

POLITECNICO DI MILANO

Facoltà di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in
Ingegneria Energetica



**PROGETTAZIONE DEL SISTEMA DI CLIMATIZZAZIONE A
SERVIZIO DI UN EDIFICIO DEDICATO A SIMULATORI DI
VOLO**

Relatore: Prof. Federico PEDRANZINI

Tutor aziendale: Ing. Ercole Carlo GRASSI

Tesi di Laurea di:

Roberto FIORANI

Matr. 749023

Anno Accademico 2011 - 2012

Indice Generale

Indice generale

1	SOCIETÀ AGUSTAWESTLAND SPA	8
1.1	Cenni storici sulla società	8
1.2	Sedi operative AgustaWestland	9
1.3	Training Academy “A. Marchetti” AgustaWestland	12
2	STABILIMENTO DI SESTO CALENDE	14
2.1	Descrizione fabbricato 16	16
2.2	Descrizione simulatori di volo	28
2.2.1	FFS Full Flight Simulator	28
2.2.2	FTD Flight Training Device	31
2.2.3	VIPT Virtual Interactive Procedural Trainer	32
3	PROGETTAZIONE FABBRICATO 16	34
3.1	Specifiche tecniche e definizione carichi termici	35
3.2	Descrizione degli impianti	41
3.2.1	Zona simulatori dinamici FFS	42
3.2.2	Zona simulatori fissi FTD e VIPT	61
3.2.3	Computer room e sala idraulica	66
3.2.4	Zona uffici e aule	68
3.3	Sistema di produzione potenza	76
3.4	Centrale tecnologica	85
	Bibliografia	99

Elenco delle Figure

1.1	Simulatori di volo dinamici FFS	11
2.1	Planimetria generale stabilimento AgustaWestland Sesto Calende	14
2.2	Pianta Piano Interrato	18
2.3	Pianta Piano terra	20
2.4	Pianta Piano primo	22
2.5	Pianta tipo (piano secondo-terzo)	24
2.6	Pianta copertura	25
2.7	Sezione edificio	27
2.8	Simulatori Rotorsim Fabbricato 10	31
2.9	Simulatori fissi FTD	32
2.10	Simulatori fissi VIPT	33
3.1	Sistema di movimentazione	35
3.2	UTA CABIN CAE	38
3.3	Sezione trasversale	42
3.4	Ciclo estivo con ricircolo e post-riscaldamento sul Diagramma ASHRAE.....	43
3.5	Ciclo invernale con ricircolo e parziale saturazione sul Diagramma ASHRAE	44
3.6	Schema di funzionamento UTA FFS	47
3.7	Diagramma di selezione diffusore	50
3.8	Installazione diffusori zona simulatori dinamici FFS	51
3.9	Installazione diffusori zona simulatori dinamici FFS	52
3.10	Caratteristiche tecniche bocchetta di ripresa	54
3.11	Installazione calate di canali di ripresa	55
3.12	Pianta per identificare zone asservite dalle UTA	56
3.13	Collegamento UTA 45000 mc/h	59
3.14	Diagramma dimensionamento canali aria	60
3.15	Diagramma conversione canale da circolare a rettangolare	61
3.16	Documentazione fotografica zona FTD – VIPT	62
3.17	Sezione rappresentativa impianti zona FTD	63
3.18	Diagramma selezione ugello	66
3.19	Tipico installazione condizionatore Computer room	67
3.20	Tipico installazione ventilconvettore a cassetta	69
3.21	Schema regolazione ventilconvettore	70
3.22	Diagrammi dimensionamento tubazioni.....	72
3.23	Schema regolazione UTA uffici	75
3.24	Schematizzazione Ciclo frigorifero gruppo polivalente	80

3.25	Scambiatore gruppo frigorifero a recupero totale	83
3.26	Collettore freddo	86
3.27	Collettore caldo	88
3.28	Pompa gemellare, marca KSB, serie Etaline Z.....	89
3.29	Costruttivo centrale tecnologica.....	91
3.30	Bollitore sanitario	92
4.1	Scheda tecnica Gruppo Carrier 30XA0702.....	96
4.2	Limiti di funzionamento Gruppo polivalente	97

Elenco delle Tabelle

3.1	Tabella riepilogativa carichi termici.....	40
3.2	Tabella potenze termiche/frigorifere batterie UTA.....	58
3.3	Spessore isolante termico tubazioni	71
3.4	Caratteristiche gruppo frigorifero a recupero di calore totale	78
3.5	Caratteristiche gruppo frigorifero polivalente	81
3.6	Tabella Caratteristiche elettropompe.....	90
3.7	Unità di carico per edifici ad uso pubblico(alberghi, uffici, etc.).....	93
3.8	Determinazione della portata massima contemporanea con il Metodo delle unità di carico.....	94

Introduzione

Il lavoro svolto durante il tirocinio ha interessato la progettazione del sistema di climatizzazione dell'edificio dei simulatori di volo, presso l'Accademia Piloti della Società AgustaWestland SpA di Sesto Calende.

Poiché i simulatori di volo sono macchinari caratterizzati da una significativa produzione di energia termica nell'ambiente che li circonda, si è reso necessario concepire un impianto che fosse in grado di rispondere all'esigenza di refrigerazione durante l'intero anno solare.

Si è, pertanto, identificato come il più idoneo, un sistema di apparecchiature costituito da il gruppo frigorifero a recupero totale e il gruppo frigorifero polivalente.

Il gruppo frigorifero a recupero totale rappresenta un sistema che, oltre a svolgere la normale funzione di refrigerazione dell'ambiente fosse in grado di recuperare il calore di condensazione prodotto dallo stesso ciclo frigorifero invece di smaltirla in ambiente. Il sistema impiantistico in oggetto presenta, quindi una singola apparecchiatura con duplice finalità (energia frigorifera ed energia termica), ottenuta con ottime prestazioni energetiche.

Il gruppo frigorifero polivalente è, invece, una apparecchiatura in grado di produrre energia termica in modo disaccoppiato dalla produzione di energia frigorifera, rendendo l'edificio energeticamente indipendente dal resto dello stabilimento produttivo.

La scelta di questa soluzione impiantistica è stata determinata sia dallo specifico tipo di attività che la struttura ospiterà (l'attività didattica dell'Accademia Piloti prevede, infatti, addestramenti a ciclo continuo) sia dalla più generale necessità della società AgustaWestland di una soluzione che non determinasse interruzioni di alcun tipo dell'attività produttiva in atto (si è, quindi, scartato, l'ampliamento della centrale termofrigorifera generale).

Capitolo 1

1 Società AgustaWestland Spa

1.1 Cenni storici sulla società

AgustaWestland Spa è un'industria leader nel campo aeronautico da oltre cent'anni, infatti il nome Agusta è legato al mondo dell'aviazione. A conferma di questo, nelle sue officine di Cascina Costa a Saronno, sono stati costruiti aeroplani e elicotteri che hanno solcato e solcano i cieli di tutto il mondo.

Giovanni Agusta, considerato uno dei pionieri dell'aeronautica, costruisce il suo primo biplano nel 1907.

Durante la prima guerra mondiale, sul territorio di Saronno a Cascina Costa, si insedia un campo scuola di aviazione militare frequentato dai più conosciuti aviatori di quel tempo, tra i quali vi sono anche stranieri (l'ingresso monumentale al campo, funge ancora oggi da ingresso agli stabilimenti Agusta). A partire dal 1923 Giovanni Agusta, in accordo con la Direzione Superiore del Genio e delle Costruzioni Aeronautiche, trasferisce le sue attività sul campo d'aviazione di Cascina Costa e, il 27 aprile 1927, fonda i "Cantieri Aeronautici Agusta" con sede proprio a Cascina Costa.

Le officine sono dedite dapprima alla riparazione e modifica dei bombardieri Caproni Ca.3; successivamente si rivolgono alla progettazione, costruzione, revisione e riparazione di velivoli civili, aeroplani da caccia e da addestramento, apparecchi da bombardamento fino a tutta la seconda guerra mondiale, nel corso della quale vengono aperti anche vari stabilimenti in Italia e in Albania.

Al termine della guerra, l'intera industria nazionale è praticamente dissestata e, in base al trattato di pace, non è più possibile costruire aeroplani.

Agusta allora si orienta verso il settore motociclistico e fonda a Vergheara, MV Agusta. Le motociclette riscuotono ben presto un clamoroso successo grazie anche alla conquista di 270 Gran Premi mondiali e di 37 Campionati mondiali. Nel 1977, con la concentrazione dell'Agusta in campo elicotteristico e la concomitante crisi del settore motociclistico, l'attività agonistica viene sospesa e nel 1988 MV Agusta viene messa in liquidazione.

Dal 1950, col venir meno delle restrizioni poste dagli alleati, Agusta torna alla costruzione, riparazione e revisione di velivoli da addestramento e nel 1951, vengono gettate le basi per la collaborazione tra Agusta e la fabbrica americana di elicotteri Bell. Una svolta importante perché il famoso Model 47 comincia così a essere prodotto anche in Europa e, il 24 maggio 1954, alla presenza di

Larry Bell Presidente delle omonime officine, vola a Cascina Costa il primo Bell Model 47 (siglato AB47G) costruito in Agusta.

La produzione di elicotteri si espande notevolmente negli anni '60, anche grazie ad accordi con produttori d'oltre oceano.

Nel 1973 Agusta vende il 51% della società all'Efim, ente di Stato che intende realizzare un polo aerospaziale acquisendo varie aziende aeronautiche e ponendole sotto il controllo della base di Cascina Costa. Nasce così il Gruppo Agusta che ben presto ottiene importanti successi commerciali cooperando anche con altre industrie elicotteristiche europee.

Nel 1975, inoltre viene avviata la produzione di serie dell'Agusta A109 che si è rivelato essere uno dei maggiori successi dell'azienda. L'A109 è un elicottero biturbina civile e militare che è tuttora in produzione con il nome di AgustaWestland AW109, dopo la commercializzazione di oltre 500 esemplari nelle differenti varianti.

Agli inizi degli anni '90 la liquidazione dell'Efim e la generale crisi economica incidono notevolmente sul Gruppo Agusta che deve subire una profonda riorganizzazione, sia in termini di riduzione del personale che di ridefinizione della gamma dei prodotti.

Però, nella seconda metà degli anni '90, con l'entrata in Finmeccanica e una ritrovata competitività, Agusta viene rilanciata.

Nel 2000 Finmeccanica e la società britannica GKN decidono di costituire un'alleanza facendovi partecipare rispettivamente le proprie controllate Agusta e Westland.

Dal 2001 diventa così operativa AgustaWestland SpA, un'azienda quanto mai competitiva che già alla fine del 2001 conquista il primo posto per volume d'affari nella classifica mondiale dei costruttori di elicotteri.

Alla fine del 2004 Finmeccanica acquisisce il controllo totale della società rilevando anche la quota di GKN. La società è oggi il leader mondiale nel settore elicotteristico. Con oltre 9.700 addetti in Italia, Gran Bretagna, Belgio e Stati Uniti, offre sul mercato una gamma completa di prodotti tecnologicamente avanzati e ha in corso lo sviluppo di molti prodotti con caratteristiche innovative.

Per quanto riguarda l'Italia, AgustaWestland conserva a Saronno il suo quartier generale con 2.155 dipendenti al 31 dicembre 2007, di cui circa 900 dedicati alla ricerca e sviluppo. Gli altri stabilimenti italiani sono essenzialmente produttivi.

1.2 Sedi operative AgustaWestland

Come prima anticipato, la società dispone di un diverso numero di stabilimenti in Italia e principalmente situati nelle zone del Varesotto.

La sede storica, nonché la sede della direzione principale della società, si trova a Cascina Costa di Saronno con 2.155 dipendenti. Essa si occupa della

produzione delle trasmissioni, riduttori, ingranaggi, Centro di Integrazione Avionica, software house, sistemi di simulazione.

Le altre filiali Agusta in provincia di Varese sono a Vergiate, Lonate Pozzolo, Sesto Calende e Somma Lombardo. Di seguito ne analizzeremo le caratteristiche.

Lo stabilimento di Vergiate è adibito principalmente alla produzione ed in particolare all'assemblaggio finale, cablaggio, tubazioni e collaudo dei velivoli, i quali vengono provati sull'apposita superficie aeromobile della linea di volo.

La sede di Lonate Pozzolo denominata Avioport, è utilizzata invece dalla società come magazzino merci, luogo dove arrivano e partono i vari componenti che serviranno alla costruzione dell'elicottero.

Lo stabilimento di Sesto Calende ospita il Training Academy "Alessandro Marchetti" che è l'accademia piloti e tecnici della società. È qui che si è costruito il fabbricato oggetto della tesi denominato Fabbricato 16, il quale ospiterà al suo interno 9 simulatori di volo civili e militari di cui uno già in funzione.

Infine, la filiale di Somma Lombardo, una volta appartenente alla società Caproni, anch'essa società storica dell'aeronautica italiana, la quale terminò la sua produzione negli anni cinquanta e rilevata dalla società Agusta negli anni ottanta circa, è ora diventata un museo storico dell'aviazione italiana "Volandia". Questo museo al suo interno, ospita la storia dell'aviazione dai primi aerei in legno e tessuto all'innovativo convertiplano, ma anche esemplari di volo da aerei Caproni a elicotteri Bell Agusta.

Oltre a questi luoghi, vi sono altre sedi produttive sparse nelle diverse regioni d'Italia in particolare: lo stabilimento di Venezia a Tessera situato nei pressi dell'aeroporto; quello di Brindisi adibito alla produzione di strutture metalliche e revisione elicotteri navali; a Frosinone; lo stabilimento di Anagni (FR) dove avviene la produzione di pale e strutture in materiale composito; e quello di Benevento nel quale avviene la produzione di pezzi fusi in leghe leggere di alluminio e magnesio.

La società oltre alle filiali italiane sopraelencate e descritte brevemente, ne detiene molte anche in altri Paesi come Gran Bretagna ed in particolare a Yeovil nel quale avvengono l'assemblaggio, la produzione di trasmissioni, le linee di volo; Polonia dove l'acquisizione da parte del gruppo AgustaWestland (Finmeccanica) della PZ Swidnik permette ad Agusta di essere l'unica azienda elicotteristica operante nei paesi dell'est; Russia che a seguito dell'accordo convenuto con la società Russian Helicopters, è stato deciso di produrre proprio in questo territorio gli elicotteri multiruolo da trasporto truppe AW139m.

Oltre al Training Academy "Alessandro Marchetti" di Sesto Calende, Agusta ne dispone uno anche in America a Philadelphia dove offre alta qualità, simulazione di elicotteri e soluzioni integrate di formazione per piloti e professionisti. Entrambe le Accademie sostengono corsi di volo e di formazione

sulla manutenzione, offrendo ai clienti la possibilità di una formazione permanente: curriculum completo per i piloti di volo, corsi per ingegneri e tecnici di manutenzione.

Per ottimizzare l'addestramento, la società ha collaborato con CAE al fine di rendere l'accademia piloti più performante, grazie anche all'utilizzo di simulatori di volo.

CAE è stata fondata nel 1947 e ha sede in Canada ed è leader mondiale nella fornitura di tecnologie di simulazione, modellazione e di soluzioni di formazione integrata per le forze civili e di difesa del settore dell'aviazione in tutto il mondo. Essa con più di 150 full-flight simulator (FFS), impiega oltre 7.500 persone in oltre 100 siti e luoghi di formazione in più di 20 Paesi. L'azienda ha la più grande base installata di full-flight simulator civili e militari e la formazione di dispositivi.

Inoltre CAE tramite l'aviazione civile, militare e centri di formazione, e agli elicotteri di Agusta, addestra più di 80.000 membri. Essa offre anche la modellazione e simulazione di software per diversi segmenti di mercato mettendo a disposizione una divisione servizi professionali di assistenza ai clienti con una vasta gamma di esigenze basate sulla simulazione.



Figura 1.1: Simulatori di volo dinamici FFS.

AgustaWestland SpA e CAE hanno accordato alla formazione di Rotorsim, una società consortile, con sede a Cascina Costa di Samarate in Italia, che persegue le opportunità globali in simulazione di elicotteri e di formazione personale. Rotorsim, di proprietà ugualmente di AgustaWestland SpA e CAE, offre allo stato dell'arte soluzioni di formazione e simulazione per l'intera serie di elicotteri AgustaWestland.

L'accademia piloti è nata esplicitamente su richiesta di diversi clienti Agusta come ad esempio la Marina italiana, la Polizia di Stato, il Corpo dei Carabinieri, la Guardia di Finanza, per citarne alcuni, i quali dopo l'acquisto di elicotteri avevano la necessità di un addestramento adeguato del personale.

1.3 Training Academy “A. Marchetti” AgustaWestland

AgustaWestland, come più volte detto, è un fornitore affermato di servizi di formazione professionali e soluzioni ad una vasta gamma di clienti militari, civili e industriali in tutto il mondo. Relativamente alle competenze di base in ala rotante di alta qualità e di sistemi di addestramento militare, la Società è impegnata a sviluppare e ampliare il proprio portafoglio di formazione per soddisfare le esigenze di formazione attuali e future di tutti i clienti. AgustaWestland offre quindi una completa serie di servizi a disposizione per tutta la durata del prodotto, dall'analisi dei fabbisogni formativi per la fornitura di istruzioni, materiali per la formazione, formazione di sistemi informativi di gestione e di attrezzature per i singoli, squadra e formazione collettiva. Significativamente, i sistemi di formazione forniti sono gli unici in grado di tracciare la configurazione del prodotto. Inoltre i sistemi di supporto offrono un ambiente completo e operativo integrato, che collega logistica e sistemi di gestione della formazione con la missione di volo e sistemi di pianificazione per condividere i dati critici a sostegno della efficienza ed efficacia operativa.

Le attività di addestramento per piloti e tecnici iniziano nel 1965 da parte della Società con la produzione degli elicotteri AB205, AB206, SH3D e AB412. In quegli anni l'addestramento dei clienti al mantenimento e all'operatività dei propri elicotteri, era effettuato da tecnici di produzione e da test pilot.

Nel 1967 il Centro Addestramento inizia ad operare in modo organico, con la denominazione di “Scuola Agusta per Piloti e Tecnici”. La sede principale fu a Cascina Costa con un distaccamento presso lo stabilimento di Frosinone.

Nel 1992 tutte le attività sono state concentrate nella “Agusta Training Centre”, situato presso lo stabilimento Caproni di Somma Lombardo.

Nel 2005, visto il considerevole incremento di attività, il Centro è stato ricollocato negli stabilimenti SIAI Marchetti a Sesto Calende. Inoltre le attività di volo sono svolte presso le aerosuperfici di Cascina Costa e Vergiate e presso l'aeroporto militare di Cameri, in provincia di Novara.

Nel luglio 2006 AgustaWestland e Finmeccanica hanno formalmente aperto la

“Training Academy Alessandro Marchetti,” collocata, come anticipato precedentemente, a Sesto Calende. L’accademia offre una completa gamma di corsi per tutti i velivoli di produzione AgustaWestland. A tal proposito, si evidenzia che, con i suoi differenti tipi di elicotteri e con il livello di professionalità dei propri Istruttori e Piloti Istruttori, offre la più alta gamma di servizi che vanno dall’addestramento basico VFR e IFR, al più alto livello di qualificazione richiesto dalla complessità dei moderni elicotteri militari. Tutti gli ausili didattici utilizzati durante i corsi sono sviluppati applicando le tecnologie e le metodologie didattiche allo stato dell’arte.

L’accademia quindi dispone di corsi per piloti; essa infatti è un’organizzazione certificata JAR (ENAC, Ente Nazionale Aviazione Civile, secondo JAR-FCL2) e FAA (come Training Center Part 142).

Inoltre vi sono anche corsi tecnici; lo stabilimento di Sesto C. è stato approvato come centro di addestramento di manutenzione ed è certificato da ENAC secondo la regolamentazione EASA Part147.

Infine, sono disponibili corsi basici per personale tecnico privo di esperienza ma anche corsi avanzati per personale già in possesso di formazione tecnica.

Tutti i corsi sono conformi agli standard previsti dalla JAR 66/147 e dalla JAR-FCL2.

Sono di seguito elencati i vari livelli di addestramento conseguibili presso l’Academy:

- Categoria A: certificato meccanico di linea (elicotteri a turbina).
- Categoria B1.3: certificato tecnico di linea meccanico (elicotteri a turbina).
- Categoria B2: certificato tecnico di linea avionica.
- Categoria C: certificato di manutenzione di base.

L’AgustaWestland Training Academy “A. Marchetti” annovera un numeroso team di piloti e istruttori teorici (meccanici-avionici) in grado di supportare la vasta gamma di corsi offerti. Tutto il personale è altamente qualificato e possiede una grande esperienza nel settore aeronautico.

Capitolo 2

2 Stabilimento di Sesto Calende

Lo stabilimento di Sesto Calende, utilizzato dalla società come Training Academy (accademia piloti), si estende per una superficie di 60000 m² e ospita al suo interno diversi fabbricati, con differenti destinazioni d'uso. Alcuni di essi sono adibiti ad uffici e aule a uso terziario, altri ospitano all'interno simulatori di volo adibiti per l'addestramento dei piloti, e altri ancora sono usati come magazzino a uso produttivo; altri edifici non ancora ristrutturati invece, vengono utilizzati per stoccare vecchio materiale e non sono serviti da impianti meccanici.

PLANIMETRIA GENERALE

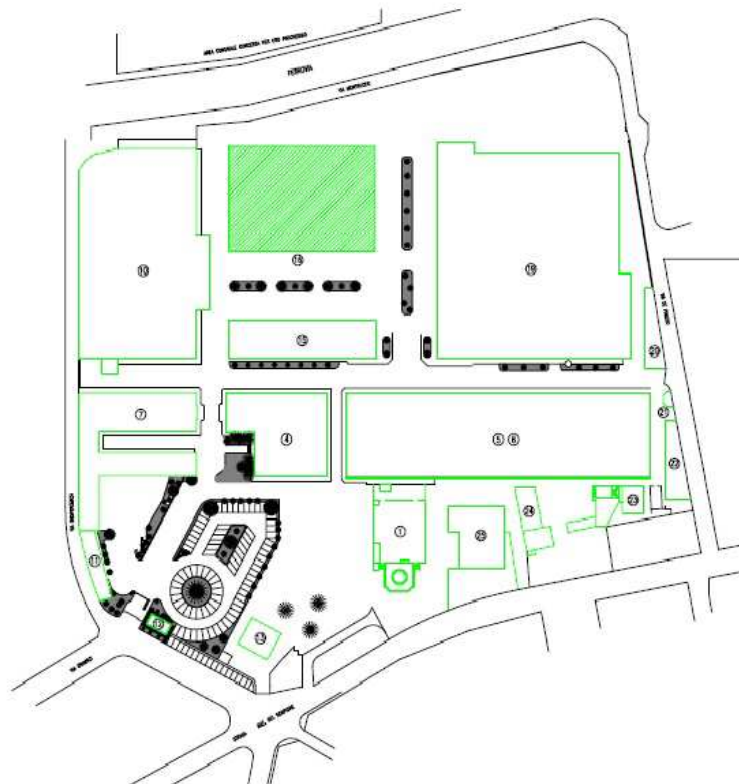


Figura 2.1: Planimetria generale stabilimento AgustaWestland di Sesto Calende.

Nella planimetria generale sopra riportata, è stata messa in evidenza l'area del nuovo Fabbricato 16 oggetto della tesi.

Di seguito verrà riportata una descrizione generale dello stabilimento di Sesto Calende.

Il fabbricato 1 è un edificio di 650 m² disposto su due piani; esso è la centrale termofrigorifera dell'intero stabilimento. Nella parte posteriore della centrale troviamo il serbatoio di accumulo della riserva idrica dell'antincendio collegato alle pompe elettriche e alle motopompe. L'edificio è suddiviso in due parti: in quella anteriore, vi sono tre gruppi frigoriferi acqua-acqua due da 605 kW mentre l'altro da 805 kW, con le proprie pompe primarie e le relative tubazioni che salgono in copertura alle torri evaporative; nella parte posteriore troviamo le due centrale termiche da 800 kW l'una con i relativi gruppi di espansione, collettori stagionali, gruppi di pompaggio e i serbatoi di accumulo. Sulla copertura dell'edificio, come accennato poco fa, sono installate le tre torri evaporative associate ai tre gruppi frigoriferi ad acqua.

Il Fabbricato 4 è la Direzione Generale di uso terziario di recente ristrutturazione con una superficie di 1443 m² che si sviluppa su 3 piani Piano Terra, Piano 1°, Piano 2° (non ancora ristrutturato e non presenta al suo interno alcun tipo di impianti meccanici) e Copertura. È attrezzato con diversi uffici e aule utilizzate per lo svolgimento di corsi di insegnamento e addestramento.

Il Fabbricato 7 ha una superficie di 1773 m²; è disposto su due piani al cui interno sono presenti uffici al piano primo e secondo e al piano terra solo in un'ala dell'edificio, mentre nella restante parte ospita la mensa dello stabilimento con l'area self-service e la zona preparazione pasti. Nelle vicinanze della mensa, è stata disposta una sottocentrale nella quale vi sono unità di trattamento aria e gruppi pompaggio di rilancio degli impianti di riscaldamento/condizionamento.

Il Fabbricato 10 con una superficie di 5060 m², è strutturato nella parte centrale da un unico piano in quanto ospita in due aree distinte WING1 e WING2, i quattro simulatori di volo dell'Academy; mentre nelle zone perimetrali su due piani dove sono situati le aule di briefing e de briefing. In prossimità dei simulatori, il fabbricato ha una struttura definita mezzanino nella quale i piloti accedono ad essi tramite un ponte mobile; la medesima struttura ospita simulatori fissi che vengono utilizzati prima e dopo l'utilizzo dei simulatori dinamici. Questo edificio ha un piano interrato della stessa estensione nella quale vi sono le diverse apparecchiature degli impianti come la cabina elettrica di trasformazione da media tensione a bassa tensione, diverse unità trattamento aria, compressori, essiccatori per aria compressa e pompe di rilancio per gli impianti di riscaldamento/condizionamento.

Il Fabbricato 11 non completamente ristrutturato, ha una superficie totale di 200 m² ed è disposto su due piani: piano terra vi è la manutenzione e al primo piano gli uffici di coordinamento della stessa manutenzione insieme ad altri uffici.

Infine c'è il Fabbricato 15 di una superficie di 1134 m² che è composto da un unico piano e viene utilizzato come magazzino di stoccaggio per materiali in arrivo e/o in partenza dallo stabilimento.

2.1 Descrizione fabbricato 16

Dalla descrizione dello stabilimento di Sesto C. fatta in precedenza, si è tralasciato volutamente il fabbricato 16 poiché l'obiettivo della tesi è proprio quello di spiegare la sua progettazione, realizzazione ed utilizzo.

I quattro attuali simulatori dinamici del Training Academy sono in funzione per corsi piloti full time, ovvero con una continuità di 24 ore su 24 comprensivi di fermi simulatori per manutenzioni o interventi agli impianti che sono ben prestabiliti con CAE. Un guasto accidentale o un fermo anche se previsto ma di durata superiore ha costi enormi per la società.

Il successo dell'Accademia ha fatto sì che AgustaWestland investisse per l'ampliamento del Training Academy con un nuovo edificio (denominato appunto fabbricato 16) completamente dedicato ad ospitare simulatori di volo civili e militari. Tale investimento ha una durata di diversi anni ed è perciò suddiviso in fasi che comportano il dilazionarsi dell'attività di costruzioni in più tempi.

Il primo step dato dall'arrivo del primo simulatore il 14 maggio, ha dettato alla società scadenze ben precise da imporre poi alle aziende collaboratrici per la realizzazione del fabbricato sia per quanto riguarda la parte strutturale sia per la parte impiantistica. Lo scopo di questo step è quello di completare l'area di installazione del primo simulatore denominato NEW AW139 FFS; con ciò, si intende predisporre il montaggio (di durata circa tre settimane) e in seguito, tutto ciò che riguarda il suo funzionamento ovvero parte strutturale e parte impiantistica.

Infatti la seconda fase attualmente in corso, prevede la costruzione della parte strutturale e di quella impiantistica, in quanto solo al termine si avrà l'occupazione totale del fabbricato con tutti i simulatori di volo.

Il fabbricato 16 ha un'estensione di circa 3500 m² che si sviluppa su quattro piani: nella zona centrale troviamo le diverse aule di briefing e de briefing e gli uffici piloti e istruttori piloti; nella zona periferica vi sono invece due zone, una ad un'unica altezza suddivisa in nove baie dove verranno installati i nove simulatori di volo dinamici FFS (Full Flight Simulator) e l'altra a doppia altezza dove verranno disposti sei simulatori di tipo statico FTD e otto fissi VIPT.

Tra zona civile e zona militare del fabbricato è stata prevista una suddivisione strutturale in modo da ottenere due aree indipendenti l'una dall'altra, ma anche all'interno della stessa zona militare, lo spazio è stato concepito con l'ottica di

avere una barriera strutturale in grado da tenere isolate e protette ogni singola zona dalle altre.

Inoltre questo edificio è costituito da una struttura in prefabbricato formata da pilastri e solette realizzate con tegoli a TT e pannellatura esterna; in copertura di esso è prevista una soletta sopraelevata con funzione da eliporto, concepita per l'atterraggio e il decollo di elicotteri in visita allo stabilimento in quanto non è dotato di una linea volo. Con due corpi scala ai lati ed ascensori è prevista anche una piattaforma elevatrice che dal piano interrato arriva al piano terra, per il trasporto delle diverse apparecchiature.

Vengono riportate di seguito le piante dell'edificio come ausilio alla descrizione del Fabbricato 16.

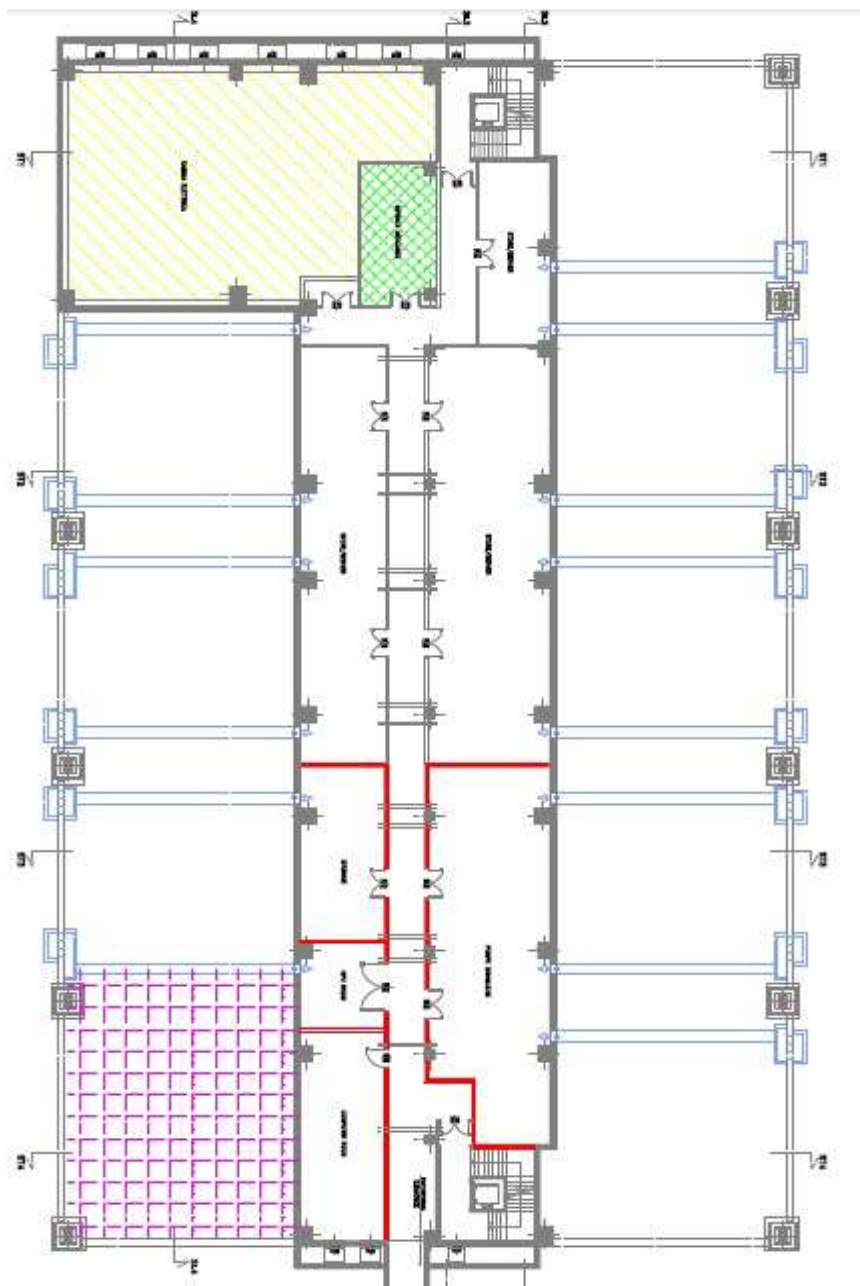


Figura 2.2: Pianta piano interrato.

Nella pianta sopra riportata, è raffigurato il piano interrato, che, come si può notare dalla struttura edilizia di colore grigio pieno, ha una forma a elle. Questo è dovuto alle fondamenta dei simulatori dinamici i quali, viste le loro dimensioni, non permettevano di estendere questo piano ulteriormente.

Nella pianta sono state messe in evidenza diverse zone; in giallo c'è l'area che ospita la cabina elettrica di trasformazione di media/bassa tensione che contiene al suo interno tre trasformatori e diversi quadri elettrici con cunicoli dedicati.

L'area vicina evidenziata di colore verde, rappresenta la zona dove è stata installata la centrale idrica, al cui interno troviamo un gruppo di sovrappressione, dotato di inverter e di due polmoni, che ha il compito di aumentare la pressione dell'acqua della rete idrica in modo da riuscire ad arrivare in copertura (quota circa 15 metri) ed alimentare le diverse apparecchiature (sistema di dosaggio per reintegro impianti, bollitore acqua calda sanitaria, umidificatori UTA).

In blu, abbiamo le tubazioni di aereazione di Ø700mm che dall'interno del piano interrato, sboccano in pozzetti posti all'esterno dell'edificio. Queste sono previste dalla normativa dei Vigili del Fuoco poichè al piano interrato, sono situate macchine particolari come la cabina di trasformazione elettrica, Computer room, sala compressori (HPU).

Con il colore magenta, è stata messa in evidenza l'area che al piano terra, ospiterà il secondo simulatore di volo NH90 FFS di tipo oleodinamico; esso diverso dal primo che è di tipo elettrico, ha la Computer room al piano interrato ed è il locale davanti al retino magenta di dimensioni maggiori rispetto alla precedente.

Questo simulatore, di prossima installazione prevista entro la fine di quest'anno ha una Computer room carichi termici maggiori rispetto all'elettrico, precisamente il doppio pari a 100kW.

Il locale a lato della Computer room è la sala idraulica (Hydraulic room ambient conditions) dove saranno presenti il compressore e uno scambiatore; quest'ultimo può essere del tipo a fascio tubiero oppure a piastre, ed è utilizzato per il raffreddamento dell'olio necessario al movimento dei pistoni idraulici del simulatore.

Questo locale, ha due carichi termici importanti, ossia lo scambiatore acqua/olio da 55kW e il calore dissipato in ambiente 25kW; questi non compaiono nei simulatori elettrici.

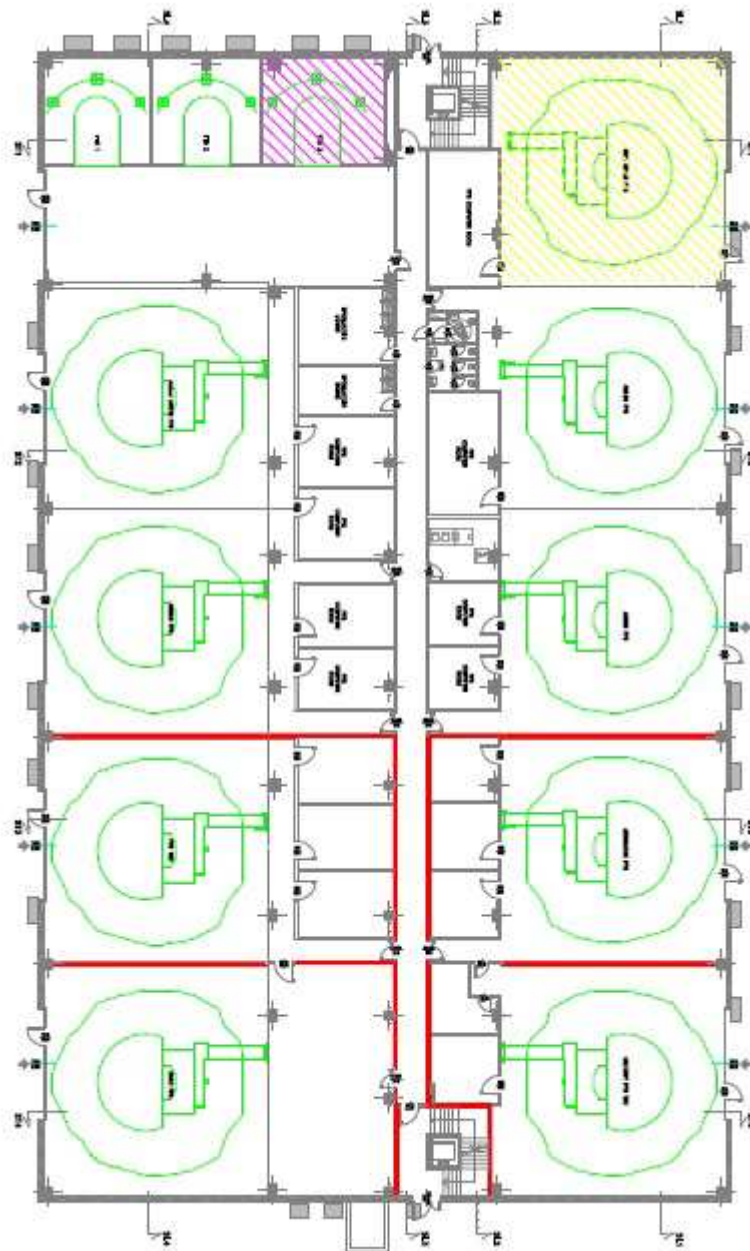


Figura 2.3: Pianta piano terra.

Al piano terra (figura 2.3) in giallo, abbiamo una delle nove baie con all'interno schematizzati i nove simulatori dinamici FFS (Full Flight Simulator); queste aree sono a tutt'altezza ovvero occupano l'intera porzione di edificio. In prima battuta, solo due di questi nove simulatori avrebbero dovuto essere oleodinamici ma successivamente i programmi sono cambiati, in quanto la

Società non disponeva di informazioni sicure sugli accordi con i futuri clienti. La progettazione e la stima dei calcoli si è basata pertanto sulla suddivisione più onerosa in termini di carichi termici ossia 5 simulatori elettrici e 4 oleodinamici.

In rosso vi è la suddivisione tra zona civile e militare, e tra le singole zone militari.

In colore magenta invece, vediamo una delle tre aree che ospiteranno i simulatori fissi FTD (Flight Training Device), è una'area a doppia altezza poiché di questi tipi di macchine ne abbiamo tre al piano inferiore e due al piano superiore.

Nei locali del piano terra che si affacciano direttamente alle baie dei simulatori, è previsto il posizionamento della maggior parte delle Computer room con una zona servizi e da due spogliatoi con docce.

Lungo tutti i piani dell'edificio dal piano interrato alla copertura, c'è un locale tecnico dove si è deciso di installare i diversi montanti (canalizzazione dell'aria, tubazioni riscaldamento/raffrescamento ventilconvettori, tubazioni acqua refrigerata utenze tecnologiche, tubazioni di scarico, tubazione antincendio, blindo e canaline elettriche).

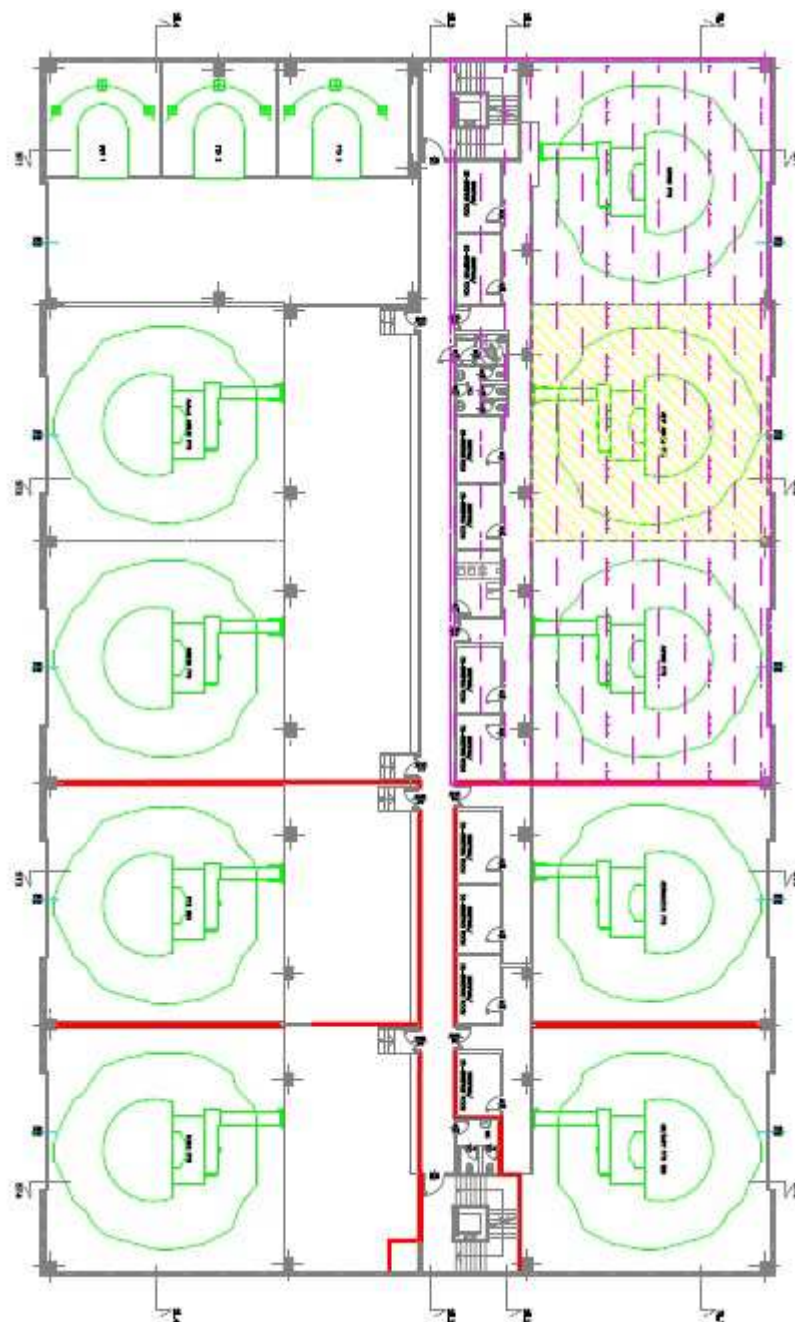


Figura 2.4: Pianta piano primo.

Passando alla pianta del primo piano, riportata nella figura sopra, in colore giallo si rileva la baia che ospita il primo simulatore installato, il NEW AW139. Per la sua installazione e per il funzionamento, si è dovuta terminare tutta la parte retinata, evidenziata dal magenta, entro la prima settimana di giugno.

Per rispettare questa rigida scadenza imposta da Agusta, sia in sede di progettazione che in sede di esecuzione, sono stati predisposti e fatte gare d'appalto su diversi stralci di progetto.

Il primo piano è formato da una parte centrale dotata di piccole aule denominate dalla società aule di briefing e de briefing, dove i piloti con i relativi istruttori piloti ed eventuali interpreti (traduttori) soggiornano per un tempo limitato prima e dopo l'esercitazione di volo. Perciò durante la progettazione di quest'area, si è tenuto conto che le aule non sono a permanenza fissa di persone. Sempre al primo piano c'è un zona ribassata rispetto alla quota degli uffici definita mezzanino, necessaria per la manutenzione dei simulatori con l'estrazione del cockpit, ovvero la parte anteriore dell'elicottero compreso di strumentazione, comandi ed equipaggiamento.

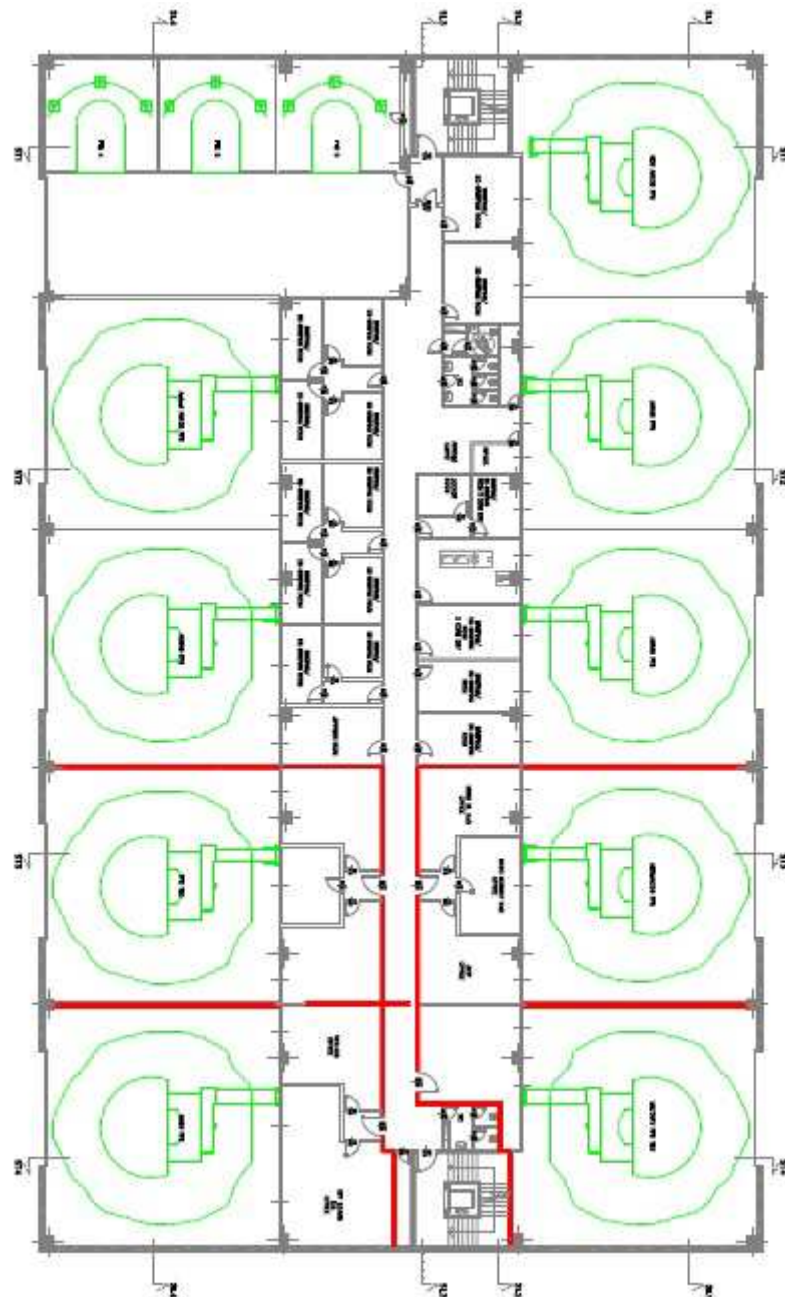


Figura 2.5: Pianta tipo (primo secondo terzo).

Le rappresentazioni grafiche del secondo e terzo piano differiscono di poco; infatti in entrambi sono presenti uffici piloti, ufficio istruttori piloti, meeting room, libreria, e aule usate da archivi o lounge room.

Il layout interno, la destinazione d'uso e il numero di persone massimo sono parametri fondamentali per la fase di progettazione, e tali parametri influenzano

sia la portata di aria esterna che dovrà essere immessa che la posizione dei terminali in ambiente.

Un appunto che si può rilevare è che la fase di progettazione ha riscontrato ritardi dovuti dai cambiamenti di questi parametri da parte della società.

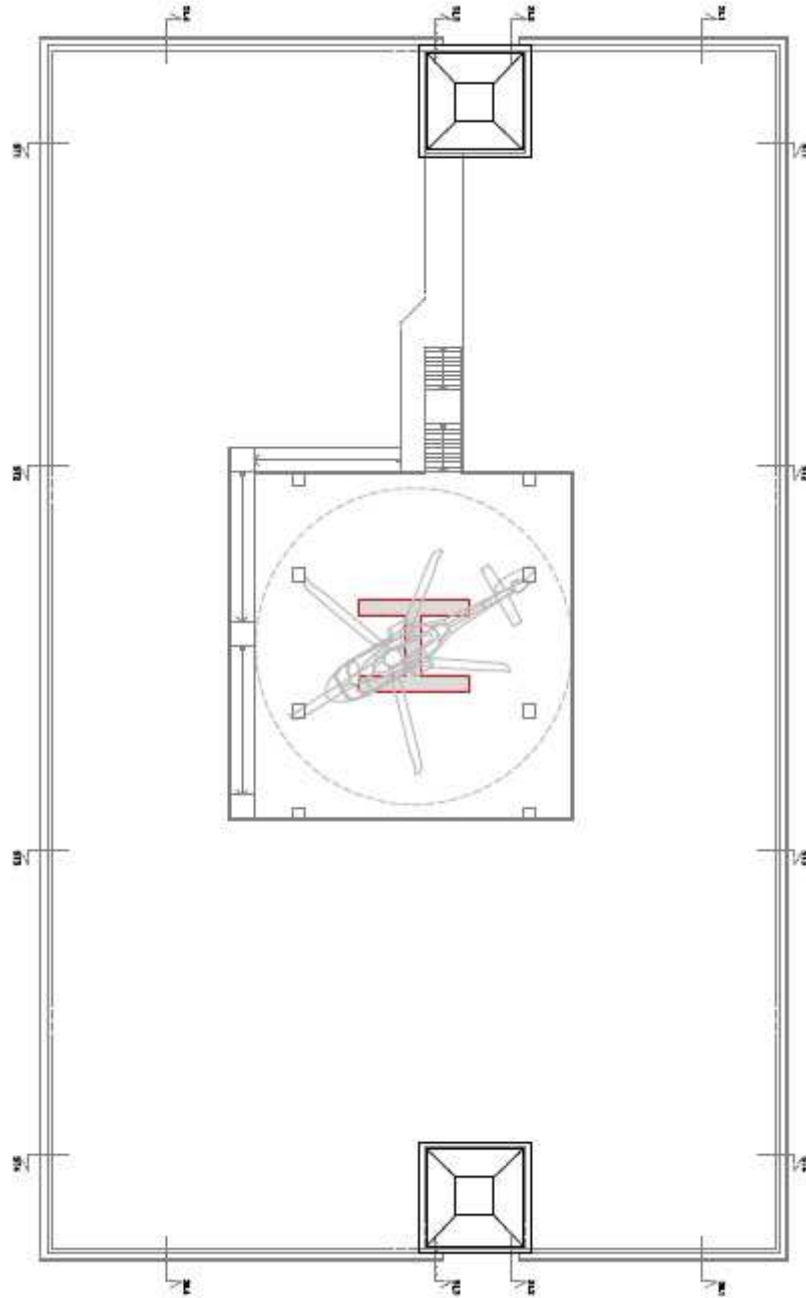


Figura 2.6: Pianta copertura.

Un'ultima area da visionare è quella relativa alla copertura del fabbricato. In essa, si nota l'eliporto al centro che però non è alla stessa quota come si vede dalla successiva sezione figura 2.7.

Nell'area esterna al passaggio centrale che collega l'eliporto alla torretta delle scale, vi sono disposte diverse apparecchiature tra cui sette UTA, due gruppi frigoriferi a recupero di calore totale e un gruppo frigorifero polivalente.

L'eliporto ha delineato una zona di rispetto dove le apparecchiature e i loro collegamenti non dovevano superare l'altezza dell'eliporto stesso; questo è dettato da specifiche disposizioni definite dalla società.

Sotto l'eliporto è stata posizionata la centrale tecnologica nella quale vi sono diversi gruppi di pompaggio, il bollitore dell'acqua calda sanitaria, i sistemi di dosaggio per il trattamento dell'acqua per reintegro impianti, umidificatori UTA e antilegionella per acqua sanitaria.

Per far capire meglio come è costituito l'edificio, di seguito viene riprodotta la sezione del fabbricato 16 facendo emergere i diversi piani con le solette a tegoli TT all'interno, i corpi scale all'estremità, e la piattaforma sopraelevata dell'eliporto.

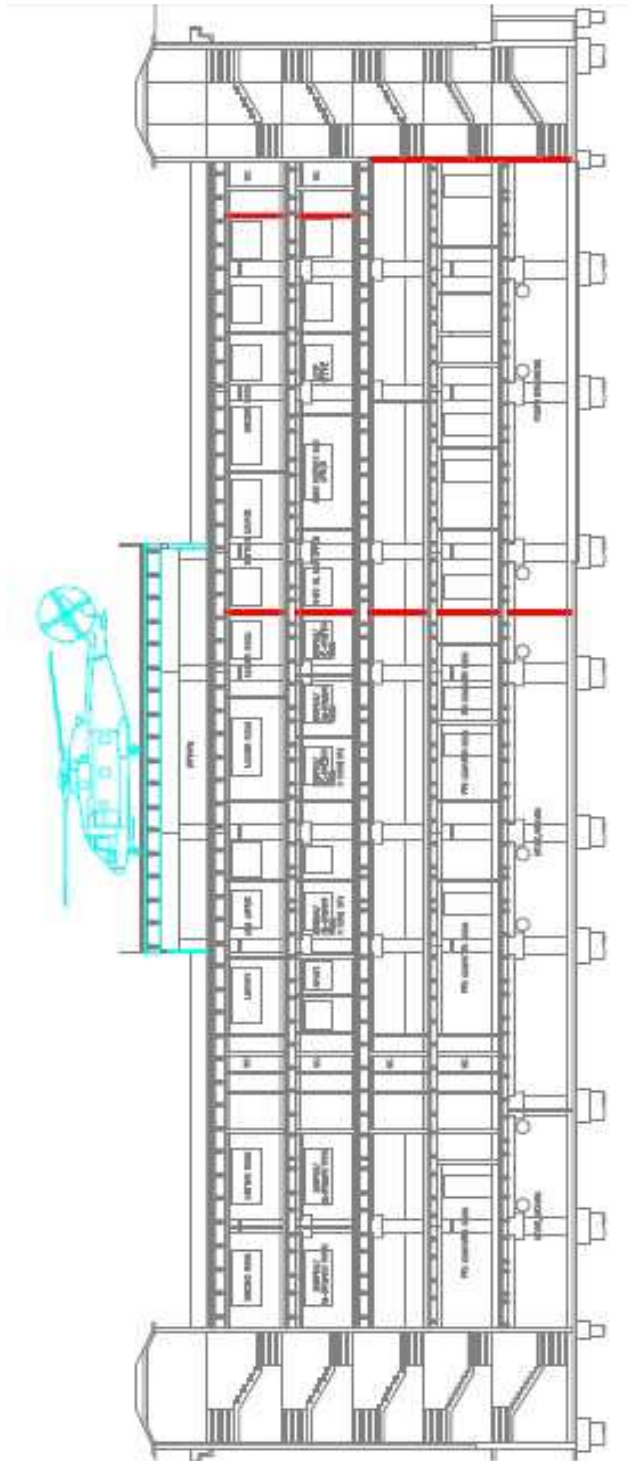


Figura 2.7: Sezione edificio

2.2 Descrizione simulatori di volo

Lo stabilimento di Sesto Calende ospita al suo interno una diversa serie di simulatori di volo; pertanto di seguito riporteremo le varie tipologie con le loro caratteristiche principali.

2.2.1 FFS Full Flight Simulator

Questa nuova generazione di simulatori offre un alto grado di realismo di volo poiché un'ora di simulazione è equivalente a un'ora di addestramento a bordo del velivolo reale. Questo fornisce agli operatori AgustaWestland un mezzo alternativo per addestrare i nuovi piloti e soddisfare le loro ricorrenti esigenze formative.

Con i Simulatori Rotorsim, la società cerca di offrire una gamma completa di addestramento al volo e di missione per il trasporto VIP, offshore, di emergenza e operatori SAR.

I simulatori utilizzati per l'addestramento piloti sono delle strutture composte principalmente dalla sala di simulazione (cabina) che ospita il personale, dalla strumentazione (cockpit) che identifica il tipo di elicottero, e dalla parte sottostante formata da una struttura di pistoni che permettono il movimento della cabina sovrastante con le relative apparecchiature.

Il sistema di pistoni è disposto a triangolo equilatero in modo da permettere qualunque tipo di movimento, tale sistema può essere di tipo oleodinamico o elettrico ad aria compressa. Il tipo di movimentazione del simulatore, oleodinamico o elettrico, è definito dal peso della cabina che i pistoni devono movimentare. Se la cabina supera un determinato peso, i pistoni movimentati ad aria compressa non sono in grado di sopportare la cabina stessa; pertanto per la simulazione di alcuni elicotteri, il tipo di simulatore deve essere necessariamente oleodinamico.

I sistemi FFS possono essere caratterizzati dal cosiddetto "Zero Flight Time" il quale consente il conseguimento "ab initio" di un "Type Rating", ossia dell'abilitazione su un tipo di aeromobile con il solo utilizzo del simulatore di volo. Questa tipologia è certificata da ENAC (Ente Nazionale per l'Aviazione Civile).

Nell'area dove è installato il simulatore, si deve inoltre mantenere una zona di rispetto chiaramente libera che permette tali movimenti; questa zona è delimitata da opportune fotocellule o sistemi di rilevazione intrusioni che, in caso di segnale, bloccano l'attività del simulatore.

Ad ogni simulatore, sia esso elettrico oppure oleodinamico, è associata una Computer room nella quale sono presenti tutte le apparecchiature hardware che permettono il coordinamento tra il movimento del simulatore stesso e il sistema di visualizzazione sugli schermi all'interno della cabina. Questi organi della Computer room emanano una certa quantità di calore che dovrà essere

necessariamente asportata con condizionatori specifici per centri calcolo; le specifiche consegnate da CAE per questo ambiente sono $21^{\circ}\text{C}\pm 4^{\circ}\text{C}$ con un'umidità relativa di $50\%\pm 10\%$.

I simulatori oleodinamici in aggiunta alla Computer room, hanno un locale dedicato al compressore e allo scambiatore ad olio, queste macchine hanno un ulteriore carico termico da aggiungere a quello della Computer room.

Nel fabbricato oggetto della tesi saranno presenti nove simulatori FFS (Full Flight Simulator), tra questi ve ne saranno sia del tipo elettrici sia del tipo oleodinamico. Come anticipato in precedenza, la società Agusta vista la durata dell'investimento e non avendo ancora stabilito il numero preciso di un tipo o dell'altro di simulatori, ha dato disposizioni cautelative tenendo come base per la fase di progettazione, la presenza di massimo quattro simulatori oleodinamici e cinque elettrici.

All'interno della cabina di un FFS, oltre alla strumentazione tipica dell'elicottero che si vuole simulare, è presente il sistema di visualizzazione che è la causa principale della dispersione di calore nell'ambiente simulatore.

Alcuni simulatori prevedono anche l'estrazione del cockpit che avviene per manutenzioni o per sostituire il tipo di velivolo. Per questa operazione, bisogna prevedere a priori un ulteriore spazio infatti, come si può notare nella pianta del piano primo, davanti ai simulatori è presente un piano ribassato denominato mezzanino.

Gli elementi principali di un Full Flight Simulator (FFS) sono forniti da CAE e sono i seguenti:

- NSA modulo,
- Piattaforma,
- Cockpit,
- Sistema di visualizzazione,
- Accesso d'equipaggio,
- Sistema di movimento,
- UTA simulatore,
- Cabina di potenza,
- Sistema di elaborazione CPU,
- Sistema di rilevazione incendio.

L'accesso dell'equipaggio avverrà con un ponte mobile che, al momento dell'avvio del simulatore, si alza tramite un apposito sistema di movimentazione; in questo modo si lascia più libertà alla macchina.

Gli FFS sono equipaggiati di UTA (UTA CABIN) che ha il compito di assorbire i carichi interni della cabina e garantire un certo ricambio d'aria. Questa macchina sarà posizionata all'interno della baia del simulatore. Prende perciò aria dell'ambiente interno dell'edificio, la tratta e la invia all'interno della cabina con opportuni collegamenti; l'aria inviata nella cabina è poi dispersa nell'ambiente dell'edificio.

Questo meccanismo di condizionamento dedicato al singolo simulatore, deve essere in grado di dissipare tutto il calore che viene emesso dal sistema di visualizzazione, dovuto principalmente ai proiettori, poiché i carichi termici delle attrezzature sulla base di un esercizio medio tipico sono di circa 19 kW.

Pertanto l'UTA è una macchina installata nei pressi del simulatore e il collegamento con esso, assicura un ricambio d'aria sufficiente per il personale che staziona all'interno. Questo collegamento avviene tramite condotti flessibili in modo da permettere il movimento di quest'ultimo durante l'esercitazione.

L'intero sistema Full Flight Simulator produce in ambiente in condizioni di massimo utilizzo, 35 kW che andranno asportati dall'impianto dedicato alle baie dei simulatori.

Questo significa che nella fase di progettazione, si è dovuto tener presente che ogni simulatore dissipa in ambiente circa 50 kW suddivisi, come esposto prima, tra sistema di visualizzazione (cabina) e sistema complessivo. L'impianto di condizionamento generale dedicato alle baie dei simulatori è stato progettato con disposizioni ben precise, aventi come base i carichi termici forniti da CAE. La temperatura e l'umidità relativa da mantenere nell'area delle baie dove andranno posizionati i vari simulatori, per garantirne un funzionamento corretto, è di $21^{\circ}\text{C} \pm 6^{\circ}\text{C}$ con un livello di umidità relativa che può variare dal 40% al 60%.

È fondamentale ricordare che la società ha una struttura accademica organizzata in modo tale che i simulatori di volo vengano usati per tutto l'arco della giornata, comprese le ore notturne e i giorni festivi. Per questo motivo, le macchine a servizio dei simulatori oltre ad essere efficienti, devono anche garantire un funzionamento continuo ed essere affidabili.

Particolare attenzione deve essere posta anche alla struttura del basamento del simulatore che, come esposto nella descrizione del piano interrato, deve seguire delle specifiche precise, in quanto tale struttura deve assorbire i carichi della spinta del sistema di movimentazione. In questo basamento realizzato in calcestruzzo armato di dimensioni otto metri per otto e un metro di altezza, sarà fissato il sistema di movimentazione formato da pistoni disposti a triangolo ognuno dei vertici di questo sistema sarà fissato tramite opportuni tasselli M30x700mm.

Nelle specifiche fornite da CAE riguardanti il basamento, vi erano delle disposizioni sui cunicoli che dal quadro elettrico CAE arrivano ai bordi dello stesso basamento. In sede di progettazione però, si sono dovuti sommare a questo cunicolo, i cunicoli degli impianti meccanici e di quelli elettrici.

I consumi elettrici stimati in condizioni di carico differenti sono: potenza media 20 kVA mentre quella massima 80 kVA.

Ricordando che la potenza media dissipata in ambiente è 19 kW, che asportati dell'UTA specifica per la sala simulazione, installata nei pressi del simulatore.

Nella figura 1.5 sottostante sono raffigurati i simulatori ROTORSIM installati all'interno del fabbricato 10:



Figura 2.8: Simulatori Rotorsim Fabbricato 10

2.2.2 FTD Flight Training Device

FTD è un dispositivo che è stato interamente progettato e prodotto da AgustaWestland. Il sistema comprende una full-size replica del cockpit su una base fissa con pilota e co-pilota; inoltre le postazioni di volo di essi hanno dei controlli che vengono controllati tramite un sistema digitale. Questo ultimo simula il carico che riproduce la forza e la sensazione dei comandi del velivolo. Infatti tutti gli strumenti e i pannelli all'interno del pozzetto vengono replicati con la stessa forma e dimensione degli strumenti reali.

FTD consente quindi al pilota di essere addestrato in uno scenario di sintesi visiva che riproduce una specifica area geografica generata da immagini reali ma anche da aeree e dati di elevazione del terreno. Per garantire questo obiettivo, FTD è dotato di 3D DynamicOcean che rappresenta un ambiente realistico: mare per offshore, ricerca e soccorso, e navi porta aerei a fini di atterraggio a sdraio. Il database visivo è proiettato su uno schermo sferico che fornisce 180 ° di campo visivo orizzontale e 50 ° di campo di vista verticale, fornendo preziosi suggerimenti visivi per i piloti. L'ambiente di simulazione può essere messo a punto e controllato dal sistema operativo Istruttore AgustaWestland Station (IOS). FTD può essere dotato di due tipi di IOS un off-board IOS console. Dotata di molteplici schermi LCD che permettono la connessione audio e video alla cabina di guida; on-board IOS posizionato appena dietro i sedili pilota nella cabina di guida e dotato di touch-screen display.

Ciò che contraddistingue simulatori FTD dal tipo FFS è che i primi sono privi di motion system e sono utilizzati prevalentemente per l'addestramento procedurale e sui sistemi peculiari del Tipo di aeromobile rappresentato; i secondi invece sono dotati sia del visual system che del motion system.

Quindi la differenza sostanziale tra i due simulatori è che gli FFS sono simulatori dinamici mentre gli FTD sono simulatori fissi. Possiamo vederne un tipico esempio nella figura qui sotto riportata.



Figura 2.9: FTD

Bisogna sottolineare che quello sopra riportato, è un esempio generale poiché quelli che installerà la società, hanno sistemi di visualizzazione più ampi costituiti da uno schermo a semicerchio, e da diversi proiettori che inviano le immagini sullo schermo.

Le specifiche fornite da CAE, tenute in considerazione durante la fase di progettazione, riportano una dissipazione di questo tipo di apparecchiature pari a 9 kW.

Nell'edificio 16, a lavoro ultimato, saranno presenti sei simulatori di tipo FTD che verranno posizionati nella zona a doppia altezza.

2.2.3 VIPT Virtual Interactive Procedural Trainer

Virtual Trainer Interattivo procedurale (VIPT) è un simulatore fisso basato su un computer con una riproduzione ad alta fedeltà grafica del cockpit dell'elicottero per fornire allo studente le basi procedurali e familiarizzare con gli strumenti. Questo sistema permette ai piloti di imparare attraverso la pratica le attività di informazione di servizio, di conversione e di comunicazione. Lo studente interagisce con i sistemi per elicotteri tramite strumenti simulati e pannelli; in questo modo si ha il sostegno per la formazione di base in cabina di guida e di orientamento spaziale, familiarizzazione con i sistemi di gestione del sistema elettrico, idraulico, radio, gestione AFCS.

Tutti gli strumenti simulati rispondono agli input del pilota, e comprendono una vasta gamma di malfunzionamenti che possono essere attivati per la formazione

dello studente. Le risposte dello strumento e le modalità di guasto sono replicati in modo che gli studenti possano praticare, riconoscere condizioni anomale e adottare le necessarie misure correttive, garantendo quindi risposte rapide e appropriate per eventi non pre-programmati.

La VIPT AgustaWestland è pertanto uno strumento flessibile che con un sistema facilmente riconfigurabile è in grado di coprire un'ampia serie di tipologie di aeromobili e di bisogni formativi, tra cui cabina di guida, familiarizzazione dello strumento, procedure normali e di emergenza, gestione del volo IFR e navigazione.



Figura 2.10: VIPT

Capitolo 3

3 Progettazione Fabbricato 16

Il fabbricato 16 oggetto della tesi, è stato seguito da diversi studi professionali. La progettazione strutturale è stata eseguita dallo Studio di ingegneria del Dott. Ing. Edoardo Guenzani di Gallarate e la progettazione della parte impiantistica, sia meccanica che elettrica, è stata effettuata presso lo Studio AMMAN PROGETTI srl di Milano.

La definizione e il calcolo dei carichi termici negli edifici rappresenta il primo fondamentale passo per il dimensionamento degli impianti di climatizzazione e di molti altri componenti impiantistici. La loro entità, infatti, influenza dimensioni, taglia e caratteristiche dei canali dell'aria, del piping relativo ai fluidi termovettori, delle caldaie, dei gruppi frigoriferi, e più in generale, di tutti i sistemi di conversione energetica nonché dei terminali di impianto e dei diffusori d'aria.

Un carico termico può essere definito come il flusso di energia che occorre immettere e/o sottrarre da uno spazio confinato per mantenere al suo interno le desiderate condizioni ambientali, e questo avviene con particolare riferimento a temperatura e umidità.

Sarà indispensabile per la progettazione conoscere dapprima le condizioni ambientali che tali simulatori richiedono per il loro funzionamento, e successivamente le dissipazioni di energia che hanno queste macchine, in modo da realizzare un impianto di climatizzazione in grado di far fronte all'entità dei carichi termici.

Sono state indispensabili le specifiche tecniche fornite dalla società installatrice, riguardanti tali dispersioni e i valori dei parametri ambientali che tali macchine richiedono per un corretto funzionamento.

È stato pertanto fissato come obiettivo principale, oltre a quello di mantenere il comfort per le persone, il mantenimento delle condizioni termoigrometriche opportune che garantiscano a tali particolari apparecchiature un funzionamento continuativo e duraturo senza imprevisti. Ricordando però che la società ha un'accademia piloti attiva tutto il giorno tutto l'arco dell'anno con fermi previsti e organizzati solo per manutenzioni ordinarie. Non si deve dimenticare che l'impianto avrà anch'esso un funzionamento continuativo e permanente.

L'edificio realizzato nei primi mesi dell'anno è soggetto alle più recenti normative riguardanti la trasmittanza termica essendo cosiddetto "di nuova costruzione" saranno quindi ridotti al minimo i carichi termici dissipati o immessi per trasmissione attraverso l'involucro. Saranno comunque determinati per la definizione del bilancio globale dell'edificio.

3.1 Specifiche tecniche e definizione carichi termici

Come anticipato prima, sono state indispensabili alla base della progettazione la definizione dei parametri ambientali che richiedono i simulatori e l'energia che essi dissipano in ambiente. La società installatrice CAE ha fornito delle specifiche tecniche di tali parametri molto dettagliate, in seguito riportate.

I simulatori di volo, sono apparecchiature con una componente elevata di elettronica, pertanto richiedono condizioni ambientali specifiche e con una certa stabilità, è stata infatti identificata la massima variazione oraria che i parametri ambientali temperatura e umidità possono avere.

Come prima descritto ogni simulatore, sia esso del tipo elettrico o del tipo oleodinamico, è associato ad una Computer room nella quale vengono installati i vari componenti hardware associati al funzionamento della macchina. Questo ambiente è considerato, a livello di progettazione, come un vero e proprio centro di calcolo: i cosiddetti CED.

Sono richieste perciò particolari condizioni microclimatiche in quanto, i componenti della sala computer risentono molto di valori elevati di temperatura, umidità e polvere. Una variazione eccessiva di tali parametri può causare l'erroneo funzionamento, o addirittura, l'andata fuori servizio degli equipaggiamenti con relativi costi di disservizio per la società.

Se il simulatore è del tipo oleodinamico oltre alla Computer room, si va ad aggiungere un ulteriore locale i cui carichi termici sono tali da avere una maggiore attenzione; questo locale è la sala idraulica (HPU), al cui interno verranno installati un gruppo di alimentazione idraulica (HPS) e uno scambiatore olio/acqua refrigerata con relativi accessori (valvole, filtri, etc.). L'unità HPS ha il compito di alimentare il sistema di movimentazione costituito da una serie di pistoni oleodinamici, che portano al riscaldamento dell'olio il quale deve poi essere necessariamente raffreddato.

Sotto è riportato il sistema di movimentazione dei simulatori dinamici.

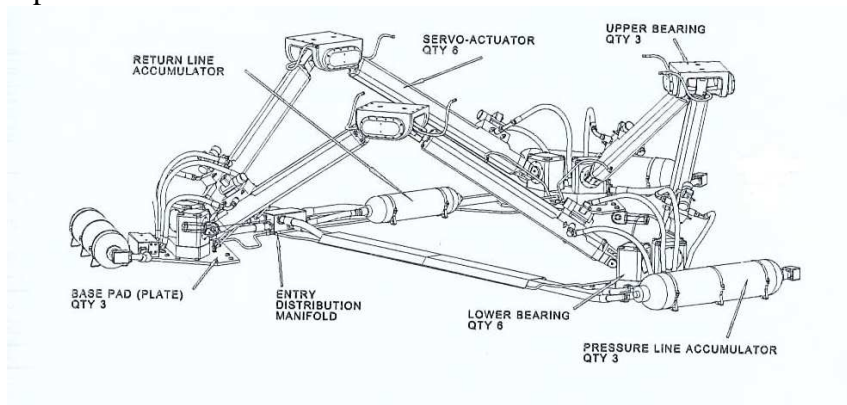


Figura 3.1: Sistema di movimentazione.

Le specifiche fornite da CAE sono ben accurate e molto dettagliate e riguardano: condizioni ambientali, energia dissipata, resistenze meccaniche delle strutture edili, sistemi di rilevazione fumo, antincendio, caratteristiche della rete elettrica, etc.

Per quanto riguarda la progettazione degli impianti meccanici sono indispensabile dapprima le condizioni ambientali e successivamente le dissipazioni delle varie apparecchiature che andranno necessariamente asportate per garantire le prima citate condizioni ambientali.

CONDIZIONI AMBIENTALI FORNITE DA CAE DEI VARI AMBIENTI:

- Sala simulatore FFS:
 - Temperatura operativa $21^{\circ}\text{C} \pm 6^{\circ}\text{C}$;
 - Massima variazione di temperatura $6^{\circ}\text{C}/\text{h}$;
 - Umidità relativa $50\% \pm 10\%$;
 - Massima variazione di umidità relativa $6\%/\text{h}$.
- Computer room:
 - Temperatura operativa $21^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$;
 - Massima variazione di temperatura $6^{\circ}\text{C}/\text{h}$;
 - Umidità relativa $50\% \pm 10\%$;
 - Massima variazione di umidità relativa $6\%/\text{h}$.
- Sala idraulica (presente solo nei simulatori oleodinamici):
 - Temperatura operativa $15^{\circ}\text{C} \div 30^{\circ}\text{C}$;
 - Massima variazione di temperatura $6^{\circ}\text{C}/\text{h}$;
 - Umidità relativa $40\% \div 80\%$;
 - Massima variazione di umidità relativa $6\%/\text{h}$.
- Zona Simulatori FTD
 - Temperatura operativa $21^{\circ}\text{C} \pm 6^{\circ}\text{C}$;
 - Massima variazione di temperatura $6^{\circ}\text{C}/\text{h}$;
 - Umidità relativa $50\% \pm 10\%$;
 - Massima variazione di umidità relativa $6\%/\text{h}$.

La società oltre ad aver dettato le specifiche sulle condizioni ambientali, che devono necessariamente stare entro i limiti stabiliti dalle tolleranze riportate e non oltre la variazione oraria massima per non causare malfunzionamenti o fermi imprevisti, ha fornito anche le dissipazioni delle apparecchiature.

CARICHI TERMICI:

- Sala simulatore FFS tipo elettrico 50kW suddivisi tra sistema di movimentazione, quadro elettrico, sistema di visualizzazione composto da diversi proiettori che disperdono calore all'interno della cabina.
- Computer room 35kW ai quali vanno sommati 5kW dispersi dall'unità UPS (gruppo statico di continuità UPS Uninterruptible Power Supply che è un sistema in grado di fornire energia elettrica di alta qualità, senza

interruzioni), bisogna far presente che tale apparecchiatura non è di installazione CAE ma verrà comunque installata in ogni Computer room come sistema di protezione.

- Sala simulatore FFS tipo oleodinamico 35kW, ha una minore dissipazione di energia rispetto a quello di tipo elettrico.
- Sala idraulica 25kW.
- Computer room Simulatore oleodinamico NH90 (di prossima installazione) 100kW.
- Dissipazione Simulatori FTD 9kW.
- Dissipazione Simulatori VIPT 3kW.

Oltre alle dissipazioni di energia in ambiente, c'è da tenere in considerazione altri due carichi termici, i quali non sono dispersi in ambiente ma sono potenze frigorifere che vanno a gravare sul dimensionamento dell'impianto di acqua refrigerata (chiamato in seguito impianto utenze tecnologiche). Sono potenze strettamente correlate al funzionamento del simulatore sono la UTA Cabin e lo scambiatore che permette di raffreddare l'olio nel tipo oleodinamico.

SPECIFICHE MACCHINE CAE:

- UTA Cabin simulatore FFS:
 - Potenzialità frigorifera batteria fredda 35kW,
 - Perdita di carico $\Delta P=25$ psi (175kPa).
 - Salto termico $\Delta T=6^{\circ}\text{C}$.
 - Portata $Q=75$ l/min
 - Connessioni idrauliche batteria $\varnothing 3/4''$

Tale UTA è presente sia se il simulatore è del tipo elettrico che oleodinamico.

- Scambiatore ad olio/acqua:
 - Potenzialità frigorifera batteria fredda 55kW.
 - Perdita di carico $\Delta P=25$ psi (175kPa).
 - Massima temperatura mandata acqua $T=30^{\circ}\text{C}$.
 - Connessioni idrauliche $\varnothing 1''$.

In sede di progettazione, i dati riguardanti la UTA hanno suscitato qualche perplessità in quanto per il valore di portata da loro definita, le connessioni idrauliche e di conseguenza le perdite di carico sono sembrati inadeguati, ma in quanto apparecchiature installate da CAE si sono necessariamente dovuti rispettare questi dati.

L'unità di trattamento aria ha un condotto flessibile $\varnothing 12''$ ($\cong 325$ mm) collegato al simulatore in modo da permettergli il movimento, essa assicura un ricambio d'aria adeguato al personale che soggiorna all'interno, e grazie alla sovrappressione creata riesce ad espellere il calore provocato dal sistema di visualizzazione. La portata d'aria immessa nel simulatore non viene estratta ma viene dispersa nell'ambiente esterno per sovrappressione come schematizza la figura sottostante.

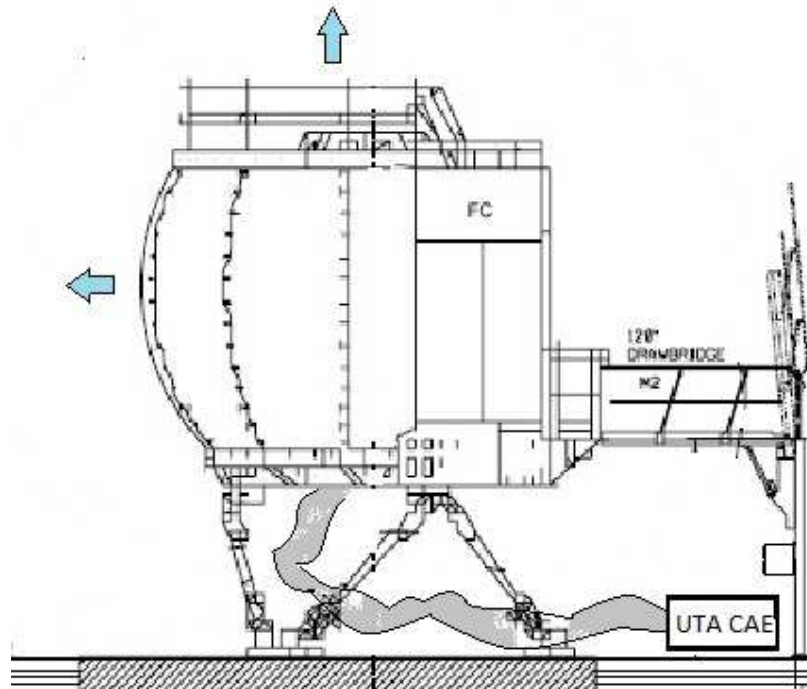


Figura 3.2: UTA CABIN CAE.

Come si vede dallo schema in figura, l'UTA CABIN CAE è posta all'interno dell'ambiente, nelle vicinanze stesse del simulatore, perciò l'aria in entrata in questa macchina è già stata trattata dall'UTA principale relativa alla baia del simulatore in esame posta in copertura. Questa macchina avrà il compito di portare l'aria dalle condizioni ambiente FFS alle condizioni di immissione ambiente cockpit definite dalle specifiche CAE $\cong 15^{\circ}\text{C}$. Di conseguenza sarà composta da un filtro, batteria di raffreddamento e da un ventilatore.

Oltre alle dissipazioni e alla potenza frigorifera da fornire alle macchine, legate al funzionamento dei simulatori, che si possono considerare come carichi endogeni, per la definizione complessiva dei carichi termici dell'edificio, sono da valutare attentamente gli altri termini che concorrono alla definizione del bilancio totale di energia dell'ambiente:

- Carichi termici per trasmissione attraverso l'involucro dell'edificio.
- Carichi termici interni dovuti all'illuminazione, ai computer, agli schermi luminosi (presenti nella maggior parte delle aule di briefing e de briefing) e alle persone.
- Carichi termici dovuti alla ventilazione data dai flussi entalpici connessi alle portate d'aria di ventilazione.
- Carichi termici per infiltrazione dovuti alle portate d'aria connessi alle infiltrazioni attraverso l'involucro edilizio, porte e finestre.

- Carichi termici esogeni dovuti principalmente alla differenza di temperatura tra l'ambiente interno ed esterno e alla radiazione solare.

Il calcolo dei carichi termici si distingue in due parti: per la stagione invernale e per quella estiva. Verranno di seguito riportati in modo suddiviso risultati ottenuti da questi elaborati.

Per il calcolo dei carichi termici si è utilizzato il software Mc4. Tale programma compatibile con AutoCAD, è un ambiente di lavoro definito da cui ottenere gli esecutivi di progetto direttamente su carta, arricchiti di tutte le possibili varianti bi e tridimensionali. Le procedure di calcolo, integrate con tutti gli oggetti del progetto, si basano sulle più recenti ed aggiornate leggi e normative vigenti, UNI, EN, ISO, DIN e sugli standard ASHRAE.

L'ambiente di lavoro del software ha una grafica di tecnologia di Autodesk integrata all'interno, questo garantisce la compatibilità dei DWG effettuati con i CAD con il programma stesso, traducendosi in un'importazione e una definizione dei vari piani dell'edificio associando ad ognuno di essi un riferimento esterno (DWG).

La tecnica di input dei dati geometrici di progetto consiste nel trasformare entità grafiche generiche come linee, archi, polilinee ecc. in entità architettoniche reali come muri, finestre, porte e ponti termici. In assenza di un disegno vettoriale come riferimento esterno, il programma mette a disposizione comandi diretti per la creazione delle entità architettoniche. Tale input costituisce la base per il dimensionamento dei progetti termici, acustici, solari ed antincendio integrati tra loro e salvati in un unico file senza rischio di perdita di informazioni.

Nel programma è presente un archivio con un database di porte, finestre, ponti termici a disposizione del progettista; tale archivio si può implementare con un database personale.

Terminata la parte di definizione dell'edificio si prosegue con la parte del calcolo: dispersioni invernali (UNI 12831) e dei carichi estivi (metodo ASHRAE TFM) svolto per ambiente, per centrale e per unità immobiliare. Insieme il programma verifica i requisiti estivi delle pareti (UNI EN ISO 13786), per ottenere in estate lo sfasamento adeguato dell'onda termica come richiesto dal D.P.R. 59/09; la verifica dei fenomeni di condensa interstiziale e superficiale sulle frontiere scambianti (UNI EN ISO 13788).

I calcoli di legge comprendono anche il dimensionamento delle reti impiantistiche, termiche ed idrico-sanitarie, in modo da garantire la completa uniformità con le prescrizioni delle specifiche tecniche UNI/TS 11300.

Mc4 esegue le verifiche di Legge 10/91 aggiornate al D.P.R. 59/09 compilando in automatico la relazione secondo il modello pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale e generando di conseguenza una stampa della relazione di Legge associata agli Attestati di certificazione/Qualificazione Energetica conformi ai modelli degli allegati al DM del 26/06/2009. Esso inoltre include il calcolo

integrale della norma europea per il calcolo dell'energia UNI EN ISO 13790:2008 (in Italia UNI/TS 11300-2008 parti 1 e 2).

Integra anche le disposizioni energetiche previste dalle diverse Leggi Regionali già in vigore (Legge Regionale Lombardia, piano stralcio della Regione Piemonte, atto di indirizzo e coordinamento della Regione Emilia Romagna, Legge Regionale Liguria).

Implementa l'esportazione dell'input del fabbricato e dei relativi impianti nel formato xml compatibile con il software di Certificazione CENED+ vers. 1.0.4, per la redazione e stampa dell'attestato di Certificazione nei Comuni della Regione Lombardia. Sempre per questa Regione il calcolo è eseguito secondo Allegato E DGR 8/5018 come modificato da DGR 8/8745 del 22/12/2008 per la verifica delle prestazioni energetiche dell'edificio . il medesimo meccanismo e la stampa della certificazione, avviene anche per la Regione Piemonte (Stralcio di Piano Regionale), Emilia Romagna e Liguria.

Per quanto riguarda il calcolo e l'integrazione di fonti energetiche alternative, è possibile dimensionare l'impianto per produzione ACS e/o integrazione al Riscaldamento tramite il modulo per i collettori solari. Per la sola produzione ACS si è inoltre in grado di inserire l'input manuale dell'energia prodotta attraverso solare termico.

Oltre alla funzione di elaborazione dei carichi termici, questo software consente attraverso diverse applicazioni di dimensionare attraverso metodi di dimensionamento i diversi tipi di impianti, non si è utilizzato però questo programma per questo scopo, ma solo per il calcolo accurato dei carichi.

ENTITA' CARICHI TERMICI		
LOCALE	CARICO TERMICO INVERNALE [kW]	CARICO TERMICO ESTIVO [kW]
HALL SIMULATORI FFS	106	475
HALL SIMULATORI FTD	18	80
COMPUTER ROOM	0	315
HPU	0	100
PIANO TERRA	1,6	11,3
PIANO PRIMO	0,38	6
PIANO SECONDO	1,8	23,7
PIANO TERZO	10,8	11,6
	138,58	1022,6

Tabella: 3.1: Tabella riepilogativa carichi termici.

Lo sbilanciamento tra i carichi termici invernali ed estivi è dovuto dall'energia dissipata dalle apparecchiature associata ai carichi estivi, in quanto positivi, da

intendersi come entità termiche da asportare e non da fornire all'ambiente stesso.

Data la descrizione generale dei carichi termici complessivi, si intuisce la necessità di produrre acqua refrigerata anche durante la stagione invernale, poiché essa dovrà alimentare le diverse apparecchiature tecnologiche destinate al funzionamento del simulatore. Tale considerazione è una tra le principali cause per la scelta della tipologia di impianto.

Nelle prestazioni richieste inoltre, va precisato che i corsi piloti e di conseguenza il funzionamento dei simulatori dinamici presso la società, hanno un'organizzazione full time, permanente sull'arco delle 24 ore giornaliere e con pochissimi fermi all'anno. Aspetto fondamentale per la progettazione.

3.2 Descrizione degli impianti

Dopo aver identificato l'entità dei carichi termici e aver ben presenti le condizioni ambientali da dover garantire, il passo successivo è stato valutare il layout dell'edificio in quanto l'impianto meccanico è strettamente legato alla struttura dell'edificio: volumetria, ricambi orari necessari e destinazione d'uso.

Identifichiamo perciò le zone con evidenti differenze strutturali, diverse tipologie d'uso e diverse entità di carichi termici:

- Zona simulatori dinamici FFS.
- Zona simulatori fissi FTD e VIPT.
- Zona computer room e sala idraulica.
- Zona aule e uffici.

3.2.1 Zona simulatori dinamici FFS

La zona di installazione di questi simulatori è definita baia ed è rappresentata nella sezione sottostante.

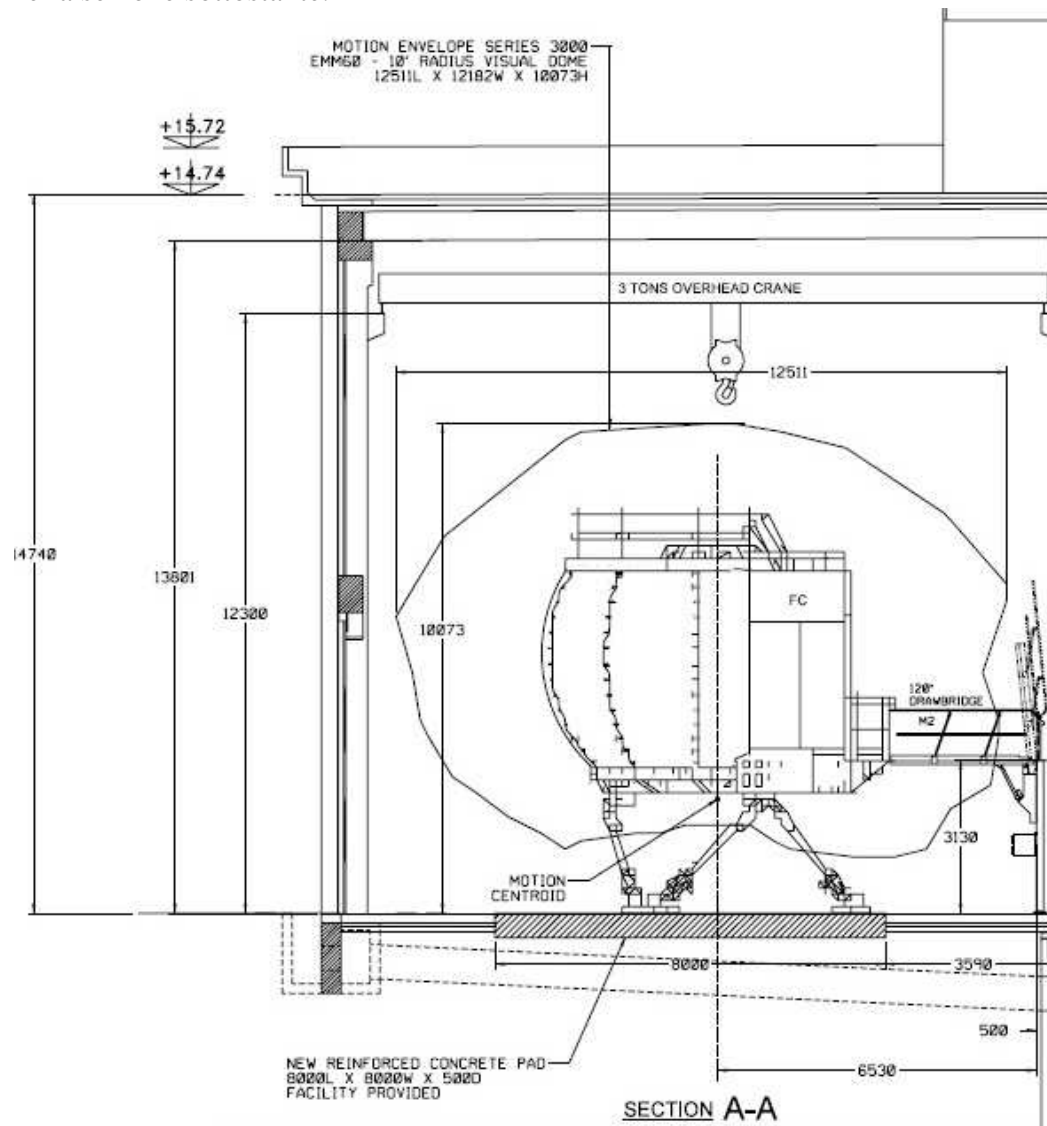


Figura 3.3: Sezione trasversale baie simulatori.

Come si può vedere, le dimensioni dei simulatori e la zona da loro occupata è rilevante; si ha infatti un grande ambiente da climatizzare con dei carichi rilevanti “positivi”, ovvero da asportare durante quasi tutto l’arco dell’anno. L’impianto di climatizzazione che è in grado di climatizzare ampie volumetrie con carichi elevati è un impianto tutt’aria; è da far notare che le nove baie di installazione dei simulatori sono suddivise da pareti in modo diverso e avranno quindi differenti unità di trattamento aria.

Gli impianti a tutt'aria consentono di ottenere ottimi risultati sia in presenza di carichi costanti sia in presenza di carichi variabili, inoltre tra gli aspetti positivi di questa tipologia di impianti vanno ricordate la possibilità di raffreddare l'ambiente direttamente tramite aria esterna, quando le condizioni lo permettono (free-cooling) e l'assenza di tubazioni e elementi di scambio all'interno del locale se non la presenza di canalizzazioni e diffusori a soffitto.

Per l'edificio che si sta valutando, i carichi termici in ambiente hanno caratteristiche tali che impongono alla macchina una situazione per cui l'aria in mandata avrà condizioni simili a quelle del periodo di raffrescamento per la maggior parte dell'anno; motivo per cui le macchine sono state pensate e realizzate in modo da sfruttare al massimo, anche nelle medie stagioni e soprattutto in inverno, il raffreddamento tramite aria esterna qualora le condizioni lo permettano. Inoltre tramite un'opportuna regolazione si è in grado di sfruttare a pieno anche l'aria ripresa dall'ambiente interno, miscelarla con l'aria esterna e rimetterla in ambiente riducendo così l'energia necessaria al raggiungimento delle condizioni di immissione. Queste macchine infatti sono concepite in modo da funzionare con tutta la portata d'aria di ricircolo e pochissima aria esterna; essendo infatti climatizzato un ampio volume la quantità di aria esterna necessaria ai ricambi è molto limitata.

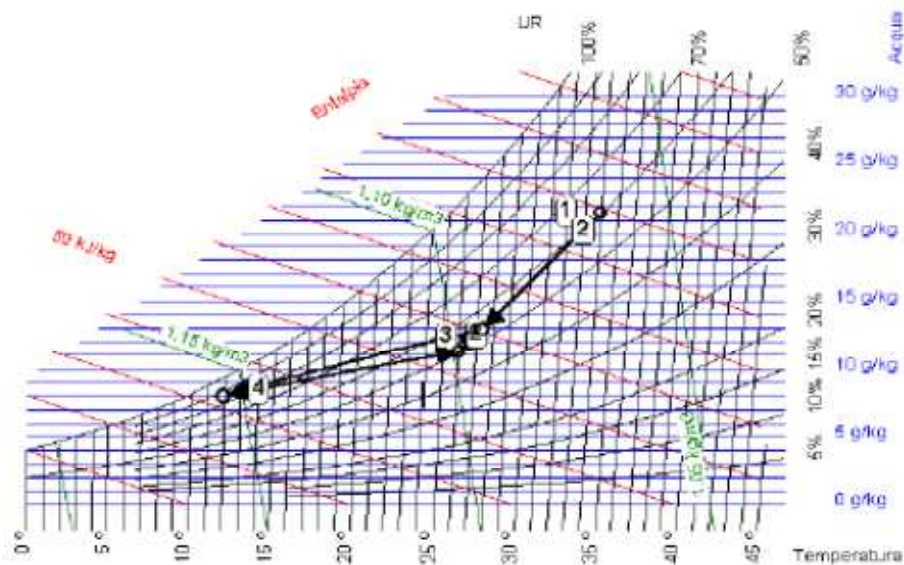


Figura 3.4: Ciclo Estivo con ricircolo e post-riscaldamento sul diagramma ASHRAE.

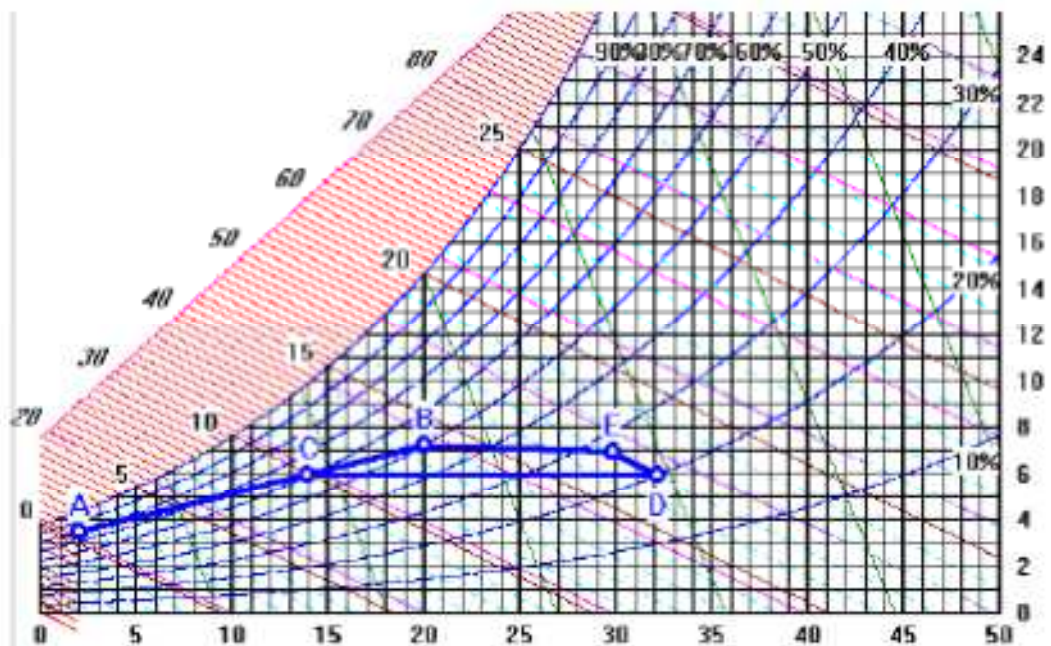


Figura 3.5: Ciclo Invernale con ricircolo e parziale saturazione sul diagramma ASHRAE.

Vengono sopra riportati i diagrammi con le trasformazioni che subisce l'aria, nel periodo invernale e nel periodo di raffrescamento.

Si osservi che nel diagramma che rappresenta il ciclo invernale la miscelazione conseguente al ricircolo ha spostato il punto di miscela, C, verso il punto ambiente, B, e pertanto il ciclo canonico invernale non si può attuare completamente poiché la saturazione adiabatica completa porterebbe il punto finale di surriscaldamento fuori dalla retta ambiente. Pertanto si attua una parziale saturazione dal punto di riscaldamento D fino al punto di immissione E sulla retta di carico ambiente. Per quanto riguarda il ciclo estivo, si nota come il ricircolo diminuisca sensibilmente la potenza richiesta in raffreddamento, in quanto il punto di miscela è molto più vicino alle condizioni ambiente che non a quelle di partenza esterne.

Tale impianto è inoltre a portata variabile, ovvero in funzione dei carichi termici in ambiente che, vengono rilevati tramite opportuna sonda posta sul canale di ripresa, varia la portata di mandata e di conseguenza quella di ripresa.

La regolazione della portata dell'aria nelle UTA è ottenuta tramite variatori di velocità (inverter) posti sui motori dei ventilatori comandati tramite sonde di pressione. Questa soluzione è ottimale dal punto di vista energetico anche se presenta costi iniziali più elevanti rispetto ad altre tipologie di impianti a tutt'aria. Il principale vantaggio degli impianti a portata variabile è pertanto rappresentato dalla notevole riduzione della portata totale dell'aria trattata dalle diverse UTA installate, e quindi della potenza frigorifera, poiché esse vengono

calcolate sulla base del massimo carico contemporaneo. Di conseguenza si riducono le dimensioni e i costi delle centrali di trattamento aria, dei canali come pure i consumi energetici per la distribuzione dell'aria.

Per contro, gli impianti a portata variabile di tipo tradizionale presentano la problematica della diffusione dell'aria; infatti una riduzione di portata d'aria eccessiva può provocare il funzionamento non ottimale degli apparecchi di diffusione dell'aria, per ovviare questo problema la portata viene mantenuta al di sopra del 40% della portata nominale.

La regolazione avviene tramite opportune sonde installate sul canale di ripresa e sul canale di mandata. Queste sonde, sono del tipo combinato ovvero rilevano sia i parametri di temperatura che quelli di umidità. In funzione dei segnali di queste sonde e della sonda di temperatura esterna, che vengono ricevuti da un apposito regolatore, vengono azionati i servomotori delle serrande che in funzione delle condizioni esterne e di quelle dell'aria di ripresa combinano simultaneamente aria esterna e quella di ripresa con l'obiettivo di avvicinarsi il più possibile alle condizioni di immissione massimizzando il risparmio energetico, qual'ora non bastasse il ricircolo vengono azionate le valvole di regolazione delle batterie e le elettrovalvole degli umidificatori trattando in maniera opportuna l'aria che transita nella UTA fino al raggiungimento delle condizioni volute che, vengono rilevate da una sonda con le medesime caratteristiche posta nel canale di mandata.

Nella pagina seguente viene riportato uno schema di regolazione delle baie dedicate ai simulatori dinamici, partendo dal ventilatore di ripresa si incontra subito la camera di miscela con le tre serrande motorizzate, le quali gestiscono il ricircolo e la quantità di aria esterna. Per semplicità la serranda di aria esterna è rappresentata singola, in realtà essa è doppia con doppio servocomando: il primo di minima aria esterna di tipo ON - OFF, il secondo di massima aria esterna di tipo modulante. Successivamente si trova la sezione filtrante la quale è tenuta sotto controllo da appositi pressostati differenziali i quali segnalano il grado di intasamento dei filtri, tali dispositivi sono collegati al regolatore il quale segnala con apposito allarme l'intasamento massimo. Dopo la sezione appena descritta, abbiamo la sezione di trattamento termico composta da tre batterie di scambio pre-riscaldamento, raffreddamento e post-riscaldamento. Esse sono gestite da valvole a due vie modulanti, la scelta delle valvole a due vie è dovuta al tipo di sistema di pompaggio posto a monte; nel caso in esame il sistema è a portata variabile.

Il sistema di umidificazione è del tipo a pacco a perdere per le UTA da 45000 mc/h, 30000 mc/h e 23000mc/h mentre è del tipo a vapore ad elettrodi immersi per le UTA da 15000mc/h.

Dopo la batteria di pre-riscaldamento si vede il termostato antigelo, il quale ha il compito di rilevare la temperatura dell'aria e interrompere il funzionamento nel

caso in cui il suo valore scenda al di sotto di un determinato valore limite impostato a priori; segnalando tramite il regolatore l'allarme antigelo.

In caso si verificasse questa situazione la macchina ha il seguente comportamento: spegnimento dei ventilatori con chiusura delle serrande, apertura delle valvole sulle batterie calde con comando di azionamento alle pompe del circuito caldo.

Sulle tubazioni esterne dei circuiti che alimentano le batterie delle UTA in copertura, sono previsti dei cavi scaldanti, con funzione antigelo.

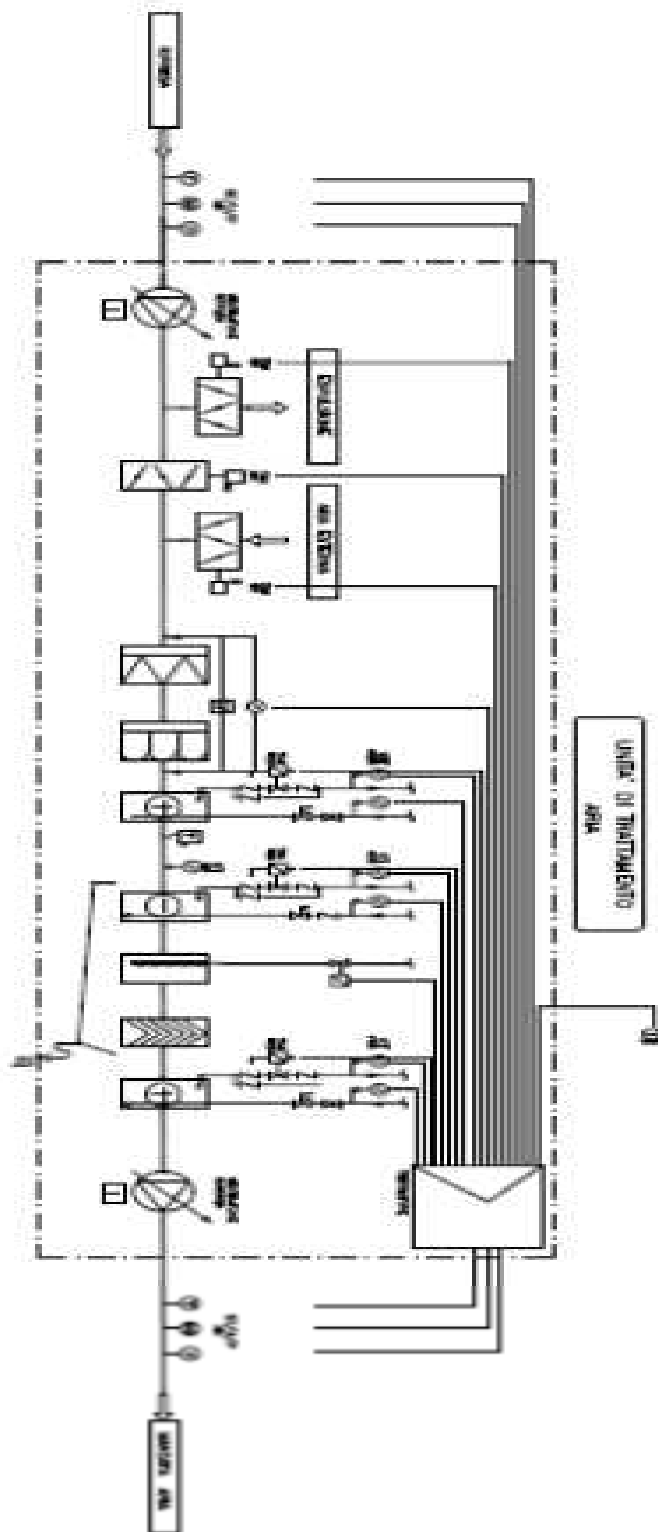


Figura 3.6: Schema di funzionamento UTA FFS.

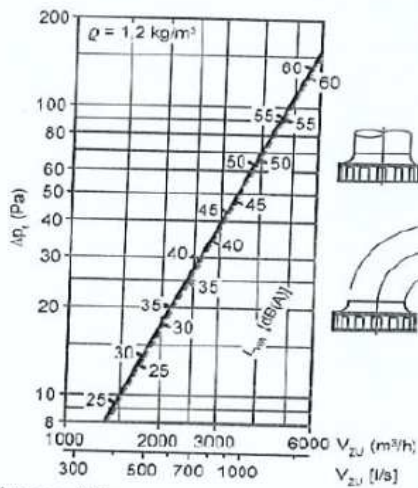
La tipologia del terminale di immissione è essenziale per garantire la corretta miscelazione dell'aria per il raggiungimento del comfort desiderato. Ogni diffusore, in funzione della sua geometria e di conseguenza della sua velocità di lancio e al suo modo di immettere l'aria, è più o meno idoneo all'installazione in un determinato ambiente. Per evitare cadute d'aria in regime di raffrescamento, il lancio di mandata deve avvenire principalmente in orizzontale. In regime di riscaldamento, invece, è necessario ottenere una elevata profondità di penetrazione per evitare che l'aria calda si fermi a soffitto creando una stratificazione del calore.

La scelta del terminale di immissione per questo edificio, è stata complicata, poiché questi locali sono alti 13 metri e questo comporta che i diffusori perciò devono essere necessariamente ad alta induzione. Ciò significa che il terminale ha la capacità di sfruttare l'effetto Coanda: questo effetto si identifica nella capacità del flusso d'aria lanciato in modo tangenziale così da mantenersi aderente al soffitto e avere un lancio orizzontale necessario ad evitare le cadute d'aria. I diffusori ad alta induzione possono lavorare con alti gradienti termici, fino a 14 K; questo si traduce nella riduzione dei quantitativi d'aria necessari all'ambiente per asportare un determinato carico termico; inoltre permettono di ottenere un equalizzazione molto rapida della temperatura dell'aria in uscita dal diffusore, già a brevi distanze eliminando perciò la possibilità di cadute d'aria.

I diffusori scelti sono stati SCHAKO IKA a lancio variabile adatti per elevate altezze di installazione e per portate da 300 a 6000 mc/h, inoltre la loro forma a ciambella si adatta benissimo al ridotto spazio di installazione dovuta alla geometria della soletta e all'installazione del carroponete. Esso è costituito da un attacco di alimentazione circolare e un corpo diffusore esterno e interno controrotante. Ha delle aperture laterali ed inferiori. In regime di riscaldamento, per esempio, le aperture inferiori sono aperte e contemporaneamente chiuse quelle laterali, in modo che il lancio di mandata avvenga completamente in senso verticale. In questo modo si crea un lancio di mandata molto compatto che permette di raggiungere un elevata profondità di penetrazione grazie alla quale si ottengono tempi di riscaldamenti rapidi. In regime estivo invece, le aperture laterali vengono aperte e contemporaneamente chiuse quelle inferiori. Grazie alla parcellizzazione del lancio di mandata in molteplici lanci singoli si ottiene un elevata induzione, in modo tale che in raffreddamento sia possibile ridurre al minimo le velocità e le differenze di temperature che, sono causa di discomfort termico. Le aperture laterali ed inferiori sono state dimensionate in modo che la perdita di carico ed il livello sonoro non cambiano a seguito della regolazione.

Per la selezione del modello sono di fondamentale importanza i diagrammi che sono riportati sulla scheda tecnica e sotto allegati, essi rappresentano le caratteristiche principali e il comportamento del diffusore in funzione alla portata.

IKA
Diffusori a lancio variabile
IKA 800

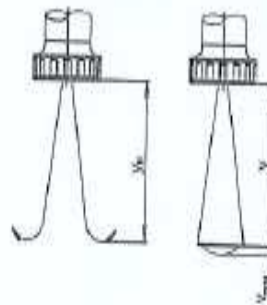


Attacco diretto
 Attacco a gomito a 90° ———

IKA
Diffusori a lancio variabile

Profondità massima di penetrazione

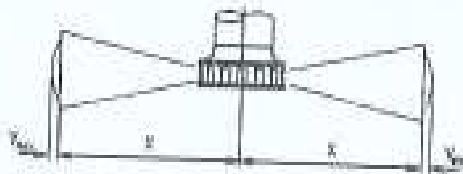
Profondità di penetrazione verticale



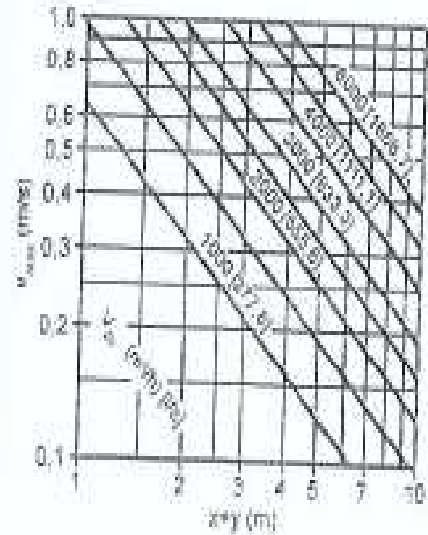
In riscaldamento

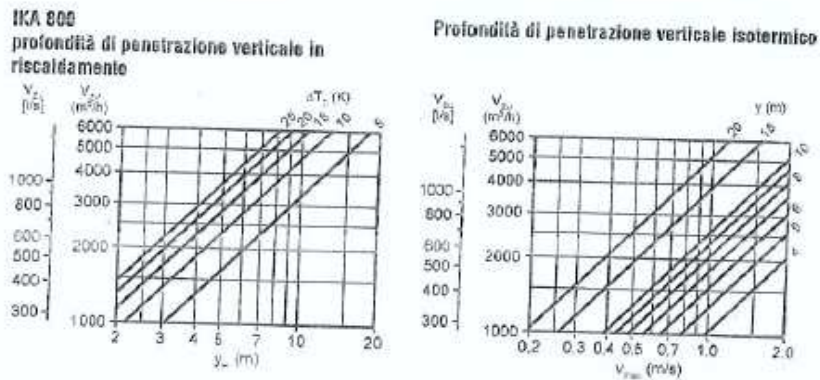
Isotermico

Con influsso del soffitto $v_{in} \times 1.4$

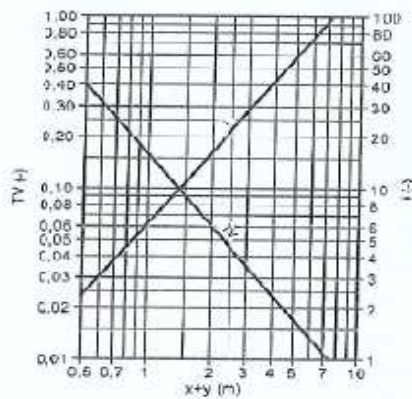


IKA 800





IKA
Diffusori a lancio variabile
IKA 800



Dati tecnici

- V_{d1} (m³/h) = portata aria
- V_{d2} [l/s] = portata aria
- y_v (m) = profondità massima di penetrazione in riscaldamento
- ΔT_m (K) = differenza di temperatura tra temperatura di mandata e temperatura ambiente
- V_{max} (m/s) = velocità finale massima
- x (m) = lancio orizzontale
- y (m) = lancio verticale
- TV (-) = rapporto di temperature
- i (-) = rapporto di induzione
- Δp_f (Pa) = perdita di carico
- ρ (kg/m³) = densità
- L_{wa} [dB(A)] = livello sonoro stimato A
- L_w [dB/Okt] = livello sonoro/ottava
- f_m (Hz) = media frequenza - ottava
- NW (mm) = valore nominale

Figura 3.7: Diagrammi di selezione diffusore.

Questi diagrammi raffigurano le caratteristiche principali del diffusore. In particolare nel primo diagramma in funzione alla portata d'aria, si identifica il livello di rumorosità e il valore di perdita di carico che impone il diffusore. Nel secondo si rappresenta i diversi valori di velocità dell'aria alle varie distanze, mentre il terzo diagramma identifica la penetrazione che si può ottenere dal diffusore in regime di riscaldamento, infine viene anche rappresentato il rapporto di induzione alle varie distanze.

Steso l'unifilare della rete aeraulica e scelto il tipo di diffusori, in base al gradiente di temperatura che essi ammettono e noto il carico termico in ambiente si ricava la portata. Nota quest'ultima si ricava il modello; questi diagrammi permettono di verificare la zona che copre ogni singolo diffusore, e di conseguenza è noto il numero totale di questi diffusori.

I canali di mandata dell'aria sono del tipo preisolati con strato interno di alluminio, spessore 200μ , liscio trattato con antimicrobico Zeolite-Argento e schiuma di poliuretano, spessore 21 mm, densità 48 kg/mc, strato esterno di alluminio goffrato, spessore 80μ .



Figura 3.8: Installazione diffusori zona simulatori FFS.



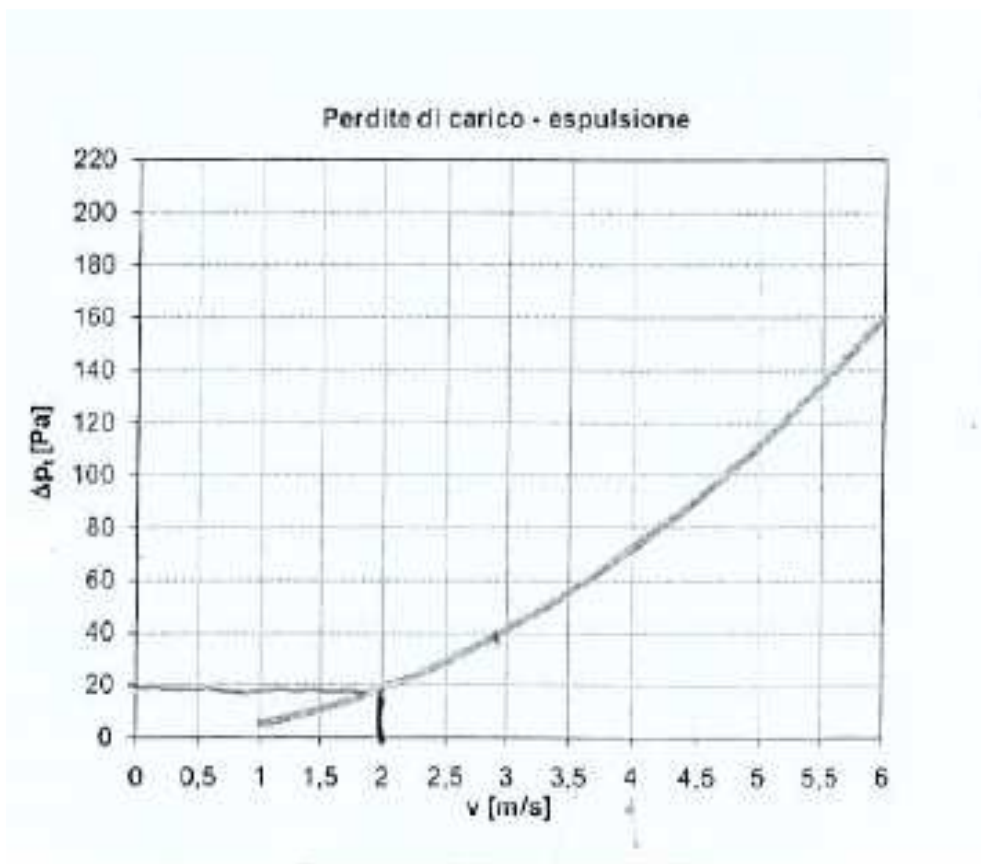
Figura 3.9: Installazione diffusori zona simulatori FFS.

Su ogni calata di mandata è installata una serranda di regolazione la quale permette una corretta taratura di ogni ramo dell'impianto.

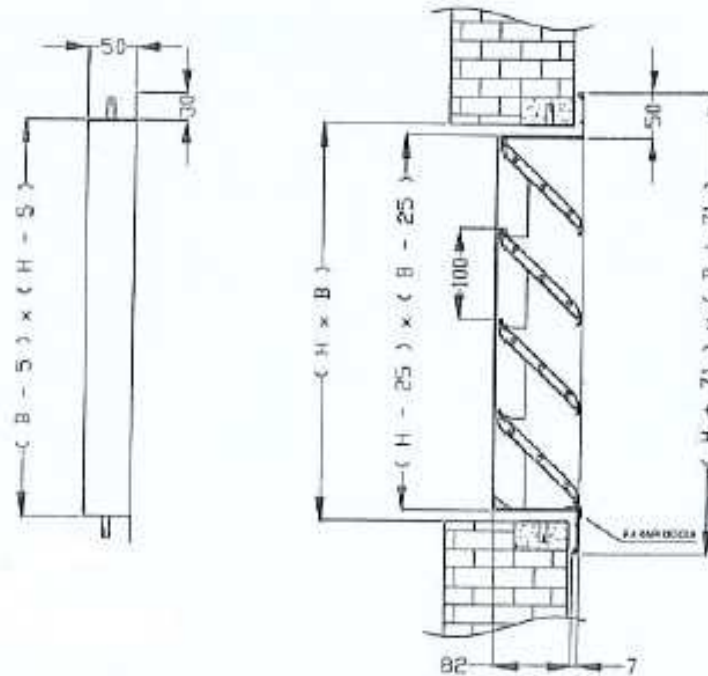
Il tipo di ripresa dell'aria che più si sposava con questo sistema di immissione è un sistema che avvenisse dal basso, si è dunque pensato a una soluzione con una configurazione composta da calate di canali in lamiera preverniciati con griglie di aspirazione industriali con passo tra le alette 100mm.

Queste bocchette sono adatte per elevati quantitativi di portata come nel nostro caso. Il passo tra le alette, nella scelta di questo tipo di bocchette di ripresa industriali è un parametro fondamentale, in quanto è lui che determina la sezione di passaggio, ovviamente insieme alle dimensioni, e ciò si traduce nella velocità di transito di tale portata. Una scorretta scelta comporterebbe velocità troppo elevate con una rumorosità elevata.

Come per il sistema di immissione anche per il sistema di ripresa vengono riportati i diagrammi di performance del componente.



DISEGNI COSTRUTTIVI :



Griglia passo 100 montata a canale in aspirazione

A [m ²]	v [m/s]	Δp _g [Pa]	L _g [dB]	L _{tot} [dB(A)]	f [Hz]							
					63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
0,5	2	23	45	39	38	39	39	38	34	28	20	7
0,5	3	52	56	52	46	49	50	50	48	43	36	26
0,5	4	91	65	62	52	56	58	59	58	54	47	39
0,5	5	141	77	76	61	66	69	71	72	69	62	57
1	2	23	48	42	41	42	42	41	37	31	23	10
1	3	52	59	55	49	52	53	53	51	46	39	29
1	4	91	68	65	55	59	61	62	61	57	50	42
1	5	141	80	79	64	69	72	74	75	72	65	60
2	2	23	51	45	44	45	45	44	40	34	26	13
2	3	52	62	58	52	55	56	56	54	49	41	32
2	4	91	71	68	58	62	64	65	64	60	53	45
2	5	141	83	82	67	72	75	77	78	75	68	63
4	2	23	54	48	47	48	48	47	43	37	29	16
4	3	52	65	61	55	58	59	59	57	52	44	35
4	4	91	74	71	61	65	67	68	67	63	56	48
4	5	141	86	85	70	75	78	80	81	78	71	66

Figura 3.10: Caratteristiche tecniche bocchetta di ripresa.



Figura 3.11: Installazione calate canali ripresa.

Nella fotografia sopra viene riportata l'installazione dei canali di ripresa. Si nota che le dimensioni di questi componenti sono rilevanti, si è scelto quindi di farli appoggiare direttamente a terra in modo da evitare grossi sistemi di staffaggio. Nella figura sottostante è raffigurata invece, una pianta dell'edificio dove, con diversi retini, vengono identificate le zone servite dalle differenti unità di trattamento aria.

Tralasciando la portata, e di conseguenza il numero di baie che queste UTA servono, il funzionamento di queste macchine è del tutto analogo.

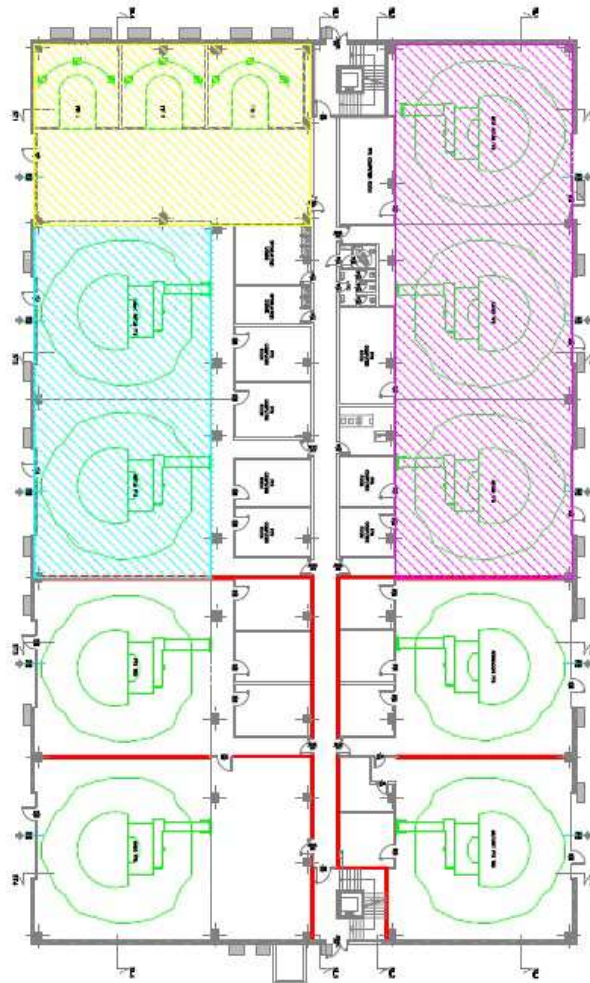


Figura 3.12: Pianta per identificare zone asservite dalle UTA.

Saranno installate:

- Una UTA da 45000 mc/h per le tre baie evidenziate in colore magenta.
- Una UTA da 30000 mc/h per le tre baie evidenziate in colore ciano.
- Una UTA da 23000 mc/h per la zona a doppia altezza degli FTD.
- Quattro UTA da 15000 mc/h per i quattro simulatori militari zone non retinate e suddivise tra loro da una parete.
- Una UTA da 13000 mc/h che servirà l'aria primaria dei tre piano di aule e uffici nella zona centrale dell'edificio.

Definite le portate, si è utilizzato il software del costruttore SAMP per il dimensionamento, il calcolo, valutare la taglia e ottenere le rappresentazioni grafiche sul diagramma psicrometrico dell'aria delle prestazioni delle varie sezioni costituenti la macchina.

La taglia della centrale di trattamento aria viene scelta in modo da ottimizzare la velocità frontale dell'aria all'ingresso della batteria di raffreddamento e di

deumidificazione: valori consigliati si aggirano attorno a 2,5 m/s considerando come valore massimo accettabile 3 m/s. Velocità maggiori causerebbero trascinamento di goccioline di condensa e un cattivo funzionamento dell'umidificatore. Inoltre si sottolinea il fatto che le batterie calde delle UTA sono state pensate e realizzate per un funzionamento a bassa temperatura $45^{\circ}\text{C} \div 38^{\circ}\text{C}$ adatto ad il sistema di generazione di potenza termica scelto, come vedremo in seguito, mentre le batterie di raffreddamento lavorano con un salto termico $8^{\circ}\text{C} \div 15^{\circ}\text{C}$. Vengono riportate nella tabella sotto le potenze massime delle batterie delle diverse UTA.

POTENZE FRIGORIFERA/TERMICA CIRCUITO UTA	
UTA 45000 mc/h	
BATTERIA	POTENZA [kW]
Batteria di pre-riscaldamento Temp aria $15 \div 20^{\circ}\text{C}$	77
Batteria di raffreddamento Temp aria $27 \div 13^{\circ}\text{C}$	220
Batteria di pre-riscaldamento Temp aria $13 \div 24^{\circ}\text{C}$	32
UTA 30000 mc/h	
BATTERIA	POTENZA [kW]
Batteria di pre-riscaldamento Temp aria $15 \div 20^{\circ}\text{C}$	51
Batteria di raffreddamento Temp aria $27 \div 13^{\circ}\text{C}$	148
Batteria di pre-riscaldamento Temp aria $13 \div 24^{\circ}\text{C}$	69
UTA 23000 mc/h	
BATTERIA	POTENZA [kW]
Batteria di pre-riscaldamento Temp aria $15 \div 20^{\circ}\text{C}$	39
Batteria di raffreddamento Temp aria $27 \div 13^{\circ}\text{C}$	116
Batteria di pre-riscaldamento Temp aria $13 \div 24^{\circ}\text{C}$	57
n° 4 UTA 15000 mc/h	
BATTERIA	POTENZA [kW]

Batteria di pre-riscaldamento Temp aria 15÷20°C	104
Batteria di raffreddamento Temp aria 27÷13°C	300
Batteria di pre-riscaldamento Temp aria 13÷24°C	130
UTA 13000 mc/h	
BATTERIA	POTENZA [kW]
Batteria di pre-riscaldamento Temp aria -5÷20°C	104
Batteria di raffreddamento Temp aria 32÷13°C	300
Batteria di pre-riscaldamento Temp aria 13÷26°C	130

Tabella: 3.2: Tabella Potenze termiche/frigorifere delle batterie delle UTA.

Nell'ottica di risparmio energetico, la scelta del tipo di ventilatore, per UTA di grandi dimensioni si deve prendere in considerazione ventilatori centrifughi con pale rivolte all'indietro e profilo alare o con pale rivolte in avanti ma con profilo piatto; il ventilatore di mandata deve bilanciare le perdite di carico totale dell'impianto posto a valle di esso, così come il ventilatore di ripresa con l'impianto a monte ad esso. Per decidere questi ultimi due componenti, determinanti per movimentare l'aria all'interno dei circuiti, si sono calcolate perciò le perdite di carico dei tratti più sfavoriti per le diverse unità di trattamento aria, considerando poi l'aggiunta di serrande di regolazione per una corretta taratura di tutti i tratti dell'impianto. Nella selezione delle macchine è stata inserita la camera di miscela, che tramite le serrande di ricircolo, presa aria esterna e espulsione e un adeguato sistema di regolazione all'occorrenza forniscono la portata d'aria immessa suddividendola in una definita percentuale tra aria di ripresa e aria esterna in modo da ridurre la potenza necessaria alle batterie per il trattamento termico raggiungendo così le condizioni di immissione con minori consumi di energia.



Figura 3.13: Collegamento UTA 45000 mc/h.

Per il dimensionamento delle canalizzazioni dell'aria, una volta scelto il terminale di immissione e scelto il tipo di canale, in modo da avere i loro coefficienti di perdita concentrate e distribuite, si procede alla stesura della rete unifilare con le portate dei singoli rami.

Tra i diversi metodi di dimensionamento:

- A velocità costante.
- A perdita di carico costante.
- Metodo di recupero di pressione statica.

Nell'ambito di questo progetto, è stato utilizzato il metodo a velocità costante, mantenendo una velocità prestabilita, si assicura un livello ottimale di rumore all'interno degli ambienti.

La velocità all'interno del canale è mantenuta in un intervallo chiamato intervallo di velocità silenziata, tornando allo schema unifilare e in base alle portate dei singoli tratti, variando la sezione del canale si cerca di mantenerla all'interno dell'intervallo prima citato.

Attraverso il diagramma sotto riportato, in funzione della portata posta in ascissa e salendo fino alla retta che individua la zona silenziata, identifica in ordinate la perdita di carico lineare che si ha in tale condizione e, tramite delle rette inclinate poste al centro del diagramma, si riscontra il diametro circolare che deve avere il canale per ottenere queste condizioni. Se il canale non ha forma circolare ma rettangolare si ha un ulteriore diagramma, sotto riportato, che trasforma automaticamente la sezione del canale da circolare a rettangolare mantenendo le condizioni selezionate nel diagramma precedente.

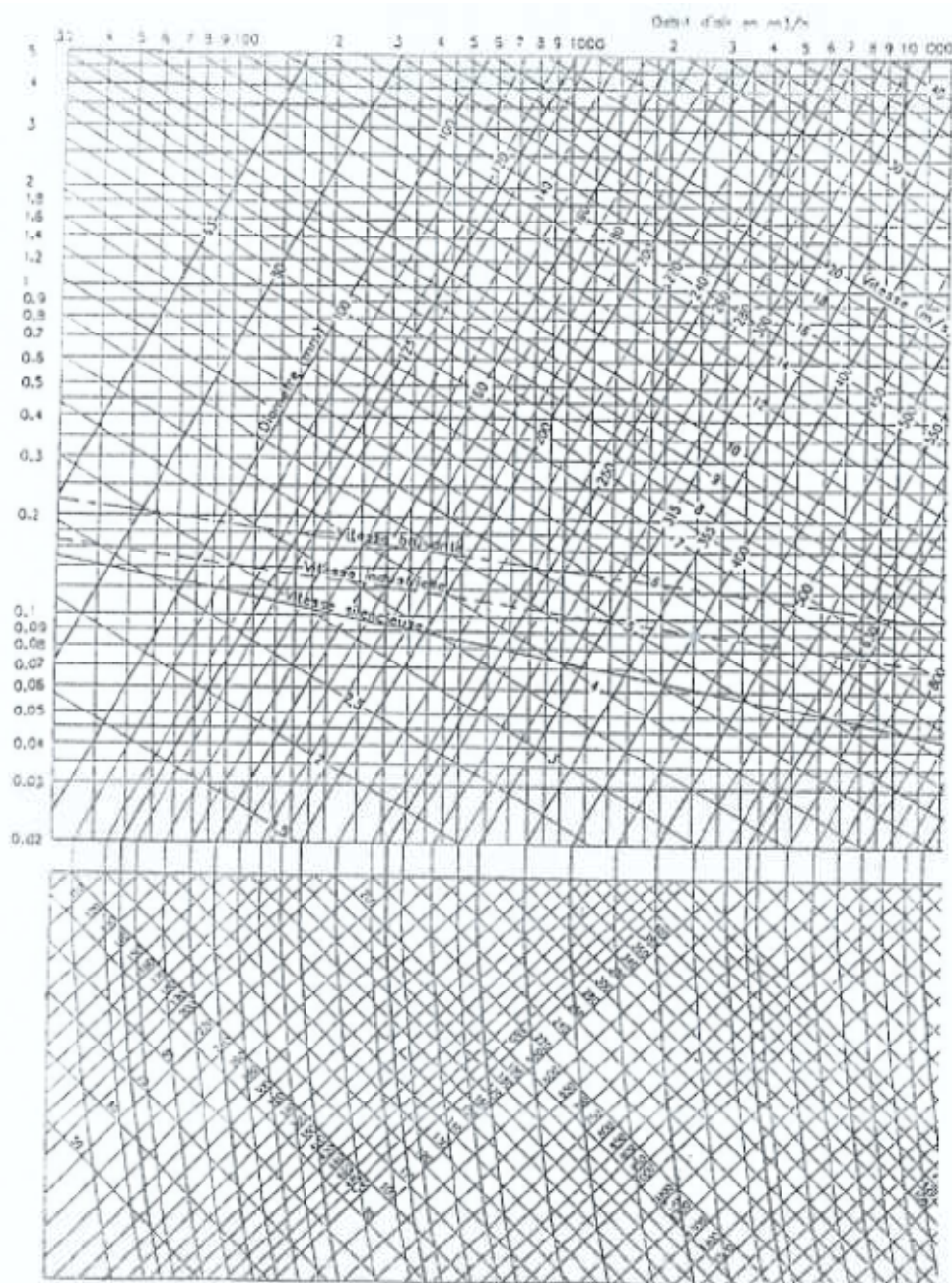


Figura 3.14: Diagramma dimensionamento canali aria.

La velocità dell'aria è un parametro fondamentale per gli impianti ad aria. Il suo valore è determinante nel calcolo delle perdite di carico. All'aumentare della velocità, mantenendo costante la portata, aumentano in modo quadratico le perdite di carico, si riduce però la sezione del canale necessaria diminuendo il

costo dei canali. Va però assicurato il mantenimento delle condizioni acustiche di comfort per le persone che soggiornano nell'ambiente climatizzato.

Per ridurre le perdite di carico, sono state installate all'interno delle curve delle alette deflettrici, formano più passaggi ciascuna dei quali può assumersi un rapporto R/D a piacere; in modo tale che la vena fluida dell'aria non subisca eccessive turbolenze.

I canali in copertura sono del tipo preisolato con spessore di 30 mm maggiore rispetto ai canali interni 21mm con spessore di 200µm lo strato di alluminio, inoltre per questo tipo di canali l'installazione all'esterno prevede uno speciale trattamento superficiale aggiuntivo che si applica con rulli tipo vernice e questo fa sì che si crei una guaina esterna che protegge il canale da agenti atmosferici.

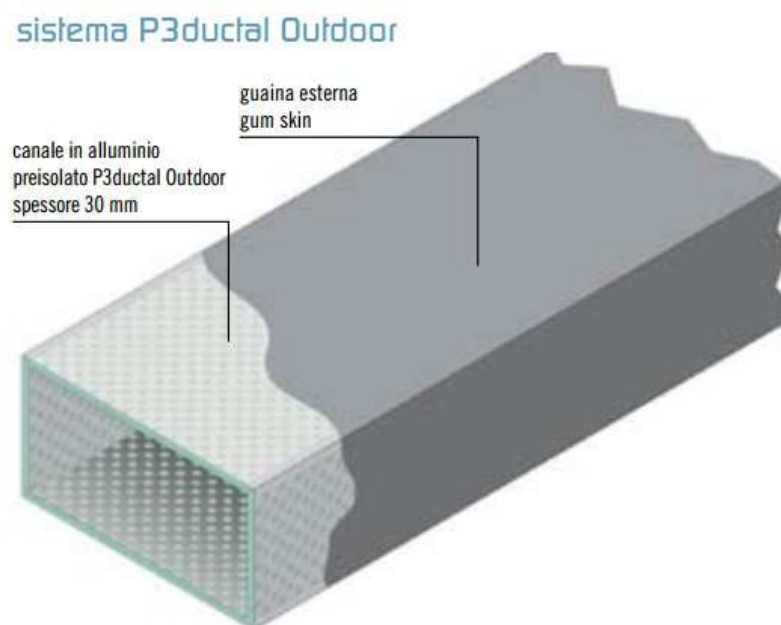


Figura 3.15: Particolare canale preisolato per installazione all'esterno.

3.2.2 Zona simulatori fissi FTD e VIPT

Diversamente dalla zona descritta prima in cui il carico termico ambiente sulla stessa unità di trattamento aria è pressoché uniforme, per l'area simulatori FTD e VIPT identifichiamo diverse zone: la zona delle cinque sale dove verranno installati i simulatori fissi Flight Training Device FTD, la zona di disimpegno davanti alle sale, ed infine nel piano superiore, l'area dove verranno alloggiati i simulatori fissi del tipo Virtual Interactive Procedural trainer VIPT.

Per queste zone, poste all'interno del fabbricato nella zona a doppia altezza, bisogna fare delle precisazioni. Il funzionamento di uno solo dei simulatori fissi

del tipo FTD con una dissipazione di 9kW, richiederebbe una potenza frigorifera necessaria all'asportazione del carico dissipato, al contrario supponendo di essere nella stagione invernale nel disimpegno potrebbe essere invece necessaria una potenza termica per riscaldare l'ambiente. È stato perciò necessario pensare ad un impianto diverso dal precedente avendo contemporaneamente delle zone con opposte esigenze.



Figura 3.16: Documentazione fotografica zona FTD - VIPT.

Valutando i carichi termici negli ambienti ed i layout della struttura anch'essa formata da ampie volumetrie da climatizzare, si è deciso di installare una centrale di trattamento aria posta in copertura con tre diverse calate di mandata. Due di esse, destinate ai locali del disimpegno e alla sala VIPT, sono dotate di batterie di post-riscaldamento per assolvere il problema della diversità dei carichi termici. Queste due zone dotate di batteria di post-riscaldamento hanno calate di mandata divise in quanto il piano superiore ha al suo interno 6 simulatori fissi del tipo VIPT. Queste apparecchiature hanno una dissipazione di 3 kW l'una, e di conseguenza anche queste due zone hanno possibile diversità di carichi.

Quando il simulatore è in funzione, le sale dedicate agli FTD, hanno un carico termico di 9 kW ai quali sono da aggiungere i carichi dovuti all'illuminazione, persone e 3 personal computer; esse sono dotate di un condizionatore di precisione ad acqua refrigerata RC GROUP modello Next CW.O 12 con una potenza frigorifera di 10 kW, dotato di una batteria di post-riscaldamento elettrica.

Con questa soluzione, si è in grado di adattare ogni zona a qualsiasi esigenza, infatti se anche solo una degli FTD è in funzione si assicura il rinnovo dell'aria primaria tramite la UTA e l'asportazione del carico tramite il condizionatore.

La regolazione di questi condizionatori avviene attraverso una sonda di rilevazione temperatura installata a bordo macchina la quale alla variazione eccessiva di temperatura agisce sulla valvola di regolazione a tre vie posta sulla batteria di raffreddamento, asportando così il carico ambiente. Per quanto riguarda invece il funzionamento delle batterie di post-riscaldamento la regolazione avviene tramite sonde poste in ambiente le quali all'occorrenza agiscono sulla valvola di regolazione.

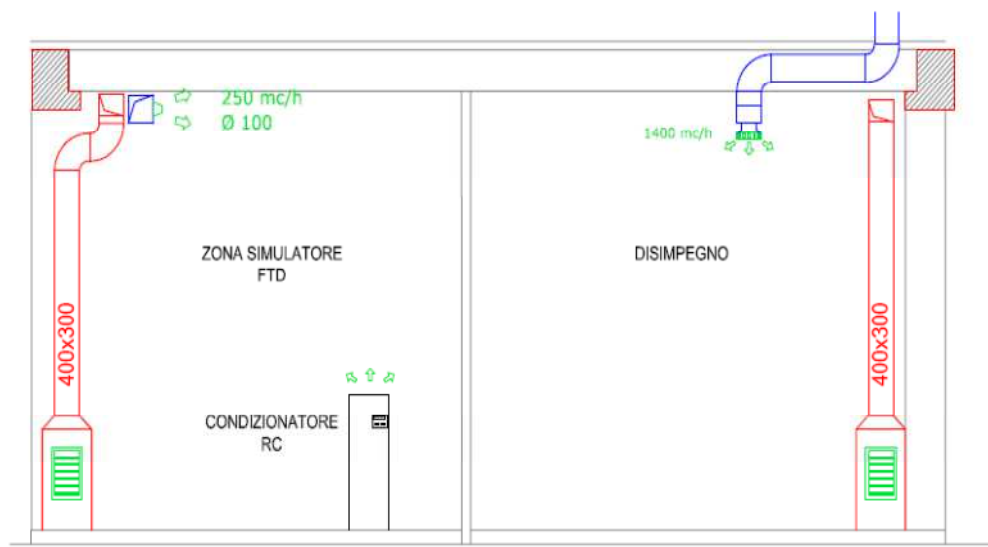


Figura 3.17: Sezione rappresentativa impianti Zona FTD.

La sezione sopra riportata, schematizza il funzionamento dell'impianto per questa zona, come si vede la zona FTD è ad aria primaria, immessa da ugelli e con ripresa dal basso, più un condizionatore di zona; mentre la zona di destra, il disimpegno, è servito invece da un impianto a tutt'aria con l'aggiunta di batterie di post-riscaldamento in copertura sulla calata di mandata.

Come si può notare dall'immagine, il sistema di immissione dell'aria è diverso nei due casi. Questo perché nella zona FTD l'ugello deve garantire solo un buon lancio dell'aria che avrà essenzialmente in condizioni pressoché neutre; diversamente nell'altra zona il diffusore deve garantire una corretta miscelazione dell'aria sia in fase di raffreddamento che in fase di riscaldamento, tenendo in considerazione che questi locali sono a doppia altezza e perciò l'altezza di installazione dei diffusori è sei metri. Motivo per cui la scelta del terminale si è orientata ancora sullo stesso modello di diffusori che sono stati installati nella zona delle baie dei simulatori dinamici, ma di taglia inferiore essendo la zona priva di carichi rilevanti.

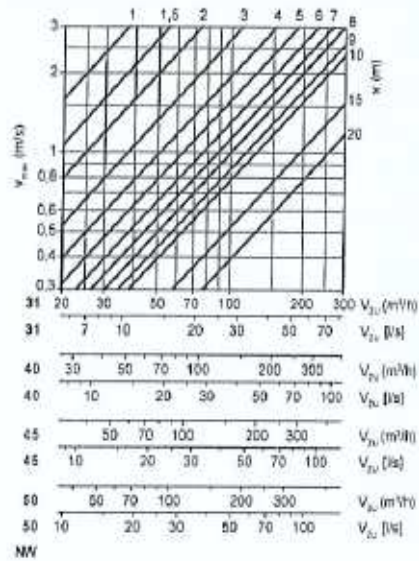
Gli ugelli che sono stati scelti sono i WDA-K 100 con corpo orientabile per installazione su canale circolare sempre marca SCHAKO.

WDA

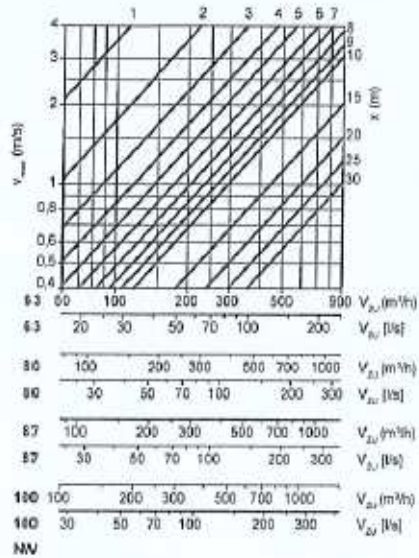
Ugello a lancio profondo

Velocità finale massima

WDA 31 - 50



WDA 63 - 100

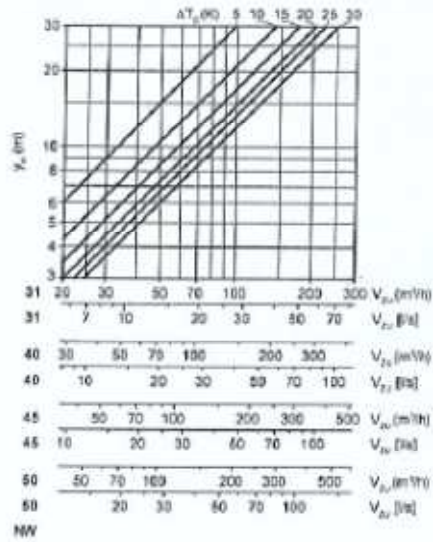


WDA

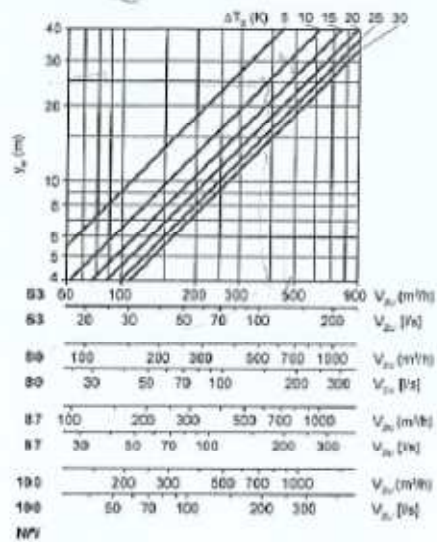
Ugello a lancio profondo

Profondità massima di penetrazione

WDA 31 - 50



WDA 63 - 100



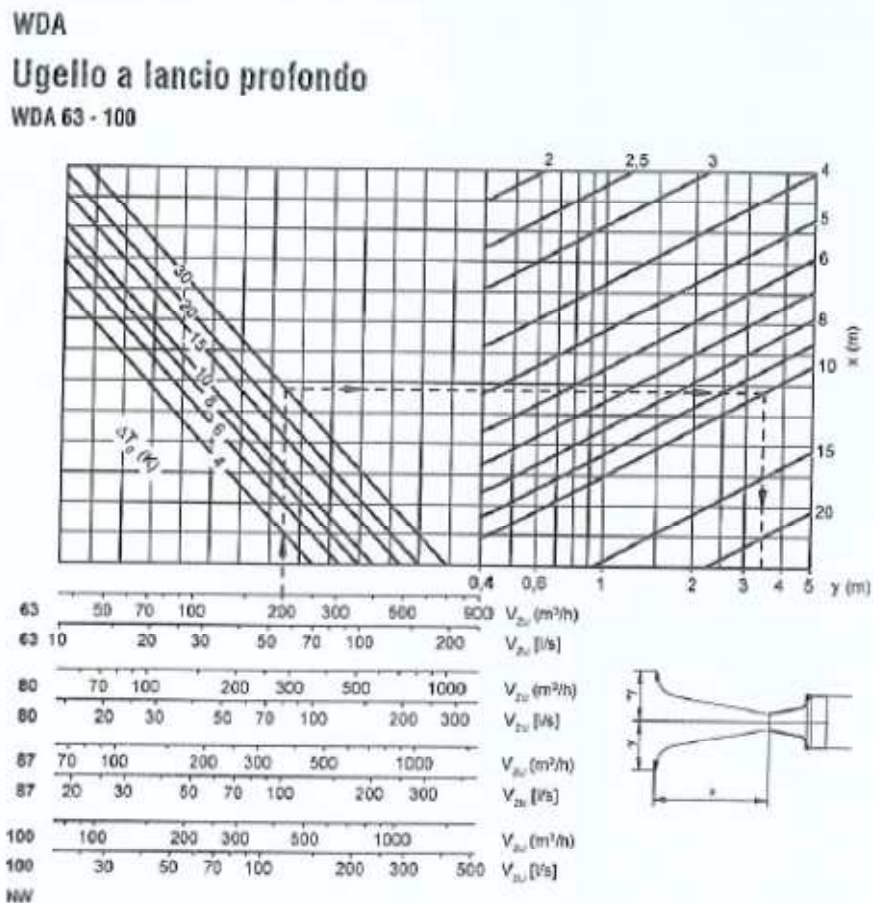


Figura 3.18: Diagrammi di selezione ugello.

3.2.3 Computer room e sala idraulica

Questi due ambienti hanno caratteristiche pressoché uguali poiché hanno simili carichi termici, sono simili dal punto di vista strutturale e inoltre non vi è soggiorno permanente di persone. Questo si traduce nella possibilità di adottare la stessa soluzione impiantistica per tutti i locali che saranno adibiti a Computer room o a sala idraulica.

La Computer room ha una dissipazione di energia di 35 kW ai quali è da aggiungere 5 kW dovuti all'UPS e i carichi dovuti all'illuminazione, all'interno di ogni Computer room ad eccezione di quella dell'NH90 la quale ha un carico termico maggiore rispetto alle altre, sono stati installati dei condizionatori di precisione adatti per centri di calcolo ad acqua refrigerata.

Questi condizionatori, dotati di batteria di post-riscaldamento elettrica e umidificatore a vapore, hanno una potenza di raffreddamento di 50 kW.

Nelle sale idrauliche invece, si è previsto di installare un condizionatore simile al precedente ma con una potenza dimezzata, poiché essa è sufficiente ad assolvere il carico, inoltre le condizioni ambientali di queste sale sono meno critiche.

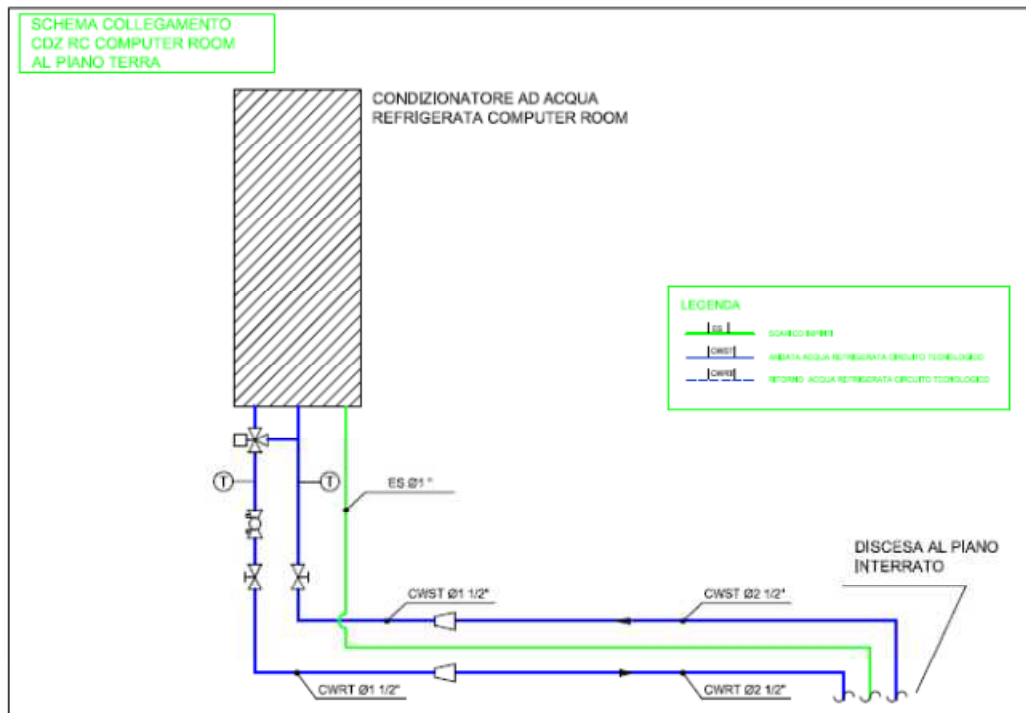


Figura 3.19: Tipico installazione condizionatore Computer Room.

I condizionatori di precisione previsti per le Computer room sono dotati di umidificatore a vapore qual'ora vi fosse la necessità di umidificare per raggiungere le condizioni ambientali prestabilite, inoltre è stata prevista anche una piccola batteria di post-riscaldamento elettrica.

Come già anticipato, le Computer room sono locali considerati come veri e propri centri di calcolo, ovvero piccoli ambienti ma con carichi elevati senza soggiorno permanente di persone. L'unità installata in questi ambienti è già dotata di sonda combinata e microprocessore che gestisce l'intera macchina. Questi condizionatori hanno l'alimentazione dell'acqua refrigerata che si stacca dall'anello delle utenze tecnologiche posto nel piano interrato.

Questo circuito è stato progettato a ritorno inverso; l'impianto di distribuzione del tipo a ritorno inverso a 3 tubi risulta oggi raramente utilizzato se non per impianti di taglia rilevante, dato il maggior costo. Per contro esso risulta un impianto intrinsecamente tarato che non necessita in sostanza, se ben dimensionato, regolazioni aggiuntive. Nel caso in cui la geometria del fabbricato servito permetta una distribuzione ad anello, come in questo caso, l'impianto a ritorno inverso (in questo caso a due tubi) risulta caratterizzato, oltre al

vantaggio sopra elencato, da un costo concorrenziale se non più basso di quello a ritorno diretto, dal momento che è possibile, vista la scarsa presenza di portate parassite, dimensionare l'impianto con velocità del fluido moderatamente maggiori.

Per ogni stacco che si collega alle singole utenze si è stabilito in ogni caso di installare una valvola di bilanciamento con prese piezometriche, le quali tramite il loro lettore di portata sono in grado di impostare il valore del flusso che le attraversa.

Come detto in precedenza oltre a questi condizionatori, al circuito delle utenze tecnologiche sono collegati gli scambiatori ad olio, i condizionatori per la sala idraulica e le UTA cabin.

3.2.4 Zona uffici e aule

La soluzione impiantistica più adatta ad utenze caratterizzate da un considerevole numero di ambienti caratterizzati da carichi termici di segno diverso, sono gli impianti di tipo misto aria-acqua, nei quali l'aria immessa, detta aria primaria, provvede unicamente alla ventilazione e al controllo dell'umidità relativa, mentre il controllo della temperatura è affidato ad apparecchiature installate nei singoli ambienti alimentati ad acqua calda o refrigerata.

In questo modo si riducono le dimensioni di canali dell'aria e le dimensioni dell'unità di trattamento aria, in quanto il quantitativo d'aria si limita solamente allo stretto necessario per la ventilazione ovvero 2 vol/h o 40 mc/h a persona (si è scelta la maggiore delle due: caso meeting room).

In questo tipo di impianti perciò oltre alla distribuzione dei canali dell'aria avremo anche una o più reti di tubazioni per la distribuzione dell'acqua calda e refrigerata.

In questo caso particolare la soluzione che si è adottata viene definita a 4 tubi. Questo perché si prevede l'installazione di due reti di mandata e due di ritorno una coppia per il caldo e l'altro per il freddo. In ogni momento i ventilconvettori possono essere alimentati contemporaneamente con acqua calda oppure acqua fredda, in base alla richiesta della regolazione automatica. Per contro questo impianto rispetto a un tradizionale impianto a 2 tubi presenta costi di installazione e di gestione maggiori, ma è in grado di rispondere alle variazioni di carico che si verificano non solo durante la stessa stagione ma anche durante la stessa giornata. In quanto i corsi organizzati dalla società hanno una continuità su tutto l'arco della giornata e in quanto edificio di prestigio la società ha preferito questa soluzione anche se comporta costi maggiori.

Per l'impianto di raffreddamento l'acqua ha una mandata di 7°C mentre l'impianto di riscaldamento la mandata è di 45°C.

Il tipo di ventilconvettore che si è scelto è del tipo a soffitto, questo tipo di apparecchiatura è in grado di immettere l'aria primaria direttamente nel locale

senza bisogno di diffusore. Supporta una portata di aria esterna fino al 30% della portata d'aria totale, ma questa soluzione non si è potuta adottare in quanto certi ambienti superavano questo limite e quindi si è dovuti ricorrere all'utilizzo di diffusori; la società ha deciso quindi di adottare questa soluzione per tutti gli ambienti.

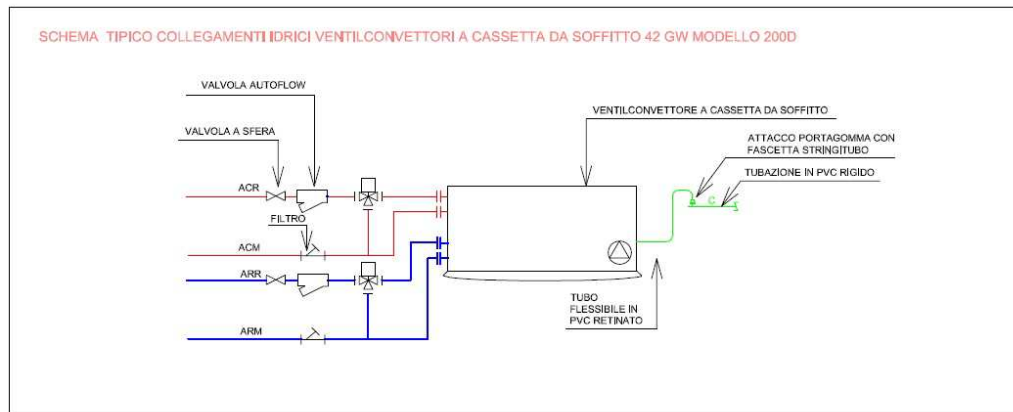


Figura 3.20: Tipico installazione ventilconvettore a cassetta.

Come si vede dal particolare di installazione su ogni ventilconvettore sia sulla rete calda che sulla rete fredda si è previsto di installare un autoflow che regoli la portata in ingresso della batteria, due valvole di intercettazione e un filtro.

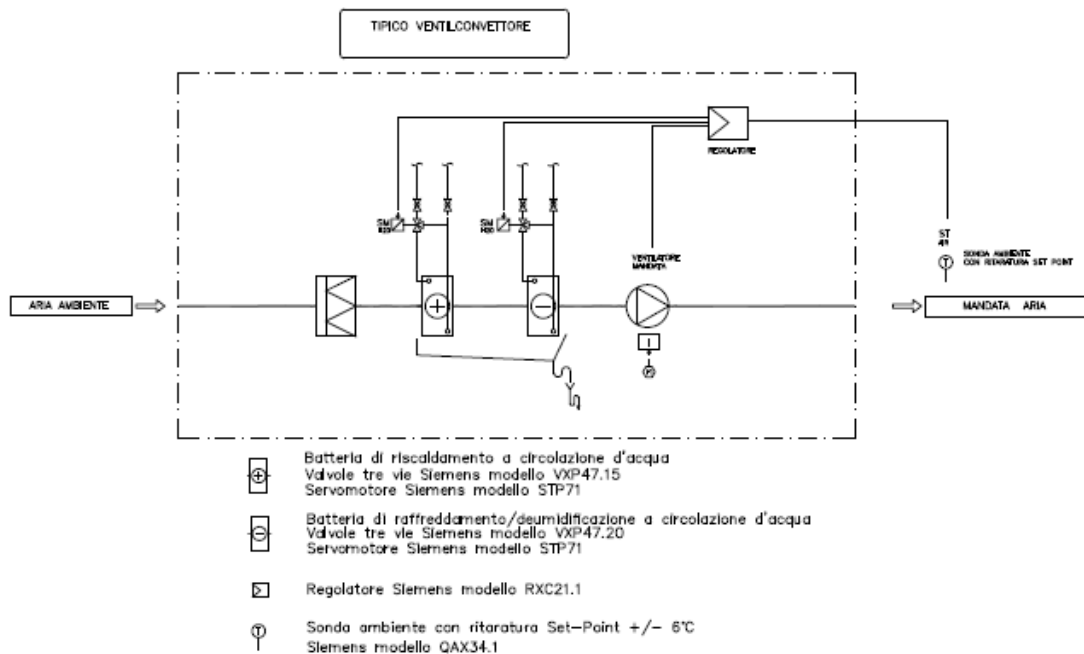


Figura 3.21: Schema regolazione ventilconvettore.

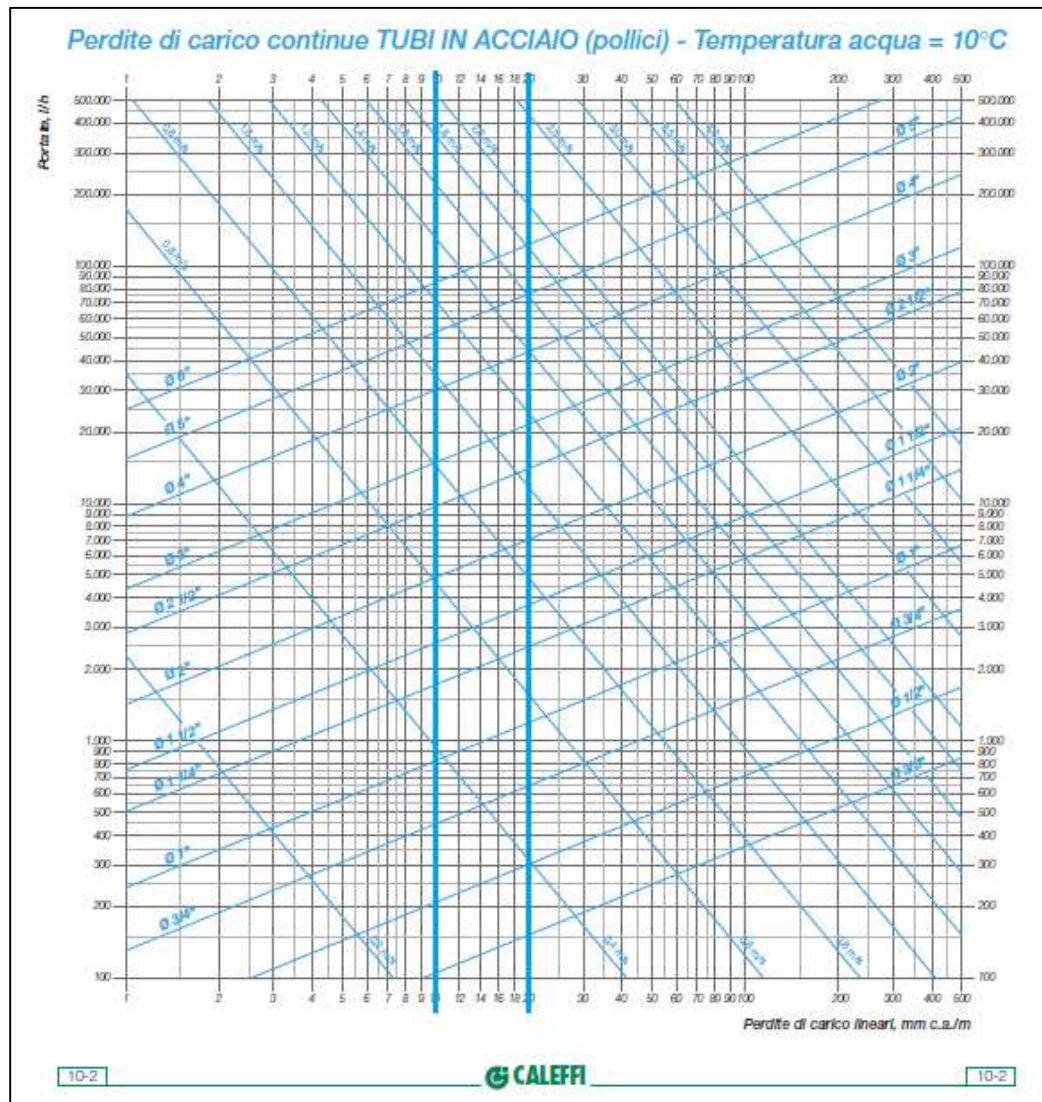
La regolazione di questo tipo di ventilconvettore a cassetta è effettuata tramite regolatore Siemens RXC21.1 installato a bordo di ogni unità, il quale ricevuto il segnale della sonda di temperatura con commutazione di velocità del ventilatore Siemens QAX34.1 posta in ogni ambiente agisce sulle due valvole di regolazione anch'esse Siemens modello VMP47.

La scelta del terminale in ambiente è stata effettuata valutando il carico termico di ogni singolo ambiente, tale valore è l'output del programma MC4. Si è notato come, essendo gli uffici nella parte centrale dell'edificio i valori maggiori siano pressoché sempre i carichi termici estivi. Ciò comporta una portata d'acqua refrigerata maggiore. Valutati i carichi termici ambientali si è scelta la macchina in grado di asportare tutto il carico termico, in quanto l'aria primaria assolve solo il compito di rinnovo, e viene perciò immessa in condizioni neutre.

Come per la rete di canalizzazioni, anche le reti idroniche vanno dimensionati in modo da ottimizzare il compromesso velocità – perdite di carico – sezioni tubazioni.

Una volta scelti i terminali per tutti gli ambienti da riscaldare/raffrescare, si ha la portata necessaria per soddisfare il carico sia esso da asportare o da fornire. Avendo le portate per tutti i piani si procede con la stesura delle reti principali chiamate dorsali, collegate al montante principale si definisce quindi un percorso. Si seleziona il diametro per ogni tratto scegliendo un diametro che in

funzione di una velocità massima del fluido all'interno del tubo di 2 m/s che corrisponde ad una perdita lineare al metro compresa da 5 a 20 mmca/m.



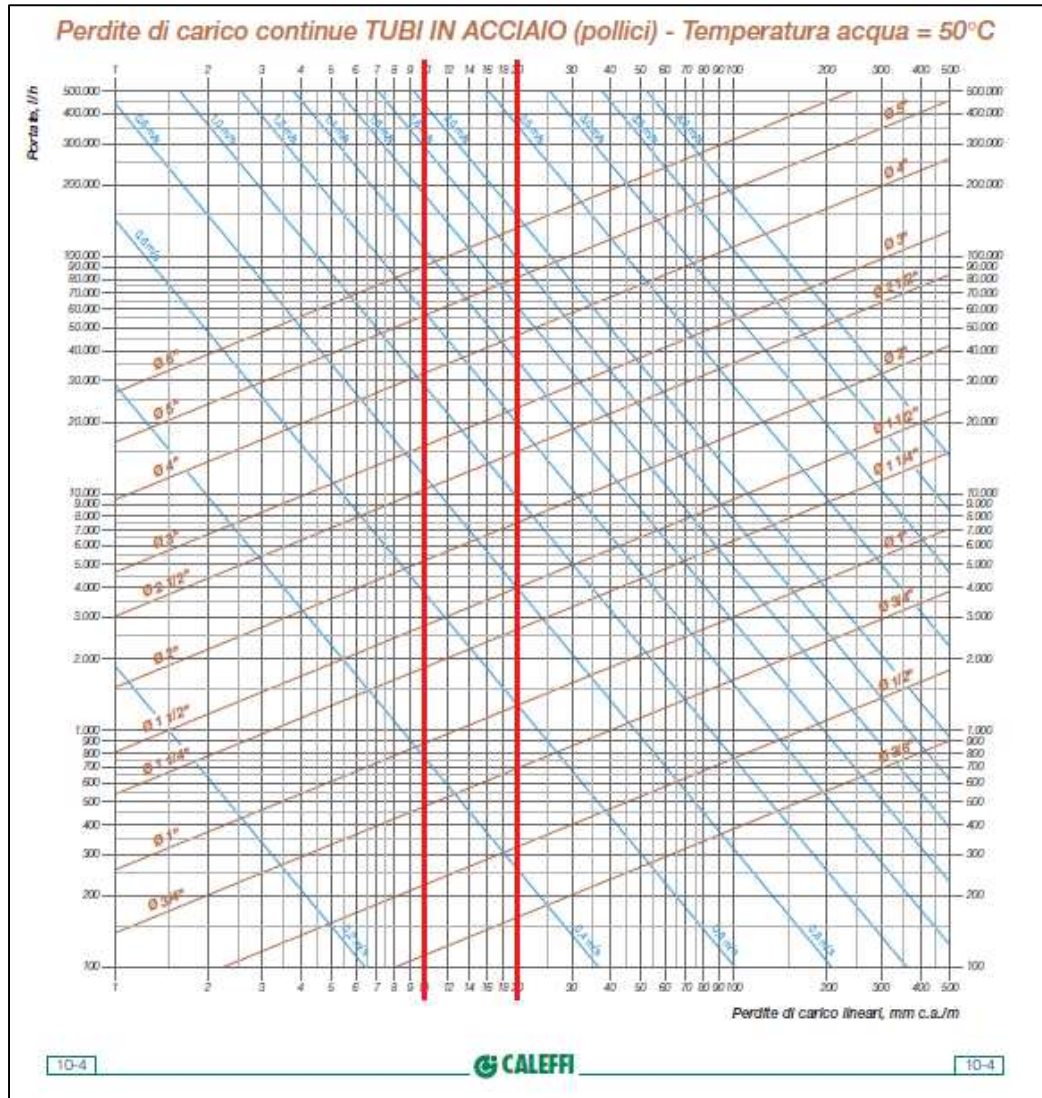


Figura 3.22: Diagrammi dimensionamento tubazioni

Grandi velocità del fluido provocano perdite di carico concentrate rilevanti e spesso non perfettamente quantificabili in fase di progettazione oltre che livelli di rumorosità a volte inaccettabili. In ogni caso l'utilizzo di perdite di carico al metro variabili sulle diramazioni alle utenze (più grandi per le utenze vicine e più piccole per le utenze più lontane) in genere riducono drasticamente le difficoltà di taratura. È stato comunque disposto sul distacco del montante delle dorsali ai diversi piani una valvola di taratura, la quale grazie a due prese piezometriche è in grado di bilanciare in modo accurato la portata che transita in quel tratto; inoltre come prima anticipato su ogni terminale è stato predisposto

un dispositivo definito autoflow che impone il passaggio di un predeterminato valore di portata in modo da non penalizzare le utenze più lontane.

Si prosegue con il calcolo delle perdite di carico andando a valutare la perdita massima, normalmente corrispondente con il tratto di lunghezza maggiore.

Le perdite di carico si suddividono in distribuite e concentrate, le distribuite dipendono dalla rugosità delle tubazioni mentre le concentrate sono quelle dovute a cambi di direzione, sezione o transito del fluido attraverso a valvole, terminali, etc.

Un aspetto importante che finora non è stato ancora affrontato, è la scelta delle valvole di regolazione a tre vie, siano esse installate a bordo di una batteria di un terminale in ambiente o sulla batteria di una unità trattamento aria.

Questi componenti servono a variare la portata in transito nelle batterie al fine di erogare meno potenza, esse vengono comandate da un servomotore che a sua volta tramite un consenso lanciato da un regolatore sente la variazione del carico tramite sonde di temperatura.

Queste valvole deviano il flusso sulla terza via, è qui che entra in gioco l'autorità della valvola stessa; ovvero la terza via deve avere una perdita di carico proporzionale a quella della batteria in modo da non far "scappare" tutta la portata di acqua alla minima apertura.

Come prima anticipato le reti di distribuzione sono composte da un montante che percorre verticalmente l'edificio per tutti i diversi piani, da delle dorsali che percorrono l'edificio in orizzontale sui singoli piani e questi due tratti sono in acciaio nero al carbonio preverniciato; vi sono poi i collegamenti tra la dorsale e i singoli terminali effettuati tramite tubazioni in multistrato.

Lo spessore dello strato di isolamento termico che riveste le tubazioni varia in funzione della temperatura del fluido trasportato, dell'ubicazione e delle dimensioni del diametro dei tratti di rete. Di seguito viene riportata la tabella, in cui si mostra con che criterio si è scelto di dimensionare tale spessore di isolante.

RETE CALDA					
All'interno del controsoffitto			In copertura		
$\phi \geq 2''$	→	19 mm	$\phi \geq 2''$	→	30 mm
$1.1/4'' \leq \phi < 2''$	→	13 mm	$1.1/4'' \leq \phi < 2''$	→	25 mm
$\phi < 1.1/4''$	→	9 mm	$\phi < 1.1/4''$	→	20 mm
RETE FREDDA					
All'interno del controsoffitto			In copertura		
$\phi \geq 4''$	→	32 mm	$\phi \geq 4''$	→	32 mm
$2'' \leq \phi < 4''$	→	19 mm	$2'' \leq \phi < 4''$	→	19 mm
$\phi < 2''$	→	13 mm	$\phi < 2''$	→	13 mm

Tabella 3.3: Spessore isolante termico tubazioni.

Dopo aver descritto tutte le porzioni che compongono l'impianto, descriveremo i risvolti dell'individuazione dei sistemi di generazione di potenza.

Un altro aspetto da far notare è la differenza dell'unità di trattamento aria a servizio di questi ambienti rispetto a quelle a servizio degli ambienti dei simulatori dinamici.

Mentre per quest'ultime il funzionamento era a tutto ricircolo per l'UTA degli uffici il funzionamento è a tutt'aria esterna, in quanto essa deve assicurare un certo numero di volumi ora per tutti gli ambienti. Diversamente in questa macchina non compare una sezione destinata alla camera di miscelazione tra aria ripresa e aria esterna ma è presente uno scambiatore rotativo. Questo componente permette di recuperare energia dall'aria espulsa portando l'aria esterna più vicino alle condizioni di immissione.

Nello schema riportato sotto si vede come i flussi entrino in contatto, e si fa notare che tutte le apparecchiature di regolazione fanno capo al quadro elettrico meccanico QEMEC, dove sarà già presente un regolatore, il quale verrà implementato con ulteriori moduli per rendere funzionante la macchina.

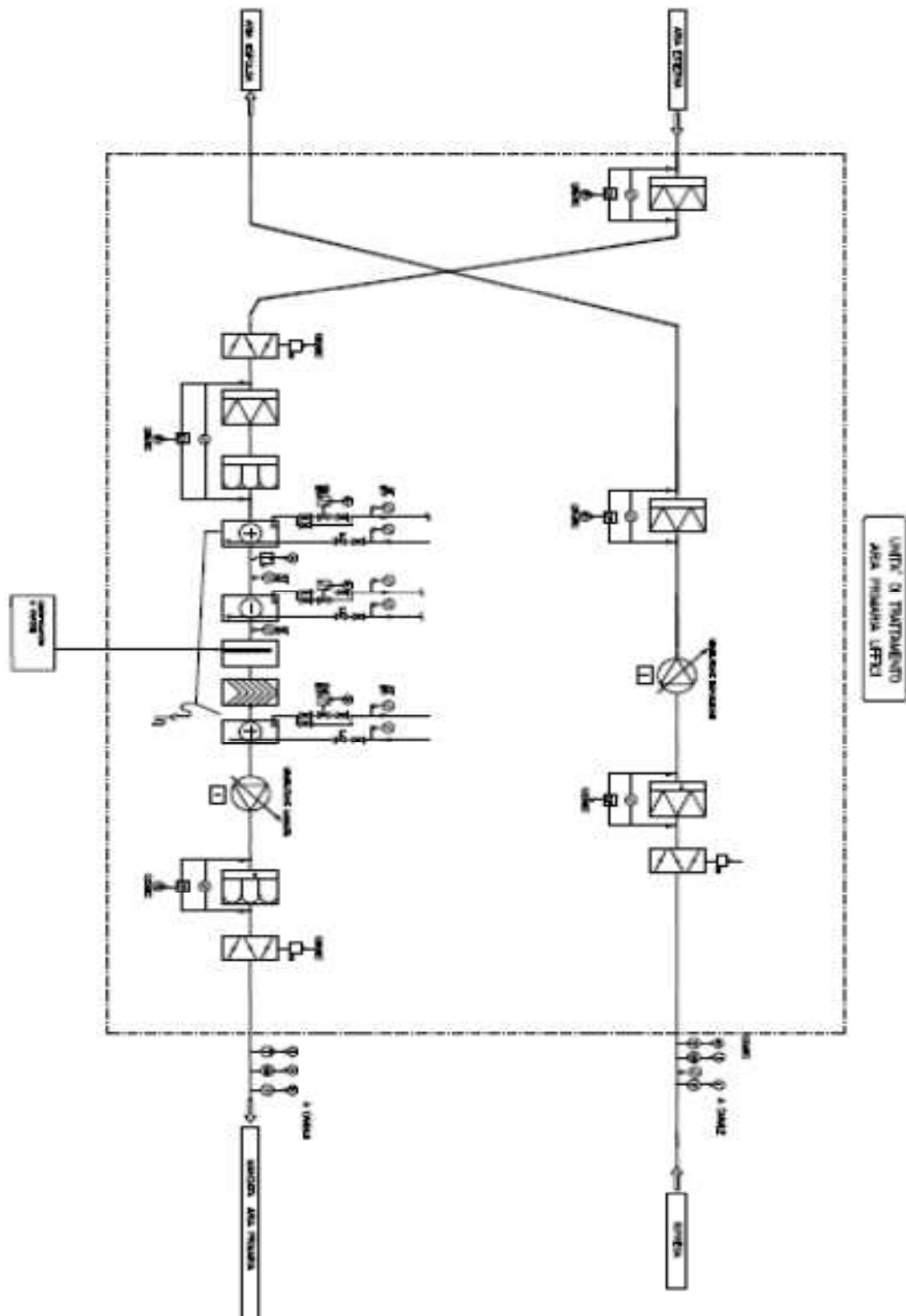


Figura 3.23: Schema regolazione UTA Uffici.

3.3 Sistema di produzione potenza

La scelta del sistema di generazione di energia, sia essa termica che frigorifera, è stata condizionata dall'esigenza della società AgustaWestland nell'impossibilità di fermi della centrale esistente posta nel fabbricato 1 e della sua rete di distribuzione. In quanto questo avrebbe significato interruzioni di funzionamento dei quattro simulatori FFS all'interno del fabbricato 10 e dei relativi corsi per piloti.

L'indipendenza energetica del fabbricato 16 dalla centrale dello stabilimento ha perciò significato la rilocalizzazione delle proprie macchine all'interno dello stesso fabbricato. La posizione della centrale è stata concordata con la stessa Società AgustaWestland, in prima battuta si era pensato di posizionarla nel piano interrato, ma valutando successivamente l'elevato numero di macchine che compongono l'impianto di climatizzazione, si è deciso di installarla in copertura.

Nello studio di fattibilità economica fatto dalla società, è stata valutata la possibilità di una soluzione avente gruppi frigoriferi acqua-acqua che sfruttassero la geotermia, ma vista la struttura del terreno del sito di Sesto Calende le trivellazioni e l'inserimento di sonde avrebbero portato l'investimento fuori dai limiti economici che la società si è imposta.

È da mettere inoltre in evidenza, che essendo un investimento a lungo termine, verranno messi in funzione due o tre simulatori dinamici quest'anno e alcuni nel prossimo anno con il completamento previsto nei prossimi anni, è perciò necessario suddividere la generazione di potenza complessiva in moduli la cui installazione avverrà anch'essa per fasi correlate all'installazione dei simulatori.

La scelta del sistema di generazione presa basandosi sulla necessità di produrre energia frigorifera tutto l'arco dell'anno, è stata quella di installare gruppi frigoriferi che potessero produrre l'energia frigorifera richiesta recuperando l'energia termica dalla condensazione del refrigerante piuttosto che disperderla in ambiente tramite condensatori ad aria o torri evaporative. La soluzione è stata quella di installare due gruppi frigoriferi a recupero di calore totale e un gruppo di potenzialità inferiore del tipo polivalente.

I gruppi frigoriferi a recupero di calore sono macchine utilizzate principalmente per la produzione di acqua refrigerata, che ha la duplice possibilità di condensazione del ciclo frigorifero; una tramite batterie refrigerante-aria dotate di ventilatori, l'altra, quando vi è la richiesta dell'impianto di acqua calda, si invia il gas scaricato dal compressore ad uno scambiatore refrigerante-acqua che ha la possibilità di recuperare tutto il calore di condensazione del ciclo frigorifero. Il refrigerante cede il proprio calore all'acqua che così si riscalda e lascia il condensatore ad una temperatura che può arrivare fino a 60°C. In questo modo è possibile usare per la produzione di acqua calda il 100% del calore dissipato dal refrigeratore. Una volta soddisfatta la richiesta di calore, il flusso

del gas ad alta temperatura, scaricato dal compressore, viene ridiretto verso il condensatore ad aria nel quale dissipa in atmosfera con l'ausilio dei ventilatori il restante calore. Il controllo della temperatura dell'acqua calda che viene prodotta è garantito dal sistema di supervisione che gestisce in modo indipendente il funzionamento in recupero di calore di ogni circuito frigorifero. È da mettere in evidenza che il recupero del calore è possibile solo in caso l'unità produca contemporaneamente acqua refrigerata.

È riportata sotto la tabella con le caratteristiche del gruppo frigorifero che in fase di progettazione è stato valutato, riportando un modello di riferimento.

GRUPPO FRIGORIFERO A RECUPERO TOTALE CON CONDENSAZIONE AD ARIA				
SIGLA DI IDENTIFICAZIONE		GF1/GF-2		
QUANTITA'	N°	1		
TIPO		A RECUPERO TOTALE VERSIONE SUPER SILENZIATA CON EVAPORATORE AD ALTO RENDIMENTO		
TIPO REFRIGERANTE		R134a		
N° CIRCUITI REFRIG. / N° GRADINI PARZIALI		2		
PARZIALIZZAZIONE		DA 25 A 100%		
POTENZA FRIGORIFERA REFRIGERAZIONE	kW	643	/	
POTENZA FRIGORIFERA / TERMICA RECUPERO	kW	618	782	
TEMPERATURA ESTIVA AL CONDENSATORE	°C	35 (*)		
E V A P O R A T O R E	TEMPERATURA ACQUA C	INGRESSO	14	
		USCITA	7	
	GLICOLE	%	0	
	PORTATA	l/h	75900	
	MATERIALE TUBI		RAME	
	PERDITE DI CARICO MAX	KPa	25	
R E C U P E R A T O R E	TEMPERATURA ACQUA C	INGRESSO	38	
		USCITA	45	
	GLICOLE	%	0	
	PORTATA	l/h	96074	
	FATT. INCROSTAZ.		-	
	PERDITE DI CARICO MAX	KPa	25	
COMPRESSORI	N° TIPO	2 A VITE		
VENTILATORI	N° TIPO	N°6 ASSIALI		
	PREVALENZA	0 Pa		
		COMPRESSORI	VENTILATORI	
M O T O R I	TENSIONE ALIMENTAZIONE	V	400V	400V
	POTENZA ASSORBITA TOTALE SOLO REFRIGERAZIONE	KW	190	17,6
	POTENZA ASSORBITA TOTALE CON RECUPERO	KW	175	17,6
	ALIMENTAZIONE ELETTRICA GENERALE		400V TRIFASE 50 Hz	
GRUPPO DI POMPA		ACQUA REFRIGERATA	ACQUA CALDA	
N° TIPO ELETTROPOMPE		N°2 ELETTROPOMPE CENTRIFUGHE "IN LINE", ACCOPPIAMENTO DIRETTO.	N°2 ELETTROPOMPE CENTRIFUGHE "IN LINE", ACCOPPIAMENTO DIRETTO, MOTORIA 4 POLI	
PORTATA	l/h	75900	96100	
PREVALENZA UTILE	kPa	70	70	
POTENZA NOMINALE	kW	5,5	5,5	
DATI ELETTRICI GENERALI				
ALIMENTAZIONE ELETTRICA		400V TRIFASE + N		
POTENZA ELETTRICA TOTALE ASSORBITA ALLE CONDIZIONI DI PROGETTO				
REFRIGERAZIONE	kW	198,1		
REFRIGERAZIONE CON RECUPERO	kW	203,6		
MASSIMA POTENZA ASSORBITA	kW	287		
CORRENTE ELETTRICA ASSORBITA ALLO SPUNTO (SA.)	A	535		
NOTA: IL GRUPPO FRIGORIFERO DEVE ESSERE FORNITO COMPLETO DI:	RECUPERATORE DI CALORE TOTALE RELE' TERMICI COMPRESSORI, ANTIVIBRANTI DI BASE A MOLLA, RIFASAMENTO COMPRESSORI, DISPOSITIVO VARIAZIONE CONTINUA VELOCITA' VENTILATORI, GRIGLIE DI PROTEZIONE BATTERIE CONDENSANTI, QUADRO ELETTRICO DI COMANDO E CONTROLLO, REGOLATORE A MICROPROCESSORE			
LIVELLO MAX PRESSIONE SONORA A 10 m IN CAMPO APERTO		68 dB(A)		
DIMENSIONI MASSIME a x b x h	mm	7600 x 2260 x 2500		
PESO MAX DEL GRUPPO	kg	7.842		
MONTAGGIO		SU MOLLE ANTIVIBRANTI IN ACCIAIO, CON GIUNTI ANTIVIBRANTI SU ATTACCHI IDRICI		
NOTE	(*) OLTRE QUESTA TEMPERATURA, I VENTILATORI AUMENTANO DI VELOCITA' E AUMENTA QUINDI LA PRESSIONE SONORA			
MODELLO DI RIFERIMENTO		CLIMAVENETA FOCS2/R/SL-CA-E/2702		

Tabella 3.4: Caratteristiche gruppo a recupero totale.

I gruppi frigoriferi polivalenti sono particolari pompe di calore con condensazione ad aria e a recupero di calore totale, caratterizzate dal fatto di avere due circuiti d'acqua distinti tra loro: un circuito collegato all'evaporatore per la produzione di acqua refrigerata, e un altro circuito collegato a uno scambiatore specificatamente progettato per la produzione di acqua calda mediante il recupero totale del calore di condensazione.

Tali unità permettono, grazie alla loro struttura del ciclo frigorifero, la produzione indipendente di potenza frigorifera o termica soddisfacendo a pieno l'esigenza dell'utenza. Questa è la grande differenza che li contraddistingue dai gruppi frigoriferi a recupero di calore totale che, possono produrre acqua calda solamente se viene prodotta acqua fredda, inoltre se la produzione di acqua fredda è parzializzata allora lo è anche la produzione di acqua calda cosa che non accade nelle macchine polivalenti.

Nella figura sotto è schematizzato il ciclo frigorifero di queste macchine e le caratteristiche che deve avere questa macchina, valutate durante la progettazione.

Si evidenzia che grazie all'unità polivalente si è in grado di soddisfare completamente l'esigenza del fabbricato oggetto della tesi senza l'utilizzo di generatori di calore. Questo evita alla società di portare la rete del metano dalla cabina fino alla locazione del sistema di produzione di potenza. Inoltre si sottolinea che qualora il calore fosse necessario quando all'interno del fabbricato vi è la presenza di carichi termici questo calore è prodotto dal recuperandolo dalla condensazione del ciclo frigorifero e che tale recupero avviene con coefficienti di prestazione delle macchine pari a quello di una tradizionale macchina acqua – acqua.

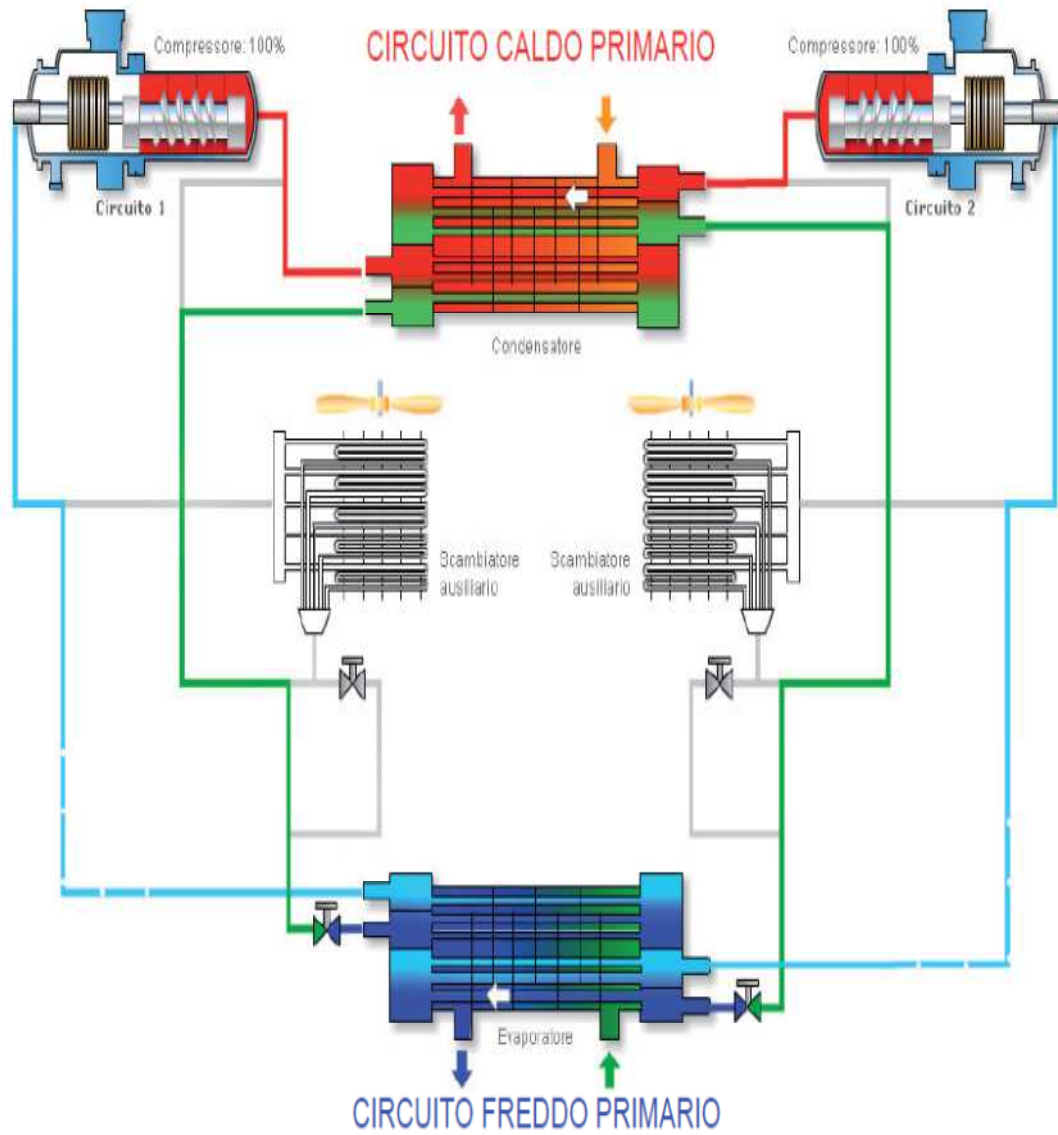


Figura 3.24: Schematizzazione ciclo frigorifero gruppo Polivalente.

GRUPPO TERMO FRIGORIFERO POLIVALENTE CON SMALTIMENTO AD ARIA VERSIONE SUPER SILENZIATA			
SIGLA DI IDENTIFICAZIONE		GF-3	
CONDIZIONI DI FUNZIONAMENTO		ESTATE	INVERNO
TEMPERATURA ARIA AL CONDENSATORE/EVAPORATORE	°C	35*	-10
RAFFREDDAMENTO			
POTENZA FRIGORIFERA	kW	368,3	
POTENZA ELETTRICA TOTALE ASSORBITA	kW	122	
EER		3,01	
RAFFREDDAMENTO CON RECUPERO TOTALE			
POTENZA FRIGORIFERA	kW	381,5	
POTENZA TERMICA	kW	486	
POTENZA ELETTRICA TOTALE ASSORBITA	kW	111,2	
RISCALDAMENTO A POMPA DI CALORE			
POTENZA TERMICA	kW	257	
POTENZA ELETTRICA TOTALE ASSORBITA	kW	115	
COP		2,24	
POTENZA RESISTENZA ELETTRICA	kW	100	
EVAPORATORI			
TEMPERATURA ACQUA C	INGRESSO	14	
	USCITA	7	
GLICOLE	%	0	
PORTATA	l/h	45100	
FATT. INCROSTAZ.		-	
PERDITE DI CARICO MAX	KPa	32,6	
CONDENSATORI			
TEMPERATURA ACQUA C	INGRESSO	38	
	USCITA	45	
GLICOLE	%	0	
PORTATA	l/h	32500	
FATT. INCROSTAZ.		-	
PERDITE DI CARICO MAX	KPa	19	
RECUPERATORI			
TEMPERATURA ACQUA C	INGRESSO	35,6	
	USCITA	45	
GLICOLE	%	0	
PORTATA	l/h	44500	
FATT. INCROSTAZ.		-	
PERDITE DI CARICO MAX	KPa	23,4	
PRESSIONE SONORA MAX A 10 M	dB(A)	54	
COMPRESSORI			
TIPO		A VITE, SEMIHERMETICI	
N° COMPRESSORI		2	
N° CIRCUITI		2	
N° GRADINI PARZIALIZZAZIONE		6	
PARZIALIZZAZIONE MINIMA	%	25	
TIPO FLUIDO FRIGORIFERO		R134 a	
ACCOPPIAMENTO		DIRETTO	
TIPO AVVIAMENTO		PART WINDING	
VENTILATORI			
POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA	kW	4,3	
ELETTROPOMPE			
		ACQUA REFRIGERATA	ACQUA CALDA
N° TIPO		N°2 ELETTROPOMPE CENTRIFUGHE "IN LINE", ACCOPPIAMENTO DIRETTO, MOTORI 4 POLI	N°2 ELETTROPOMPE CENTRIFUGHE "IN LINE", ACCOPPIAMENTO DIRETTO, MOTORI 4 POLI
PORTATA	l/h	45100	44500
PREVALENZA UTILE (AL NETTO DELLA PERDITA DI CARICO)	kPa	70	70
POTENZA NOMINALE	kW	3	3
DATI ELETTRICI GENERALI			
ALIMENTAZIONE ELETTRICA GENERALE		400V TRIFASE + N	
MASSIMA CORRENTE ASSORBITA	A	261	
MASSIMA CORRENTE ALLO SPUNTO	A	462	
MASSIMA POTENZA ASSORBITA	KW	160	
NOTA: IL GRUPPO DEVE ESSERE FORNITO COMPLETO DI:		RELE TERMICI COMPRESSORI ANTIBRANTANTI DI BASE A MOLLA, RIFASAMENTO COMPRESSORI DISPOSITIVO VARIAZIONE CONTINUA VELOCITA' VENTILATORI, GRIGLIE DI PROTEZIONE BATTERIE CONDENSANTI, QUADRO ELETTRICO DI COMANDO E CONTROLLO, REGOLATORE A MICROPROCESSORE	
LIVELLO MAX PRESSIONE SONORA A 10 m IN CAMPO APERTO		54 dB(A)	
DIMENSIONI MASSIME a x b x h	mm	6300 x 2260 x 2350	
PESO MAX DEL GRUPPO	kg	7.670	
MONTAGGIO		SU MOLLE ANTIBRANTANTI IN ACCIAIO, CON GIUNTI ANTIBRANTANTI SU ATTACCHIDRICI	
NOTE	(*) OLTRE QUESTA TEMPERATURA, I VENTILATORI AUMENTANO DI VELOCITA' E AUMENTA QUINDI LA PRESSIONE SONORA		
MODELLO DI RIFERIMENTO	CLIMAVENETA ERACS2-Q/XL-CA-E 1722		

Tabella 3.5: Caratteristiche gruppo polivalente.

Nella richiesta di fornitura delle macchine polivalenti, a diverse aziende presenti sul mercato, è stata richiesta la certificazione EUROVENT e il collaudo in camera climatica a una temperatura di -10°C con la produzione della potenzialità totale lato acqua calda a 50°C .

Eurovent/Cecomaf è la federazione europea con sede a Bruxelles della quale fanno parte 15 associazioni nazionali che raggruppano i costruttori di apparecchi per ventilazione, condizionamento dell'aria e refrigerazione.

Eurovent ha sviluppato una serie di programmi di certificazioni delle prestazioni di 15 categorie di prodotti: condizionatori d'aria di benessere, condizionatori per centri di calcolo, ventilconvettori, gruppi refrigeratori d'acqua, refrigeratori d'aria, torri di raffreddamento normali e a secco, centrali di trattamento aria, banchi refrigeranti, batterie a circolazione forzata ad alette, scambiatori aria-aria a piastre o a tubo, scambiatori rotativi, filtri aria. Le prestazioni si riferiscono a caratteristiche quali rese termiche e frigorifere, consumi energetici, portata d'aria, perdite di carico, livello sonoro, efficienza.

Sottolineo il fatto che la macchina è composta da un doppio ciclo frigorifero, perciò in caso di guasto di un componente di uno dei due cicli c'è il secondo che assicura comunque il funzionamento della macchina. Inoltre in caso di richiesta di energia termica e di assenza di energia frigorifera, con condizioni esterne molto rigide ovvero al di sotto di -15°C , la macchina potrebbe non assicurare la completa potenzialità; perciò la macchina è stata dotata di una resistenza elettrica di 100 kW che assicuri alla società una sufficiente energia termica.

È stata inoltre richiesta come garanzia per la società AgustaWestland una macchina presente sul mercato da almeno 5 anni, con un elenco dei diversi luoghi dove sono state installate le macchine.

La società ha effettuato una gara d'appalto, sulle informazioni fornite, e la scelta d'acquisto è stata come polivalente un RHOSS TXAVQZ 2380 e come primo gruppo frigorifero a recupero di calore totale un CARRIER 30XA 702.

Quest'ultimo ha un tipo di scambiatore ad altissima efficienza energetica già utilizzati da svariati anni nelle industria automobilistica ed aeronautica, gli scambiatori MCHX. Utilizzati nei refrigeratori Aquaforce sono interamente realizzati in alluminio. La loro concezione monoblocco migliora notevolmente la resistenza alla corrosione in quanto elimina la formazioni di correnti galvaniche tra i bimetalli (cioè tra le zone di contatto tra rame ed alluminio) che sono sempre presenti negli scambiatori refrigerante – aria di tipo tradizionale. Inoltre, contrariamente a quanto accade per gli scambiatori di calore di tipo tradizionale, gli scambiatori di tipo MCHX possono venire anche utilizzati in atmosfere marine eccessivamente saline e/o urbane.

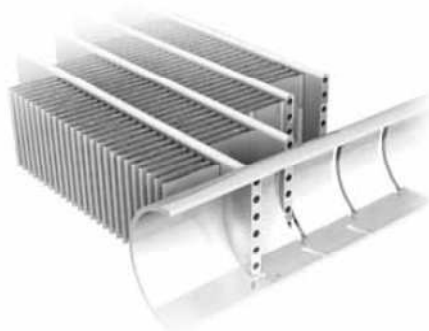


Figura 3.25: Scambiatore Gruppo frigorifero a recupero totale.

Dal punto di vista dell'efficienza energetica gli scambiatori di calore MCHX sono caratterizzati da un rendimento che è di un 10% maggiore rispetto a quello delle batterie tradizionali e consentono di utilizzare una quantità di refrigerante del 30% inferiore. Il limitato spessore degli scambiatori MCHX riduce inoltre di un 50% le perdite di carico lato aria e li rende meno suscettibili di intasamento (per esempio dovuto alla polvere) delle batterie tradizionali.

Come prima anticipato, i gruppi frigoriferi a recupero totale, a impianto completato, dovranno essere due. Per valutare in modo più accurato la taglia dell'ultimo gruppo si sono installati sui circuiti di acqua refrigerata dei contabilizzatori di energia in modo da stabilire l'effettivo dissipamento di energia di tutte le macchine installate.

Queste macchine sono idonee per la produzione di acqua calda inferiore ai 50°C, prodotta dal recupero del calore di condensazione del ciclo frigorifero, tutto l'impianto è stato pensato per funzionare a basse temperature: batterie delle UTA (sovradimensionate) e ventilconvettori sono stati pensati per essere associati al funzionamento in modalità di recupero di calore dei gruppi frigoriferi.

Per descrivere la logica di regolazione e il sistema di gestione di queste macchine è comodo suddividere il funzionamento tra periodo invernale e periodo estivo.

Si ricorda che le macchine installate hanno due taglie differenti, in caso di richiesta di energia sia termica o frigorifera in prima battuta parte la macchina polivalente, che in caso sia sufficiente il gruppo frigorifero non parte.

FUNZIONAMENTO INVERNALE: valutati i carichi termici che si riscontrano all'interno dell'edificio, e sapendo che quest'ultimo è di nuova costruzione e perciò le dispersioni per trasmissione sono minime; tali carichi dovranno essere necessariamente asportati. Sarà dunque necessaria una produzione di energia frigorifera anche durante la stagione invernale. In caso la macchine stiano producendo energia frigorifera, e si ha richiesta di energia termica, sia essa destinata per il riscaldamento o per la produzione di acqua calda sanitaria, verrà prodotta recuperando il calore del ciclo frigorifero facendo funzionare la macchina che sta funzionando per la produzione del "freddo" in modalità acqua-

acqua con prestazioni maggiori, che non nel caso di funzionamento acqua-aria. In caso all'interno dell'edificio non siano presenti carichi, e vi sia la richiesta di sola energia termica l'unica macchina in grado di produrla è l'unità polivalente. In questo funzionamento il gruppo funziona come pompa di calore acqua-aria, con la batteria ad aria che funziona da evaporatore. Quest'ultimo scambiatore in funzione delle condizioni esterne, ha la possibilità di formazione di ghiaccio sulle alette della batteria penalizzando lo scambio termico. La macchina risente di questo e aziona un ciclo di antisbrinamento invertendo il ciclo e facendo funzionare lo scambiatore esterno da condensatore. Questo problema qual'ora vi fosse richiesta di energia frigorifera non si presenta in quanto lo scambiatore esterno non viene più utilizzato e la macchina funziona in modalità acqua-acqua. Ricordo che la macchina è composta da due cicli e che in caso di guasto di uno dei componenti del ciclo frigorifero, vi è il secondo ciclo che assicura il funzionamento. Se le condizioni esterne sono inferiori ai -15°C , e la macchina non sta producendo energia frigorifera, il funzionamento della macchina non è assicurato, perciò come garanzia alla società, essendo questa l'unica macchina a servizio di questo edificio, per la produzione di energia termica è stata installata una resistenza elettrica da 100kW per la produzione di calore.

Dopo aver analizzato la condizione invernale, dove principalmente si spiega la modalità di produzione di energia termica che può avvenire o per recupero dal ciclo frigorifero o prodotta dall'unità polivalente in funzionamento pompa di calore, qualora non vi fosse la produzione di energia frigorifera; passiamo alla situazione estiva o cosiddetta delle mezze stagioni.

FUNZIONAMENTO ESTIVO: come sottolineato più e più volte il funzionamento di queste particolari macchine implica in ambiente una dissipazione di un gran quantitativo di energia, motivo per cui soprattutto nella stagione calda le macchine dovrebbero produrre continuamente energia frigorifera, questa produzione viene limitata nelle mezze stagioni o quando le condizioni esterne lo permettano privilegiando il funzionamento in free-cooling delle unità di trattamento aria che servono le baie. Il funzionamento dei gruppi frigoriferi in richiesta di potenza frigorifera è in funzione del carico richiesto, ovvero se il carico è di modeste entità e il gruppo polivalente è in grado di soddisfarlo parte quest'ultimo, altrimenti siccome il gruppo frigorifero a recupero di calore è di taglia maggiore interviene e fa sì che il gruppo polivalente si spenga qualora non vi fosse più bisogno.

Per valutare meglio il consumo di energia frigorifera da parte dell'impianto nella prima fase di installazione, si è previsto di installare dei contabilizzatori di energia i quali sotto sistema di supervisione, memorizzano tramite eventi storici nella memoria del regolatore i consumi di energia frigorifera dell'edificio. Questo permette una migliore valutazione della taglia dell'ultimo gruppo frigorifero che si installerà nei prossimi anni.

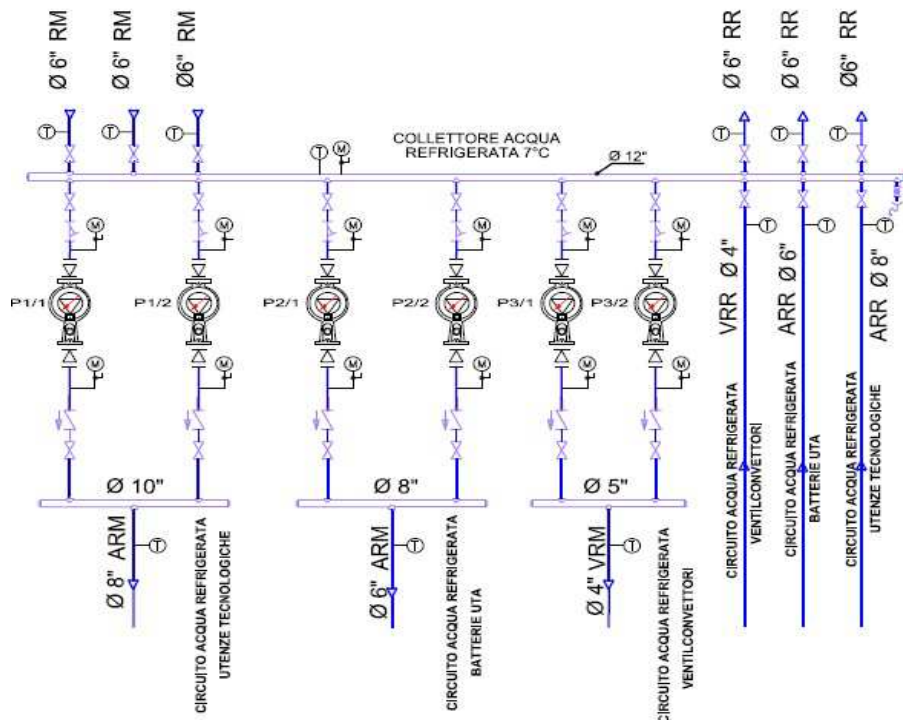
3.4 Centrale tecnologica

Descritti tutti i circuiti che servono le diverse zone dell'edificio, analizziamo ora come è composta la centrale tecnologica che sta a monte di questi impianti.

La rete dell'acquedotto in ingresso al fabbricato nel piano interrato trova la centrale idrica nel locale a lei dedicata, composta da gruppo di sovrappressione e l'addolcitore dell'acqua a doppia colonna.

La vera e propria centrale tecnologica è posta sotto l'eliporto in copertura, qui troviamo il corpo centrale dell'impianto composto da due collettori uno freddo e uno caldo, i gruppi di dosaggio, il bollitore dell'acqua sanitaria con una resistenza da 10 kW e i diversi gruppi di pompaggio.

Si fa notare che un corretto funzionamento dell'impianto, dotato di gruppi frigoriferi, deve avere un contenuto d'acqua di $6,5 \div 8$ litri/kW installati; dai calcoli svolti in sede di progettazione, si è dimensionato il collettore in modo tale che la sua funzione, oltre a quella tradizionale, fosse anche da serbatoio inerziale in quanto il suo contenuto d'acqua fosse tale da assolvere questo compito; inoltre la sua struttura gli permette di funzionare anche da separatore idraulico. Infatti collettori sono costituiti da un corpo centrale unico sia per l'andata che per il ritorno in modo da suddividere la portata primaria dai gruppi frigoriferi (produzione di potenza) dalla portate secondarie delle varie utenze (distribuzione della potenza).



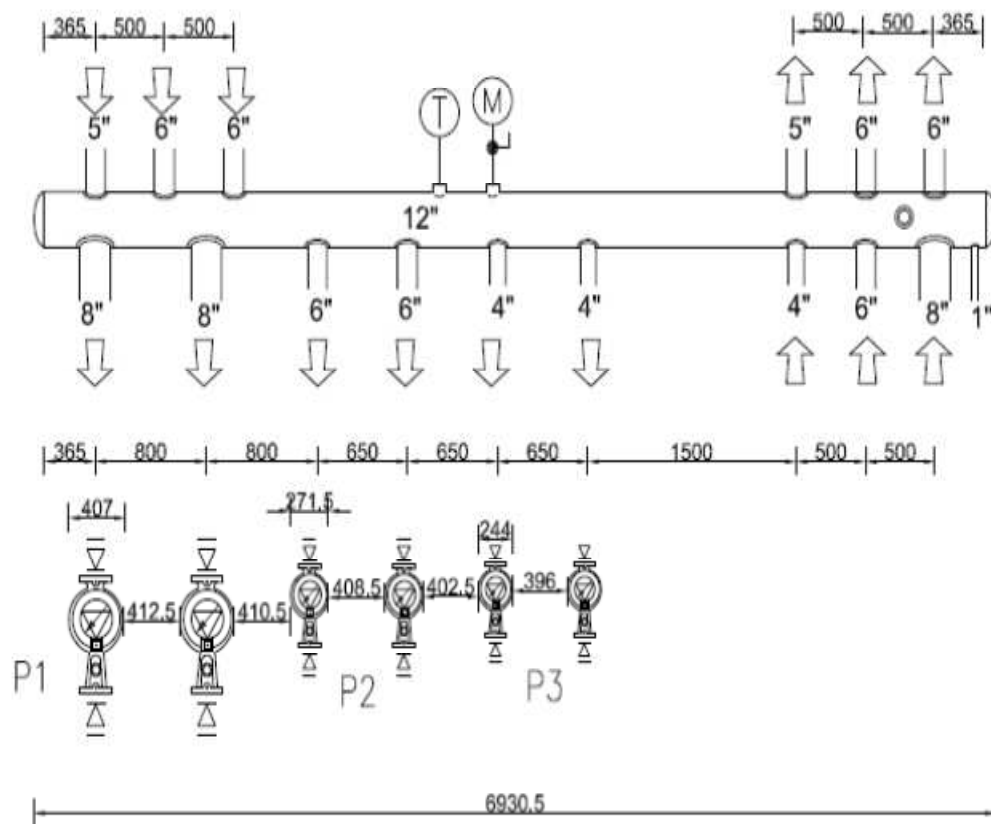


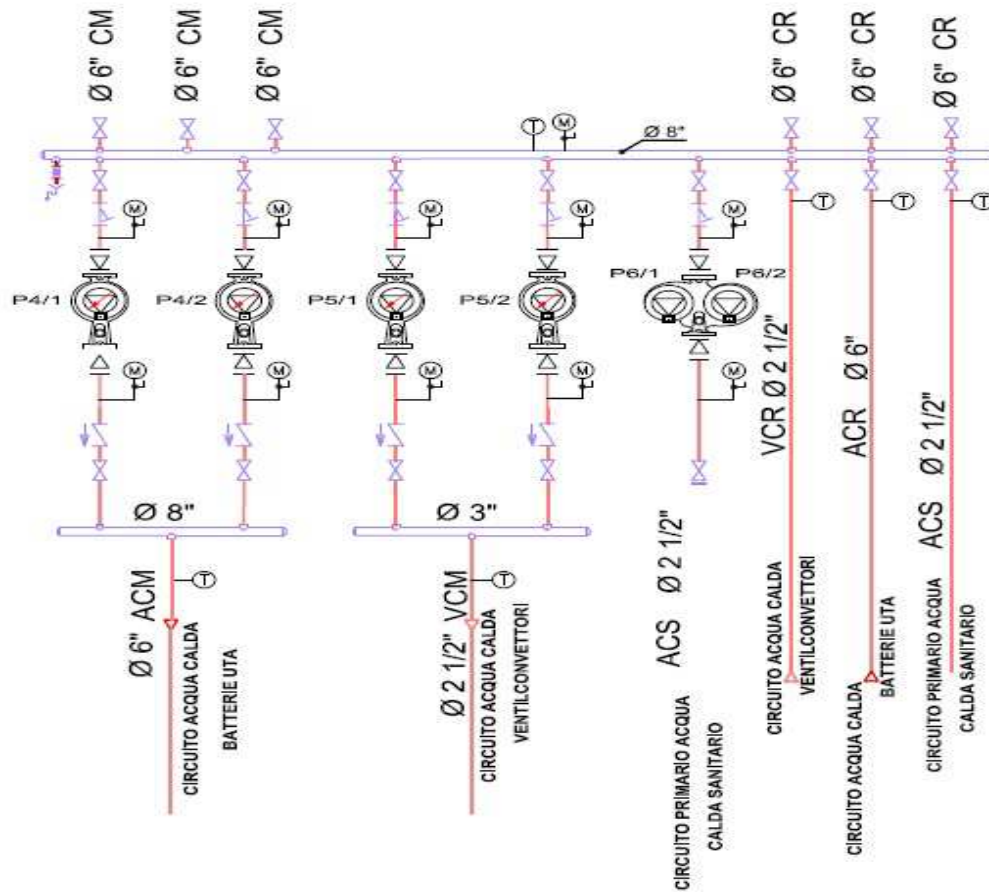
Figura 3.26: Collettore freddo.

Come riportato dall'immagine soprastante possiamo vedere come il collettore ha nella parte sinistra in alto gli ingressi dei gruppi frigo mentre a destra in alto i ritorni dei gruppi frigo, questo sistema assicura una corretta portata primaria ai gruppi frigoriferi anche se si verificano variazioni di portata secondaria, dovuti agli inverter dei gruppi di pompaggio.

Come si nota si è deciso di adottare la soluzione a doppia pompa singola per ogni circuito per una maggiore affidabilità. Possiamo identificare i diversi circuiti:

- Circuito utenze tecnologiche: in questo circuito sono collegati tutti i condizionatori delle computer room, le UTA cabin, gli scambiatori ad olio e i condizionatori delle sale idrauliche. Questo circuito ha una partenza dal collettore di $\varnothing 8''$ che scende attraverso il cavedio posto a metà edificio e scende fino al piano interrato dove qui si disloca ad anello per servire tutte le utenze ad esso collegato. Il tipo di anello è a ritorno inverso, in modo da bilanciare meglio il circuito. Ad ogni utenza si è installata una valvola di taratura la quale permette di stabilire con precisione la portata in ingresso all'utenza stessa.

- Circuito batterie di raffreddamento UTA: la partenza è da $\varnothing 6''$ e si dispone lungo tutta la copertura e alimenta tutte le diverse UTA.
- Circuito ventilconvettori: la partenza di questo impianto è da $\varnothing 4''$ e si riduce man mano che scende e serve i diversi piani.



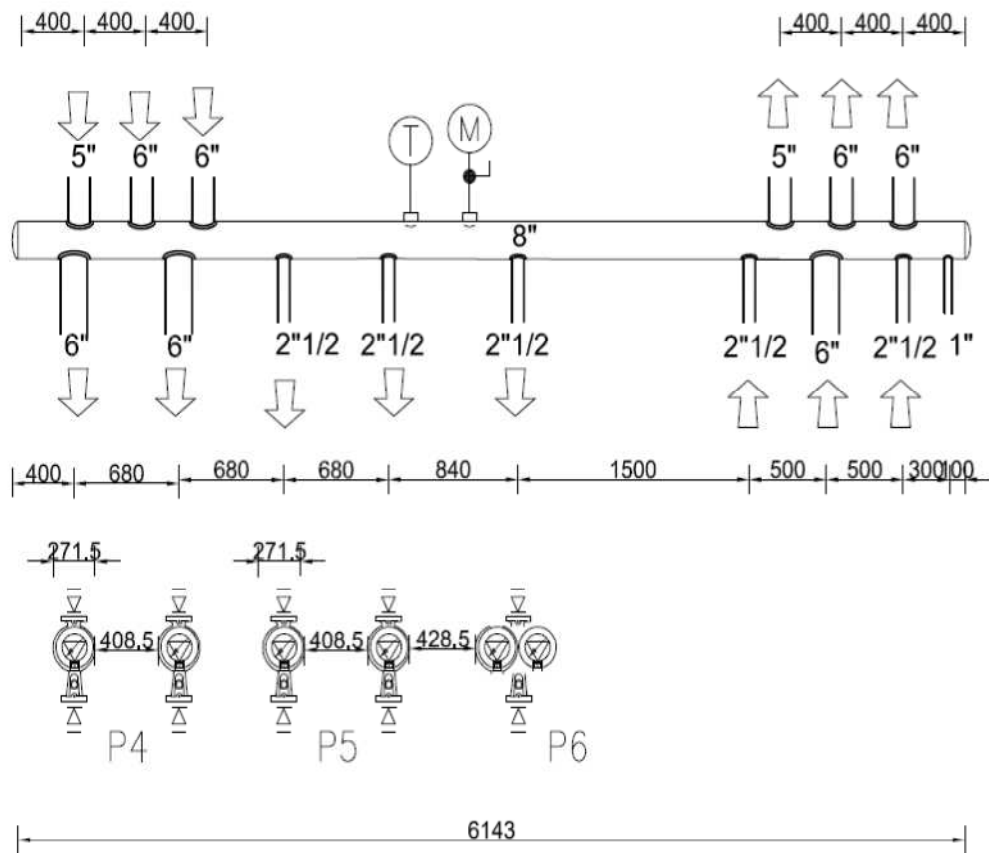


Figura 3.27: Collettore caldo.

Nell'immagine sopra è riportato il collettore caldo di dimensioni inferiori, ma installato con la stessa logica in modo da disaccoppiare la portata primaria dei gruppi frigoriferi dalla portata di distribuzione.

I circuiti ad esso collegati sono:

- Circuito batterie calde UTA tubazione di partenza $\varnothing 6''$.
- Circuito ventilconvettori $\varnothing 2''1/2$.
- Circuito primario acqua calda sanitario $\varnothing 2''1/2$, che alimenta lo scambiatore del circuito primario del bollitore dell'acqua calda sanitaria.

La scelta dei diversi gruppi di pompaggio è stata effettuata tenendo conto: che è necessario considerare un margine di sicurezza sia sulla prevalenza sia sulla portata, margine dovuto al fatto che raramente in cantiere l'impianto viene realizzato nel dettaglio come è stato progettato, che il punto di lavoro individuato corrisponda ad una zona di buon rendimento idraulico per limitare il consumo energetico, che spesso per assenza di efficaci operazioni di taratura e conseguente presenza di rilevanti portate parassite il punto di lavoro effettivo sarà inevitabilmente spostato verso destra nella curva di lavoro (zone a maggior

portata) per cui è necessario che il motore elettrico che trascina la pompa sia dotato di un buon margine di riserva per evitare che l'assorbimento elettrico sia superiore ai valori di targa.

In questi ultimi anni sempre per cercare di limitare i consumi energetici sono state prodotte pompe già dotate di inverter, regolatore elettronico e sonda di pressione differenziale. Dette pompe, regolabili sia a prevalenza costante sia a prevalenza decrescente al decrescere della portata, sono particolarmente idonee per essere accoppiate ad impianti a portata variabile e quindi con valvole di regolazione a due vie (anziché le classiche valvole a 3 vie che garantiscono una portata in circolo approssimativa-mente costante).

In questo impianto sono state scelte pompe dotate di inverter, in modo da regolare la portate in funzione del carico.



Figura 3.28: Pompa gemellare, marca KSB, serie Etaline

Vengono riportate nella tabella sotto, tutte le elettropompe dei diversi circuiti, con le relative caratteristiche principali.

Modello	Circuito	Portata [m³/h]	Prevalenza [mca]	Potenza [kW]	Velocita'
KSB Etaline GN100- 250/1854 P1/1 P1/2	Utenze tecnologiche Freddo	140,00	31,00	18,5	Variabile
KSB Etaline GN100- 170/554 P2/1 P2/2	UTA Freddo	125,00	11,00	5,5	Variabile
KSB Etaline GN050- 160/224 P3/1 P3/2	Ventilconvettori Freddo	35,00	12,00	2,2	Variabile
KSB Etaline GN100- 170/554 P4/1 P4/2	UTA Caldo	110,00	11,00	5,5	Variabile
KSB Etaline GN032- 200/154 P5/1 P5/2	Ventilconvettori Caldo	10,00	19,00	1,5	Variabile
KSB Trialine N Z 32-160/334 P6/1 P6/2	ACS	5,00	6,50	0,37	Costante
KSB UPS 20-45 N150	Ricircolo ACS	1	3	0,12	Costante

Tabella 3.6: Tabella Caratteristiche elettropompe

Viene riportato sotto il costruttivo, in particolare l'installazione dello stacco dalle tubazioni al collettore e il gruppo di pompaggio con la successiva tubazione che si innesta nel collettore di mandata.

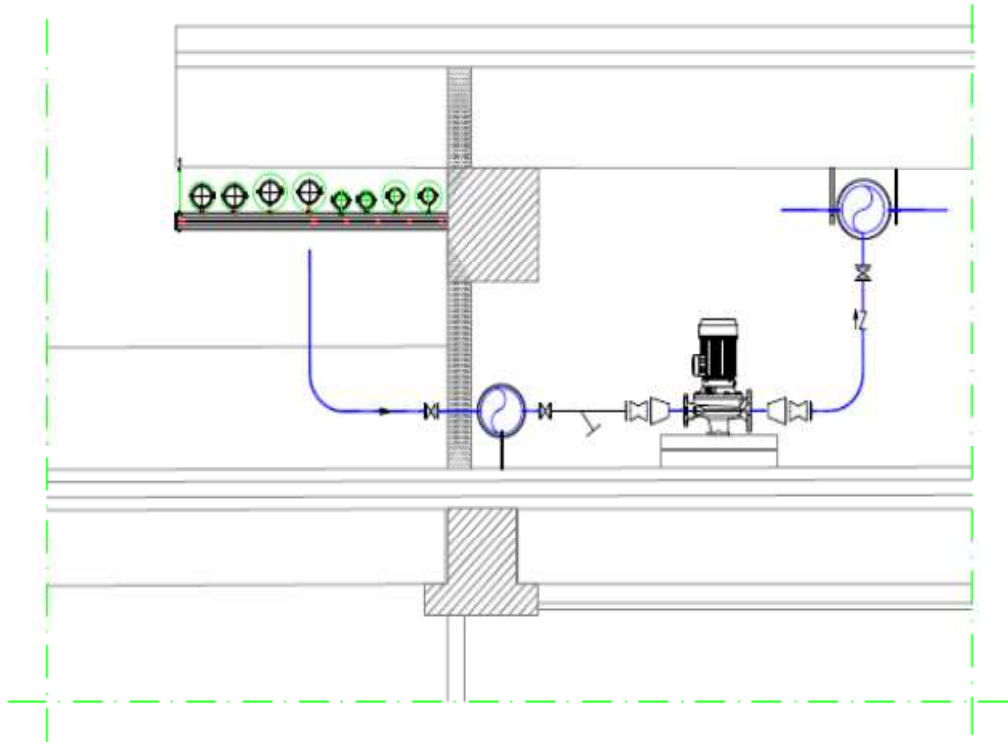


Figura 3.29: Costruttivo centrale tecnologica.

Nella centrale sono presenti i sistemi di trattamento acqua per l'antilegionella, il sistema di trattamento per l'impianto di riscaldamento e per la linea degli umidificatori delle UTA. I sistemi di trattamento sono principalmente composti da una pompa dosatrice che grazie ad un contatore lancia impulsi immette nel circuito un composto chimico che miscelandosi con l'acqua agisce contro diversi fattori.

Il sistema antilegionella utilizza come prodotto un liquido concentrato e stabilizzato a base di perossido di idrogeno e ioni argento per sanificare e mantenere protetti dalla Legionella Pneumophila e dal biofilm sugli impianti per acqua calda e fredda potabile.

Per la linea di riscaldamento invece si utilizza una composizione bilanciata di inibitori di corrosione e agenti antincrostanti avente anche graduale effetto risanante in grado di proteggere dalle incrostazioni calcaree e dalle corrosioni.

Per la linea degli umidificatori delle UTA è stato installato un apparecchio monoblocco rivestito con pannellatura in lamiera verniciata e zincata di colore antracite per la dissalazione dell'acqua secondo il principio dell'osmosi inversa da impiegare per dissalare acqua avente caratteristiche potabili o comunque con una salinità totale max. di 1000 mg/l come NaCl al fine di produrre acqua osmotizzata a bassa salinità per uso tecnologico e di processo.

Atri due componenti di fondamentale importanza che troviamo nella centrale tecnologica sono i vasi di espansione. Tali componenti servono a compensare l'aumento di volume dell'acqua dovuto all'innalzamento della temperatura degli impianti di raffrescamento e di riscaldamento, vengono dimensionati sul contenuto totale d'acqua dell'impianto. Ne troviamo due da 100 litri sull'impianto di riscaldamento e uno da 150 litri sull'impianto di raffreddamento.

Per il circuito sanitario, come prima anticipato, è presente un bollitore FIORINI da 500 litri, dotato di scambiatore a piastre sul primario e avente una resistenza elettrica da 10 kW. La resistenza elettrica è stata prevista in caso venisse a mancare la potenzialità termica fornita dai gruppi frigoriferi e poiché nel piano terra sono presenti 5 docce negli spogliatoi, questa soluzione è quella che fornisce con maggiore rapidità l'acqua alle utenze.

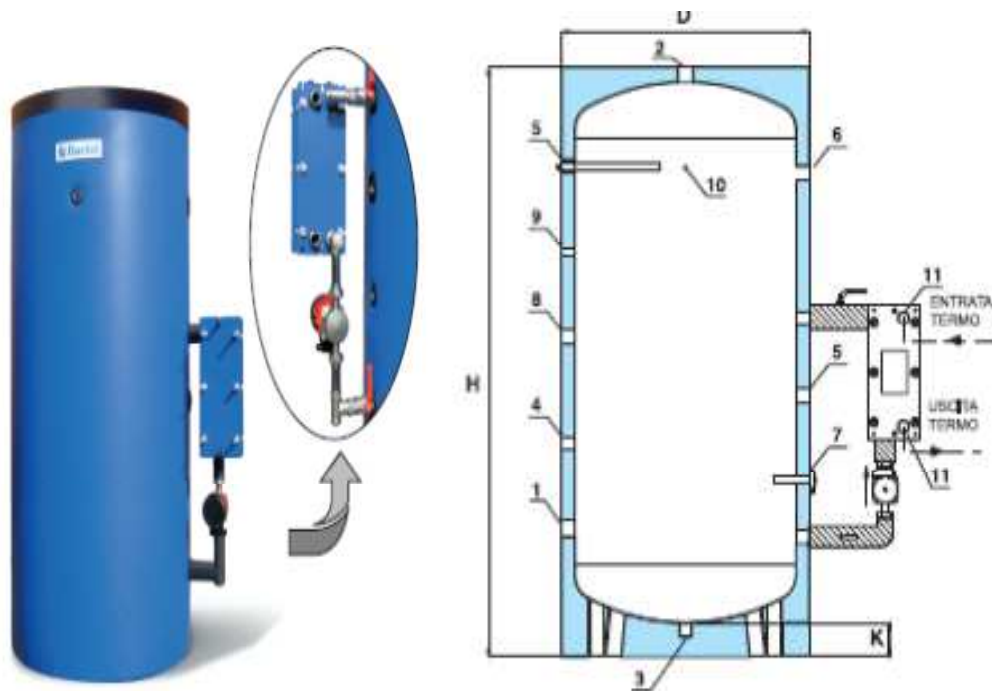


Figura 3.30: Bollitore sanitario.

La rete di distribuzione dell'acqua fredda e calda sanitaria, nonché del ricircolo sarà composta da tutte quelle tubazioni che, partendo dalla centrale termica, porteranno l'acqua ai piani ed alle diverse utenze finali. I collegamenti tra le apparecchiature della centrale idrica, e tutte le reti di distribuzione saranno eseguite con tubazioni di acciaio zincato senza saldatura, collegate con

raccorderia di ghisa malleabile zincata e/o flange filettate e zincate. Tutte le tubazioni di distribuzione di acqua calda e fredda saranno rivestite inoltre con isolamento in guaina flessibile e le tubazioni poste in vista nelle centrali in copertura ed al piano interrato saranno rifinite con lamierino di alluminio.

In base al numero ed alla tipologia delle utenze presenti all'interno di ogni piano è stato eseguito il dimensionamento dei vari tratti della tubazione dell'acqua fredda e di quella calda e successivamente il dimensionamento dei tratti comuni. Tale dimensionamento è stato eseguito utilizzando il modello di calcolo proposto dalla norma UNI 9182, che riguarda gli impianti di alimentazione di acqua sanitaria. Il metodo tiene conto delle condizioni di esercizio più gravose, che si verificano in corrispondenza della portata massima contemporanea, il cui valore servirà al dimensionamento delle tubazioni e degli altri componenti della rete di distribuzione.

Il metodo utilizzato per calcolare la portata massima contemporanea è quello delle unità di carico [17]: un'unità di carico è quel valore che, assunto convenzionalmente, tiene conto della portata di ogni punto di erogazione, delle sue caratteristiche funzionali e dimensionali e della sua frequenza d'uso; ad ogni unità di carico corrisponde un valore di portata. Nella tabella 5.7 si riportano i valori di unità di carico assegnati dalla norma citata alle utenze che hanno riguardato il progetto in questione.

APPARECCHIO	AFS	ACS	AFS+ACS
Lavabo	1,5	1,5	2
Vaso con cassetta	5	-	5
Doccia	3	3	4

Tabella 3.7: Unità di carico per edifici ad uso pubblico (alberghi, uffici, ecc.)

I valori delle unità di carico totali, acqua fredda più acqua calda, verranno utilizzati per dimensionare la tubazione a monte del sistema di preparazione dell'acqua calda sanitaria. Per un determinato valore del numero di unità di carico ottenuto, la norma UNI 9182 fornisce le portate corrispondenti. Nella tabella seguente si riportano tali valori.

Unità di carico	Portata [l/s]	Unità di carico	Portata [l/s]
6	0,30	120	3,65
8	0,40	140	3,90
10	0,50	160	4,25
12	0,60	180	4,60
14	0,68	200	4,95
16	0,78	225	5,35
18	0,85	250	5,75
20	0,93	275	6,10
25	1,13	300	6,45
30	1,30	400	7,80
35	1,46	500	9,00
40	1,62	600	10,00
50	1,90	700	11,00
60	2,20	800	11,90
70	2,40	900	12,90
80	2,65	1000	13,80
90	2,90	1250	15,50
100	3,15	1500	17,50

Tabella 3.8: Determinazione della portata massima contemporanea con il metodo delle unità di carico

Nella norma si possono trovare le corrispondenti portate massime contemporanee anche per valori di unità di carico maggiori di quelli qui riportati, mentre per valori di unità di carico non presenti in tabella si ha la possibilità di calcolare i valori di portata corrispondenti attraverso un procedimento di interpolazione lineare.

Conclusione

Grazie alla soluzione adottata, tenendo conto della struttura dei carichi dei simulatori si è riusciti a migliorare l'efficienza complessiva del sistema.

L'organizzazione dei corsi dell'Accademia piloti della Società AgustaWestland, che comporta un funzionamento continuativo dei simulatori di volo, e di conseguenza l'esigenza di asportare le dissipazioni intrinseche del loro funzionamento attraverso una produzione di potenza frigorifera, permette di avere una disponibilità di energia termica, proveniente dal recupero di calore del ciclo frigorifero, anch'essa permanente. Tutto ciò con coefficienti di prestazione delle macchine molto elevati come riporta lo stralcio della scheda tecnica sotto esposta.



AquaForce™ Refrigeratore a vite Condensato ad Aria



Performance Information

Modo Recupero di Calore

Resa in Riscaldamento:.....	886,2	kW
Resa Raffreddamento:.....	716,6	kW
Potenza Totale del Compressore:.....	184,4	kW
Total Unit Power:.....	186,2	kW
Heating Efficiency:.....	4,77	kW/kW
Cooling Efficiency:.....	3,85	kW/kW

Modalità raffreddamento ad Aria

Resa Raffreddamento:.....	696,8	kW
Potenza Totale del Compressore:.....	188,6	kW
Potenza Totale Motore Ventilatore:.....	19,3	kW
Total Unit Power:.....	209,7	kW
Efficienza (senza pompa):.....	3,36	kW/kW
ESEER:.....	3,96	kW/kW
Livello di potenza acustica ponderata -A:.....	97	dB(A)

Figura 4.1: Scheda tecnica Gruppo Carrier 30XA0702.

I dati sopra riportati, permettono anche di notare che senza recupero di calore il coefficiente di prestazione della macchina è all'incirca 4, tenendo presente che le apparecchiature installate nella centrale termofrigorifera dello stabilimento, ovvero tradizionali chiller del tipo acqua-acqua con torri evaporative, hanno coefficienti di prestazioni di poco maggiore senza la possibilità però di recuperare l'energia termica dissipata dalle torri evaporative.

Qualora venissero a mancare i carichi termici all'interno del Fabbricato e vi fosse la richiesta di energia termica, essa è assicurata dal gruppo polivalente che permette tramite il funzionamento in pompa di calore tale produzione. In questo caso il coefficiente di prestazione della macchina è funzione delle condizioni climatiche esterne, ma sono state selezionate apparecchiature in grado di coprire la richiesta fino a 50°C con una temperatura esterna di -10°C come riportato nell'immagine sotto.

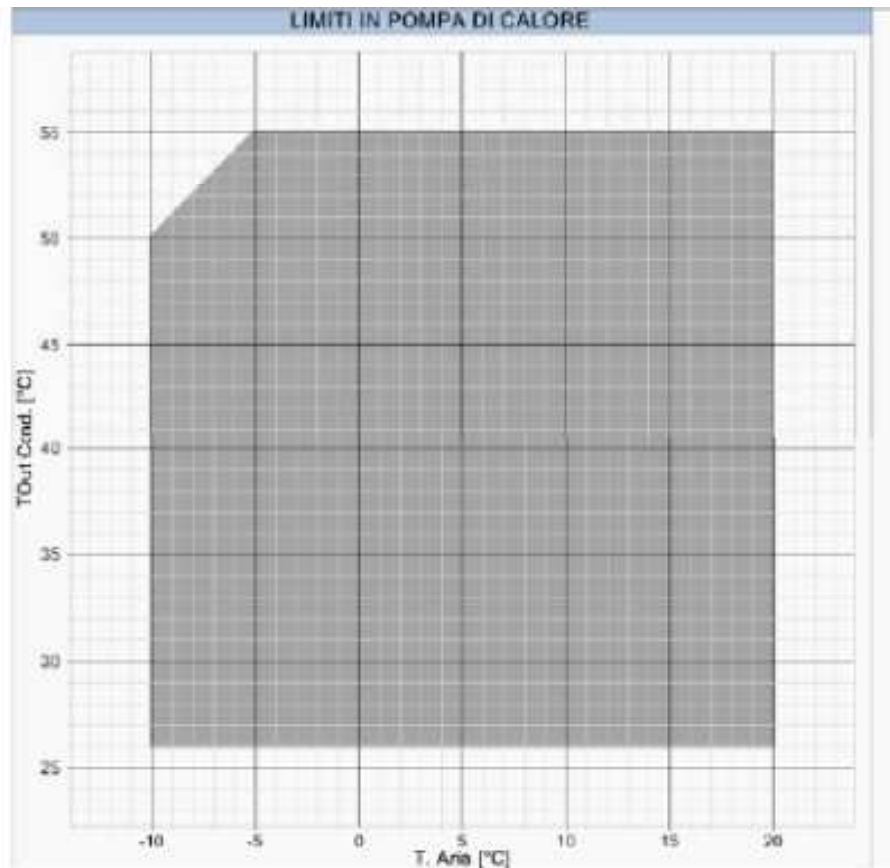


Figura 4.2: Limiti di funzionamento Gruppo polivalente.

In casi estremi la temperatura scenda al di sotto dei -10°C e non vi fosse la possibilità del recupero di calore, vi è stata predisposta una resistenza elettrica che garantisca alla società l'energia richiesta.

Bibliografia

- 1 - Nicola Rossi – MANUALE DEL TERMOTECNICO – *Fondamenti Riscaldamento Condizionamento Refrigerazione*
2007, HOEPLI
- 2 - Aicarr – MANUALE D'AUSILIO ALLA PROGETTAZIONE TERMOTECNICA – *Miniguia AICARR*
- 3 - Luca Stefanutti – MANUALE DEGLI IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE – *Carrier tha art of conditioning*
Dicembre 2007, Tecniche Nuove
- 4 - Prof. Giuliano Cammarata, Facoltà di ingegneria di Catania – IMPIANTI TERMOTECNICI –
- 5 - Mario Doninelli - I CIRCUITI E I TERMINALI DEGLI IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE – Quaderno 2 Caleffi
- 6 - Marco e Mario Doninelli – TABELLE E DIAGRAMMI PERDITE DI CARICO ARIA E ACQUA – Quaderni Caleffi
- 7 - UNI 9182: *Impianti di alimentazione e distribuzione d'acqua fredda e calda - Criteri di progettazione, collaudo e gestione*
Agosto 2008