale Collegamenti Funzionali Dispositivi
Tavola 2 – Impianti Meccanici: Schema di Principio Microcogeneratore
Tavola 3 – Impianti Meccanici: Schema di Principio Gruppo Frigo ad Assorbimento
Tavola 4 – Impianti Meccanici: Schema di Principio Impianto Solare Termodinamico a Concentrazione
Tavola 5 – Impianti Meccanici: Sala Controllo, Locali Server, UPS e Inverter
Tavola 6 – Impianti Meccanici: Layout Area CSP
Tavola 7 – Impianti Meccanici: Layout Microturbina e Centrale Termica
Tavola 8 – Impianti Meccanici: Layout Chiller ad Assorbimento
Tavola 9 – Impianti Meccanici: Schema Funzionale Sistema di Controllo Impianti

**PROGETTO ESECUTIVO
RELAZIONE TECNICA IMPIANTI MECCANICI
PROGETTAZIONE PRELIMINARE, DEFINITIVA ED ESECUTIVA, PER LA
REALIZZAZIONE DI UN'INFRASTRUTTURA SPERIMENTALE-
DIMOSTRATIVA DI POLIGENERAZIONE DENOMINATA "SMART
POLYGENERATION MICROGRID"**

1 INTRODUZIONE

La presente relazione riporta la descrizione degli impianti meccanici che verranno installati nel Campus Universitario di Savona nell'ambito della realizzazione di un'Infrastruttura Sperimentale Dimostrativa di Poligenerazione Denominata "Smart Polygeneration Microgrid".

L'intervento prevede le seguenti realizzazioni:

- integrazione alla centrale termica del Campus Universitario di un sistema di cogenerazione. Questo prevederà la posa in opera di un microcogeneratore a turbina completo di rampa gas, predisposto per la produzione di energia elettrica in parallelo alla rete pubblica, già acquistato dall'Università. La progettazione di questo impianto include tutti i dispositivi necessari per collegarlo alla centrale termica consentendo di utilizzare il calore prodotto per far fronte al carico di base del riscaldamento degli edifici. L'intervento prevederà inoltre la predisposizione per la futura installazione di una seconda microturbina, adatta alla generazione elettrica "in isola". La progettazione include alcuni interventi necessari per consentire la produzione, di calore nel periodo estivo per alimentare un gruppo frigorifero ad assorbimento (vedi punto successivo);
- un gruppo frigorifero ad assorbimento completo di torre evaporativa (integrata) e di volano termico; questo impianto sarà utilizzato in integrazione all'esistente impianto di raffrescamento per il condizionamento estivo della biblioteca (Edificio n°278);
- la posa in opera di due piccoli impianti solari termici termodinamici a concentrazione, di seguito denominati CSP, già acquistati dall'Università, completi di condensatore di sicurezza; la fornitura e posa in opera di tutti i dispositivi necessari per l'utilizzo ed il collegamento dell'impianto di raffreddamento di questi impianti a preriscaldamento dell'acqua calda sanitaria della palazzina "nuovi alloggi" (Edificio n°277 nella Tavola 1 allegata alla presente relazione);
- impianto di riscaldamento/raffrescamento di tipo split al servizio della sala controlli e del locale inverter dell'impianto fotovoltaico;
- impianto di ventilazione meccanica controllata (VMC) per fornire l'adeguato ricambio d'aria alla sala controlli con il minimo spreco energetico (efficienza nominale del recuperatore superiore al 90%).

Nella planimetria generale riportata alla Tavola 1 è possibile identificare i diversi impianti e i collegamenti funzionali tra i dispositivi.

1.1 ORGANIZZAZIONE DEL DOCUMENTO

Nei seguenti capitoli si descriveranno in dettaglio gli impianti al servizio del Campus, e specificamente:

- nella Sezione 2 è elencata la normativa di riferimento;
- nella Sezione 3 si descrive il sistema di cogenerazione basato su microturbina;
- nella Sezione 4 è presentato il gruppo frigorifero ad assorbimento con torre evaporativa al servizio della biblioteca del Campus;
- nella Sezione 5 si descrive in dettaglio l'impianto solare termodinamico di integrazione al servizio della palazzina "nuovi alloggi";
- nella Sezione 6 si presenta in dettaglio l'impianto di condizionamento al servizio della sala di controllo;
- nella Sezione 7, infine, sono descritti gli interventi relativi ai locali inverter, server e UPS.

2 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Gli impianti saranno realizzati a "perfetta regola d'arte" ed in osservanza a tutte le leggi, prescrizioni e norme che regolano la qualità, la sicurezza e le modalità di esecuzione e installazione degli impianti stessi.

In particolare dovranno essere osservate le seguenti leggi, regolamenti e norme:

- Capitolato e regolamento per la contabilità dello Stato di cui al R.D. n. 350 del 25.05.1895;
- Contratti di lavoro, previdenze contributive e sicurezza del lavoro;
- Norme generali per l'igiene del lavoro D.P.R. n. 303 del 19.3.56;
- Norme sulla sicurezza del lavoro D.P.R. n. 547 del 27.4.55, D.P.R. n. 164 del 7.1.56 e D.P.R. n. 302 del 19.3.56;
- D.Lgs. n. 81 del 9.04.2008 "Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n°123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro";
- D.M. n°37 del 22.01.2008 "Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera (a) della legge n° 248 del 2 dicembre 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici";
- Legge 13.09.1982 n. 646, D.L. 06.09.1982 n. 629, convertito con modifiche di Legge 12.10.1982 n. 226, Legge 23.12.1982 n. 936;
- Norme e tabelle UNI per i materiali unificati, gli impianti ed i loro componenti, i criteri di progetto, modalità di esecuzione e collaudi;
- Norma UNI EN 10255 "Tubi di acciaio non legato adatti alla saldatura e alla filettatura - Condizioni tecniche di fornitura";
- Norme e richieste particolari da parte degli Enti preposti quali: Vigili del Fuoco, U.S.S.L., ISPESL, Autorità Comunali, ecc;
- D.P.C.M. del 1.3.91 "limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno";
- Norma UNI 8199 "Misura in opera e valutazione del rumore prodotto negli ambienti dagli impianti";
- Legge nr. 615 del 13.01.1966 recante provvedimenti contro l'inquinamento atmosferico e relativi regolamenti per l'esecuzione di cui al D.P.R. nr. 1288 del 24.10.1967 e D.P.R. nr. 1391 del 22.12.1970;
- Legge 447/95 "Legge quadro sull'inquinamento acustico";
- D.P.C.M. del 14.11.97 "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore";
- Legge 16.01.91 n. 10 (Ex Legge 30.04.1976 nr. 373) e regolamenti di esecuzione di cui al D.P.R. 28.06.1977 n. 1052 e D.M. 10.03.1977 e successivo D.P.R. 412/93: "Norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia" aggiornata al D.Lgs. 192/05, 311/06 e DPR.59/09;
- Norma UNI TS11300 parte 1: "Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale";

- Norma UNI TS11300 parte 2: “Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria”;
- Norma UNI TS11300 parte 3: “Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 3: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva”;
- Norme per la sorveglianza da parte dell'ISPESL (ex ANCC) per il controllo della combustione, di cui al regolamento esecutivo della legge 09.07.1926 n. 1331 e successive modificazioni ed integrazioni;
- Legge 12.4.1996, n. 74, recante norme per la sicurezza dell'impiego del gas combustibile;
- D.M. 1.12.1975 e successivi aggiornamenti "Norme di sicurezza per apparecchi contenenti liquidi caldi sotto pressione";
- Norma UNI 10339: “Impianti aereali al fini di benessere. Generalità, classificazione e requisiti. Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura”;
- Norma UNI 12831: “Impianti di riscaldamento negli edifici. Metodo di calcolo del carico termico di progetto”;
- Norme C.T.I. (Comitato Termotecnico Italiano);
- Normative tecniche contenute nella normativa ASHRAE per le tecniche costruttive dei canali dell'aria;
- D.M. 13.07.2011, “Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la installazione di motori a combustione interna accoppiati a macchina generatrice elettrica o ad altra macchina operatrice e di unità di cogenerazione a servizio di attività civili, industriali, agricole, artigianali, commerciali e di servizi;
- D.P.C. 8.2.1985 (Caratteristiche dell'acqua potabile) G.U. del 9.5.1985;
- Norma UNI 9182 del 04.87 "Impianti di alimentazione e distribuzione d'acqua fredda e calda - Criteri di progettazione, collaudo e gestione;
- Norma UNI 9183 del 04.87 "Sistemi di scarico acque usate - Criteri di progettazione, collaudo e gestione";
- Norme UNI 7611 (“Tubi di PEAD per condotte di fluidi in pressione”), UNI 8451 (“Tubi di PEAD per condotte di scarico interrato”), UNI 7441 (“Tubi di PVC per condotte di fluidi in pressione”), UNI 7443 (“Tubi di PVC per condotte di scarico e ventilazione all'interno dei fabbricati”).

Il rispetto delle norme sopra indicate è inteso nel senso più restrittivo, cioè non solo la realizzazione dell'impianto, ma altresì ogni singolo componente dell'impianto stesso sarà rispondente alle norme richiamate nella presente relazione ed alla normativa specifica di ogni settore merceologico.

3 SISTEMI COGENERATIVI INTEGRATI ALLA CENTRALE TERMICA

E' prevista l'installazione di una microturbina Capstone modello C65 iCHP per la produzione contemporanea di energia termica ed elettrica atta a lavorare in parallelo con la rete ma non predisposta per operare in isola, già acquistata dall'Università. E' prevista, inoltre, la sola predisposizione per l'installazione futura di una seconda microturbina cogenerativa, capace di operare in isola, collocata sullo stesso basamento e circondata dalla stessa schermatura fonoassorbente.

3.1 INTERFACCIA CON LA CENTRALE TERMICA ESISTENTE

La copertura dei carichi termici del Campus è realizzata attraverso una rete di teleriscaldamento servita da una centrale termica costituita da due generatori di calore da 500 kW ciascuno e da una microturbina cogenerativa Capstone C30 da 80 kW termici. Questo sistema serve tutte le utenze, con l'eccezione di quelle più a nord, ossia le aule magne (riscaldare da sistemi autonomi a caldaia) e la palazzina residenze a Nord della biblioteca, di recentissima costruzione, dotata di un sistema autonomo a pompa di calore. I carichi frigoriferi sono coperti da gruppi frigoriferi a compressione centralizzati su tutte le palazzine rinnovate (Lagorio, Marchi, Branca, Locatelli e palazzina alloggi e sala mensa) ed in biblioteca, mentre la palazzina Delfino è climatizzata in alcuni locali con sistemi a split.

L'introduzione delle nuove microturbine cogenerative genererà calore utile (112 kW per la microturbina già ordinata), che verrà immesso nella rete di teleriscaldamento. Si pone dunque, a livello progettuale, la problematica di come separare la gestione della SPM da quella della centrale termica, attualmente affidata ad una società privata, prevedendo il minor numero possibile di modifiche alla centrale termica ed alla gestione attuale.

La progettazione dell'integrazione presuppone la seguente architettura, che appare la più semplice possibile:

- la nuova microturbina verrà connessa per la parte termica in parallelo alle caldaie ed alla microturbina esistente. Il calore da essa generato verrà contabilizzato e scalato da quello impiegato nella rete di teleriscaldamento;
- la centrale termica continuerà a essere gestita come oggi, attraverso il contratto di gestione calore, con l'unica differenza che il calore generato attraverso la turbina della SPM verrà contabilizzato;
- la nuova microturbina a gas verrà controllata dalla sala di controllo, avendo quale unico comando esterno (da parte del gestore della centrale termica) il livello massimo di potenza termica ammissibile dalla centrale termica;
- verranno lasciate predisposizioni per il controllo dei parametri degli impianti termici e per un suo eventuale controllo, nell'idea che comunque il controllo possa avvenire da un solo punto.

In questo modo, l'interazione tra la gestione degli impianti termici e quella della SPM sarà minimizzata e non ci saranno zone grigie di responsabilità non chiara sulla gestione e manutenzione degli impianti. Il teleriscaldamento continuerà ad avere una gestione analoga a quella attuale (contratto di gestione calore), la nuova turbina invece avrà un proprio contratto di manutenzione, un contratto di acquisto del gas e la gestione operativa avverrà da parte dell'università attraverso la sala di controllo.

Al fine di consentire il corretto funzionamento del sistema occorre tuttavia riposizionare le valvole di cascata. Allo stato attuale queste sono erroneamente posizionate sul ritorno in caldaia, interrompendo la linea di ricircolo anticondensa e pertanto sono state disattivate. Per consentire la corretta gestione dei dispositivi in cascata (generatori e cogeneratori) occorre riposizionare le valvole ove indicato nella tavola rif. Tavola-02-Schema di impianto-cogeneratore-REV-4.

3.2 MICROTURBINA CAPSTONE C65 ICHP

La microturbina cogenerativa, non oggetto della presente fornitura in quanto già acquisita dal Campus, è alimentata a gas metano (ma è anche in grado di funzionare con combustibili gassosi di tipo diverso) e consente la produzione combinata di energia elettrica e termica sotto forma di acqua calda, tramite recupero di calore dai fumi di scarico della microturbina con rendimento complessivo del sistema pari all'80% e produzione di acqua calda tra 70°C e 90°C.

Il sistema sarà quindi allacciato ad un'utenza termica per sfruttare il recupero di acqua calda (impianto di riscaldamento/sistema ad assorbimento). La curva potenza-efficienza elettrica della macchina è illustrata in Figura 3.1. La Figura 3.2 illustra invece le curve di potenza massima in funzione della temperatura ambiente e dell'altitudine.

Le microturbine Capstone sono caratterizzate dall'aver emissioni inquinanti molto basse ($\text{NO}_x < 5 \text{ ppmV}$) e pertanto non è richiesta l'installazione del sistema catalitico di filtraggio degli inquinanti emessi.

Il dispositivo opera in totale assenza di liquidi lubrificanti (utilizzando speciali cuscinetti ad aria) e di sistema di raffreddamento riducendo così la manutenzione e i fermi impianto. Il costruttore prevede il primo controllo periodico dopo 8000 ore di funzionamento.

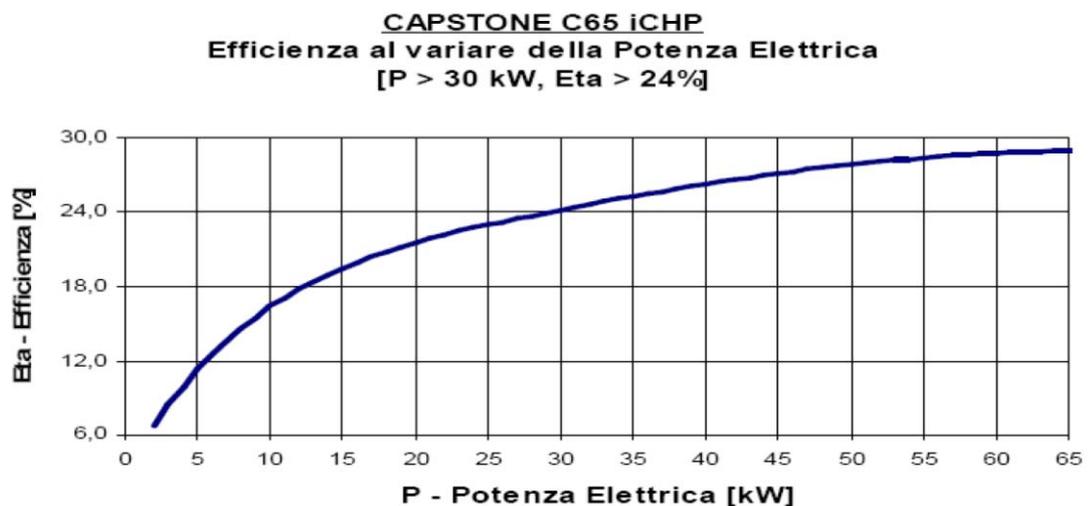


Figura 3.1: Curva di Potenza ed Efficienza della Turbina Capstone C65 iCHP

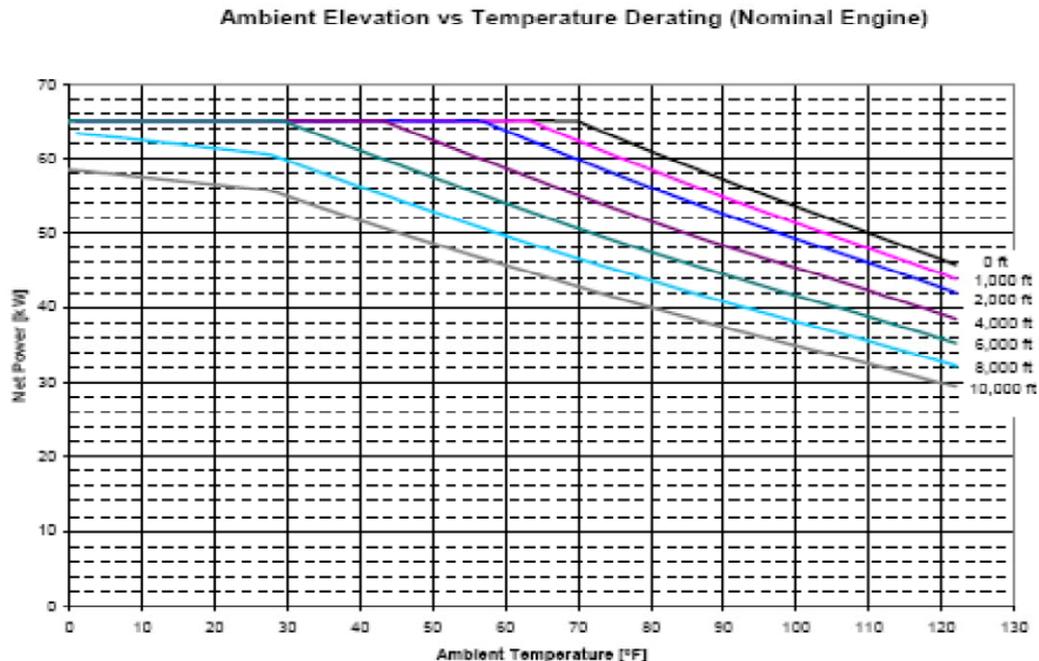


Figura 3.2: Curve di Potenza Massima/Temperatura in Relazione all'Altitudine

La velocità di rotazione della macchina è variabile in funzione dell'energia elettrica che si vuole produrre. Il campo di regolazione varia da 45000 min^{-1} a 96000 min^{-1} consentendo di ottenere buoni rendimenti anche a carico parziale, come mostrato in Figura 3.1.

La microturbina ha la possibilità di essere controllata mediante sistema remoto.

Le principali caratteristiche tecniche della microturbina rilevate nelle condizioni standard (temperatura di 15°C , umidità relativa del 60% e altezza sul livello del mare di 0 m) sono le seguenti:

- potenza elettrica nominale (netta erogata): 65 kW;
- efficienza elettrica netta: 29%;
- tensione VAC 400
- potenza termica (acqua calda $60/70^\circ\text{C}$): 112 kW;
- potenza termica (acqua calda $85/94^\circ\text{C}$): 100 kW;
- efficienza totale % > 80;
- consumo di combustibile (gas metano) nelle condizioni nominali di funzionamento: $23,4 \text{ m}^3/\text{h}$;
- potenza nominale del combustibile: 224 kW;
- emissioni NO_x con il 15% O_2 : inferiore a 9 ppmV;
- temperatura di uscita dei fumi: 309°C ;
- portata dei fumi: 0,49 kg/s;
- livello sonoro alla potenza nominale rilevata a 10 m: 60 dB(A);
- larghezza: 762 mm;
- lunghezza: 1954 mm;

- altezza: 2532 mm;
- peso: 1000 mm.

Lo scambiatore di calore fumi/acqua consente il recupero del calore contenuto nei fumi ed è realizzato con una struttura esterna realizzata in acciaio da costruzione; al suo interno si trova una batteria alettata costituita da un fascio tubiero in rame all'interno del quale passa il fluido vettore. Lo scambiatore è collegato allo scarico della turbina consentendo di sfruttare il calore presente nei fumi a circa 309°C in uscita dalla turbina stessa per la produzione di acqua calda alla temperatura di circa 70°C. Tale valore può essere aumentato a condizione di ridurre la potenza termica resa dal sistema.

Qualora non vi sia richiesta di energia termica i fumi di uscita, attraverso apposito condotto possono by-passare lo scambiatore e venire scaricati in atmosfera senza alcun recupero termico. L'attivazione del by-pass avviene mediante apposita valvola motorizzata di intercettazione posta sul circuito fumi.

Lo scambiatore di calore è dotato di due flange per il collegamento dei circuiti idraulici.

Il dispositivo è completo di kit di compressione gas (a 5,2 bar) e di stabilizzazione della pressione in ingresso alla turbina di tipo insonorizzato che pertanto va considerato escluso dalla presente fornitura.

Si dovrà provvedere viceversa a realizzare tutte le opere necessarie per l'allaccio alla rete gas e alla rete idraulica della microturbina. Il collegamento tra il dispositivo e le predisposizioni sarà invece a carico del fornitore del cogeneratore ed è pertanto escluso dal presente intervento.

Si prevede la realizzazione delle seguenti opere:

- realizzazione di nuovo stacco dalla rete del gas attualmente installata per l'alimentazione delle caldaie poste in centrale termica e per il microcogeneratore presente. Si eseguirà lo stacco sulla condotta principale del gas, a monte della valvola di intercettazione posta all'esterno della centrale termica e mediante apposita tubazione realizzata in acciaio nero saldato nelle parti esterne e in polietilene reticolato PN16 nelle parti interrate (se presenti). Secondo quanto previsto dalla normativa vigente la transizione acciaio-polietilene avverrà mediante appositi giunti interrati. All'esterno della struttura di protezione acustica, in posizione visibile e segnalata, si installerà la valvola di intercettazione del combustibile come prescritto dalla normativa dei VVFF. In prossimità del cogeneratore dovrà essere installata la rampa gas fornita con il cogeneratore (e quindi non oggetto della fornitura);
- realizzazione delle tubazioni di collegamento tra il microcogeneratore e l'attuale centrale termica per consentire di utilizzare il calore prodotto dalla microturbina per integrare l'impianto di riscaldamento, durante la stagione invernale e alimentare, durante la stagione estiva, il gruppo frigo ad assorbimento al servizio della biblioteca. Si dovrà realizzare la linea di collegamento tra la microturbina e la centrale termica. In centrale termica si dovranno predisporre gli stacchi sui collettori (mandata/ritorno) e modificare alcuni collegamenti idraulici. Si prevede lo stacco temporaneo della linea di alimentazione della microturbina attualmente presente e la modifica locale del piping con l'installazione di un nuovo collettore per l'allaccio dei sistemi microcogenerativi. L'attuale microturbina è stata infatti allacciata in serie alle caldaie spillando parte dell'acqua del ritorno (sfruttando una delle due predisposizioni presente in centrale termica per l'installazione di un terzo generatore di calore avente potenza di progetto pari a 600 kW). Lo stacco attualmente presente risulta adeguato alla portata d'acqua dei due microcogeneratori (pari a circa 14 m³/h) ampiamente inferiore a quella del generatore di

calore per cui era stato dimensionato. Tuttavia, volendo adeguare lo stacco anche al futuro allaccio di un ulteriore cogeneratore si preferisce optare per una modifica da eseguire sui collettori principali (mandata/ritorno) presenti in centrale termica. Si provvederà a rimuovere temporaneamente la coibentazione dei collettori e ad individuare con la Direzione Lavori la corretta posizione per realizzare due nuovi allacci idraulici provenienti dai due microcogeneratori (esistente e nuovo). I dispositivi risulteranno così posti in parallelo rispetto alle due caldaie. In prossimità dei cogeneratori verranno realizzati due nuovi collettori (mandata/ritorno) che consentiranno di collegare in parallelo tra loro i due microcogeneratori, il futuro microcogeneratore ed eventuali altri dispositivi). Per consentire l'adeguata separazione idraulica tra il circuito del campus e i cogeneratori verranno realizzati due bypass di collegamento tra i nuovi collettori. Su ciascun bypass saranno installate una valvola di intercettazione e una valvola di bilanciamento di tipo dinamico (tipo Caleffi Autoflow). Con questo accorgimento sarà possibile eseguire la corretta taratura dei dispositivi in fase di collaudo dedicando una linea al periodo di riscaldamento e l'altra al raffrescamento estivo. Si garantirà così la corretta portata alle singole apparecchiature nei diversi regimi di funzionamento. Ciascun collettore sarà completo di valvole di intercettazione. Si provvederà alla posa in opera delle tubazioni per l'allaccio delle microturbine e alla modifica dei collegamenti della microturbina esistente. Verranno utilizzate condutture in acciaio nero a saldare per i tratti in esterno poste in opera con verniciatura antiruggine e coibentazione secondo quanto prescritto dal DPR412/93. Per i tratti interrati si ricorrerà a tubazioni in acciaio nero a saldare del tipo precoibentato e protetto con guaina bituminosa; Per quanto possibile il collegamento tra i nuovi collettori e la centrale termica avverrà con tubazioni installate fuori terra adeguatamente staffate alle strutture di fondazione realizzate in cemento armato seguendo le tubazioni al servizio della microturbina esistente.

- all'interno della cofanatura fonoassorbente di nuova realizzazione si installeranno i collettori di mandata/ritorno per l'installazione in parallelo delle microturbine, le valvole di intercettazione motorizzate, la pompa di circolazione gemellare (portata 10 mc/h, prevalenza 5 m.c.a.), il filtro a Y a protezione dello scambiatore di calore, le valvole di intercettazione, i collettori dotati di vaso d'espansione da 50 l, nonché i dispositivi ISPEL e gli accessori di impianto (manometri, termometri, ecc).

In Tavola 2 si riporta lo schema di principio dei collegamenti. In Tavola 7 si riporta invece il layout dell'impianto e dei principali dispositivi.

3.3 ULTERIORI PREDISPOSIZIONI

Onde permettere l'alloggiamento di una potenziale ulteriore nuova turbina, in grado di funzionare in isola e permettere alla SPM di lavorare al pieno delle potenzialità per cui è stata progettata a livello elettrico e controllistico, il basamento della turbina è strutturato in modo da potere ospitare due unità, che – essendo posizionate nello stesso locale – permetteranno l'impiego in comune della linea gas e della connessione a mandata e ritorno del teleriscaldamento. Il basamento è posizionato in modo tale da lasciare un'ampia porzione di terreno libero a Nord della centrale termica ed a ovest delle turbine, onde permettere l'installazione di ulteriori cogeneratori in una posizione ottimale rispetto alla centrale termica.

4 SISTEMA FRIGORIFERO AD ASSORBIMENTO ED ACCUMULO TERMICO

La scelta di installare un sistema frigorifero ad assorbimento, al servizio della biblioteca, deriva dalle seguenti considerazioni:

- si tratta di una tecnologia che negli ultimi anni sta riscuotendo un notevole interesse per applicazioni di recupero di calore di scarto, raffrescamento solare e trigenerazione (come nel caso in questione);
- l'adozione di questa tecnologia permetterebbe di utilizzare la cogenerazione anche nel periodo estivo, incrementando notevolmente le ore di utilizzo annuali;
- la presenza di un gruppo ad assorbimento entro la smart grid permetterebbe di valutarne le performances operative all'interno della SPM, e di effettuare valutazioni sull'esercizio di sistemi di accumulo calore;
- la biblioteca dispone di un'unità di climatizzazione a pompa di calore con svariati problemi di funzionamento.

Per ragioni di operatività, un dispositivo di questo tipo verrebbe gestito dalla società che normalmente conduce gli impianti del campus. Si ritiene pertanto utile che tale impianto debba essere allacciato alla rete elettrica esistente e non alla SPM, in modo da non creare problematiche gestionali e di sicurezza, e che dalla sala di controllo possa essere semplicemente monitorato.

Si dovranno modificare le tubazioni sia in centrale termica che sullo stacco dell'acqua calda verso la biblioteca in modo da predisporre l'impianto per allacciare un gruppo frigorifero ad assorbimento.

Si prevede l'utilizzo di un assorbitore Systema modello SYBCTDH115 o equivalente.

Esso consentirà la produzione di acqua refrigerata per una potenza termica utile complessiva pari a circa 70 kW. La potenza termica complessiva che dovrà essere disponibile con temperature comprese tra 95°C e 85°C ammonta a 105 kW ed è pertanto compatibile con quella disponibile.

Il calore generato dall'assorbitore dovrà essere disperso e pertanto il dispositivo di tipo monoblocco è corredato di apposita torre evaporativa avente adeguata potenza termica.

Le principali caratteristiche dell'assorbitore sono di seguito descritte:

- dimensioni (lung. x largh. x alt.): 2770 x 1610 x 2230 mm;
- peso operativo: 3280 kg;
- tensione/frequenza di alimentazione 400 V/50 Hz;
- potenza elettrica assorbita 11 kW;
- potenza nominale di raffreddamento: 70 kW;
- potenza nominale di riscaldamento: 105 kW;
- COP (Coefficiente di prestazione): 0,67;
- temperatura di alimentazione dell'acqua calda: 80 - 95 °C;
- temperatura di ingresso dell'acqua di torre: 25 - 40 °C;
- temperatura minima dell'acqua refrigerata: 6 °C;
- portata dell'acqua calda: 9,0 m³/h;

- portata dell'acqua refrigerata: 12,0 m³/h;
- perdita di carico lato circuito acqua calda: 400 mbar;
- prevalenza utile lato circuito acqua refrigerata: 1,18 bar.

La torre evaporativa è installata a bordo macchina così come i circolatori lato acqua refrigerata e acqua di torre. Il dispositivo consente di dissipare in atmosfera tutto il calore generato dagli assorbitori; l'acqua calda proveniente dall'assorbitore viene pompata dal sistema di distribuzione nella parte superiore della torre e distribuita sulla superficie del pacco di scambio attraverso gli ugelli. Nel contempo l'aria esterna entra dalle griglie d'ingresso poste alla base della torre e sale attraverso il pacco evaporante di scambio, in controcorrente con rispetto all'acqua. L'aria calda e umida viene aspirata dall'alto mediante appositi ventilatori e scaricata all'esterno. L'acqua raffreddata viene raccolta nel bacino sul fondo della torre e ritorna all'utenza.

Lo scarico verticale dell'aria e la distanza fra l'espulsione dell'aria calda e l'ingresso di quella fresca riducono il rischio di bypass. La torre utilizza separatori di gocce in PVC ad elevata efficienza che consente la rimozione delle gocce trattenute dal flusso dell'aria in uscita, limitando le perdite d'acqua per trascinarsi.

Il sistema di distribuzione acqua è costituito da collettori in PVC e ugelli in ABS scongiurando così fenomeni di corrosione. Gli ugelli hanno una larga apertura e una conformazione tale da sfavorire l'accumulo di sporcizia. Il ventilatore e la pompa di circolazione dell'acqua di raffreddamento sono dotati di convertitore statico di frequenza che consente di modularne la velocità di rotazione in funzione delle effettive esigenze. L'acqua di reintegro adeguatamente trattata viene inoltre sanificata automaticamente dall'apparecchiatura fornita nell'assorbitore.

L'acqua refrigerata prodotta verrà inviata in apposito volano termico avente capacità di 3000 l presente a bordo macchina. Tale dispositivo verrà installato in luogo all'accumulo termico avente capacità di 1000 l attualmente installato nella centrale frigorifera al servizio della biblioteca. Verranno modificati i collegamenti idraulici esistenti per consentire di sfruttare l'accumulo termico come separatore idraulico tra il gruppo frigorifero esistente, quello ad assorbimento e l'impianto. Allo scopo verrà installato un nuovo circolatore gemellare posto sul circuito dell'acqua refrigerata del gruppo frigo esistente.

Si distinguono diversi tipi di circuito idraulico e in particolare:

- circuiti interni atti alla produzione di acqua refrigerata;
- circuiti esterni per l'alimentazione del fluido termovettore.

Con riferimento ai circuiti interni si distinguono:

- circuito del refrigerante;
- circuito del solvente.

Il refrigeratore ad assorbimento andrà pertanto allacciato ai seguenti circuiti:

- circuito dell'acqua calda: l'acqua calda viene prodotta nel microgeneratore;
- circuito dell'acqua di raffreddamento: questo circuito è interno all'assorbitore e non risulta necessario alcun ulteriore collegamento.
- circuito dell'acqua refrigerata: l'acqua fredda viene accumulata nel serbatoio inerziale.

Si dovrà provvedere ad eseguire i collegamenti idraulici tra il gruppo frigo ad assorbimento e i seguenti dispositivi:

- collegamento alla rete dell'acqua calda proveniente dal microgeneratore;

- collegamento al nuovo volano termico freddo.

Sarà inoltre necessario provvedere ad eseguire i collegamenti tra il nuovo volano termico freddo e i collettori di mandata/ripresa esistenti e tra il gruppo frigorifero esistente e l'accumulo.

In prossimità della sottocentrale frigorifera al servizio della biblioteca si provvederà ad eseguire la modifica sulla tubazione dell'acqua proveniente dalla centrale termica. Si inseriranno quattro valvole di intercettazione manuali che consentiranno l'inversione stagionale del sistema. In regime invernale l'acqua dell'impianto di riscaldamento fluirà verso la sottocentrale termica consentendo la distribuzione ai terminali di impianto. Durante il periodo estivo la medesima acqua giungerà agli assorbitori per consentire la produzione di acqua refrigerata.

Sul circuito dell'acqua di raffreddamento (acqua di torre), oltre ai normali accessori di impianto quali valvole, filtri, manometri e termometri si dovrà provvedere ad installare un sistema di trattamento dell'acqua dedicato che dovrà consentire oltreché l'addolcimento anche il dosaggio di specifici prodotti condizionanti quali antialga, anticalcare e antilegionella.

Prima della fornitura e posa in opera della macchina si dovrà eseguire l'analisi chimica dell'acqua da sottoporre all'approvazione finale della D.L. e del fornitore del gruppo ad assorbimento. L'onere è considerato incluso nella voce di fornitura e posa in opera del gruppo frigo ad assorbimento e null'altro dovrà essere dovuto.

Tutte le tubazioni che trasportano acqua calda (stacco dalla rete del teleriscaldamento e acqua di torre) dovranno essere realizzate mediante condutture in acciaio nero trattate con due mani di antiruggine. Le tubazioni sul circuito rete del teleriscaldamento dovranno essere isolate secondo quanto prescritto nel DPR 412/93, mentre sull'acqua di torre saranno prive di coibentazione.

Il circuito di torre dovrà essere completo di allaccio alla rete dell'acqua fredda sanitaria per garantire l'adeguato reintegro. Tale collegamento verrà realizzato utilizzando tubazioni in acciaio zincato coibentate.

La macchina ad assorbimento dovrà essere collegata mediante sifone alla rete di scarico delle acque nere. E' compresa nella fornitura la modifica della rete di scarico esistente che transita nelle vicinanze con realizzazione di pozzetto di allaccio e di linea di scarico di collegamento come mostrato negli elaborati grafici di progetto.

Sul circuito dell'acqua refrigerata si potranno utilizzare condutture in acciaio nero a saldare trattate con due mani di antiruggine e complete di coibentazione del tipo a cellule chiuse e dotate di barriera al vapore per scongiurare fenomeni di condensa.

Il sistema di reintegro dovrà consentire di far fronte alla massima evaporazione dell'acqua di torre che per il corretto funzionamento dei due assorbitori si attesta intorno ai 150 l/h.

Al fine di ottimizzare il funzionamento del gruppo ad assorbimento aumentando l'inerzia termica dell'impianto si installerà come indicato in precedenza un serbatoio per l'acqua refrigerata avente capacità pari a 3000 l. Trattasi di una unità di produzione Di Camillo Serbatoi realizzata in acciaio al carbonio ST 235 JR completo di trattamento protettivo esterno eseguito con verniciatura antiruggine e smalto industriale. La pressione massima di esercizio è pari a 4 bar e il dispositivo sarà coperto da 5 anni di garanzia. La coibentazione sarà realizzata in poliuretano rigido o flessibile con rivestimento in sky.

Il volano termico opererà come accumulo oltreché come separatore idraulico consentendo un funzionamento più regolare degli assorbitori e dell'impianto. L'elevato contenuto d'acqua

consente di far fronte ai picchi di richiesta termica con il solo assorbitore senza far intervenire il gruppo frigorifero.

In Tavola 3 si riporta lo schema di principio dei collegamenti. In Tavola 8 si riporta invece il layout dell'impianto e dei principali dispositivi.

5 IMPIANTO CSP

E' prevista l'installazione di due dispositivi solari termodinamici (CSP, Concentrating Solar Power) e in particolare di due Trinum di produzione Innova. Il dispositivo Trinum, non oggetto della presente fornitura, è in grado di produrre in maniera combinata energia elettrica e termica. Il dispositivo termodinamico a concentrazione solare, di tipo Dish-Stirling, utilizza un motore Stirling free piston di piccola taglia che consente di cogenerare in condizioni nominali 1 kW_{el} (energia elettrica) e 3 kW_t (energia termica). Il dispositivo è costituito da un concentratore solare parabolico, dotato di inseguitore solare a doppio asse (azimut ed elevazione), che focalizza direttamente i raggi solari sulla testa di un motore stirling. L'energia termica così concentrata viene convertita dal motore stirling in energia elettrica. L'uscita avviene in corrente alternata e può essere immessa direttamente in rete a 230V e 50Hz (senza necessità di inverter) con un'efficienza elettrica del 13,8%. La capacità cogenerativa del sistema consente la produzione di acqua calda sino a 70°C con rendimento termico del 41,4%.

Ciascun dispositivo è costituito dai seguenti elementi:

- ottica: concentratore parabolico specchiato costituito da 11 elementi, per una superficie captante complessiva di 10 m² e diametro di 3,75 m;
- convertitore: ricevitore solare costituito da hot chamber e testa del motore stirling, capace di convogliare il flusso termico solare concentrato all'interno di un motore stirling free piston da 1 kWp elettrico;
- sistema di solar tracking: gruppo di movimentazione biassiale e sistema di inseguimento;
- sensoristica: sensore di pioggia, anemometro;
- quadro di controllo: racchiude tutta l'elettronica dei sistemi presenti; tramite display è possibile leggere i dati sulla produzione e sullo stato di salute dell'impianto;
- schede di controllo del sistema:
 - schede di controllo del motore Stirling (ECU e AV76S 390/309),
 - scheda centrale di connessione con i diversi componenti dell'impianto, capace di raccogliere i dati dai sensori ambientali e dall'elettronica di controllo del generatore stirling. Tale scheda è dotata della predisposizione per il controllo in remoto. Svolge la funzione di inseguimento solare con un algoritmo basato sull'orologio astronomico e le coordinate GPS (TCU),
 - scheda di protezione interfaccia conforme alla DK5940;
- HDCU (Hydraulic Control Distribution Unit): Unità di controllo di distribuzione idraulica, costituito da un dissipatore e dei sistemi di distribuzione necessari per la gestione dell'energia termica prodotta ed eventuale messa in sicurezza. Comprensivo delle condutture coibentate e cablate all'interno della struttura, valvola di sfiato, pompa idraulica, il flussimetro, i sensori di temperatura e la valvola motorizzata a tre vie. Tale unità predispone le connessioni necessarie all'impianto idraulico dell'utenza con l'accumulo termico opportuno. Ogni componente idraulica è scelta in maniera tale da poter garantire: la perfetta tenuta dell'impianto all'esterno, coibentazione termica, temperatura d'esercizio massima di almeno 90°C.

Quando il sistema non lavora si posiziona in condizione di riposo/sicurezza, chiudendosi in posizione verticale col fuoco verso il basso, in maniera tale da proteggere la superficie

riflettente dagli agenti atmosferici, offrire la minore superficie resistente al vento, ridurre l'impatto visivo della macchina ed eliminare ogni riflesso indesiderato.

Le principali caratteristiche del sistema sono:

- massima velocità del vento in condizioni operative 50 km/h;
- massima velocità tollerata del vento in posizione di sicurezza 162 km/h;
- ingombro massimo di manovra d. 5,00m, h. 4,60 m;
- minima altezza a riposo 3,00 m;
- minima area operativa impegnata 20 m²;
- peso 600 kg;
- completa riciclabilità (100%);
- assenza di emissioni di CO₂;
- conformità alla Direttiva Europea 2009/28/CE + direttiva macchine.

Nella seguente immagine si riporta lo schema di funzionamento.

E' prevista l'installazione di due dispositivi CSP Trinum in adiacenza alla palazzina "Nuovi Alloggi" (edificio n°277) nella posizione indicata in Tavola 1. Le due unità dovranno essere collegate all'attuale impianto di produzione dell'acqua calda sanitaria. In particolare si dovrà realizzare un circuito idraulico che consenta di recuperare l'energia termica disponibile per preriscaldare l'acqua di alimentazione del bollitore Teknosystem esistente già connesso all'impianto solare termico al servizio dell'edificio. Allo scopo di ottimizzare l'abbinamento dei due circuiti (CSP e Solare termico) si prevede la fornitura e posa in opera di un bollitore intermedio a doppio serpentino avente una capacità di 1000 litri. Ciascun dispositivo Trinum sarà collegato mediante circuito idraulico dedicato in modo da garantire l'assoluta indipendenza dei dispositivi. I collegamenti idraulici tra la singola unità Trinum e il serpentino di pertinenza saranno realizzati utilizzando tubazioni di materiale differente in funzione del tipo di posa:

- in esterno, tubazioni in rame aventi diametro nominale DN 20 coibentate mediante guaina isolante a cellule chiuse avente caratteristiche tecniche e spessori in accordo a quanto prescritto dal DPR412/93; la coibentazione verrà protetta mediante lamierino d'alluminio;
- in posizione interrata, tubazioni in polietilene reticolato precoibentate per teleriscaldamento.

Nell'installazione saranno comprese le pompe gemellari di circolazione, le valvole di ritegno, le valvole motorizzate a tre vie, i vasi di espansione, le valvole di sicurezza, le valvole di sfiato automatico. La potenza termica (6 kW totali) erogata in condizioni nominali dal sistema CSP sono destinati alla produzione di ACS grazie alle due serpentine inserite nel sistema di accumulo da 1000 litri. Qualora la richiesta di ACS, e quindi di potenza, sia nulla o comunque inferiore alla capacità di generazione dei sistemi CSP, onde evitare un surriscaldamento eccessivo del fluido all'interno del sistema, si prevede di dissipare il calore sui due dissipatori. In funzione della temperatura rilevata da una sonda posizionata sulla linea verrà azionata la valvola deviatrice a tre vie che consentiranno la selezione automatica tra il collegamento Trinum-bollitore e Trinum-dissipatore di emergenza in funzione della temperatura rilevata sull'impianto evitando così il rischio di ebollizione dell'acqua all'interno delle tubazioni. Un'apposita sonda consentirà di rilevare la temperatura dell'acqua di raffreddamento del motore Stirling. Superati i 60°C la centralina elettronica di gestione attiverà il condensatore acqua/aria di sicurezza.

L'impianto così realizzato verrà caricato con fluido vettore costituito da una miscela acqua e glicole etilenico con funzione antigelo (contenuto minimo del 10%) secondo le prescrizioni del costruttore.

In particolare le caratteristiche dei componenti sono di seguito elencate:

- No. 2 pompe di circolazione gemellari al servizio dei CSP: 0,9 m³/h, prevalenza 6 m.c.a.;
- No. 2 vasi di espansione del circuito primario da 35 litri;
- No. 1 vaso di espansione sul circuito secondario da 35 litri;
- No. 2 dissipatori con potenzialità nominale da 3 kW.

Il bollitore sarà allacciato mediante disconnettore e valvola di intercettazione alla rete dell'acqua fredda sanitaria. Attraverso apposita valvola di intercettazione e tubazione verrà collegato all'alimentazione dei bollitori attualmente installati per la produzione di acqua calda sanitaria. Il bollitore allacciato al sistema CSP fungerà da preriscaldamento per i bollitori collegati all'impianto solare termico. In particolare si darà quindi la priorità all'integrazione termica del nuovo sistema.

Le tubazioni della linea del sistema idrico (acqua sanitaria) saranno di materiale differente in funzione del tipo di posa:

- in esterno: tubazioni in acciaio zincato aventi diametro nominale fino a DN 1 1/2" coibentate mediante guaina isolante a cellule chiuse avente caratteristiche tecniche e spessori in accordo a quanto prescritto dal DPR412/93; la coibentazione verrà protetta mediante lamierino d'alluminio;
- in posizione interrata - tubazioni dell'acqua fredda sanitaria: tubazioni in polietilene ad alta densità PN16;
- in posizione interrata – tubazione dell'acqua calda sanitaria: tubazioni in polietilene reticolato precoibentate per teleriscaldamento.

Per quanto riguarda la posa delle tubazioni interrate che collegano gli impianti CSP con la sottocentrale di afferenza si indica che essi dovranno transitare in una zona in cui non è stato possibile eseguire indagini conoscitive né sono stati reperiti documenti progettuali o as-built di tutti gli impianti già esistenti.

Si segnala pertanto, in fase di lavorazione, di procedere con la massima cautela alla fase di sondaggio e di scavo, per non danneggiare le linee che plausibilmente già sono alloggiare in prossimità della zona interessata.

Con ogni probabilità sono alloggiare in corrispondenza del tragitto delle tubazioni una linea elettrica e una linea di tubazioni di vettoriamento di fluidi termici. Con minore probabilità è alloggiata una linea di scarico fognario.

La fase di scavo dovrà dunque essere eseguita manualmente o con l'ausilio di mezzi meccanici leggeri, prestando particolare attenzione alla presenza di nastri monitori, di bandelle di segnalazione o di altri dispositivi atti alla protezione delle linee installate.

Nel caso in cui si realizzi in fase di scavo una potenziale interferenza con le linee esistenti il tracciato dovrà essere modificato di concerto con la DL in maniera da garantire l'osservanza delle distanze di rispetto per ciascuna tipologia di linea.

La posa delle tubazioni a servizio del CSP dovrà avvenire in maniera da garantire il completo ripristino della superficie soprastante, senza pregiudicarne la consistenza né la capacità portante.

Le tubazioni da installarsi dovranno essere debitamente protette contro le azioni meccaniche, posate ad una quota di almeno 50 centimetri al di sotto del piano di campagna e provviste di nastro monitor per scongiurare il pericolo di perforazione o danneggiamento accidentale.

In Tavola 4 si riporta lo schema funzionale dei collegamenti. In Tavola 6 si riporta invece il layout dell'impianto e dei principali dispositivi.

6 SALA DI CONTROLLO

I locali adibiti a sala di controllo, al piano terra della palazzina Delfino, saranno dotati di impianto di riscaldamento e di raffrescamento a pompa di calore e di sistema di ventilazione meccanica controllata.

Si prevede l'installazione di una pompa di calore ad espansione diretta di tipo dualsplit completa di unità esterna e di due unità interne di tipo pensile a parete. La pompa di calore sarà dotata di un compressore Inverter DC a riluttanza magnetica, ermeticamente sigillato. La macchina opererà con fluido refrigerante R410A e potrà essere installata anche in presenza di tubazioni dotate di lunghezza estesa fino a 20 m con un dislivello massimo tra l'unità esterna e quella interna di 15 m. La qualità costruttiva adottata consente di limitare la rumorosità di funzionamento. Il livello di pressione sonora ammonta a 47 dB(A). L'unità dovrà essere alimentata elettricamente con linea monofase a 230 V, 50 Hz.

L'unità esterna avrà le seguenti caratteristiche:

- potenza termica nominale in raffreddamento pari a 6,3 kW;
- potenza termica nominale in riscaldamento pari a 6,8 kW;
- potenza elettrica massima assorbita pari a 2,0 kW.

Le due unità interne avranno le seguenti caratteristiche:

- potenza termica nominale in raffreddamento pari a 3,5 kW;
- potenza termica nominale in riscaldamento pari a 4,0 kW;
- livello di pressione sonora da 22 a 38 dB(A).

Le unità interne saranno connesse alle unità esterne di pertinenza mediante tubazioni liquido-gas aventi diametro pari a 6,35 mm – 12,7 mm. Per realizzare le linee di collegamento tra le unità esterne e quelle interne verranno utilizzate tubazioni in rame specificatamente realizzate per il trasporto del fluido frigorifero R410A, con caratteristiche tecniche previste dalla Normativa UNI EN 12735 parte 1. Le condutture dovranno essere preisolate con elementi in polietilene espanso a cellule chiuse di dimensioni regolari e distribuite uniformemente nel rispetto della Norma UNI 10376. Le guaine isolanti non dovranno essere state prodotte con l'impiego di CFC, HCFC o altri gas nocivi per la salute o per l'ambiente. Dovranno inoltre essere dotate di pellicola esterna protettiva per impedire la formazione di condensa sulla superficie esterna.

L'installatore dovrà installare le tubazioni limitando al minimo le saldature in modo da limitare i punti di fuga del refrigerante. Al termine dell'installazione, prima del carico del circuito frigorifero dovrà provvedere ad eseguire il vuoto su ciascun circuito verificandone l'assoluta tenuta. L'esecuzione del vuoto dovrà essere eseguita con particolare attenzione in modo da scongiurare l'eventuale presenza di umidità nei circuiti frigoriferi che potrebbe danneggiare i compressori.

L'impianto di ventilazione meccanica controllata è composto da un ventilatore elettronico a ridotto consumo di corrente, abbinato ad uno speciale scambiatore di calore, in configurazione controcorrente, ad altissima efficienza (recuperatore, efficienza >90%). La portata d'aria di rinnovo sarà convogliata attraverso un opportuno distributore ed una serie di canali che termineranno con diffusori installati all'interno del locale integrati nel controsoffitto. L'espulsione verrà eseguita mediante griglie di ripresa installate all'interno del locale in prossimità delle pareti ad una quota di poco superiore allo zocchetto.

Il recuperatore di calore sarà posizionato in apposita armadiatura posta nella sala controlli. I canali di aspirazione e mandata verso l'esterno termineranno con apposita finitura e griglia anti-pioggia. Le forometrie intorno ai condotti dovranno essere ripristinate con apposite schiume espanse ed isolanti.

Verrà utilizzato un recuperatore tipo Zehnder modello ConfoAir 350 e del sistema di distribuzione e diffusori Confosystem del medesimo costruttore o similari.

Il recuperatore di calore sarà del tipo ad altissima efficienza ($> 90\%$ nelle condizioni di prova) in controcorrente. Il dispositivo sarà dotato di ventilatore a tre velocità avente le seguenti portate nominali:

- velocità minima: portata $120 \text{ m}^3/\text{h}$ e pressione statica utile 30 Pa ;
- velocità intermedia: portata $180 \text{ m}^3/\text{h}$ e pressione statica utile 65 Pa ;
- velocità massima: portata $260 \text{ m}^3/\text{h}$ e pressione statica utile 140 Pa .

Il componente dovrà integrare un sistema di free cooling costituito da un bypass che si attiva in funzione della temperatura dell'aria esterna, consentendo di rinfrescare i locali durante le ore notturne estive.

Il recuperatore presenterà No.4 connessioni di cui: No.2 connessioni DN 180 mm per le tubazioni di mandata ad aspirazione verso l'esterno e No.2 connessioni DN 180 mm per le tubazioni di mandata e ritorno verso i locali all'interno dell'edificio. Il recuperatore sarà dotato di appositi filtri di classe G4/F7.

L'alimentazione sarà del tipo monofase 230V/50Hz, e presenterà un impegno di potenza alla massima velocità di 105 W.

L'unità meccanica di ventilazione controllata sarà installata in apposito mobiletto, in posizione verticale in modo da consentire gli interventi di manutenzione periodica quali ad esempio la sostituzione dei filtri e la verifica dell'assorbimento dei motori.

Le tubazioni principali che collegheranno il recuperatore ai distributori saranno di tipo flessibile in alluminio isolate adatte ad impianti di ventilazione. Le tubazioni che conetteranno i distributori ai terminali saranno in resina HDPE, flessibili, resistenti alla corrosione impermeabili a liquidi e gas. Tali tubazioni corrugate fuori e lisce dentro presenteranno: diametro nominale 90 mm, campo di impiego compreso tra i -25 e i 60°C , resistenza allo schiacciamento superiore a 8 kN/m^2 , raggio di curvatura pari al diametro della tubazione. Le cassette di distribuzione saranno dotate di piastre di collegamento da 6 fori. La tenuta aerea verrà realizzata tramite appositi O-ring da applicarsi sulle estremità delle tubazioni. Il bloccaggio di tali tubazioni sulla piastra e sulle bocchette verrà garantito per mezzo di apposite graffe ad U.

La diffusione all'interno dei locali avverrà tramite l'utilizzo di bocchette di mandata e ripresa silenziate, ispezionabili per igienizzazione e pulizia, dotata di porta filtro e filtro, e con le seguenti caratteristiche: attacco laterale per Comfotube da DN90 mm tramite O-Ring, graffe di ancoraggio, portata massima $50 \text{ m}^3/\text{h}$, metallo zincato.

Le condutture e le cassette di distribuzione saranno installate all'interno del controsoffitto posto nella sala controllo adeguatamente staffate secondo le indicazioni del costruttore. Gli oneri relative alle carpenterie necessarie per lo staffaggio sono compresi nella fornitura dei dispositivi e nell'assistenza alle opere murarie.

In Tavola 5 si riporta lo schema funzionale dei collegamenti per la sala di controllo e per i locali inverter, UPS e sala server.

7 LOCALI INVERTER, UPS E SALA SERVER

I tre locali al piano terra della palazzina Delfino destinati ad ospitare gli inverter, l'UPS e la sala server sono caratterizzati da condizioni operative analoghe per cui è possibile utilizzare un'unica unità di raffrescamento tipo trialsplit. Il dispositivo sarà dotato di controllo elettronico di condensazione che consentirà, se necessario, di mantenere l'unità in regime di raffreddamento anche con temperature esterne basse.

Il gruppo frigo sarà dotato di un compressore Inverter DC a riluttanza magnetica, ermeticamente sigillato. La macchina opererà con fluido refrigerante R410A e potrà essere installata anche in presenza di tubazioni dotate di lunghezza estesa fino a 20 m con un dislivello massimo tra l'unità esterna e quella interna di 15 m. La qualità costruttiva adottata consente di limitare la rumorosità di funzionamento. Il livello di pressione sonora ammonta a 48 dB(A). L'unità dovrà essere alimentata elettricamente con linea monofase a 230 V, 50 Hz.

L'unità esterna avrà le seguenti caratteristiche:

- potenza termica nominale in raffreddamento pari a 7,1 kW;
- potenza elettrica massima assorbita pari a 4,5 kW.

Ciascuna unità interna avrà le seguenti caratteristiche:

- potenza termica nominale in raffreddamento pari a 2,5 kW;
- livello di pressione sonora da 30 a 45 dB(A).

Ciascuna unità interna sarà connessa all'unità esterna di pertinenza mediante tubazioni liquido-gas aventi diametro pari a 6,35 mm – 12,7 mm. Per realizzare la linea di collegamento tra l'unità esterna e quelle interne verranno utilizzate tubazioni in rame specificatamente realizzate per il trasporto del fluido frigorifero R410A, con caratteristiche tecniche previste dalla Normativa UNI EN 12735 parte 1. Le condutture dovranno essere preisolate con elementi in polietilene espanso a cellule chiuse di dimensioni regolari e distribuite uniformemente nel rispetto della Norma UNI 10376. Le guaine isolanti non dovranno essere state prodotte con l'impiego di CFC, HCFC o altri gas nocivi per la salute o per l'ambiente. Dovranno inoltre essere dotate di pellicola esterna protettiva per impedire la formazione di condensa sulla superficie esterna.

L'installatore dovrà installare le tubazioni limitando al minimo le saldature in modo da limitare i punti di fuga del refrigerante. Al termine dell'installazione, prima del carico del circuito frigorifero dovrà provvedere ad eseguire il vuoto sul circuito verificandone l'assoluta tenuta. L'esecuzione del vuoto dovrà essere eseguita con particolare attenzione in modo da scongiurare l'eventuale presenza di umidità nei circuiti frigoriferi che potrebbe danneggiare il compressore.

8 SISTEMA DI REGOLAZIONE, CONTROLLO E MONITORAGGIO

Gli impianti descritti in questa relazione sono equipaggiati con specifiche apparecchiature di regolazione e controllo come dappresso specificato.

8.1 LOGICA DI FUNZIONAMENTO

Le produzioni termiche sono ad integrazione del sistema di teleriscaldamento del campus e di climatizzazione della biblioteca esistenti, contribuendo a coprire parte del carico termico base.

I sistemi termici in cui le macchine si integrano sono gestiti attualmente con un contratto di gestione calore affidato ad una ditta esterna. Il sistema di gestione di oggi non è telecontrollato. Le caldaie in centrale termica operano controllate unicamente da un timer che regola l'orario di accensione e da un sensore di temperatura dell'acqua in mandata.

L'impianto di climatizzazione della biblioteca è regolato da un timer e da un sensore di temperatura dell'aria di ripresa.

L'integrazione dei nuovi impianti è stata concordata con il Committente in modo tale da non alterare il sistema di gestione attuale, come già illustrato nel paragrafo 3.1. Di fatto, essendo sia la microturbina che il chiller ad assorbimento di potenza nettamente inferiore rispetto alla taglia della centrale termica e della pompa di calore cui saranno rispettivamente connessi in parallelo, l'unico comando necessario sarà quello di impianto acceso/impianto spento per la gestione del carico base degli impianti, massimizzando così il numero di ore di lavoro di ciascuna nuova macchina.

In prossimità di ogni gruppo di impianti (centrale termica per la microturbina, locale tecnico impianti di climatizzazione biblioteca per il chiller, impianti solari a concentrazione, interni palazzina Delfino) verrà collocata una centralina su cui si concentreranno tutti i dati e comandi. Queste centraline permetteranno sia la gestione degli impianti come oggi avviene che il monitoraggio continuo dei parametri degli impianti e degli ambienti serviti, permettendo una possibilità di espansione e gestione diversa per il futuro.

Gli impianti CSP saranno autonomi, il calore che essi generano servirà da preriscaldamento per l'acqua calda sanitaria della nuova palazzina residenze. Il sistema di termoregolazione dei vani sala di controllo, server, UPS e inverter sarà automatico mediante il sistema di controllo delle macchine installate, e la centralina monitorerà unicamente i parametri ambientali.

8.2 COMPONENTI DEL SISTEMA

Con riferimento ai singoli impianti si prevede l'installazione delle seguenti apparecchiature:

- impianti solari termodinamici a concentrazione: i dispositivi sono dotati di proprio quadro elettrico di potenza e di quadro di controllo. Le eventuali modifiche dei set point verranno fatte agendo sull'apposito dispositivo fornito con l'apparecchiatura. Verranno invece installate localmente sonde di temperatura e contatori volumetrici collegati ad una centralina di acquisizione dati autonoma connessa attraverso la rete dati alla sala controllo. Sarà così possibile monitorare il funzionamento degli impianti ed eseguire un bilancio energetico delle apparecchiature. Dalla postazione locale così come da quella remota sarà possibile verificare l'energia termica captata da ciascun concentratore e trasferita al fluido termovettore, l'energia termica trasferita all'acqua calda sanitaria per il

suo preriscaldamento, l'energia elettrica prodotta/assorbita; si installerà inoltre una sonda di temperatura entro il bollitore per poter visualizzare anche la temperatura dell'acqua;

- nuovo microgeneratore: il dispositivo è dotato di propria centralina di regolazione e controllo che consente il totale controllo dei parametri operativi. Il controllo può essere eseguito in locale o da postazione remota utilizzando l'apposito software fornito a corredo. Per consentire il monitoraggio energetico del dispositivo si prevede l'installazione di sonde di temperatura (mandata/ritorno) e di contatori volumetrici collegati ad una centralina di acquisizione dati autonoma da installare in un quadro elettrico dedicato posto in centrale termica. Tale dispositivo dovrà essere predisposto per poter implementare in futuro la gestione delle apparecchiature attualmente presenti quali le due caldaie con le rispettive pompe anticondensa, le valvole a due vie di cascata e la microturbina esistente. Sono quindi da ritenersi comprese nelle forniture tutte le apparecchiature necessarie per gestire allo stato attuale la microturbina e i contabilizzatori predisposti per l'espansione futura. Con il completamento del sistema dovrà essere possibile anche da postazione remota gestire l'accensione e lo spegnimento delle apparecchiature, visualizzare le temperature dell'acqua sui collettori di mandata e di ritorno, visualizzare lo stato di funzionamento dei circolatori, programmare e gestire l'inserimento in cascata delle microturbine e dei generatori di calore anche in funzione della temperatura esterna. Dovrà essere infine installato un contatore del gas per la contabilizzazione dei consumi del nuovo micro-cogeneratore che sarà posizionato all'interno del locale destinato all'alloggiamento della macchina. Il punto in cui sarà posizionato il componente è indicato nel documento 11-650-H33-Tavola 07 - Layout centrale termica, rif. Item 36,37 (portata istantanea e cumulata).;
- gruppo frigorifero ad assorbimento: il gruppo frigorifero dovrà essere completo di centralina di regolazione e controllo capace di gestire autonomamente i parametri operativi, i set point e la velocità di rotazione delle pompe (della soluzione e del circuito di raffreddamento) e del ventilatore della torre evaporativa. Il controllo può essere eseguito in locale o da postazione remota utilizzando l'apposito software fornito a corredo. Per consentire il monitoraggio energetico del dispositivo si prevede l'installazione di sonde di temperatura (mandata/ritorno lato acqua refrigerata e acqua calda) e di contatori volumetrici collegati ad una centralina di acquisizione dati autonoma da installare in un quadro elettrico dedicato posto nella centrale di condizionamento. Tale dispositivo dovrà essere predisposto per poter implementare in futuro la gestione del gruppo frigorifero condensato ad aria attualmente presente. Le apparecchiature attualmente presenti quali le due caldaie con le rispettive pompe anticondensa, le valvole a due vie di cascata e la microturbina esistente. Sono quindi da ritenersi comprese nelle forniture tutte le apparecchiature necessarie per gestire allo stato attuale il gruppo frigo ad assorbimento e i contabilizzatori predisposti per l'espansione futura. Con il completamento del sistema dovrà essere possibile anche da postazione remota gestire l'accensione e lo spegnimento delle apparecchiature, visualizzare le temperature dell'acqua sui collettori di mandata e di ritorno, visualizzare lo stato di funzionamento dei circolatori, programmare e gestire l'inserimento in cascata dei gruppi frigoriferi anche in funzione della temperatura esterna;

- impianti di riscaldamento/raffrescamento di tipo split per la sala controlli, il locale inverter dell'impianto fotovoltaico, il locale USP e la sala server: ciascuna unità interna sarà corredata di telecomando che consentirà la gestione autonoma della temperatura da mantenere in ambiente, della velocità del ventilatore e della modalità di funzionamento dell'aletta deflettibile. Non si prevede l'utilizzo di altri dispositivi di controllo. Limitatamente alla sala controllo si gestirà il funzionamento della macchina mediante un contatto che consentirà la disattivazione dell'impianto con l'inserimento dell'impianto di allarme (gli operatori a fine giornata inseriscono l'allarme e si disattiva automaticamente l'impianto di climatizzazione. Si prevede l'installazione di quattro sonde di temperatura da installare nei locali server, UPS, inverter e nella sala controlli. Attraverso il sistema di controllo sarà possibile visualizzare la temperatura rilevata dalle sonde e segnalare un allarme nel caso di superamento della soglia singolarmente programmabile. Tale soluzione consentirà di scongiurare il raggiungimento di sovratemperature nei locali a temperatura controllata che potrebbero compromettere la corretta funzionalità dei dispositivi.
- impianto di ventilazione meccanica controllata (VMC): l'unità dispone di apposita centralina di regolazione e controllo che consente la gestione della velocità del ventilatore e dello stato di funzionamento del dispositivo. Si dovrà collegare alla stessa il segnale proveniente dal rilevatore di CO₂ da installare nel locale. Il dispositivo di rilevazione dovrà essere fornito dal costruttore dell'unità di ventilazione e il costo è incluso nella voce di computo della macchina di ventilazione stessa.

In allegato al “Disciplinare Descrittivo e Prestazionale degli Impianti Meccanici” si riporta l'elenco dei punti controllati per ciascun impianto.

In Tavola 9 si riporta lo schema funzionale del sistema di controllo degli impianti meccanici.

8.3 ALIMENTAZIONI ELETTRICHE

Il sistema di alimentazione elettrico degli impianti descritti in questa relazione (alimentazione del chiller e di tutti i sistemi di controllo termico) è costituito da quattro impianti separati che coprono le seguenti aree: l'area centrale termica e turbina cogenerativa, il chiller ad assorbimento, gli impianti CSP ed i locali della sala di controllo e dei vani inverter, UPS e server. Anche in funzione della logica di gestione degli impianti termici, l'alimentazione è fornita in parte dalla SPM ed in parte dalla rete elettrica esistente nel campus.

Nel seguito sono illustrate le alimentazioni elettriche delle varie aree interessate dagli impianti descritti nella presente relazione, suddivisi per aree.

8.3.1 Area Microturbine-Centrale Termica

Al di fuori della microturbina vanno previste le seguenti alimentazioni:

- Pompa di circolazione gemellare P_{MC1} (due motori elettrici, uno di rispetto all'altro), per un assorbimento massimo pari a 400 W;
- Pompa di circolazione gemellare P_{MC2} (due motori elettrici, uno di rispetto all'altro e con inverter a bordo pompa), per un assorbimento massimo pari a 750 W;
- Ausiliari termoregolazione (centralina, valvole, sensori), per un assorbimento massimo pari a 200 W.

Le pompe gemellari dovranno essere dotate di sezionatori dedicati. Ciascun motore sarà alimentato mediante contattore comandato dalla centralina di termoregolazione che provvederà ad alternare l'uso dei motori. Andranno previsti selettori manuale/automatico.

Per la termoregolazione andrà previsto un sezionatore dedicato.

Per evidenti ragioni di sicurezza, l'alimentazione verrà garantita mediante uno stacco della monofase dal quadro elettrico della centrale termica (e non dalla SPM), dotato di interruttore magnetotermico differenziale, di sezionatore e di Wattmetro. Sempre per ragioni di sicurezza, gli apparati alimentati collocati nella baraccatura della nuova microturbina saranno dotati di un secondo sezionatore in prossimità del quadro elettrico della microturbina stessa, ed il fatto che l'alimentazione non sia collegata alla SPM verrà chiaramente indicato.

Il microgeneratore verrà gestito mediante la centralina di cascata che in funzione della temperatura rilevata dalla sonda di temperatura installata sul collettore di mandata all'impianto e del set point farà partire in sequenza le microturbine, la caldaia 1, la caldaia 2. La centralina agirà anche sulle valvole di cascata e sulle pompe di circolazione. Il sistema sarà dotato di collegamento C-Bus per il controllo e la verifica dei dati dalla postazione remota. Il collegamento alla SPM sarà via cavo tra la centralina in centrale termica e la RTU sita nel quadro Q04.

Tutte le carcasse metalliche dovranno essere adeguatamente collegate alla rete di terra.

Il posizionamento e le connessioni di rilevatori ed apparati alimentati sono indicati nelle tavole 1,2, 7 e 9 della presente relazione, dove è indicata la parte di lavori in appalto e la parte da effettuare in economia.

8.3.2 Area Chiller ad Assorbimento

Il chiller verrà alimentato mediante stacco trifase per un assorbimento di 11 kW complessivi dal quadro elettrico sito nel vano tecnico che alloggia collettori e unità trattamento aria. In quella posizione verrà installato a inizio linea un interruttore magneto-termico differenziale ed un sezionatore manuale. Lo schema unifilare del collegamento è indicato alla tavola 21 della relazione 11-650-H32.

Gli ausiliari richiedono le seguenti alimentazioni (monofase) e presentano i seguenti assorbimenti:

- Pompa di circolazione gemellare P_{FA1} (due motori elettrici, uno di rispetto all'altro) per un assorbimento massimo pari a 800 W;
- Ausiliari termoregolazione (centralina, valvole, sensori) per un assorbimento massimo pari a 200 W;
- Addolcitore carico acqua di torre e sistema di dosaggio per un consumo massimo pari a 500 W.

Anche l'alimentazione monofase partirà da uno stacco dal quadro elettrico sito nel vano tecnico che alloggia collettori e unità trattamento aria.

Verranno installati un interruttore magnetotermico differenziale ed un sezionatore manuale un wattmetro al servizio di tutti gli ausiliari ed. Andranno previsti sezionatori dedicati per la termoregolazione, per l'addolcitore ed il sistema di dosaggio, e per la pompa gemellare.

Il gruppo ad assorbimento verrà gestito mediante centralina di cascata che in funzione della temperatura rilevata dalla sonda di temperatura installata sul collettore di mandata all'impianto e del set point farà partire in sequenza il gruppo ad assorbimento, il gruppo frigorifero. La centralina agirà anche sulle valvole di cascata e sulle pompe di circolazione. Il sistema sarà dotato di collegamento C-Bus per il controllo e la verifica dei dati dalla

postazione remota. Se del caso si installerà modulo GSM per comunicazione senza cavo di rete. I dati dalla centralina verranno comunicati mediante collegamento wifi alla centralina presente nell'area CSP.

Saranno installati due contatermie completi di contatore volumetrico posti sulle condutture del gruppo frigo ad assorbimento (acqua calda e acqua refrigerata), sonde di temperatura mandata/ritorno e integratore con collegamento C-Bus per il controllo e la verifica dei dati dalla postazione remota.

Tutte le carcasse metalliche dovranno essere adeguatamente collegate alla rete di terra.

Il posizionamento e le connessioni di rilevatori ed apparati alimentati sono indicati nelle tavole 1,3, 8 e 9 della presente relazione, dove è indicata la parte di lavori in appalto e la parte da effettuare in economia.

8.3.3 Area CSP

Gli ausiliari degli impianti CSP, non compresi nella fornitura già acquistata dall'Università sono:

- Pompa di circolazione gemellare P_{CSP1} (due motori elettrici, uno di rispetto all'altro) e condensatore, monofase, per un assorbimento pari a 70+150 W;
- Pompa di circolazione gemellare P_{CSP2} (due motori elettrici, uno di rispetto all'altro) e condensatore, monofase, per un assorbimento pari a 70+150 W;
- Gli ausiliari per la contabilizzazione, per un assorbimento pari a 200 W.

Le pompe gemellari verranno alimentate dal quadro di potenza fornito con il CSP. Non risulta necessario alcun ulteriore quadro elettrico. Andrà verificata la possibilità di collegare pompe gemellari e non singole, ed andrà previsto un sezionatore dedicato per la contabilizzazione.

Saranno installati tre contatermie completi di contatore volumetrico posti sulle condutture del CSP1, CSP2 e dell'acqua calda sanitaria, sonde di temperatura mandata/ritorno e integratore con collegamento C-Bus per il controllo e la verifica dei dati dalla postazione remota. La centralina sarà collegata alla RTU del quadro Q01 via cavo, e mediante modulo di ricetrasmisione Wifi all'area chiller.

Andrà prevista l'installazione di un wattmetro dotato di integratore per conteggiare l'energia elettrica consumata dagli ausiliari (pompe di circolazione, sistema di contabilizzazione).

Tutte le carcasse metalliche dovranno essere adeguatamente collegate alla rete di terra.

Il posizionamento e le connessioni di rilevatori ed apparati alimentati sono indicati nelle tavole 1, 4 e 9 della presente relazione, dove è indicata la parte di lavori in appalto e la parte da effettuare in economia.

8.3.4 Sala di Controllo, Vano Server, Vano UPS e Vano Inverter

La sala di controllo sarà dotata di un'unità di Ventilazione Meccanica Controllata di assorbimento monofase pari a 105 W. L'unità sarà alimentata mediante sezionatore dedicato e contattore su cui il sistema domotico (comandato da contatto di apertura finestra e sensore di presenza) possa andare ad agire. La gestione dell'unità in termini di velocità del ventilatore avverrà mediante dispositivo di controllo fornito a corredo.

La climatizzazione invernale sarà garantita dal termosifone esistente, dotato di valvola termostatica. La climatizzazione estiva sarà invece fornita da pompa di calore dual split, di potenza elettrica pari a 2000 Watt monofase, dotata di sezionatore e wattmetro dedicato. La gestione dell'unità in termini di temperatura, velocità del ventilatore eventuale movimento

delle alette deviatrici avverrà mediante telecomando di controllo fornito a corredo. Il contatto di apertura finestra e il sensore di presenza potranno portare il sistema in spegnimento agendo sul contatto predisposto sulla morsettiera dell'unità esterna (l'alimentazione di potenza non viene quindi interrotta).

La climatizzazione dei locali UPS, Server ed Inverter avverrà mediante pompa di calore trial split, di potenza elettrica complessiva pari a 4550 Watt. L'unità sarà fornita di sezionatore e wattmetro dedicato.

Tutte le carcasse metalliche dovranno essere adeguatamente collegate alla rete di terra.

I parametri ambientali verranno misurati e trasmessi ad una centralina collegata via cavo alla RTU sita nel quadro Q01.

Il posizionamento e le connessioni di rilevatori ed apparati alimentati sono indicati nelle tavole 1, 5 e 9 della presente relazione, dove è indicata la parte di lavori in appalto e la parte da effettuare in economia.

ALV/ANP/GIC/CSM/RC:mcs