

**Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia
Dipartimento di Scienze e Metodi dell'Ingegneria**

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale

A.A. 2024/2025

**Controllo qualità e monitoraggio avanzato degli
impianti produttivi di un'azienda farmaceutica**

Relatore:

Prof. Ing. Luca Montorsi

Correlatore:

Dott. Flavio Vallicelli

Laureando:

Creatura Matteo

INDICE

INTRODUZIONE.....	8
1.1 Scopo del progetto.....	8
1.2 Il progetto punto per punto.....	10
1.3 Presentazione Sae Scientifica.....	14

CAPITOLO 2 STUDIO EDIFICIO DEL CLIENTE E SERVIZI PRIMARI.....16

2.1 Impianti edifici cliente.....	16
2.1.1 Impianto produzione acqua calda, refrigerata e di condensazione.....	16
2.1.2 Impianto recupero calore da fumi generatori di calore.....	19
2.2 Codici identificativi servizi.....	20
2.3 Sistema 3002-3003 Pompe di calore e chiller.....	21

2.3.1 Sistema 3016 – Circuito acqua di torre.....	26
2.3.2 Sistema 3003 – Produzione acqua refrigerata.....	27
2.3.3 Sistema 3011 – Produzione di vapore.....	28

CAPITOLO 3 PRINCIPALI STRUMENTI E ATTREZZATURE PRESENTI NEGLI IMPIANTI.....	30
--	-----------

3.1 Gli strumenti principali.....	30
3.1.1 I multimetri.....	30
3.1.2 I contacalorie.....	32
3.1.3 UTA, relativa portata e altre misure.....	35
3.2 Focus su estrazione dati multimetri.....	38
3.3 Elenco attrezzature.....	41

**CAPITOLO 4 SOPRALLUOGHI E ULTERIORI
RICHIESTE CLIENTE47**

4.1 Sopralluoghi in campo.....47

4.2 Richiesta spegnimento 10-13 gennaio.....54

4.3 Analisi chiller ed estrazione dati dal 2024.....55

4.4 Estrazione dati CH05 per dicembre 2025.....57

**CAPITOLO 5 EnPI, PME E ANALISI
PREDITTIVA.....60**

5.1.1 KPI ed EnPI.....60

5.1.2 La norma ISO 50001.....62

5.2 Dashboard e implementazione su PME.....63

**5.3 Analisi ordinaria e
predittiva.....65**

**5.3.1 Le differenze di approccio fra le due
analisi.....65**

5.3.2 L'analisi predittiva tramite dashboard.....67

CAPITOLO 6 CONCLUSIONI.....71

RINGRAZIAMENTI.....73

BIBLIOGRAFIA.....75

Riassunto - Abstract

Nel presente progetto di tesi ai fini del tirocinio viene presentato quello che è un lavoro di controllo qualità ma anche rilevamento ed estrazione di dati appartenenti a svariati usi energetici di cui fa uso l'azienda cliente.

L'obiettivo principale del lavoro è verificare che tutto ciò che è parte degli impianti del cliente funzioni correttamente e senza alcun minimo errore, essendo quest'ultimo un'azienda farmaceutica di grande rilevanza e di valutarne lo studio delle prestazioni energetiche ed ambientali di conseguenza.

Il progetto prevede che a seguito di sopralluoghi venga inizialmente studiata in maniera dettagliata quella che è la struttura impiantistica degli edifici dell'azienda, i relativi usi energetici e gli strumenti che vengono utilizzati per rilevare i dati principali.

La parte principale del lavoro, invece riguarda l'utilizzo di un particolare software collegato ad un database in grado di estrarre i principali dati d'interesse su base oraria, giornaliera o cumulata in base a quella che è la richiesta del cliente; in pratica l'azienda cliente possiede impianti di produzione dotati di sensori e lo scopo del progetto è quello di associare ciascun sensore ad un KPI tramite il software in questione, al fine di analizzare i KPI energetici su un'unica interfaccia e dunque gestire meglio l'energy management degli impianti e da questo punto comprendere se vi sono importanti miglioramenti nel monitoraggio del sistema o scostamenti a seguito delle modifiche effettuate ai vari impianti nel corso degli ultimi anni.

1 INTRODUZIONE

1.1 Scopo del progetto

Il progetto di tesi nello specifico riguarda lo studio delle prestazioni energetiche e ambientali di un'azienda del settore farmaceutico tra le più importanti del panorama. L'azienda farmaceutica cliente è un gruppo internazionale attivo nel settore biofarmaceutico, con una forte specializzazione nelle malattie respiratorie, nelle patologie rare e nelle terapie ospedaliere. Fondata negli anni 30, l'impresa ha sviluppato nel tempo una presenza globale, con filiali operative in numerosi Paesi e una rete consolidata di ricerca, produzione e distribuzione. L'azienda investe in modo significativo in ricerca e sviluppo, collaborando con centri accademici, ospedali e partner industriali a livello internazionale. Una parte rilevante del proprio impegno è orientata all'innovazione terapeutica e allo sviluppo di soluzioni ad alto valore clinico, con particolare attenzione alla sostenibilità e alla responsabilità sociale d'impresa.

Negli ultimi anni, l'organizzazione ha rafforzato la propria strategia, integrando obiettivi ambientali e sociali nel modello di business e adottando standard elevati in termini di governance, trasparenza e impatto sul territorio. La sede principale si trova in Emilia-Romagna, dove mantiene un forte legame con il tessuto industriale e universitario locale, pur operando in un contesto fortemente internazionale. La maggior parte dei prodotti, sono frutto della ricerca interna, ma la pipeline comprende anche prodotti che nascono da collaborazioni e partnership con altre aziende farmaceutiche.

Lo scopo è quello di controllare che i sistemi energetici all'interno del centro ricerche e quindi dei laboratori del posto, funzionino correttamente e rispettino le normative con uno sguardo particolare alla ISO 50001 che si occupa di gestione dei sistemi energetici. Essa in particolare serve a migliorare le prestazioni energetiche, ridurre i costi energetici, garantire la conformità alle normative e promuovere una cultura dell'efficienza energetica. Segue il modello PDCA(Plan,Do,Check,Act) tipico delle norme ISO. I principali benefici che apporta sono: una riduzione dei costi energetici, migliore reputazione ambientale, aumento della consapevolezza energetica. Di base nell'azienda cliente, ci sono dei sensori attaccati agli impianti che misurano parecchie cose diverse.

Ad oggi per estrarre i dati si utilizza un software che individua sensore e relativo KPI, successivamente ci sarà da fare una correlazione tra sensore e KPI. In base ai sensori estratti (che tipo è, cosa misura, su quali impianti siamo) si capirà cosa misurano i vari sensori e ciò permetterà dunque l'elaborazione dei dati sull'energy management dei loro impianti.

In pratica il cliente ha impianti di produzione (macchinari) dotati di sensori, che raccolgono continuamente dati come; consumi energetici (elettricità, gas, acqua), temperature, pressioni. L'azienda ha quindi deciso di acquistare un software dedicato all'analisi dei dati dei sensori. Questo software mostra un'interfaccia dati (dashboard) e permette di associare ogni sensore ad un certo KPI (ad esempio sensore S1 misura consumo elettrico della linea produttiva A) quindi associo sensore S1 al KPI "consumo energetico linea A", bisogna dunque:

1. Estrarre i dati dei sensori (da un database)
2. Capire per ciascun settore cosa misura (energia, temperatura) e su quale impianto lavora
3. Collegare ogni sensore al relativo KPI
4. Importare tutto nel software

Infine, il software sarà in grado di elaborare automaticamente i dati dei sensori, si potranno visualizzare ed analizzare i KPI energetici su un'unica interfaccia e dunque si potrà gestire meglio l'energy management dei propri impianti migliorando consumi e performance.



Fig. 1.1 - Centro ricerche cliente

1.2 Il progetto punto per punto

Come primo passo del progetto sono stati analizzati i vari utilizzi dell'energia all'interno dei laboratori del centro ricerche; sono state fatte svariate distinzioni a livello del tipo di utilizzo dove sono stati presi in considerazione: aria compressa, ups, ventilazione, produzione acqua fredda e acqua calda, vapore, illuminazione e forza motrice linea normale, racchiudendo in tutto ciò sia i consumi elettrici che quelli termici, che grazie all'utilizzo del diagramma Sankey risultano prevalenti e circa il 45% del consumo totale. In questo studio, quindi, sono stati rappresentati a livello qualitativo e quantitativo i consumi dell'energia.

Il diagramma Sankey presenta a livello quantitativo tutti quelli che sono i consumi in Kwh dei vari utilizzi energetici e specifica la provenienza di questi ultimi a livello di singola unità di provenienza (ad esempio gruppo frigo CH002, UTA edificio B, uffici laboratori) indicando per ciascuna unità/stanza il consumo specifico che quest'ultima apporta. Tramite questo diagramma identifico le fonti principali di energia ed in secondo luogo individuo utenze più energivore per capire un'eventuale priorità di intervento ed eventualmente fare un'analisi finale sulle percentuali dei consumi e magari proporre interventi di miglioramento.

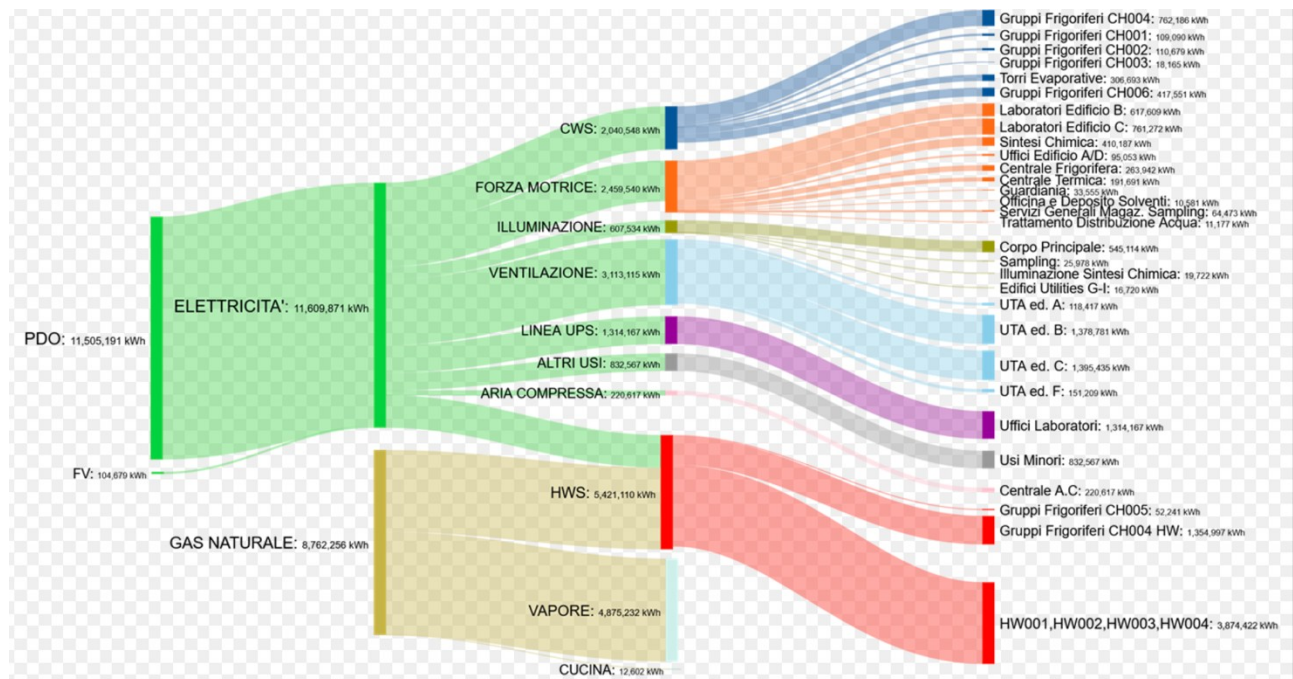


Fig. 1.2 Diagramma Sankey

Possibili azioni concrete possono essere un recupero di calore tra sistemi, ottimizzazione UTA, efficientamento illuminazione (LED). Per quanto riguarda invece lo schema qualitativo su consumo e variabile serve per capire come e dove viene consumata energia, per costruire un bilancio energetico o impostare un sistema di monitoraggio dei consumi.

La sezione consumo descrive le varie utenze o sistemi che consumano energia nei laboratori. La sezione variabile elenca le variabili di misura associate a ciascun consumo, cioè i dati effettivi che servono per calcolare o stimare il consumo energetico.

In sintesi, lo schema mette in relazione ogni uso energetico con le relative variabili misurabili, specifica come vengono raccolti i dati (strumenti, sensori, frequenze); può servire come base per modelli di monitoraggio o diagnosi energetica. Indica chi consuma cosa, con quale fonte energetica e come viene monitorato o stimato, utile per analizzare efficienza o costruire un piano di miglioramento. Vengono inoltre indicate le modalità di misura di consumi e variabili quali multimetri, contacalorie oppure sonde e dati clima. Inizialmente si utilizzava un file excel per questi dati grezzi dei sensori che però non è risultato precisissimo; quindi, il cliente ha scelto di utilizzare un software più adatto alla tipologia di lavoro. In breve, quindi i dati grezzi per i sensori dal file excel passano ad un software di analisi, successivamente associo ogni sensore ad un KPI e ho un'analisi finale KPI portando dunque ad un miglioramento delle prestazioni produttive.

Per quanto riguarda lo schema consumo variabile è importante in particolar modo il sistema specifico che utilizza il vettore energetico, ad esempio per la ventilazione le UTA nei sottotetti dei vari edifici, oppure per la produzione di acqua refrigerata la somma dei gruppi frigo e torri evaporative o per quanto riguarda l'illuminazione, ho illuminazione del corpo principale (cioè palazzine A,B,C,D,esterna) più illuminazione degli edifici utilities G-I. Fondamentale è anche il vettore variabile che indica il tipo di energia associato alla variabile quali ad esempio il gas per aria compressa e ventilazione, elettricità per la linea UPS o calorie per quanto riguarda la produzione di acqua calda.

In particolare, si possono descrivere i vari utilizzi dell'energia:

1. Aria compressa è un sistema che comprime l'aria atmosferica per alimentare macchinari, valvole e strumenti; un KPI tipico sono i kwh per Nm^3 di aria compressa
2. Linea UPS è un sistema di alimentazione d'emergenza che fornisce energia elettrica in caso di interruzione di rete, garantisce quindi continuità elettrica; un KPI tipico può essere l'efficienza UPS% (potenza in uscita/potenza in ingresso)
3. Ventilazione, cioè l'insieme di ventilatori e sistemi HVAC che gestiscono il ricambio d'aria, garantisce quindi qualità dell'aria, comfort e sicurezza ed un KPI tipico possono essere i kwh per m^3/h d'aria trattata
4. Illuminazione, ovvero un impianto di luci interne ed esterne con lo scopo di illuminare ambienti di lavoro in conformità alle norme, dove un KPI tipico è kwh/m^2
5. Raffreddamento/chiller, ovvero un sistema che produce acqua refrigerata per macchine o sale e serve per mantenere temperature di processo o ambientali controllate, un KPI tipico è il COP (energia termica utile/energia termica assorbita)

6. Riscaldamento come caldaie o pompe di calore che generano acqua calda o aria calda per ambienti o processi, dove un KPI tipico è rappresentato da efficienza termica %
7. Forza motrice linea normale, cioè tutta l'energia elettrica utilizzata per azionare motori elettrici che non rientrano in sistemi specifici come ventilazione, pompaggio acqua, aria compressa.

Altri usi sono tutti i sistemi di supporto non direttamente legati alla produzione (uffici, laboratori, impianti antincendio) e mantengono operativa e sicura la struttura e un KPI tipico è il consumo energetico per area. Per svolgere questo compito ed analizzare questi dati è stato utilizzato un particolare software ovvero Power Monitoring Expert (PME) sviluppato da Schneider Electric. Power Monitoring Expert è una piattaforma di monitoraggio energetico e per l'analisi della "Power Quality". Essenzialmente si basa su un database SQL nel quale vengono accumulati in maniera ordinata i dati provenienti dai dispositivi di misura installati nell'impianto e da una serie di tools e servizi attraverso i quali vengono gestite le letture dei dati. La piattaforma consente, per mezzo di un'interfaccia web, di eseguire le seguenti attività:

- Visualizzare in tempo reale delle letture
- Visualizzazione dei dati storici
- Produzione di report di varia tipologia
- Configurazione di dashboard
- Configurazione di trend
- Definizione di allarmi sulle grandezze misurate
- Esportazione di dati per analisi all'esterno della piattaforma

Inoltre, il software PME è in grado di realizzare grafici in tempo reale, report preconfigurati ad esempio per consumi, KPI energetici, analisi qualità potenza, cattura degli eventi...

Il sistema PME è realizzato con architettura stand-alone (software PME + SQL). Il software di archiviazione SQL installato è la versione express. Inoltre, con SQL express è necessario controllare regolarmente la dimensione del database, perché una volta raggiunta la capacità massima, non salva più nessun dato. I dati vengono forniti dallo SCADA OSI (modello di riferimento per comunicazione tra sistemi di rete; per capire come i dati viaggiano tra dispositivi diversi, ad esempio tra un contatore elettrico e un server PME), il quale comunica con PME e questi dati sono in real time e sono circa due misurazioni per strumento:

- Energia/potenza per gli strumenti elettrici
- Energia/potenza termica per i contabilizzatori

- Volume/portata per HVAC, gas, acqua

I dati sono stati integrati manualmente su PME, leggendoli da file forniti direttamente da personale dell'azienda cliente.

Per quanto riguarda il centro ricerche vi è da fare un'importante distinzione fra i vari edifici; ci sono gli edifici G ed I che riguardano la parte di generazione e tutti gli altri edifici riguardano invece l'assorbimento.

Sulla generazione nell'edificio G, i vari utilizzi e dispositivi che ci interessano risultano essere:

- Acqua calda da recuperare
- Caldaie
- Pompe di calore
- Chiller
- Vapore
- Torri evaporative

Gli edifici adibiti alla generazione come gli edifici G ed I generano calore, producono freddo, vapore ed elettricità; sono separati idealmente dal resto poiché rumorosi, ingombranti, richiedono sicurezza e servono l'intero sito. Gli edifici che assorbono invece funzionano come utilizzatori assorbendo calore, freddo o vapore, tramite una rete di distribuzione, questi sono:

- Reparti produttivi
- Uffici
- Processi industriali
- Magazzini refrigerati

La distribuzione avviene poiché economicamente e dal punto di vista ambientale sarebbe poco conveniente inserire caldaie o chiller in ogni edificio. Gli edifici A, B, C, D, F, H, L, N, R, S invece assorbono ciò che è generato da edifici G e I.

I vari utilizzi per quanto riguarda gli edifici sono indicati tramite codici per essere riconosciuti; ad esempio 3002 (acqua calda), 3003 (acqua fredda), caldaie (sono 3002-3003 perché ovviamente c'è sia acqua calda che fredda), chiller, oppure 3011 per produzione vapore o 3016 per torri evaporative.

1.3 Presentazione Sae Scientifica

Il tirocinio riguardante la tesi è stato svolto per l'azienda Sae Scientifica S.r.l. facente parte del Gruppo Ing. Ferrari, presso l'unità locale di Modena. La sede di Sae Scientifica è locata a Rho, mentre possiede svariati presidi situati in altre aziende come quello a Parma presso Chiesi, a Siena presso GSK e a Vicenza presso Zambon. Sae Scientifica è un'azienda che fornisce soluzioni per industrie del settore chimico e farmaceutico, coordinamento, gestione centralizzata, consulenze specifiche e vanta illustri e molteplici clienti, di cui alcuni sopracitati come; Chiesi, GSK, Angelini, Bayer, Bracco, LivaNova, nicox ecc...

Ci hanno scelto...



Fig. 1.3 Principali clienti Sae Scientifica

Sae Scientifica mira a essere il partner di riferimento per il settore chimico-farmaceutico, offrendo gestione coordinata di acquisti, logistica e manutenzione strumenti, con obiettivi chiave che includono innovazione, ottimizzazione dei processi e, soprattutto, un forte impegno verso la sostenibilità ambientale tramite la riduzione dell'impatto CO₂, l'uso di energie rinnovabili e la gestione efficiente di acqua, plastica e rifiuti, consolidando la sua posizione grazie alla solidità del Gruppo Ing. Ferrari Spa ed è inoltre certificata ISO 13485 nel 2021, ISO 9001 nel 2015 e ISO 14001 nel 2026.

Vision

- Essere un punto di riferimento globale per l'eccellenza, l'innovazione e la sostenibilità nel supporto ai laboratori chimici e farmaceutici.
- Creare una solida partnership tra storia, esperienza e innovazione per offrire soluzioni complete e all'avanguardia.

Mission

- Fornire soluzioni integrate (acquisti, logistica, manutenzione) per semplificare la gestione dei laboratori.

- Garantire un servizio efficiente, affidabile e altamente qualificato per il settore farmaceutico.
- Promuovere attivamente la sostenibilità attraverso la riduzione delle emissioni, l'efficienza energetica e la gestione responsabile delle risorse.

Obiettivi strategici

- **Sostenibilità:** Adottare pratiche "green", ridurre consumo di plastica e acqua, migliorare la gestione dei rifiuti e pubblicare un bilancio di sostenibilità.
- **Crescita e Innovazione:** Consolidare la leadership di mercato attraverso l'innovazione continua e l'ottimizzazione dei processi.
- **Partnership:** Sfruttare l'integrazione con Ing. Ferrari Spa per ampliare l'offerta di servizi tecnici specializzati.
- **Customer Centricity:** Ascoltare le esigenze dei clienti e adattarsi ai cambiamenti di mercato per offrire soluzioni personalizzate mettendo sempre al centro il cliente.

2 STUDIO EDIFICIO DEL CLIENTE E SERVIZI PRIMARI

2.1 Impianti edifici cliente

2.1.1 Impianto produzione acqua calda, refrigerata e di condensazione

Abbiamo una molteplicità di schemi redatti tramite autocad (fig. 2.1) che rappresentano i vari utilizzi presenti nell'edificio G come produzione acqua calda, acqua fredda, caldaie, chiller, torri evaporative, vapore. La linea rossa in alto rappresenta la mandata dell'acqua calda prodotta dalle caldaie. Ogni colonna rappresenta una caldaia numerata, per ciascuna di esse vi sono sensori di pressione, sensori e controllori di temperatura, misuratori di portata, valvole ON/OFF.

Nella parte inferiore ci sono pulsanti come: abilitazione caldaia e forzatura manuale caldaia.

In questa parte l'operatore può attivare/disattivare gli stati.

Il ciclo tipico del sistema è il seguente:

1. Le caldaie riscaldano l'acqua
2. Le pompe spingono l'acqua calda nella rete
3. I sensori di temperatura regolano il setpoint tramite i controllori
4. La portata è misurata dai flowmeter (FT)
5. Le valvole gestiscono la distribuzione sulle varie linee

Per quanto riguarda il funzionamento di una singola caldaia invece:

1. Ingresso acqua fredda
2. Caldaia(scambiatore/bruciatore/generatore)
3. Pompa di circolazione
4. Sensori di temperatura e pressione
5. Valvole automatiche

6. Uscita acqua calda verso linea comune

Per quanto riguarda le caldaie per la produzione di acqua calda vengono installate 8 caldaie (4 coppie) il produttore è Ygnis, il modello è un Varino 600 e ciascuna ha una potenzialità di 600 kw e potenzialità centrale da 4800 kw.

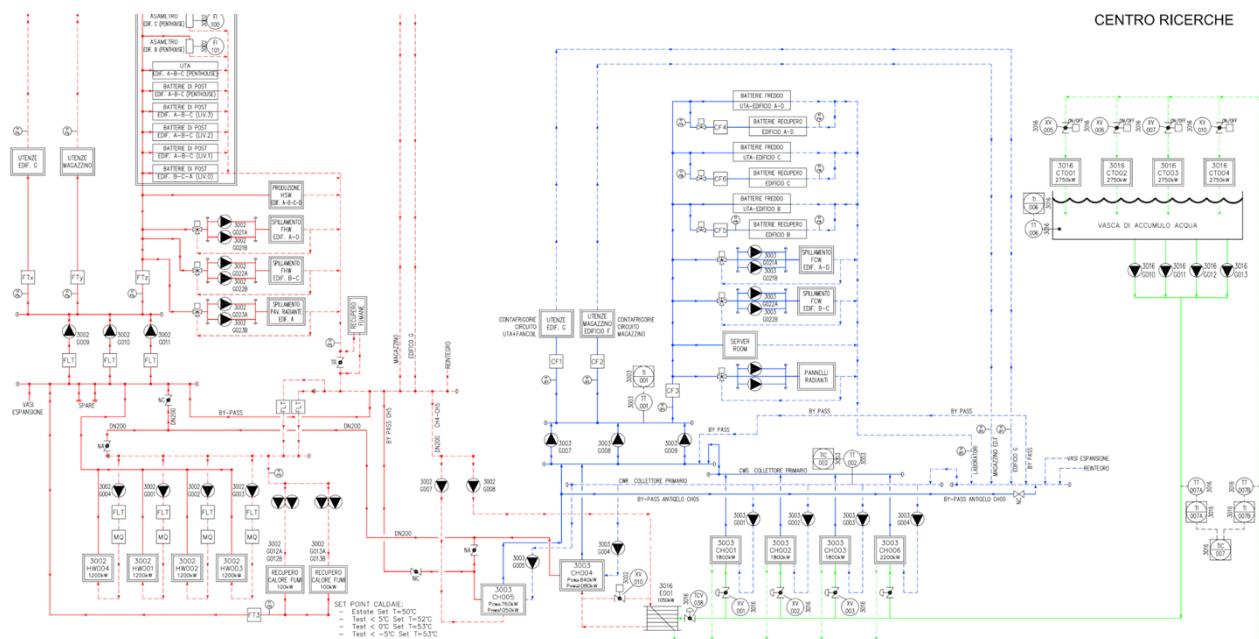


Fig 2.1 - Distribuzione HW/CW/CTW

Lo schema è suddiviso funzionalmente in tre macroaree cromatiche:

- Rosso = HW (Hot Water - acqua calda)
- Blu = CW (Chilled Water - acqua refrigerata)
- Verde = CTW (Torre evaporativa - acqua di condensazione)

La produzione di acqua calda è affidata a 4 caldaie 3002 HW001,002,003,004

- Potenza unitaria: 1200 kW
- Totale installato: 4.8 MW

Vi sono poi 2 recuperatori di calore fumi con potenza da 100 kW ciascuno.

Importante risulta anche la presenza dei collettori che distribuiscono verso:

- Edificio G

- Magazzino
- UTA
- Batterie di post
- Pavimento radiante
- Laboratori

La produzione di acqua fredda invece è dovuta ai chiller, nell'impianto sono dunque presenti:

- 3 chiller 3003 CH001-CH003
 - Potenza: 1800 kW ciascuno
- 1 chiller 3003 CH006
 - Potenza: 2200 kW
- 1 chiller 3003 CH004
 - Potenza: 840 kW
- 1 chiller 3003 CH005
 - Potenza: 760 kW

Totale frigorifero installato \approx 9 MW

Inoltre, ogni chiller ha:

- Pompa evaporatore dedicata
- Valvole di intercettazione
- By-pass anti-cavitazione

Per quanto riguarda l'ultima parte dello schema essa rappresenta il circuito dell'acqua di condensazione, vi sono 4 torri evaporative;

- 3016 CT001
- 3016 CT002
- 3016 CT003
- 3016 CT004

Ciascuna di queste torri possiede una potenza di 2750 kW e sono tutte collegate alla vasca di accumulo acqua.

Le destinazioni servite sono gli edifici A, B, C, D, G, il magazzino C, i laboratori, la server room e le UTA con post riscaldamento.

L'impianto risulta essere quindi un sistema:

- Centralizzato
- Modulabile
- Ridondato
- Ad alta continuità di servizio
- Tipico di un centro ricerca farmaceutico
- Progettato per elevata affidabilità

2.1.2 Impianto recupero calore dai fumi generatori di vapore

Nello schema in questione è rappresentato un sistema di recupero di calore: invece di usare una caldaia per scaldare l'acqua, il sistema sfrutta i fumi caldi provenienti da generatori di vapore (boiler) per trasferire calore all'acqua tramite uno scambiatore. Praticamente il calore che andrebbe perso nei fumi viene recuperato per riscaldare l'acqua calda tecnologica. Lo schema rappresenta diverse linee pipe(frecce/tubi), scambiatori e pompe, valvole automatiche, sensori di temperatura, pressione e portata.

Nella parte sinistra i due moduli misurano la deltaT ingresso/uscita dei fumi che indica quanto calore è trasferito nello scambiatore. Quando deltaT è elevato allora vi è un buon recupero di calore.

Poi ci sono due scambiatori, ciascuno collegato ai fumi. Ogni scambiatore ha associata una pompa, una valvola di intercettazione e sensori tipo TT.

Il sistema nel suo insieme funziona così:

1. I generatori di vapore producono fumi molto caldi.
2. I fumi entrano negli scambiatori recuperatori di calore.
3. Le pompe fanno circolare acqua negli scambiatori.
4. Il calore dei fumi viene trasferito all'acqua
5. L'acqua preriscaldata entra nel collettore principale (linea rossa)
6. Le caldaie principali lavorano meno

Per quanto riguarda il percorso dei fluidi vi è la linea fumi dove i fumi escono dalla caldaia a vapore, passano attraverso i recuperatori di calore(scambiatori); prima del

recuperatore c'è una temperatura fumi in ingresso e dopo il recuperatore c'è una temperatura fumi uscita. Questa linea ha come unico scopo quello di cedere calore all'acqua. La linea acqua invece svolge un percorso più articolato. Parte tutto dalla tubazione di ritorno acqua fredda; l'acqua ritorna dalle utenze o dall'impianto a una temperatura sui 48 gradi ed entra nelle pompe di circolazione, poi viene spinta dentro gli scambiatori dove incontra il calore dei fumi, dunque, assorbe calore e aumenta di temperatura.

L'acqua riscaldata entra nella linea di consegna (cioè dallo scambiatore partono delle linee con valvole ON/OFF tipo 3002-XV003). Le linee poi, uscite dagli scambiatori (linee rosse scuro) si uniscono nella tubazione di mandata che è quella più a destra; su questa linea è rappresentata la temperatura principale di mandata di 48.6 gradi. L'acqua da qui può andare alle utenze o entrare nella rete delle caldaie per integrare il riscaldamento. In questo caso il codice è 3002-E004 E003, il produttore dei recuperatori è Ygnis e il modello è un Total Eco 10, installati sui due camini delle caldaie a vapore e hanno potenzialità di 100 kw ciascuno, utilizzati per riscaldare il circuito dell'acqua calda.

2.2 Codici identificativi servizi

Nella progettazione degli impianti tecnologici, e in particolare degli impianti idrico-sanitari, risulta fondamentale adottare sistemi di rappresentazione e identificazione che consentano una lettura chiara, univoca e coordinata degli elaborati tecnici. A tale scopo, nella pratica progettuale è diffuso l'utilizzo di codici numerici di identificazione dei servizi, tra i quali rientrano i codici della serie 30xx, impiegati per distinguere le diverse tipologie di linee idriche all'interno di schemi e disegni impiantistici. I codici 30xx costituiscono una codifica funzionale delle linee impiantistiche e non rappresentano parametri fisici del fluido (quali temperatura, pressione o portata), né valori normativi dell'acqua. Essi hanno esclusivamente la funzione di identificare in modo univoco il servizio svolto da una determinata tubazione, facilitando la comprensione e il coordinamento del progetto.

La numerazione 30xx non deriva da una specifica norma UNI o ISO che ne imponga l'adozione puntuale, bensì da una convenzione tecnica consolidata nel tempo nell'ambito della progettazione impiantistica. Tale convenzione si è sviluppata per rispondere a esigenze operative di chiarezza grafica, standardizzazione e riduzione delle ambiguità interpretative, in linea con i principi generali stabiliti dalle normative sul disegno tecnico e sulla rappresentazione degli impianti.

Le norme tecniche vigenti, pur non definendo in modo rigido il valore numerico dei codici, richiedono che le linee impiantistiche siano chiaramente identificabili, coerenti e

non ambigue all'interno della documentazione di progetto. In questo contesto, la codifica 30xx rappresenta uno strumento applicativo che consente di soddisfare tali requisiti in maniera efficace e condivisa. L'adozione dei codici 30xx offre numerosi vantaggi nella progettazione e realizzazione degli impianti idrico-sanitari. In primo luogo, essa permette di ridurre l'ambiguità grafica, soprattutto in elaborati complessi, stampati in bianco e nero o caratterizzati da un'elevata densità di informazioni. Un codice numerico compatto risulta infatti più leggibile e meno soggetto a interpretazioni errate rispetto a diciture testuali estese o a sole convenzioni cromatiche.

In secondo luogo, la codifica favorisce il coordinamento tra le diverse discipline progettuali (architettonica, strutturale e impiantistica) e tra i diversi attori coinvolti nel processo edilizio, quali progettisti, direzione lavori e imprese esecutrici. Il codice diventa così una vera e propria "lingua comune" all'interno del progetto. Infine, l'uso coerente dei codici 30xx garantisce continuità tra le varie fasi del processo edilizio, dalla progettazione al cantiere, poiché lo stesso identificativo viene ripreso negli schemi, nei computi metrici e nei capitolati tecnici, consentendo una più agevole tracciabilità dei servizi impiantistici.

2.3 Sistema 3002-3003 Pompe di calore e chiller

Il termine "pompa di calore" può essere definito come un'installazione che, operando in continuità, preleva calore da una sorgente a temperatura più bassa e lo rende disponibile per l'utilizzo esterno ad una temperatura mediamente superiore.

In natura il calore fluisce da una sorgente a temperatura maggiore verso un'ulteriore sorgente a temperatura minore e seguendo il secondo principio della termodinamica, possiamo affermare che per attivare il processo inverso è necessario passare attraverso la somministrazione di una quantità di lavoro o di calore dall'esterno.

Quindi, quando si parla di riscaldamento termodinamico attraverso pompa di calore, ci si riferisce al processo di elevazione del livello termico dell'energia disponibile sotto forma di calore. Il principio operativo su cui si basa la pompa di calore, come è visibile dalla figura 2.7 e 2.8 a-b, è del tutto analogo a quello di un tradizionale impianto frigorifero, che in termini ideali, può essere rappresentato in maniera semplificata mediante un ciclo di Carnot inverso.

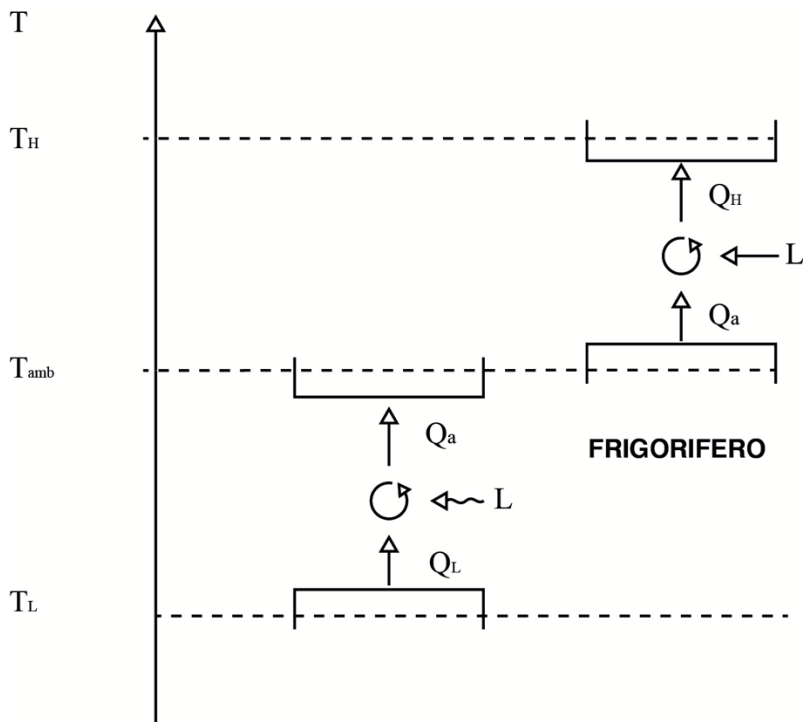


Fig. 2.2 - Schematizzazione del funzionamento di una pompa di calore

La differenza sostanziale tra le due installazioni è rappresentata da ciò che costituisce l'effetto utile della macchina:

- Un impianto frigorifero asporta un calore Q_1 da un sistema a temperatura inferiore a quella ambiente;
- Una pompa di calore cede un calore Q_2 ad un sistema a temperatura superiore a quella ambiente

Di conseguenza risultano differenti solo i campi di temperatura all'interno dei quali lavorano gli impianti frigoriferi e a pompa di calore; non sono però rari i casi in cui un'installazione lavori come impianto frigorifero allo scambiatore freddo, e come pompa di calore allo scambiatore caldo.

Le principali fonti di calore utilizzate in entrambi gli impianti possono essere:

- Sorgenti naturali appartenenti all'ambiente esterno come ad esempio aria, geotermia (suolo) o acqua (sia di falda, che da acquedotto)
- Fonti di calore artificiali, come flussi di calore emessi da processi industriali, recuperi di calore, ecc.

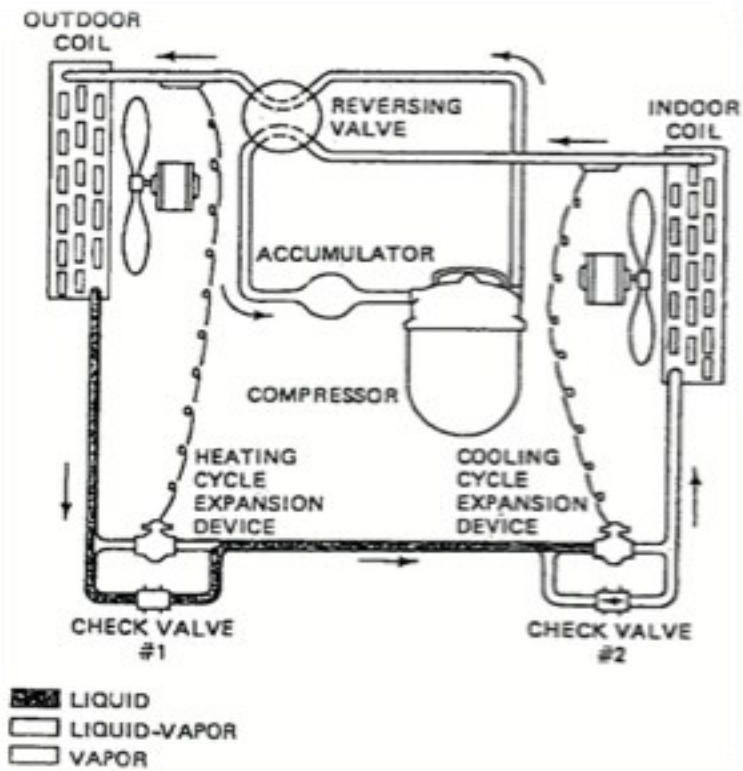


Fig. 2.3a - PdC reversibile aria-acqua in funzionamento estivo

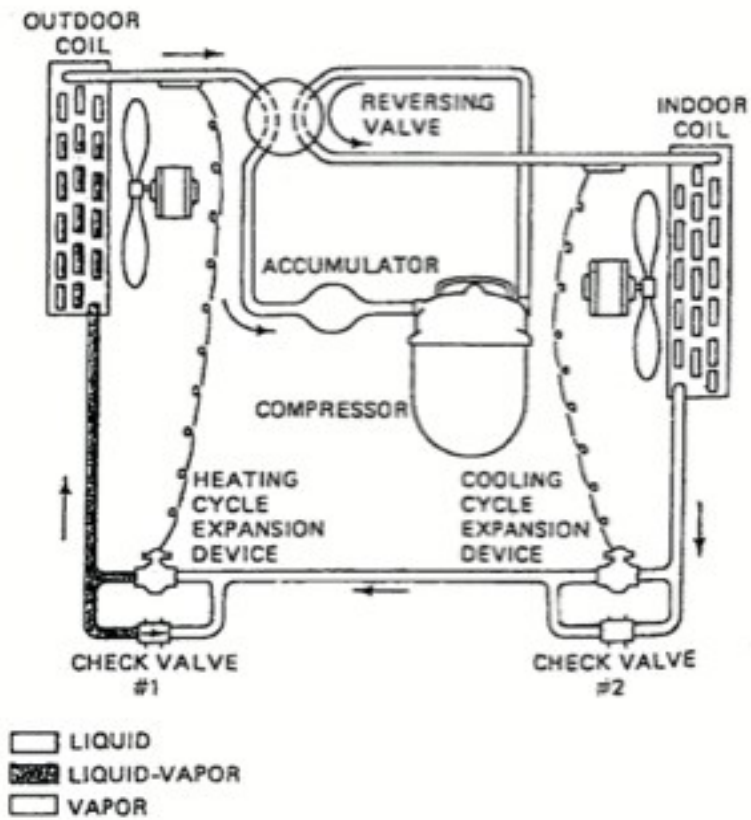


Fig. 2.3b - PdC reversibile aria-acqua in funzionamento invernale

Soprattutto in ambito industriale, il pregio delle pompe di calore consiste nella capacità di avere una temperatura superiore a quella ambiente, poiché operativamente lo scambiatore a temperatura minore preleva il calore di scarto derivante dall'eventuale processo produttivo e lo utilizza per soddisfare una domanda di calore (che può essere interna allo stesso processo produttivo, come un preriscaldamento di flussi energetici o esterna, ad esempio la climatizzazione dell'ambiente di lavoro o degli uffici antistanti) utilizzando comunque una quantità relativamente piccola di energia di alta qualità, come elettricità o combustibili fossili.

Le pompe di calore possono anche essere utilizzate per il raffreddamento in quanto il calore può essere trasferito nella direzione opposta, tramite l'inversione del ciclo; in pratica, anziché asportare calore dalla sorgente fredda per condensare (condensatore, ambiente esterno) il fluido refrigerante interno alla macchina e cedere successivamente il calore alla sorgente calda (evaporatore, ambiente interno), avremo una inversione del processo con un'asportazione del calore dalla sorgente fredda (in questo caso l'ambiente interno) e una cessione del calore alla sorgente calda (ambiente esterno).

Importante per le pompe di calore è anche definire i mezzi con cui il calore è ceduto all'ambiente interno ovvero: ventilconvettori, radiatori, pavimenti o soffitti radianti o varie canalizzazioni che trasportano il calore prodotto dalla pompa ai molteplici locali d'interesse, per mezzo di opportuni canali d'aria e bocchette di diffusione.

Nello schema riguardante le pompe di calore sono presentati i chiller che utilizzano un ciclo frigorifero per produrre acqua, abbassano quindi la temperatura dell'acqua per climatizzazione, lo scopo non è quello di recuperare il calore, che spesso viene dissipato. In pratica il chiller prende calore dall'acqua e lo scarica all'esterno, è dunque una pompa di calore.

Un chiller lavora con il ciclo frigorifero a compressione di vapore. Le sue parti principali sono:

- Evaporatore dove si raffredda l'acqua
- Compressore che aumenta la pressione e temperatura del refrigerante
- Condensatore che scarica il calore verso aria o acqua
- Valvola di espansione abbassa la pressione del refrigerante per ricominciare il ciclo

Nel chiller all'evaporatore il refrigerante assorbe calore dall'acqua, al compressore il refrigerante vaporizzato viene compresso aumentandone pressione e temperatura. Al condensatore il refrigerante cede calore all'aria o all'acqua tornando allo stato liquido, e la valvola di espansione fa cadere la pressione del refrigerante liquido, così può evaporare di nuovo nell'evaporatore e assorbire calore. Il circuito acqua calda nella parte superiore è il circuito dove la pompa di calore rilascia calore. Vi sono temperature in uscita sui 43-45 gradi, valvole come 3016-TCV che modulano il flusso, misure di pressione tipo 0,5 bar e

flussi misurati dai Flow Transmitter; è dunque rappresentata acqua calda che esce dal chiller verso l'impianto.

Il circuito acqua fredda nella parte inferiore rappresenta acqua raffreddata dalla pompa di calore/chiller; temperature tipiche di 7-8 gradi in uscita e 12-13 in ritorno. Le pompe e i sensori garantiscono pressione costante e sufficiente portata di ricircolo. Come negli altri impianti vi è una marcata presenza di valvole e attuatori principali utilizzati per monitorare il corretto funzionamento dell'impianto e intervenire rapidamente in caso di problemi.

Per quanto riguarda l'acqua nel circuito acqua calda:

1. L'acqua rientra dal ritorno dell'impianto 43-44 gradi
2. Passa dalle valvole (che regolano la portata e mantengono la temperatura di mandata corretta)
3. Arriva al chiller (la macchina aggiunge calore aumentando temperatura acqua)
4. Esce dalla macchina più calda sui 45 gradi
5. Passa da sensori di temperatura e portata
6. L'acqua calda viene quindi spedita all'impianto
7. Infine, torna indietro (di nuovo sui 43-44 gradi) e ricomincia il ciclo

Per l'acqua nel circuito acqua fredda:

1. L'acqua rientra dal ritorno dell'impianto a 12-13 gradi
2. Arriva alle pompe di circolazione
3. Entra nel chiller in modalità freddo, la macchina toglie calore all'acqua raffreddandola
4. Esce dal chiller a 7-8 gradi
5. Passa da sensori di temperatura portata ed eventuali valvole
6. Va verso l'impianto
7. L'acqua si riscalda tornando indietro 12-13 gradi e riparte il ciclo.

2.3.1 Sistema 3016 - Circuito acqua di torre

Il sistema 3016, identificato come circuito acqua di torre, è il circuito dedicato allo smaltimento del calore proveniente dagli impianti che necessitano di raffreddamento, tipicamente chiller, scambiatori di calore o macchinari di processo. La sua funzione principale è trasferire all'esterno il calore in eccesso accumulato nei processi produttivi o negli impianti tecnologici, garantendo così il corretto funzionamento e la stabilità termica dell'intero sistema.

Il principio di funzionamento si basa su un circuito chiuso che cede calore a un circuito aperto collegato alla torre evaporativa. L'acqua di torre viene inviata alle utenze che devono essere raffreddate, dove assorbe calore aumentando la propria temperatura. Successivamente ritorna alla torre di raffreddamento, dove il calore viene dissipato nell'ambiente attraverso un processo combinato di scambio termico e raffreddamento evaporativo. Una piccola parte dell'acqua evapora, sottraendo calore al resto del fluido e abbassandone la temperatura prima che venga rimessa in circolo.

Dal punto di vista impiantistico, il sistema è generalmente composto da pompe di circolazione, torre evaporativa, vasca di raccolta, sistemi di reintegro acqua, trattamento chimico per prevenire incrostazioni e proliferazioni batteriche, oltre a strumenti di misura per temperatura, pressione e portata. Il corretto bilanciamento tra portata d'acqua e capacità dissipativa della torre è essenziale per garantire un'efficienza ottimale. In termini energetici, il circuito acqua di torre rappresenta l'anello finale del ciclo di smaltimento del calore: se non funziona correttamente, le temperature di condensazione dei chiller aumentano, con conseguente incremento dei consumi elettrici e riduzione dell'efficienza complessiva dell'impianto. Per questo motivo, monitorare le temperature di ingresso e uscita, la differenza termica, la portata e l'assorbimento elettrico delle pompe consente di valutare lo stato di salute del sistema e individuare eventuali criticità.

Qui l'acqua arriva dai chiller tramite la mandata e tramite un circuito viene distribuita verso le varie torri che buttano fuori il calore dei condensatori dei chiller che non viene recuperato in altro modo (le torri evaporative dissipano calore verso l'ambiente tramite evaporazione dell'acqua che ricevono) e all'uscita dalle torri vi è il ritorno dell'acqua di torre. Dopo l'acqua si ricombina nella linea di ritorno, le varie derivazioni confluiscono attraverso valvole e infine l'acqua raffreddata torna ai chiller.

In breve, dunque:

1. Chiller producono acqua fredda
2. Mandata acqua fredda (distribuzione)
3. Utenze assorbono calore
4. Acqua calda torna nella linea di ritorno
5. Torri evaporative dissipano calore
6. L'acqua raffreddata torna ai chiller per chiudere ciclo

2.3.2 Sistema 3003 - Produzione acqua refrigerata

La parte superiore dello schema serve a smaltire il calore generato dai chiller tramite le torri di raffreddamento. Nella linea "mandata acqua di torre" l'acqua fredda proveniente dalle torri entra nei condensatori dei chiller mentre nella linea "ritorno acqua di torre" l'acqua dopo aver assorbito il calore dai chiller torna calda alle torri per essere raffreddata. La parte inferiore dello schema serve a raffreddare gli utilizzatori; nella linea di mandata acqua refrigerata, l'acqua esce fredda dagli evaporatori dei chiller ed è inviata alle utenze. Nel ritorno acqua refrigerata, l'acqua torna calda dalle utenze ai chiller, dove verrà raffreddata di nuovo.

Ogni chiller (fig. 2.4) ha due scambiatori:

1. **Condensatore** che è collegato al circuito acqua di torre
2. **Evaporatore** che è collegato al circuito acqua refrigerata

Ogni chiller inoltre ha: valvole di intercettazione, scambiatori, sensori di temperatura, pressione e portata.

Per i chiller che producono solo acqua refrigerata installo 3 macchine di fornitura Carrier CH1-CH2-CH3 con potenza da 1800 kw frigoriferi (manca quarto chiller CH6 installato dopo)



Fig 2.4 - Chiller per produzione acqua refrigerata

2.3.3 Sistema 3011 - Produzione vapore

Il sistema 3011, relativo alla produzione di vapore, rappresenta il cuore del sistema termico di stabilimento, in quanto trasforma l'energia chimica del combustibile in energia termica sotto forma di vapore utilizzabile nei processi industriali. La sua funzione principale è garantire una fornitura continua, stabile e controllata di vapore alle diverse utenze, che possono includere processi produttivi, sterilizzazioni, scambiatori di calore o impianti HVAC.

Il principio di funzionamento si basa sulla combustione di gas metano all'interno di una o più caldaie. Il calore generato dalla combustione viene trasferito all'acqua di alimento, che viene portata fino al punto di ebollizione e trasformata in vapore. Questo può essere saturo o surriscaldato, a seconda delle caratteristiche richieste dal processo. Il sistema include normalmente il bruciatore, il corpo caldaia, il sistema di regolazione della combustione, il circuito acqua di alimento, il degasatore, i sistemi di sicurezza e le linee di distribuzione del vapore. Dal punto di vista energetico, il sistema 3011 è il punto in cui avviene la conversione primaria dell'energia. L'input è rappresentato dal gas metano (misurato in volume e convertibile in energia tramite il potere calorifico), mentre l'output è il vapore prodotto, la cui energia dipende da pressione, temperatura ed entalpia. L'efficienza della caldaia è determinata dal rapporto tra l'energia effettivamente trasferita al vapore e l'energia contenuta nel combustibile bruciato. Le perdite possono derivare da fumi caldi allo scarico, dispersioni termiche o combustione non ottimale. In termini sistemici, il sistema 3011 è strettamente connesso al bilancio energetico complessivo dell'impianto. È infatti il principale responsabile del consumo di gas metano e rappresenta una delle aree a maggiore impatto economico ed energetico. Analizzarne le prestazioni consente non solo di verificare la coerenza tra input e output energetici, ma anche di individuare opportunità di efficientamento, riduzione dei consumi e ottimizzazione operativa.

In questo sistema vi sono due caldaie più una terza aggiunta qualche tempo dopo, inizialmente arriva il gas metano alla caldaia, che è collegata al recuperatore di fumi. Dal recuperatore una linea entra e una linea esce; la linea che entra nel recuperatore è il fluido secondario che arriva freddo dall'impianto (acqua refrigerata) mentre la linea che esce poi dal recuperatore è lo stesso fluido che si è riscaldato grazie ai fumi che arrivano dalla caldaia. Il recuperatore, quindi, ha un principale vantaggio che è quello di trasformare calore sprecato in energia utile. Senza recuperatore i fumi della caldaia uscirebbero ancora troppo caldi rappresentando dunque uno spreco. In questo caso il sistema deve lavorare meno per scaldare acqua e aria. Il recuperatore aumenta inoltre il rendimento in maniera importante poiché abbassa temperatura dei fumi in uscita e recupera calore che si perderebbe. Inoltre, comporta anche un'importante riduzione della CO₂ e delle emissioni

inquinanti e meno calore disperso in atmosfera. Le due caldaie 3011-SG001 e 3011-SG002 hanno come produttori di vapore Babcock Wanson Italia, sono due caldaie gemelle con produzione di 2000 Kg/h e potenzialità 1396 kw e pressione di lavoro 7,5 bar mentre sopra le caldaie come nello schema vi è il produttore di vapore pulito (cioè senza impurità) il quale fornitore è Varisco, sono anch'essi due produttori gemelli con produzione di 1500 kg/h, potenzialità di 1117 kw e pressione di lavoro da 2,8 bar.

3 PRINCIPALI STRUMENTI E ATTREZZATURE PRESENTI NEGLI IMPIANTI

3.1 Gli strumenti principali

3.1.1 I multimetri

Il primo strumento da considerare presente negli impianti e dunque in molteplici edifici sia per generazione che per assorbimento, è il multimetro. Un multimetro (fig. 3.1) è uno strumento elettronico che serve a misurare diverse grandezze elettriche all'interno di circuiti o dispositivi. È uno degli strumenti più usati in elettrotecnica ed elettronica. Un multimetro misura tensione, corrente, resistenza ed in molti modelli riesce a misurare anche temperatura, capacità, frequenza, ecc...

Il multimetro opera convertendo la grandezza elettrica da misurare in un segnale interpretabile dall'utente. Nei modelli analogici la misura viene visualizzata tramite la deviazione di un indice su una scala graduata, mentre nei modelli digitali il segnale viene elaborato da un convertitore analogico-digitale (ADC) e mostrato su un display numerico.

Il principio di base varia a seconda della grandezza misurata:

- Tensione: misurata ponendo il multimetro in parallelo al circuito
- Corrente: misurata inserendo lo strumento in serie al circuito
- Resistenza: misurata applicando una tensione interna e valutando la corrente risultante

Può essere digitale o analogico ed è prettamente utilizzato per:

- Controllare un impianto elettrico
- Diagnosticare guasti
- Verificare batterie, alimentatori, cavi
- Lavorare con elettronica, automazione

Nei quadri elettrici rappresenta uno strumento di misura usato dai tecnici quando devono:

1. Verificare la presenza di tensione
2. Controllare continuità e stato dei circuiti
3. Misurare correnti e resistenze
4. Confermare corretto funzionamento dei componenti

I multimetri digitali sono attualmente i più utilizzati. Integrano circuiti elettronici avanzati e microcontrollori.

Vantaggi:

- Elevata precisione
- Lettura immediata e non ambigua
- Funzioni automatiche
- Maggiore robustezza

Svantaggi:

- Minor immediatezza nel seguire variazioni rapide rispetto agli analogici

In conclusione, il multimetro rappresenta uno strumento indispensabile per l'analisi e la diagnostica dei circuiti elettrici. La scelta del modello più adatto dipende dall'ambito applicativo, dal livello di precisione richiesto e dalle condizioni di sicurezza operative.

Nel file excel dei misuratori possiamo trovare ben 29 multimetri selezionati da mettere nel PEM appartenenti ai vari quadri elettrici degli edifici del centro ricerche nel quale sono specificati ovviamente la zona e l'edificio di appartenenza, sigla del quadro, costruttore, dimensioni in mm, descrizione ed inoltre anche alcune informazioni sulla sorgente di alimentazione (ovvero a cosa è collegato)



Fig. 3.1 - Multimetro digitale

3.1.2 I contacalorie

Un contacalorie (fig. 3.2) è uno strumento di misura utilizzato negli impianti termici per misurare l'energia termica trasferita da un fluido. È ampiamente impiegato negli impianti centralizzati per la ripartizione dei consumi energetici e per la contabilizzazione individuale dell'energia. L'energia termica misurata viene generalmente espressa in kilowattora (kWh), megawattora (MWh) o gigajoule (GJ).

Un contacalorie è costituito da tre elementi fondamentali:

1. Sensori di temperatura

Generalmente termoresistenze Pt100 o Pt500, installate rispettivamente sulla tubazione di mandata e di ritorno.

La precisione della misura dipende fortemente dall'accuratezza e dal corretto posizionamento di tali sensori.

2. Misuratore di portata

Esistono diverse tecnologie di misura della portata:

- Meccanica (a turbina o volumetrica)
Semplice ed economica, ma soggetta a usura e incrostazioni.

- Ultrasuoni
Elevata precisione, assenza di parti mobili, bassa perdita di carico.
- Elettromagnetica
Utilizzata soprattutto in ambito industriale, richiede fluidi conduttivi.

3. Unità di calcolo

È il modulo elettronico che riceve i segnali dai sensori, esegue i calcoli e visualizza:

- Energia termica consumata
- Volume di fluido
- Temperature di mandata e ritorno
- Eventuali allarmi o anomalie

Il contacalorie misura quindi la potenza basandosi su tre grandezze:

- La portata del fluido
- Il delta temperatura tra ingresso e uscita
- Il calore specifico del fluido

$$\text{Pot} = m' \cdot c_p \cdot \Delta T$$

Viene utilizzato in impianti di riscaldamento, sistemi di teleriscaldamento, cogenerazione e trigenerazione, misurazione di consumi energetici per calcolare costi o efficienze.

I contacalorie sono regolamentati da norme europee, in particolare dalla Direttiva MID (Measuring Instruments Directive), che ne definisce:

- Requisiti di accuratezza
- Condizioni di installazione
- Periodi di verifica metrologica

Le classi di precisione tengono conto dell'errore complessivo dovuto a:

- Misura di portata
- Misura della temperatura
- Elaborazione del segnale

Serve inoltre a misurare quanta energia termica un'utenza consuma, ripartire costi energetici, valutare efficienza di impianti termici e monitorare produzione e scambio di calore.

La corretta installazione è fondamentale per garantire misure affidabili. In particolare:

- Rispetto dei tratti rettilinei a monte e valle del misuratore di portata
- Corretto inserimento delle sonde di temperatura
- Assenza di bolle d'aria nel circuito
- Compatibilità con il campo di portata e temperatura dell'impianto

Per concludere dunque, il contacalorie rappresenta uno strumento essenziale per la gestione efficiente dell'energia termica. La sua precisione, affidabilità e conformità normativa lo rendono indispensabile nei moderni sistemi di contabilizzazione e di ottimizzazione energetica degli edifici. Anche per i contacalorie su Excel sono rappresentati per ciascuno di essi: codici identificativi, ubicazione, descrizione, grandezza misurata, unità di misura, costruttore.



Fig. 3.2 - Contacalorie

3.1.3 UTA, relativa portata e altre misure

Una UTA (Unità di Trattamento Aria) è una macchina impiantistica utilizzata negli impianti HVAC (Heating, Ventilation and Air Conditioning) per:

- Trattare l'aria (filtrarla, riscaldarla, raffreddarla, umidificarla, deumidificarla)
- Garantire ricambi d'aria
- Controllare temperatura, umidità e qualità dell'aria
- Distribuire aria negli ambienti

È il fulcro degli impianti di climatizzazione centralizzati di:

- Ospedali
- Uffici
- Centri commerciali
- Industrie
- Scuole
- Alberghi
- Ambienti a contaminazione controllata

Funzioni principali di una UTA

Una UTA può svolgere una o più delle seguenti funzioni:

1. Ventilazione

Introduce aria esterna e/o ricircola aria interna.

2. Filtrazione

Rimuove polveri, particolato, pollini, batteri, ecc.

3. Riscaldamento

Tramite batterie ad acqua calda, vapore o resistenze elettriche.

4. Raffrescamento

Tramite batterie ad acqua refrigerata o espansione diretta.

5. Deumidificazione

Raffreddando l'aria sotto il punto di rugiada.

6. Umidificazione

A vapore, ad acqua nebulizzata o adiabatico.

7. Recupero energetico

Recupera energia dall'aria espulsa per ridurre i consumi.

Una Unità di Trattamento Aria (UTA) è costituita da diverse sezioni modulari integrate tra loro, ciascuna con una funzione specifica nel processo di ventilazione e climatizzazione degli ambienti. La struttura modulare consente di configurare l'unità in base alle esigenze dell'edificio e alla destinazione d'uso, garantendo flessibilità progettuale e facilità di manutenzione.

La prima parte del sistema è la sezione di presa dell'aria esterna, che ha il compito di introdurre l'aria dall'esterno dell'edificio. In questa sezione sono presenti griglie di presa, che proteggono l'ingresso da corpi estranei, e serrande motorizzate, utilizzate per regolare la quantità di aria in ingresso. Spesso è installata anche una serranda di ricircolo, che permette di miscelare aria esterna e aria di ritorno proveniente dagli ambienti interni. Questa soluzione consente di ottimizzare i consumi energetici, sfruttando parte dell'aria già trattata quando le condizioni lo permettono.

Successivamente l'aria attraversa la sezione di filtrazione, fondamentale per garantire un'elevata qualità dell'aria e per proteggere i componenti interni dell'unità, in particolare le batterie di scambio termico. Il sistema di filtrazione è generalmente composto da più stadi: prefiltri a bassa efficienza (ad esempio classe G4 o ISO Coarse), che trattengono le particelle più grossolane; filtri a media efficienza (F7-F9, classificati secondo lo standard ISO ePM), in grado di intercettare particelle più fini; ed eventualmente filtri assoluti HEPA, impiegati in ambienti ad elevati requisiti igienici come ospedali o clean room, dove è necessario rimuovere anche particelle microscopiche.

Un elemento chiave per l'efficienza energetica dell'UTA è il recuperatore di calore, che consente di trasferire energia termica dall'aria esausta in espulsione all'aria fresca in ingresso, riducendo così il fabbisogno energetico per il riscaldamento o il raffrescamento. Le tecnologie più diffuse includono recuperatori a piastre, in cui i due flussi d'aria restano separati ma scambiano calore attraverso superfici conduttive; recuperatori rotativi, dotati di una massa rotante che accumula e cede calore, batterie di recupero e sistemi a doppio flusso. L'obiettivo comune è migliorare il rendimento complessivo dell'impianto e contenere i consumi.

Dopo il recupero energetico, l'aria viene trattata nelle batterie di scambio termico, che operano mediante scambio aria-acqua. La batteria calda, alimentata ad acqua calda proveniente da una caldaia o da una pompa di calore, provvede al riscaldamento dell'aria durante la stagione invernale. La batteria fredda, invece, alimentata ad acqua refrigerata

prodotta da un chiller, consente il raffrescamento estivo e, se necessario, la deumidificazione dell'aria, grazie alla condensazione del vapore acqueo sulle superfici fredde.

In alcune applicazioni è presente anche una sezione di umidificazione, indispensabile per il controllo dell'umidità relativa in ambienti con requisiti specifici. Le tecnologie più utilizzate comprendono sistemi a vapore, adiabatici o a nebulizzazione. Il controllo dell'umidità è particolarmente importante in strutture sanitarie, musei e industrie alimentari, dove il mantenimento di condizioni termoigrometriche precise è fondamentale per la sicurezza, la conservazione dei materiali o la qualità del prodotto.

Il movimento dell'aria all'interno dell'UTA è garantito dai ventilatori, generalmente distinti in ventilatore di mandata e ventilatore di ripresa o espulsione. Nelle soluzioni moderne si impiegano prevalentemente plug fan ad alta efficienza, equipaggiati con motori EC a controllo elettronico e regolazione tramite inverter. Questa configurazione permette una modulazione continua della portata d'aria, migliorando l'efficienza energetica e adattando il funzionamento alle reali esigenze dell'impianto.

Infine, l'aria trattata viene convogliata nella sezione di mandata, che comprende le canalizzazioni di distribuzione, eventuali silenziatori per l'attenuazione del rumore e i diffusori ambiente. Attraverso questi elementi l'aria viene immessa negli spazi interni in modo controllato, assicurando un'adeguata distribuzione e il mantenimento delle condizioni di comfort termoigrometrico richieste.

Importante risulta anche indicare ciò che un'UTA controlla, ovvero:

- Temperatura (°C)
- Umidità relativa (%)
- Portata aria (m³/h)
- Pressione
- Qualità aria (CO₂, VOC)
- Pressione differenziale (ambienti critici)

Le UTA moderne devono inoltre:

- Avere recupero calore ad alta efficienza (>70-80%)
- Ventilatori ad alta efficienza

- Basse perdite di carico
- Controllo modulante

La portata UTA indica la quantità di aria movimentata da un'unità di trattamento aria (UTA) in un impianto di ventilazione e climatizzazione. La portata d'aria è il volume d'aria che l'UTA tratta e immette o estrae in un ambiente nell'unità di tempo. Si misura tipicamente in m^3/h (metri cubi all'ora) ed essa determina:

- Quanta aria fresca viene immessa in ambiente
- Quanto ricambio d'aria si garantisce
- La capacità di riscaldare/raffreddare l'aria trattata
- Il comfort termico e la qualità dell'aria interna
- La potenza termica/frigorifera richiesta alle batterie dell'UTA

Nel solito file Excel sono rappresentati anche per le portate delle UTA il codice identificativo, ubicazione, descrizione della sonda, grandezza misurata e unità di misura, la frequenza della misurazione (ogni quanto si misura). In un altro foglio sono rappresentati anche misuratori gas metano delle caldaie con tanto di unità di misura, gruppo (ad esempio gas metano o utilities gas) e nome del misuratore con relativo codice (ad esempio:3040,3011,3044).

Un altro foglio excel indica altre misure più marginali ma comunque importanti come energia attiva prodotta dal fotovoltaico e indice di performance nei vari edifici, la potenza attiva, temperatura, umidità relativa e radiazione solare stazioni meteo, gradi giorno riferiti a riscaldamento e raffrescamento, i contatori generali GAS, il consumo di carburante, la presenza di dipendenti e illuminazione di corpo principale, magazzino, sintesi chimica e edifici utilities (G-I). Per ognuno di questi dati è rappresentata la grandezza, l'unità di misura, la fonte e da dove proviene la registrazione del dato; infine, è rappresentato anche il gruppo (ad esempio fotovoltaico, elettrico, clima) e il nome della misura (ad esempio 3102-006 produzione fotovoltaico impianto 51025355 ED. F)

3.2 Focus su estrazione dati multimetri

Per quanto riguarda l'edificio C in particolar modo sono state analizzate le varie linee dei multimetri:

- Linea UPS (gruppo di continuità), garantisce continuità anche quando manca la corrente e fornisce tensione stabilizzata e filtrata utile per PC, server, apparecchiature elettroniche e strumentazione di misura
- Linea normale (rete ordinaria), è la linea alimentata direttamente dal fornitore, alimenta prese, macchinari non critici, climatizzazione ecc...
- Linea preferenziale, dedicata a carichi che non devono mai mancare, alimentata da un commutatore automatico; esempi (antincendio, centralino telefonico, sistemi di sicurezza, pompa sommersa)
- Linea luci, è la linea che alimenta l'illuminazione, solitamente è sulla linea normale.

Ciò è stato fatto nell'edificio C così come nel B a causa della presenza dei laboratori in questi due edifici, a seguito di richiesta di ispezione e quindi di maggior dettaglio per quanto riguarda i dati estratti da questi due edifici.

In questo caso, quindi, vengono estratti dati da tutte e quattro le linee per ciascun multimetro e per ciascuno dei quattro piani in cui questi ultimi sono localizzati (C0, C1, C2, C3). Inizialmente sono state rilevate alcune misurazioni in kwh dei multimetri precedentemente utilizzati tramite svariati metodi, successivamente dal giorno 30 ottobre dell'anno 2025, i multimetri sono stati sostituiti per ottenere un progresso e un miglior funzionamento e soprattutto per evitare di incorrere in spiacevoli inconvenienti ed ecco che entra in gioco la norma ISO 50001 che richiede esplicitamente che i dati energetici siano:

- Affidabili
- Ripetibili
- Tracciabili
- Coerenti nel tempo

I multimetri in questo caso sono spesso usati come:

- EnPI (energy performance indicators) cioè come KPI
- Strumenti per il monitoraggio di linee significative
- Base dati per audit e miglioramento continuo

Quindi la norma chiede di avere strumenti adeguati allo scopo e con un livello di accuratezza giustificabile.

Tornando alle misurazioni dal mese di novembre vi è stato il cambio dei multimetri ottenendo dunque nuovi valori più precisi e migliori dei precedenti. Purtroppo ad inizio progetto non tutti i dati delle misurazioni erano disponibili quindi per sopperire alla mancanza di essi ho svolto un'analisi su varie metodologie possibili per riuscire a ricavare questi dati mancanti e ho scelto il metodo della media mobile o media storica: questo metodo consiste nel sostituire i valori mancanti con la media dei consumi simili nei

periodi precedenti (stesso giorno dello stesso anno precedente ecc..) e risulta essere un ottimo metodo poiché tiene conto dei pattern stagionali o settimanali. Tramite Excel è stata dunque utilizzata una formula che stimasse un valore simile a quello dell'anno precedente ma che non fosse identico, appunto per utilizzare il metodo della media storica e si è così riuscito a ricreare dati di misurazioni mancanti, la formula inserita dunque è la seguente: $B2*(1+(CASUALE()-0,5)*\alpha)$.

Dove α è un coefficiente che determina l'ampiezza della variazione casuale. Ovviamente, per non ottenere un valore che si discosti di troppo da quello dello stesso giorno dell'anno precedente, è stato scelto α uguale a 0,1 e dunque la variazione massima sarà $\pm 5\%$ (perché il comando CASUALE () va da 0 a 1, quindi CASUALE () -0,5 va da -0,5 a +0,5 e moltiplicando per 0,1 ottieni -0,05/+0,05).

INDO VALUTA'	FINE VALUTA'	CR_LAB_ELETTICO.3100-010-001-02-CL-01U AN10-4 PIANO CL UPS	CR_LAB_ELETTICO.3100-020-001-02-CL-01U AN12-4 PIANO CL NORMALE	CR_LAB_ELETTICO.3100-020-002-02-CL-01U AN12-4 PIANO CL NORMALE LUCI	CR_LAB_ELETTICO.3100-020-003-02-CL-01P AN10-4 PIANO CL PREFERENZIALE
		kWh	kWh	kWh	kWh
10-mag-24 00:00:00	09-mag-24 00:00:00	291,2782035	51,02231705	115,5781353	240,4822356
11-mag-24 00:00:00	10-mag-24 00:00:00	316,1621436	53,64083993	111,5979448	244,2579233
12-mag-24 00:00:00	11-mag-24 00:00:00	279,7860245	47,33882299	102,1410246	244,4018765
13-mag-24 00:00:00	12-mag-24 00:00:00	208,6202346	31,82059356	62,87035576	236,7121552
14-mag-24 00:00:00	13-mag-24 00:00:00	209,0667040	32,76078272	64,71591745	234,2918733
15-mag-24 00:00:00	14-mag-24 00:00:00	294,3283146	49,7552796	111,4284321	248,546689
16-mag-24 00:00:00	15-mag-24 00:00:00	298,9925358	50,39995355	104,160461	246,3871838
17-mag-24 00:00:00	16-mag-24 00:00:00	290,2719597	49,47664558	111,9274727	245,809547
18-mag-24 00:00:00	17-mag-24 00:00:00	317,6752009	60,7058679	116,5000151	248,1857836
19-mag-24 00:00:00	18-mag-24 00:00:00	277,9726867	51,30515576	97,8179337	240,712034
20-mag-24 00:00:00	19-mag-24 00:00:00	207,243959	43,1142088	62,5797954	235,434029
21-mag-24 00:00:00	20-mag-24 00:00:00	207,2274932	45,05403214	62,45165381	235,8955329
22-mag-24 00:00:00	21-mag-24 00:00:00	307,7762007	52,36971989	105,2968755	241,7829748
23-mag-24 00:00:00	22-mag-24 00:00:00	313,253712	53,35401983	115,4865887	249,5852493
24-mag-24 00:00:00	23-mag-24 00:00:00	305,8981799	50,77719393	97,9629669	246,2501816
25-mag-24 00:00:00	24-mag-24 00:00:00	301,6805642	57,88895987	101,2829614	246,9488574
26-mag-24 00:00:00	25-mag-24 00:00:00	284,12489756	54,10489399	101,0522616	236,1082021
27-mag-24 00:00:00	26-mag-24 00:00:00	215,52512007	43,3739564	58,8669629	226,9882154
28-mag-24 00:00:00	27-mag-24 00:00:00	215,1095446	43,5842004	58,6886627	226,3409234
29-mag-24 00:00:00	28-mag-24 00:00:00	278,2233693	55,49032537	104,2383437	231,686625
30-mag-24 00:00:00	29-mag-24 00:00:00	296,3587872	59,1583995	109,894592	237,8324936
31-mag-24 00:00:00	30-mag-24 00:00:00	278,3564604	55,66408888	93,0143521	234,4070275
01-giu-24 00:00:00	31-mag-24 00:00:00	304,8137206	54,39994056	111,8348976	229,8403266
02-giu-24 00:00:00	01-giu-24 00:00:00	294,3814238	50,43278853	110,4789787	232,5613959
03-giu-24 00:00:00	02-giu-24 00:00:00	211,2583482	43,70786421	59,7662102	229,2967401
04-giu-24 00:00:00	03-giu-24 00:00:00	210,0509388	45,48403899	61,9851709	228,3462579
05-giu-24 00:00:00	04-giu-24 00:00:00	301,1411795	50,29628811	112,5957231	237,4929989
06-giu-24 00:00:00	05-giu-24 00:00:00	299,2264861	50,32647885	102,4567286	243,3291442
07-giu-24 00:00:00	06-giu-24 00:00:00	283,5216439	53,58049884	99,595712	241,2832741
08-giu-24 00:00:00	07-giu-24 00:00:00	298,9034867	50,54079568	97,3743935	239,9955385
09-giu-24 00:00:00	08-giu-24 00:00:00	272,8788738	48,12213804	90,44554292	229,119713
10-giu-24 00:00:00	09-giu-24 00:00:00	296,9162109	41,66494332	85,454598	221,7967959
11-giu-24 00:00:00	10-giu-24 00:00:00	207,4489482	43,764744	58,8211989	220,989015
12-giu-24 00:00:00	11-giu-24 00:00:00	270,1218308	49,16182842	100,5841749	228,3214945
13-giu-24 00:00:00	12-giu-24 00:00:00	279,0010717	51,00102108	110,2803462	233,6464861
14-giu-24 00:00:00	13-giu-24 00:00:00	281,2164208	50,40237167	111,4556655	242,6475208
15-giu-24 00:00:00	14-giu-24 00:00:00	293,2449195	60,71540339	102,1005669	241,8056569
16-giu-24 00:00:00	15-giu-24 00:00:00	261,5808638	46,87914669	101,7756438	240,4370999
17-giu-24 00:00:00	16-giu-24 00:00:00	208,5718114	44,65567933	80,5567696	234,1869514
18-giu-24 00:00:00	17-giu-24 00:00:00	209,1576175	44,71884932	71,3848203	235,062981
19-giu-24 00:00:00	18-giu-24 00:00:00	260,0177167	54,48770528	100,3707512	243,3448377
20-giu-24 00:00:00	19-giu-24 00:00:00	285,7368417	56,1511178	109,7179003	241,523886
21-giu-24 00:00:00	20-giu-24 00:00:00	281,8966682	59,48522795	107,5978912	252,0857424
22-giu-24 00:00:00	21-giu-24 00:00:00	287,6494841	57,6066111	114,4947825	248,7400443
23-giu-24 00:00:00	22-giu-24 00:00:00	273,6478757	51,68587396	114,4385518	249,9818961
24-giu-24 00:00:00	23-giu-24 00:00:00	263,1748889	42,10399567	63,4881438	236,2118138
25-giu-24 00:00:00	24-giu-24 00:00:00	204,7296227	41,78277814	61,8877083	235,0650415
26-giu-24 00:00:00	25-giu-24 00:00:00	282,629222	50,02030786	128,6794922	248,5440286
27-giu-24 00:00:00	26-giu-24 00:00:00	292,3755044	55,33982138	124,1847246	244,1847892
28-giu-24 00:00:00	27-giu-24 00:00:00	312,6278419	59,90883814	135,6029295	245,4298079
29-giu-24 00:00:00	28-giu-24 00:00:00	293,8986077	56,4969079	103,4975623	239,8438923

Fig 3.3 - Schema Excel rappresentante dati ricreati di linee UPS, normale, preferenziale e luci in determinato periodo

Per altri dati da sistemare invece sono stati scelti metodi come l'interpolazione lineare che risulta essere vantaggiosa se i gap sono relativamente piccoli e i dati tra punti conosciuti non cambiano drammaticamente, il metodo della media mobile (che ho utilizzato per

ricostruire i dati mancanti). Quando i dati sono risultati essere molto irregolari, con molti gap, non uniformi e magari variabili multivariate correlate.

Venendo ora ai dati mancanti, essi sono risultati inizialmente non disponibili a causa di una dimenticanza ad esempio di ricollegare i multimetri dopo il cambio o a causa di errori umani/operativi come ad esempio reset involontario, non salvataggio dei dati storici, errori di cablaggio come TA montati al contrario o su fase sbagliata, neutro mancante o errato oppure errori di configurazione come sistema monofase/trifase impostato male, soglia di misura troppo alta, poi possono esserci anche errori software/comunicazione oppure problemi di interpretazione. La mancata misurazione quasi mai è per guasto dello strumento ma nel 90% dei casi è dovuta a errori umani.

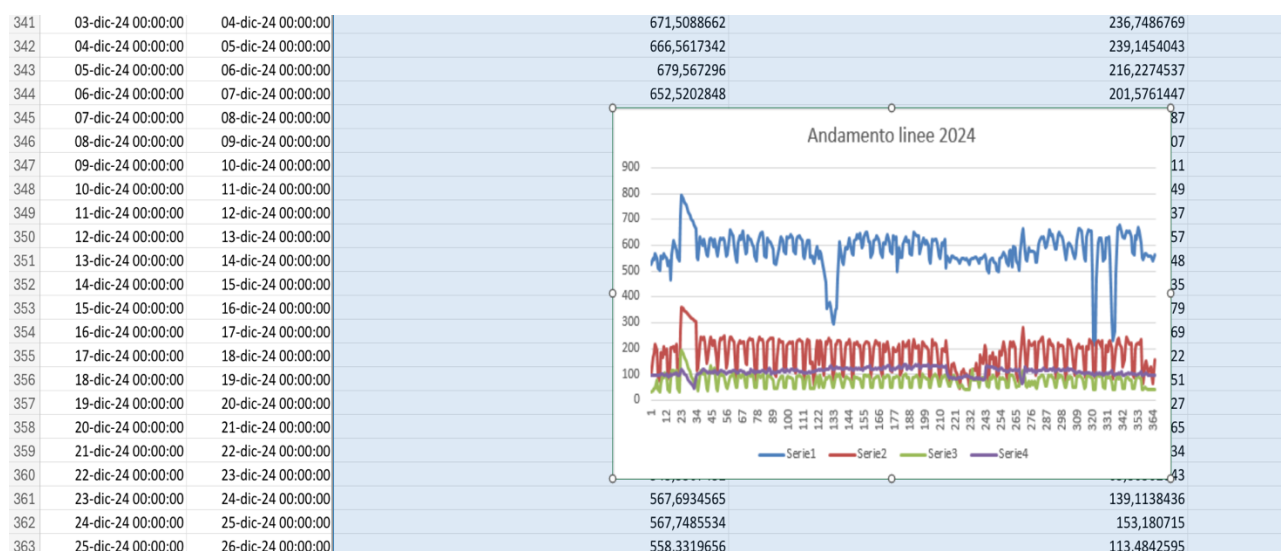


Fig 3.4 – Andamento grafico delle varie linee nell'anno 2024

3.3 Elenco attrezzature

È importante sottolineare l'utilizzo di un foglio Excel come quello che elenca e descrive le attrezzature principali (fig. 3.5 a-b) che vengono utilizzate all'interno degli edifici dell'azienda e l'elaborazione raccolta su campo dei principali dati di essi, in particolar modo sono evidenziati:

- Chiller e pompe di calore

- Caldaie a vapore
- Torri evaporative
- UPS

Per quanto riguarda i chiller e pompe di calore sono presi in considerazione CH001, CH002, CH003, CH004, CH005, CH006. Per ciascuno di essi è indicato il costruttore che risulta essere Carrier, le potenze frigorifere, termiche e assorbite nominali, l'anno di installazione, modello, matricola, sostanza refrigerante (R134A oppure R-1234ze), GWP, carica di refrigerante o estinguente espressa in tonnellate CO2 equivalente, sistema di rilevamento perdite, periodicità controlli perdite, data ultimo controllo perdite e scadenza del relativo controllo, l'azienda incaricata per la manutenzione e l'azienda che si occupa della gestione dei suddetti impianti ovvero Sae Scientifica.

2	NOME USO ENERGETICO	TIPO USO ENERGETICO	METODO VALUTAZIONE PERFORMANCE	NOME CONSUMO	VEETTORE CONSUMO	SCADENZA ULTIMO CONTROLLO VETTORE	DESCRIZIONE MISURA CONSUMO
3	Aria compressa	GENERAZIONE	REGRESSIONE LINEARE CON DATI SETTIMANALI	CENTRALE A.C.	Elettricità	MATRICE DATI	MULTIMETRO LOCALE COMPRESSORI (ANAGRAFICA MULTIMETRI)
4		ASSORBIMENTO	NON APPLICABILE (VARIABILE NON MISURABILE)	N/A	N/A	N/A	N/A
5	Linea UPS	GENERAZIONE	NON APPLICABILE (VARIABILE NON MISURABILE)	N/A	N/A	N/A	N/A
6		ASSORBIMENTO	REGRESSIONE LINEARE CON DATI SETTIMANALI	UFFICI/LABORATORI - LINEA UPS	Elettricità	MATRICE DATI	MULTIMETRO LINEA NORMALE INGRESSO UPS (ANAGRAFICA MULTIMETRI)
7	Ventilazione	GENERAZIONE	REGRESSIONE LINEARE CON DATI SETTIMANALI	SOMMATORIA: PENTHOUSE - UTA Ed. A PENTHOUSE - UTA Ed. B PENTHOUSE - UTA Ed. C UTA Ed. F	Elettricità	MATRICE DATI	MULTIMETRI QUADRO DI PIANO (ANAGRAFICA MULTIMETRI)
8		ASSORBIMENTO	NON APPLICABILE (VARIABILE NON MISURABILE)	N/A	N/A	N/A	N/A
9	CWS (produzione acqua refrigerata)	GENERAZIONE	REGRESSIONE LINEARE CON DATI SETTIMANALI	SOMMATORIA: GRUPPI FRIGORIFERI (CH001+CH002+CH003) GRUPPI FRIGORIFERI A RECUPERO (CH005) TORRI EVAPORATIVE (VENTIL. + POMPAGGIO) GRUPPI FRIGORIFERI A RECUPERO (CH004) PRODUZIONE CW	Elettricità	MATRICE DATI	MULTIMETRI VARI (ANAGRAFICA MULTIMETRI)
10		ASSORBIMENTO	REGRESSIONE LINEARE CON	Energia frigorifera consumata al netto recuperatori esclusioni UTA	Frigorie	MATRICE DATI	CONTACALORIE VARI (ANAGRAFICA

Fig 3.5a - Prima parte elenco attrezzature azienda

Sulle caldaie a vapore inizialmente sono indicate le pressioni d'esercizio che risultano rispettivamente:

- 5,7 bar per pressione di lavoro caldaie a vapore Babcock
- 7,5 bar per pressione di lavoro caldaia a vapore Mingazzini
- Da 2,4 a 2,7 bar di pressione di lavoro per i generatori di vapore pulito

Inoltre, per ciascuna caldaia sono indicati:

- Efficienza termica
- Produzione espressa in kg/h
- Potenzialità resa
- Potenzialità espressa in kw
- Pressione massima in bar

- Portata della pompa
- Temperatura massima in gradi centigradi
- Volume totale
- Superficie riscaldata in metri quadri
- Consumo di CH4
- Rendimento termico percentuale

11	HWS (produzione acqua calda)	GENERAZIONE	REGRESSIONE LINEARE CON DATI SETTIMANALI	SOMMATORIA: GEERATORI ACQUA CALDA HW001, HW002, HW003, HW004 - GAS in kWh (PCS) GRUPPI FRIGORIFERI A RECUPERO (CH004) PRODUZIONE HW GRUPPI FRIGORIFERI A RECUPERO (CH005)	Elettricità	MATRICE DATI	MULTIMETRI VARI (ANAGRAFICA MULTIMETRI) SOMMATO A CONSUMO GAS NATURALE GENERATORI ACQUA CALDA CONVERTITO IN kWh (ANAGRAFICA SONDE)
12		ASSORBIMENTO	REGRESSIONE LINEARE CON DATI SETTIMANALI	Energia termica prodotta totale	Calorie	MATRICE DATI	CONTACALORIE VARI (ANAGRAFICA SONDE)
13	Vapore	GENERAZIONE	REGRESSIONE LINEARE CON DATI SETTIMANALI	SOMMATORIA: GENERATORE DI VAPORE MINGAZZINI GENERATORE DI VAPORE BABCOCK	Gas naturale	MATRICE DATI	SONDA PORTATA METANO CONSUMATO DA CALDAIE (ANAGRAFICA SONDE)
14		ASSORBIMENTO	REGRESSIONE LINEARE CON DATI SETTIMANALI	Produzione vapore totale	Vapore	MATRICE DATI	SONDA PRODUZIONE VAPORE (ANAGRAFICA SONDE)
15	Illuminazione	N/A	VARIAZIONE CONSUMO TOTALE SU BASE ANNUALE	SOMMATORIA: ILLUMINAZIONE CORPO PRINCIPALE (palazzine A,B,C,D, esterna) ILLUMINAZIONE SAMPLINGILLUMINAZIONE SINTESI CHIMICA ILLUMINAZIONE EDIFICI UTILITIES G-I	Elettricità	Calibrazione MODELLO	CALCOLO: VEDERE MODELLO
16	Forza motrice linea normale	N/A	VARIAZIONE CONSUMO TOTALE SU BASE ANNUALE	SOMMATORIA: LABORATORI EDIFICIO B - LINEA N LABORATORI EDIFICIO C - LINEA N SINTESI CHIMICA UFFICI EDIFICIO A/D - LINEA N CENTRALE FRIGORIFERA (SERV. AUSILIARI) CENTRALE TERMICA (SERV. AUSILIARI) GUARDIANIA OFFICINA E DEPOSITO SOLVENTI SERVIZI GENERALI MAGAZZ. CAMPIMIC	Elettricità	Calibrazione MODELLO	CALCOLO: VEDERE MODELLO

Fig. 3.5b – Seconda parte elenco attrezzature azienda

Infine, sono stati fotografati e aggiunti i cartelli riguardanti i sopracitati generatori di vapore marcati Babcock e Mingazzini (fig. 3.6 – 3.7) entrambi rigorosamente muniti di marcatura CE.



Fig. 3.6 – Cartello generatore vapore Babcock



Fig. 3.7 – Cartello generatore di vapore Mingazzini

Sulle quattro torri evaporative presenti nell'impianto sono stati indicati e misurati i seguenti dati:

- Fornitore (lo stesso per tutti EVAPCO)
- Modello (AT 112-418)
- S/N
- Resa espressa in Kw
- Portata
- Temperatura in ingresso in gradi centigradi (35 gradi)
- Temperatura in uscita in gradi centigradi (29 gradi)
- Temperatura di bulbo umido (25,1 gradi)
- Motore da 22 Kw
- Contenuto acqua bacino e tubazioni

Sugli UPS invece sono indicati:

- Codice dell'item
- Modello
- Matricola
- Zona di ubicazione
- Numero di batterie
- Tipologia di batterie

Vengono inoltre utilizzati KPI da me scelti per analizzare nel suo complesso il sistema di edifici al completo secondo gli svariati usi energetici che sono presenti, che comprendono:

- Aria compressa
- UPS
- Ventilazione
- Acqua calda
- Acqua fredda
- Vapore
- Forza motrice

Un KPI in particolar modo viene usato per misurare quanto bene sta funzionando un processo, un'attività o un'organizzazione rispetto ad un obiettivo; serve a monitorare le prestazioni, verificare se gli obiettivi sono raggiunti e supportare decisioni manageriali.

Quelli che stiamo utilizzando e scegliendo in questo progetto però, sono più precisamente EnPI, ovvero Energy Performance Indicator (indicatore di prestazione energetica). Un EnPI è un indicatore specifico per l'energia, usato per misurare l'efficienza e le prestazioni energetiche; è un concetto centrale nella norma ISO 50001.

Questi indicatori servono a monitorare i consumi energetici, valutare miglioramenti nell'efficienza e confrontare le prestazioni nel tempo o tra reparti; un EnPI mette dunque in relazione l'energia con una variabile significativa (output, superficie, tempo, volume di produzione...).

Per individuare i valori di questi EnPI sono stati utilizzati dati rilevati dal software precedentemente introdotto ovvero il software PME sviluppato da Schneider Electric; difatti utilizzando tali dati rilevati dal software è stato possibile ricavare delle formule per ognuno degli usi energetici sopracitati, in modo da ottenere valori accettabili e buoni. Oltre che le varie formule, per ciascun uso energetico, vengono individuate le costanti K a livello settimanale e giornaliero, il valor medio, la deviazione standard, la soglia massima (2*deviazione standard + valor medio), e la soglia minima (valor medio - 2*deviazione standard). Sono inoltre indicate le unità di misura scelte (ad esempio kwh/Nmc per quanto riguarda l'aria compressa oppure kwh/Mm³ per la ventilazione). Per quanto riguarda le formule in particolare, ad esempio per l'aria compressa viene decisa la formula A/B dove A rappresenta il codice che indica l'aria compressa nell'edificio G al piano 0 e questo dato viene estratto da PME mentre B rappresenta il codice che indica il misuratore di produzione aria compressa anch'esso estratto dal PME. Successivamente quindi sempre su PME è stato trovato il valore per ciascuna formula da ricondurre al proprio uso energetico.

USO ENERGETICO	TAG ENPI	TAG K	FORMULA	K (costante) settimanale	K (costante) giornaliero
11 USO ENERGETICO					
12 ARIA COMPRESSA - GENERAZIONE	CR_EnPI.3044 CAO GENERAZIONE		A / B	N/A	
13 UPS - RENDIMENTO	CR_EnPI.3100 UPS RENDIMENTO		A / B	N/A	
14 VENTILAZIONE - GENERAZIONE	CR_EnPI.30NN VENTILAZIONE GENERAZIONE SITO		A / B	N/A	
15 CWS - GENERAZIONE	NON CREATO		A / B	N/A	
16 CWS - GENERAZIONE - EFFICIENZA GLOBALE	CR_EnPI.3003 CWS GENERAZIONE EFFICIENZA		B / A	N/A	
17 CWS - ASSORBIMENTO - settimanale	NON CREATO		$A / [B / 1000000 * (C + B / 1000000 * K)]$	0,5	
18 CWS - ASSORBIMENTO - giornaliero	CR_EnPI.3003 CWS ASSORBIMENTO	CR_EnPI.K 3003 CWS ASSORBIMENTO	$A / [B / 1000000 * (C + B / 1000000 * K)]$		0,5
19 HWS - GENERAZIONE	NON CREATO		A / B	N/A	
20 HWS - GENERAZIONE - EFFICIENZA GLOBALE	CR_EnPI.3002 HWS GENERAZIONE EFFICIENZA		B / A		
21 HWS - ASSORBIMENTO - settimanale	NON CREATO		$A / B / 1000000 * (C + D / K + (E / (C + 0,1)) * C)$	3,5	
22 HWS - ASSORBIMENTO - giornaliero	CR_EnPI.3002 HWS ASSORBIMENTO	CR_EnPI.K 3002 HWS ASSORBIMENTO	$A / B / 1000000 * (C + D / K + ((E / 7) / (C + 0,1)) * C)$		3,5
23 VAPORE - GENERAZIONE	CR_EnPI.3011 VAPORE GENERAZIONE		A / B	N/A	
24 VAPORE - ASSORBIMENTO - settimanale	NON CREATO		$A / [B / 1000000 * (C + K)]$	6	
25 VAPORE - ASSORBIMENTO - giornaliero	CR_EnPI.3011 VAPORE ASSORBIMENTO	CR_EnPI.K 3011 VAPORE ASSORBIMENTO	$A / [B / 1000000 * (C + K)]$		6

Fig. 3.8a – Foglio excel rappresentante i vari EnPi e relative formule

11	VALORE MEDIO 2023-2024	RQ 2024	DEV STANDARD 2023-2024	SOGLIA MAX (2 dev std)	SOGLIA MIN (2 dev std)	U.M.
12	0,22	88%	0,02	0,26	0,18	kWh/Mmc
13	0,92	100%	0,01	0,94	0,9	kWh/kWh
14	490	80% (NEL 2023 94%)	22	534	446	kWh/Mm3
15	0,18	98%	0,025	0,23	0,13	kWhF/kWhF
16	5,7	98%	1	7,7	3,7	kWhF/kWhE
17	15,5	98%	1,65	18,8	12,2	kWhF/[kJ/(kg*K)*Mmc]
18	108,5	98%	11,55	131,6	85,4	kWhF/[kJ/(kg*K)*Mmc]
19	0,7	93%	0,19	1,08	0,32	kWh/kWhT
20			5,263157895	0,925925926	3,125	kWhT/kWh
21	16	93%	3,5	23	9	kWhF/[Mmc*(GG + kJ/(kg*K) + (K / (GG + 0,1) * GG)]
22	115	92%	24,5	164	66	kWhF/[Mmc*(GG + kJ/(kg*K) + (K / (GG + 0,1) * GG)]
23	0,09	95%	0,01	0,110	0,070	Smc/kg
24	64	98%	8	80	48	kg / Mmc * (x + K) con x = titolo vapore

Fig. 3.8b - Valor medio, RQ, deviazione standard e soglie di ciascun uso energetico

4 SOPRALLUOGHI E ULTERIORI RICHIESTE CLIENTE

4.1 Sopralluoghi in campo

Il primo sopralluogo è stato svolto all'inizio del progetto in modo da prendere confidenza con i vari impianti di tutti gli edifici del centro ricerche e il relativo loro funzionamento.

L'azienda in questione, come già specificato precedentemente, è composta da svariati edifici nei quali sono presenti molteplici impianti, taluni di importante taglia e complessità di funzionamento; in primo luogo, sono stati visionati alcuni dei vari multimetri presenti nei quadri elettrici per comprenderne meglio la funzionalità. I quadri elettrici in questione sono presenti nei relativi vani tecnici e ogni piano di ogni edificio presenta un quadro elettrico generale che controlla appunto il piano stesso. Per le stanze più importanti (come alcuni laboratori) ci sono anche singoli quadri elettrici per stanza; nei quadri elettrici sono sempre presenti 3 linee:

- La linea normale, ovvero quella che controlla luci e altre cose non fondamentali nel caso dovesse saltare la corrente
- La linea preferenziale, che è collegata al gruppo elettrogeno e se dovesse saltare la corrente verrebbe automaticamente ripristinata in circa 5 minuti (serve per i freezer, i frigoriferi che hanno bisogno di ripartire subito se dovesse saltare la corrente a causa dei loro contenuti)
- La linea UPS, che non viene mai scollegata se dovesse saltare la corrente

I multimetri visualizzati in particolare misuravano dunque tensione, corrente, resistenza, potenza istantanea e altre misurazioni precise e sono stati tutti installati da Siemens.



Fig 4.1 - Multimetro raffigurante la potenza istantanea



Fig 4.2 - Quadro elettrico al piano C2

Sono state visionate in un secondo momento anche svariate UTA (unità trattamento aria) collocate nelle penthouse (sottotetto), questi macchinari (fig. 4.3) sono di taglia decisamente imponente a causa delle dimensioni e della complessità degli edifici da servire. Le UTA servono quindi per gestire, trattare e distribuire l'aria negli edifici; in pratica esse aspirano inizialmente l'aria dall'esterno, filtrano l'aria rimuovendo polveri e pollini, regolano la temperatura (riscaldando l'aria in inverno e raffreddandola in estate), controllano l'umidità ed infine spingono l'aria trattata, nei locali tramite i canali. Esse migliorano dunque la qualità dell'aria, garantiscono comfort termico e riducono i consumi energetici.



Fig 4.3 - UTA situate in penthouse

In un ulteriore sopralluogo sono state visitate ed analizzate anche le principali centrali termiche in cui erano presenti caldaie, pompe di calore, generatori di vapore, successivamente sono state visualizzate le stanze in cui erano contenuti gli addolcitori per purificare l'acqua; il controllo di questi ultimi strumenti e del loro corretto funzionamento diventa fondamentale per un'azienda come questa nel settore farmaceutico, poiché i farmaci che vengono utilizzati hanno bisogno di acqua che viene purificata non una, non due ma più volte tramite più passaggi (deve arrivare ad un contenuto di minerali di circa 0,001%, quasi come se ci si potesse immergere un phon senza prendere la scossa).

La sala è organizzata in aree funzionali ben distinte. Da una parte troviamo le pompe di calore, dall'altra le caldaie ad acqua calda, e in una zona separata e più regolamentata i generatori di vapore. Tutte queste macchine sono collegate tra loro tramite collettori comuni e sistemi di distribuzione che permettono di modulare la produzione in base alle richieste dell'edificio. Le pompe di calore rappresentano generalmente il generatore principale. Sono macchine elettriche che trasferiscono energia termica da una sorgente (aria esterna, acqua di falda o circuito geotermico) all'acqua dell'impianto. In condizioni

climatiche favorevoli coprono la maggior parte del fabbisogno termico, garantendo un'elevata efficienza energetica. L'acqua riscaldata viene inviata a un collettore comune e spesso a un serbatoio inerziale (puffer), che stabilizza la temperatura e riduce gli avviamenti frequenti delle macchine.

Le caldaie intervengono come integrazione o come riserva. Sono alimentate a gas e lavorano nel seguente modo: aumentano o riducono la potenza in funzione della richiesta. In inverno, quando la temperatura esterna è molto bassa e la pompa di calore perde efficienza, le caldaie forniscono l'energia necessaria a coprire i picchi di carico. Sono collegate a collettori di mandata e ritorno comuni, così che possano funzionare singolarmente o in parallelo, garantendo continuità di servizio anche in caso di fermo di una macchina.

Accanto alla produzione di acqua calda troviamo la sezione dedicata ai generatori di vapore, che costituisce un impianto a sé stante. Qui l'acqua viene portata all'ebollizione e trasformata in vapore, utilizzato per processi industriali, sterilizzazioni o altre applicazioni tecnologiche. Il generatore è dotato di sistemi di sicurezza specifici: controllo del livello acqua, valvole di sicurezza, pressostati, sistemi di spurgo e trattamento chimico dell'acqua. Il vapore prodotto confluisce in un collettore e viene distribuito alle utenze; la condensa che si forma nei processi viene raccolta e reimpressa nel ciclo, migliorando l'efficienza complessiva. Tutto il sistema è supportato da una rete di pompe di circolazione, che garantiscono il movimento dell'acqua nei vari circuiti. Ci sono pompe primarie, direttamente collegate ai generatori, e pompe secondarie che spingono l'acqua verso le reti dell'edificio. Spesso sono installate in configurazione gemellare o con inverter per modulare la portata e assicurare ridondanza. Un ruolo fondamentale è svolto dai collettori, che funzionano come punti di smistamento dell'energia termica. Qui convergono le mandate dei generatori e da qui parte la distribuzione verso i vari circuiti: riscaldamento ambienti, batterie delle unità di trattamento aria, produzione di acqua calda sanitaria, o altri utilizzi specifici.

Sono presenti inoltre sistemi ausiliari indispensabili:

- Vasi di espansione, che compensano le variazioni di volume dell'acqua al variare della temperatura.
- Gruppi di reintegro, che mantengono costante la pressione dell'impianto.
- Sistemi di trattamento acqua, come addolcitori o osmosi, per prevenire incrostazioni e corrosioni.
- Quadri elettrici e sistema di supervisione (BMS), che controllano temperature, pressioni, stati di funzionamento e gestiscono la logica di accensione in cascata dei generatori.

Dal punto di vista del funzionamento, l'impianto è progettato per lavorare in modo flessibile. In condizioni normali, la pompa di calore copre il carico base, perché è il sistema più efficiente. Se la richiesta aumenta, entrano in funzione progressivamente le caldaie. Il generatore di vapore opera invece in funzione delle esigenze specifiche del processo, indipendentemente dal circuito di acqua calda.

Nel complesso, la centrale non è semplicemente un insieme di macchine, ma un sistema integrato e coordinato, pensato per garantire:

- Continuità di servizio
- Efficienza energetica
- Sicurezza operativa
- Ridondanza in caso di guasti
- Adattabilità alle diverse condizioni stagionali

È, in sostanza, il nodo centrale da cui dipende il comfort ambientale e, nei casi industriali, la stessa operatività produttiva dell'edificio.



Fig. 4.4 - Generatore di vapore Mingazzini

Un'altra camera visitata è stata quella contenente i vari compressori, che aspirano aria ambiente, la comprimono aumentandone la pressione e producono aria compressa pronta all'uso trasformando energia meccanica in energia pneumatica.

Successivamente sono stati inoltre visionati i vari UPS industriali (fig. 4.5) e nello specifico trifase che serve quindi a garantire continuità di alimentazione elettrica e dunque proteggere i carichi critici da blackout, sbalzi di tensione e disturbi di rete, essi si trovano in locali tecnici elettrici apposti per questi macchinari.



Fig. 4.5 - Linea UPS

Inoltre, le camere climatiche contengono provette e strumenti che vengono stabilmente mantenuti ad una precisissima temperatura e pressione; appena queste ultime cambiano si attiva un allarme che verrà poi disattivato se temperatura e pressione torneranno ai propri valori standard. Temperatura e pressione nelle camere è importante che rimangano stabili

poiché questi campioni di farmaci andranno utilizzati in altri paesi e quindi vengono messi alla prova per resistere alle diverse temperature o pressioni dei vari luoghi (ad esempio è stata visualizzata per 3-4 secondi una camera con medicinali destinati al Brasile con temperatura di 40 gradi centigradi ed è stato possibile vedere che aprendo la camera per circa 3-4 secondi la temperatura è andata a 39.8 gradi centigradi, l'allarme si è attivato sul display, si è dovuto spegnere manualmente ed ovviamente tutto è tornato nella norma in pochi secondi sia per temperatura che pressione).



Fig. 4.6 Display camera climatica

4.2 Richiesta spegnimento 10-13 gennaio

Essendo il 13 gennaio Sant'Ilario il patrono di Parma, il cliente ha richiesto uno studio dei risparmi energetici ed economici che si avrebbero spegnendo edificio D, mensa e atrio dello stabilimento essendo questi locali non critici. Sono quindi stati forniti i valori di consumo reale elettrico per quanto riguarda edificio D degli ultimi anni e portata d'aria UTA per quanto riguarda la mensa. Per andare a calcolare il risparmio nell'edificio D si sono semplicemente considerati dei valori in un periodo simile dell'anno precedente che rappresentasse 3 festivi e 1 feriale in modo che fosse chiaro il risparmio che ci sarebbe stato a livello di kwh. Per quanto riguarda invece il risparmio della mensa si calcolano con il metodo sopraindicato i milioni di metri cubi di volume di aria, che poi andrà moltiplicato per il valore di 550 kwh/Mmc per ottenere i kwh risparmiati nei quattro giorni indicati. Tutto ciò è richiesto semplicemente per ricavare un risparmio energetico su quelli che sono gli impianti non critici che dunque si possono spegnere.

Questa richiesta è risultata essere una richiesta secondaria al fine del funzionamento degli impianti e del controllo di qualità ma comunque utile per verificarne eventuali risparmi dal punto di vista energetico e di conseguenza economico.

4.3 Analisi chiller ed estrazione dati dal 2024

Durante lo svolgimento del progetto sono state avanzate molteplici richieste, essendo questo prevalentemente un compito di controllo qualità, che andassero a mirare dunque sul corretto funzionamento dei vari componenti interni al centro ricerche e in particolare quelli più importanti dal punto di vista del consumo energetico e conseguentemente economico al fine di ridurre questi importanti consumi e soprattutto consentire il corretto funzionamento degli impianti in sicurezza.

Le richieste principali data la grandezza del centro sono molteplici, la prima di una serie ben specifica in particolare ha riguardato l'analisi dei chiller CH04 e CH05 rispettivamente contenuti negli edifici G ed I. In particolare, la domanda verteva sull'analisi specifica del funzionamento di CH05 con inclusa richiesta di:

- Consumo gas metano caldaie IGNIS
- Energia termica prodotta da caldaie IGNIS
- Energia termica prodotta da CH05
- Energia frigorifera prodotta da CH05
- Energia elettrica assorbita da CH05
- Energia termica prodotta da CH04
- Energia frigorifera prodotta da CH04
- Energia elettrica assorbita da CH04

- o Energia termica complessiva prodotta da CH04+CH05.

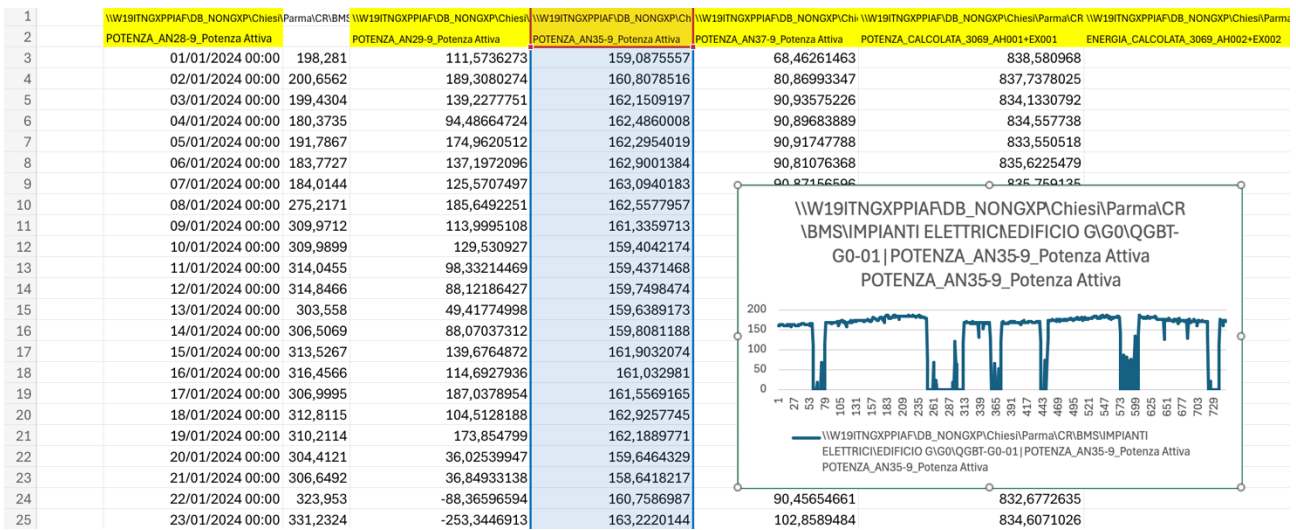


Fig 4.7 - Grafico potenza attiva relativa a piano G0 da 2024 ad oggi

I vari dati sono stati raccolti su base giornaliera per il mese di dicembre essendo stata effettuata la richiesta i primi giorni di gennaio. Progressivamente dunque, sia tramite il già citato file excel contenente l’anagrafica dei misuratori e tramite un excel presente nella piattaforma software Citrix sono stati ricavati gli indirizzi del database OSI e andando poi a inserire questi ultimi nell’excel aperto tramite Citrix, si è selezionata la scheda PI DataLink situata nella barra multifunzione in alto e utilizzando il comando “Calculated data” sono stati ricavati tutti i valori dei rispettivi indirizzi OSI per il mese di dicembre.

Questa operazione è ovviamente a discrezione di chi sceglie i dati da inserire poiché grazie al comando “Calculated data” è possibile selezionare il tempo di inizio e di fine di ciò che interessa, l’intervallo di tempo (quindi ore, giorni, mesi) e la modalità di calcolo (che può essere totale, un range oppure media pesata sul tempo o sull’evento). Ecco che tramite queste operazioni si ottengono svariate colonne con indicati i vari valori per il periodo desiderato.

Successivamente a seguito dell’ultimo Energy Team del 2025 svolto dal cliente, è stata richiesta un’analisi sull’efficienza del sistema di produzione di vapore per l’umidificazione dell’aria, ed in particolare sono stati richiesti i seguenti dati:

- o Portate aria esterna singole AHU dotate di sistema di umidificazione
- o Temperatura e umidità relativa dell’aria esterna
- o Gas metano dei generatori di vapore
- o Portata vapore pulito misurata da strumenti

Per quanto riguarda la richiesta d'estrazione di dati specifici dagli edifici G, F, C, B riguardanti urgenti portate e potenze da comunicare al cliente, è stato utilizzato lo stesso metodo precedentemente messo in atto per i chiller; quindi, utilizzando gli indirizzi del database OSI andando ad inserirli nell'excel aperto tramite Citrix e ottenendo dunque i valori di potenze attive e portate dal 1/01/2024 al 20/01/2026, giorno in cui è stata avanzata la richiesta dal cliente.

4.4 Estrazione dati CH05 per dicembre 2025

La richiesta più importante da parte del cliente si è rivelata essere quella relativa all'estrazione dei dati riferiti al chiller CH05, a causa della mancanza di precedente rilevazione dati riferiti a questo chiller, per cui sono stati richiesti, tutti su base oraria, i seguenti dati:

- Contacalorie produzione CH05
- Contacalorie produzione caldaie a gas HW1-2-3-4
- Contafrigorie produzione CH05
- Potenza attiva CH05
- Potenza elettrica CH05
- Conatore gas metano cumulato
- Misuratore gas metano Mingazzini
- Misuratore gas metano Babcock
- Calcolo tra differenza di gas metano cumulato meno la somma di Mingazzini + Babcock
- Contacalorie recupero fumi caldaie Babcock
- Contacalorie recupero vapore di flash

Tutti i dati sovracitati sono stati ottenuti con il metodo precedentemente indicato ovvero tramite gli indirizzi del database OSI inseriti nell'apposito excel PI aperto tramite la piattaforma Citrix. Ciò si è rilevato fondamentale per poter rispondere all'esigenza principale del cliente che necessitava di conoscere questi dati a causa dell'importanza che essi hanno nell'impianto e soprattutto per gestirne il relativo funzionamento.

Quello che il cliente sta chiedendo, in sostanza, è una fotografia energetica completa e coerente del sistema termico e dei relativi consumi, con un'attenzione particolare alla coerenza tra energia prodotta, energia consumata e combustibile utilizzato. Per quanto riguarda i dati dei contacalorie dei chiller, vuole conoscere quanta energia termica viene scambiata dal sistema di refrigerazione. Il contacalorie misura, infatti, l'energia termica trasferita tramite un fluido (tipicamente acqua), combinando portata e differenza di temperatura tra mandata e ritorno.

Nel caso dei chiller, il cliente vuole capire quanta energia frigorifera viene effettivamente prodotta o assorbita dall'impianto, probabilmente per confrontarla con i consumi elettrici e valutarne l'efficienza. Richiedendo i dati del misuratore di gas metano delle caldaie, sta invece chiedendo il consumo reale di combustibile. Questo dato è fondamentale perché rappresenta l'input energetico primario del sistema termico. Dal volume di gas metano consumato (espresso in Sm^3) si può risalire all'energia termica teoricamente disponibile, considerando il potere calorifico del gas.

Richiedendo le potenze attiva ed elettrica, vuole sapere quanta energia elettrica viene effettivamente assorbita dagli impianti. La potenza attiva (kW) è quella realmente trasformata in lavoro utile o calore, mentre la potenza elettrica può riferirsi più genericamente all'assorbimento complessivo del sistema. Questo dato serve per valutare l'impatto elettrico dell'impianto e, nel caso dei chiller, per calcolare indicatori di efficienza come il COP o l'EER (rapporto tra energia frigorifera prodotta ed energia elettrica assorbita).

La richiesta sulla differenza tra gas metano cumulato e la somma delle due tipologie di caldaie (Mingazzini + Babcock) è probabilmente la parte più significativa. Qui il cliente sta verificando la coerenza del bilancio energetico. Se esiste un contatore generale del gas metano a monte dell'impianto e poi due sistemi di misura separati per le caldaie Mingazzini e Babcock, la somma dei consumi delle due caldaie dovrebbe essere molto vicina al consumo totale misurato dal contatore generale. Se c'è una differenza significativa, questa può indicare diverse situazioni: errori di misura, dispersioni, altri utilizzi di gas non contabilizzati, o problemi di taratura degli strumenti.

In altre parole, il cliente vuole capire se i flussi energetici dell'impianto sono tracciati correttamente e se esiste coerenza tra energia in ingresso (gas metano ed energia elettrica) ed energia utile prodotta (calore o freddo). È quindi una richiesta tipica di analisi energetica, controllo di efficienza e audit tecnico, finalizzata a verificare performance, consumi e possibili inefficienze o anomalie.

In particolare, questa richiesta viene considerata la più importante perché riassume alla perfezione quello che è lo scopo del progetto ovvero fornire al cliente un servizio preciso e attento di controllo qualità e soprattutto un monitoraggio avanzato di quelli che sono gli impianti industriali del cliente al fine di verificarne il loro corretto funzionamento.

	Contocalorie caldo produzione chiller CH4-5	Contocalorie caldo produzione CH5	Contocalorie produzione caldaie a gas HW1-2-3-4	Contocalorie freddo produzione CH5	Potenza Attiva CH05	Contocalorie freddo produzione CH4	Potenza Elettrica CH04	Gas metano sito	Gas metano mingazzini	
	kwh	kwh	kwh	kwh	kwh	kwh	kwh	Smc	Smc	
1	01-dic-25 00:00:00	986,271	418,5348801	92,31350418	364,2092686	106,9601803	810,0586524	241,7898025	82	1
2	01-dic-25 01:00:00	636,3818	403,3036696	898,7508789	353,5179098	112,9879839	775,4656516	252,9078407	152	
3	01-dic-25 02:00:00	1059,342	377,9799179	192,1360551	316,6747797	111,2485708	744,0968378	260,3320807	76	
4	01-dic-25 03:00:00	477,8349	416,6560513	598,4987532	364,9913999	102,4398685	836,0109907	234,5299189	134	
5	01-dic-25 04:00:00	563,8811	358,2106174	1620,218545	307,3944703	106,180183	789,7517579	257,8780222	237	
6	01-dic-25 05:00:00	1097,657	418,4440091	991,4243449	362,9496579	115,05597	777,731681	253,359115	179	1
7	01-dic-25 06:00:00	1094,467	419,9752221	998,0655751	375,7625682	115,249609	794,9026871	250,9933946	186	2
8	01-dic-25 07:00:00	1347,336	706,0656059	1198,608828	617,1276963	213,5801247	767,5577998	261,6759699	230	3
9	01-dic-25 08:00:00	1296,833	625,8767916	847,4530717	525,0784296	191,4632203	752,808419	262,9428933	194	3
10	01-dic-25 09:00:00	1256,191	595,0443508	978,8967634	540,3652716	176,8483656	777,2071959	258,6452186	210	4
11	01-dic-25 10:00:00	1403,982	751,8091225	772,3781642	643,6050468	224,0853219	771,4534761	263,4323641	188	4
12	01-dic-25 11:00:00	1251,036	580,3476273	896,7815519	529,7715257	180,0090867	778,145823	263,3116685	195	3
13	01-dic-25 12:00:00	1328,079	681,4765468	675,4118835	576,7742157	202,1560357	754,2765454	261,1190312	183	4
14	01-dic-25 13:00:00	1317,485	684,6480813	742,6825881	620,5968089	208,1992804	756,4871373	260,255562	172	3
15	01-dic-25 14:00:00	1307,336	658,2282276	650,5041379	605,7840412	203,2594457	758,1732835	260,6722788	167	3
16	01-dic-25 15:00:00	1357,052	716,1090154	617,1874021	629,2925122	215,6282647	758,7991729	259,3495681	172	4
17	01-dic-25 16:00:00	1297,453	652,9109289	613,3461469	602,8013823	202,6055065	759,1399369	261,1339496	160	3
18	01-dic-25 17:00:00	1283,921	647,9712501	576,7128554	579,9329856	204,9229598	745,7748702	262,1565113	167	3
19	01-dic-25 18:00:00	1424,465	792,7755007	338,1220711	676,1827186	242,1658259	746,7717096	264,8812741	130	3
20	01-dic-25 19:00:00	1050,707	409,8464183	750,7551253	386,2589566	127,985953	745,7561142	258,9623919	165	2
21	01-dic-25 20:00:00	1276,332	648,7003844	342,3481136	601,6194421	219,2192453	733,3369008	265,1659943	124	2
22	01-dic-25 21:00:00	1352,469	722,0497562	11,09112273	627,9079213	225,0395984	749,9163016	262,4633182	88	2
23	01-dic-25 22:00:00	1339,992	698,6478613	0	588,056385	202,5573704	775,8420917	257,5560676	77	1
24	01-dic-25 23:00:00	1305,793	670,4062442	0	576,8767702	192,8271696	771,0255376	256,0771572	79	1
25	02-dic-25 00:00:00	1118,299	424,542201	0	370,4965512	108,9337029	816,9059422	246,3300623	77	1
26	02-dic-25 01:00:00	855,6969	364,710089	851,0174355	312,469836	98,70223685	798,0176316	249,4980443	169	1
27	02-dic-25 02:00:00	948,4453	319,3841315	758,7982321	256,3830983	99,43085155	722,6682174	263,8308618	155	1
28	02-dic-25 03:00:00	937,0525	323,3152739	732,2743168	258,7414302	104,8503721	698,753005	267,7240025	154	1
29	02-dic-25 04:00:00	1038,697	379,2569043	21,50463324	317,1602548	107,6532386	742,2524928	253,9716971	79	1

Fig. 4.8 – Foglio excel raffigurante dati CH05 del 1° dicembre 2025

5 EnPI, PME ED ANALISI PREDITTIVA

5.1.1 KPI ed EnPI

I KPI e gli EnPI sono entrambi indicatori di performance, ma nascono in contesti diversi e rispondono a logiche differenti. Per capire davvero la differenza bisogna partire dal loro significato e dallo scopo per cui vengono utilizzati. I KPI, acronimo di Key Performance Indicators, sono indicatori chiave di prestazione utilizzati in ambito gestionale e strategico per misurare quanto un'organizzazione sta raggiungendo i propri obiettivi. Sono strumenti tipici del controllo di gestione, della direzione aziendale e della pianificazione strategica. Un KPI può riguardare praticamente qualsiasi aspetto dell'attività aziendale: vendite, produttività, qualità, sicurezza, tempi di consegna, soddisfazione del cliente, redditività, ecc. Per esempio, il fatturato mensile, il margine operativo, il tasso di scarti o l'indice di soddisfazione dei clienti sono tutti KPI. La loro funzione principale è tradurre gli obiettivi strategici in numeri misurabili, in modo da capire se l'organizzazione sta andando nella direzione desiderata.

Gli EnPI, invece, sono Energy Performance Indicators, cioè indicatori di prestazione energetica. Nascono in un contesto molto più specifico: quello della gestione dell'energia e dei sistemi di gestione dell'energia come previsti dalla norma internazionale ISO 50001. L'obiettivo degli EnPI non è misurare genericamente la performance aziendale, ma valutare in modo oggettivo l'efficienza e il miglioramento delle prestazioni energetiche di un'organizzazione, di un processo o di un impianto. Un EnPI può essere, ad esempio, il consumo di energia per unità di prodotto, i kWh per metro quadrato in un edificio, o il consumo specifico per tonnellata lavorata in un impianto industriale. La loro logica è legata al miglioramento continuo della performance energetica e alla riduzione dei consumi e delle emissioni associate. La differenza più importante tra KPI ed EnPI sta quindi nel campo di applicazione e nella finalità. I KPI sono uno strumento di gestione generale e possono riguardare qualsiasi dimensione strategica dell'organizzazione. Gli EnPI sono un sottoinsieme molto specifico di indicatori, focalizzati esclusivamente sull'energia e strutturati secondo criteri tecnici definiti da norme e metodologie precise.

Un KPI può essere definito liberamente dall'azienda in funzione delle proprie priorità strategiche; non esiste una norma universale che imponga come debba essere calcolato un certo KPI. Gli EnPI, invece, devono essere coerenti con un'analisi energetica formale, con

una baseline energetica e con variabili che influenzano i consumi (come volumi produttivi, condizioni climatiche, ore di funzionamento). Non basta misurare un consumo assoluto: bisogna normalizzarlo e metterlo in relazione a fattori significativi per poter parlare realmente di miglioramento della prestazione energetica.

Un'altra differenza rilevante riguarda il concetto di miglioramento. Nei KPI il miglioramento è legato al raggiungimento di target strategici (più vendite, meno scarti, maggiore redditività). Negli EnPI il miglioramento è strettamente collegato all'efficienza energetica: significa ottenere lo stesso risultato con meno energia, oppure aumentare la produzione senza aumentare proporzionalmente i consumi. In sintesi, i KPI sono strumenti di governo complessivo dell'organizzazione, orientati alla strategia e alla performance globale; gli EnPI sono strumenti tecnici e specialistici, focalizzati sulla gestione e sul miglioramento della prestazione energetica.

Nel progetto di tesi vengono utilizzati gli EnPI per riferirsi ai vari usi energetici e monitorare dunque funzionamento e miglioramenti delle varie attrezzature, gli usi energetici selezionati per collegarci gli EnPI risultano essere i seguenti:

- UPS
- Ventilazione con EnPI di generazione
- CWS con EnPI di generazione
- CWS con EnPI di assorbimento
- HWS con EnPI di generazione
- HWS con EnPI di assorbimento
- Vapore con EnPI di generazione
- Vapore con EnPI di assorbimento

Tra questi EnPI vi è un'importante differenza da annotare, ovvero quella tra EnPI di generazione ed EnPI di assorbimento. Gli EnPI di generazione misurano le prestazioni delle macchine e dei componenti impiantistici di un uso energetico come rapporto tra vettore energetico assorbito (energia elettrica o gas metano) e l'output derivante dalla trasformazione dell'energia (acqua calda, vapore, HVAC, acqua refrigerata, aria compressa...), misurano dunque prettamente la prestazione delle macchine, invece gli EnPI di assorbimento misurano le prestazioni dell'edificio o delle destinazioni degli output derivanti dalla generazione in rapporto alle variabili rilevanti (ISO 50001) che possono essere fattori climatici, intensità dell'utilizzo dell'edificio da parte dei clienti.

2	FORMULA	B/A	
3	UNITA' DI MISURA	kWhT/kWh	
4	DESCRIZIONE	La formula è B/A dove B rappresenta il contacalorie del consumo di energia totale sito mentre A rappresenta l'energia totale per la produzione di HWS , unità di misura è espressa in tonnellate di kwh/kwh. Essendo un Enpi di generazione misura il rapporto tra un vettore energetico assorbito e trasformazione dell'energia.	
5	VALORI	B	A
6	TAG CUMULATO ANNUALE	CONTACALORIE ENERGIA TOTALE CONSUMO SITO	ENERGIA TOTALE PRODUZIONE HWS
7	se necessario		
8		\\W19ITNGXPPIAF\DB_NONGXP\Chiesi\Parma\CR\BMS\IMPIANTI TECNOLOGICI\EDIFICIO G\G0\3002 POTENZA_calcolata_3002_FT001_Caldaia HW001	\\W19ITNGXPPIAF\DB_NONGXP\Chiesi\Parma\CR\BMS\IMPIANTI TECNOLOGICI\EDIFICIO G\G0\3040 GAS METANO_Cumulato contatore PDR 15441000279356
9		\\W19ITNGXPPIAF\DB_NONGXP\Chiesi\Parma\CR\BMS\IMPIANTI TECNOLOGICI\EDIFICIO G\G0\3002 POTENZA_calcolata_3002_FT002_Caldaia HW002	\\W19ITNGXPPIAF\DB_NONGXP\Chiesi\Parma\CR\BMS\IMPIANTI ELETTRICI\EDIFICIO G\G0\QGBT-G0-01 ENERGIA_AN27-4_Energia Attiva
10		\\W19ITNGXPPIAF\DB_NONGXP\Chiesi\Parma\CR\BMS\IMPIANTI TECNOLOGICI\EDIFICIO G\G0\3002 POTENZA_calcolata_3002_FT003_Caldaia HW003	\\W19ITNGXPPIAF\DB_NONGXP\Chiesi\Parma\CR\BMS\IMPIANTI ELETTRICI\EDIFICIO G\G0\QGBT-G0-01 ENERGIA_AN21-9_Energia Attiva
11		\\W19ITNGXPPIAF\DB_NONGXP\Chiesi\Parma\CR\BMS\IMPIANTI TECNOLOGICI\EDIFICIO G\G0\3002 POTENZA_calcolata_3002_FT004_Caldaia HW004	
12		\\W19ITNGXPPIAF\DB_NONGXP\Chiesi\Parma\CR\BMS\IMPIANTI TECNOLOGICI\EDIFICIO G\G0\3002-047 ENERGIA_3002_047_Contacalorie produzione chiller CH4-5	
13		\\W19ITNGXPPIAF\DB_NONGXP\Chiesi\Parma\CR\BMS\IMPIANTI TECNOLOGICI\EDIFICIO G\G0\3002-049 ENERGIA_3002_049_Contacalorie recupero fumi caldaie Babcock	

Fig. 5.1 – Foglio excel su descrizione EnPI HWS generazione

La tabella rappresentata in figura presenta, in questo caso, la descrizione dell'EnPI HWS di generazione dove viene indicata inizialmente la formula utilizzata per ottenere questo EnPI, l'unità di misura, la descrizione dell'EnPI, il tag ovvero che cosa vuole indicare l'EnPI in questione ed infine la lista di indirizzi che costituiscono l'EnPI presa da un ulteriore file excel già precedentemente indicato (il file su anagrafica e misurazione dati fornito dall'azienda). Questa operazione è stata poi ripetuta per tutti e 6 gli EnPI facenti parte dello studio del progetto in modo da ottenerne una descrizione dettagliata con un foglio excel per ciascuno di essi.

5.1.2 La norma ISO 50001

La ISO 50001 è una norma internazionale che definisce i requisiti per la creazione, l'implementazione, il mantenimento e il miglioramento di un sistema di gestione dell'energia (SGE). È stata sviluppata dall'International Organization for Standardization con l'obiettivo di fornire alle organizzazioni un quadro strutturato per migliorare in modo sistematico la propria prestazione energetica, ridurre i consumi e, di conseguenza, contenere i costi e l'impatto ambientale associato all'uso dell'energia. La norma si applica a qualsiasi tipo di organizzazione, indipendentemente dalle dimensioni, dal settore o dall'area geografica. Può essere adottata da imprese industriali ad alto consumo energetico, ma anche da enti pubblici, strutture sanitarie, edifici commerciali o

organizzazioni di servizi. Il suo presupposto fondamentale è che l'energia debba essere gestita attraverso un sistema organizzato, basato su responsabilità definite, processi documentati, monitoraggio continuo e obiettivi misurabili.

Dal punto di vista metodologico, la ISO 50001 segue la struttura ad alto livello (High Level Structure) comune alle più recenti norme ISO sui sistemi di gestione, il che la rende facilmente integrabile con altri standard come la ISO 9001 per la qualità e la ISO 14001 per l'ambiente. La logica di fondo è quella del ciclo di miglioramento continuo Plan-Do-Check-Act (PDCA): si pianifica la gestione energetica, si attuano le azioni previste, si monitorano e si misurano i risultati, e infine si interviene per correggere e migliorare il sistema. Un elemento centrale della norma è l'analisi energetica iniziale, attraverso la quale l'organizzazione identifica gli usi energetici significativi, valuta i consumi e individua le aree con maggiore potenziale di miglioramento. Su questa base vengono definiti la baseline energetica (cioè il riferimento rispetto al quale misurare i miglioramenti futuri) e gli indicatori di prestazione energetica (EnPI), strumenti essenziali per valutare in modo oggettivo l'efficacia delle azioni intraprese.

La ISO 50001 non si limita a richiedere interventi tecnici sugli impianti, ma insiste molto sugli aspetti organizzativi e gestionali. La direzione deve assumere un ruolo attivo, definendo una politica energetica coerente con la strategia aziendale e mettendo a disposizione risorse adeguate. Devono essere stabilite responsabilità chiare, promossa la consapevolezza del personale e garantita la competenza di chi opera su processi che influenzano i consumi energetici. In questo senso, la norma favorisce un cambiamento culturale oltre che tecnico. Un altro aspetto rilevante riguarda l'integrazione dell'efficienza energetica nei processi decisionali, inclusi la progettazione di nuovi impianti, l'acquisto di apparecchiature e la pianificazione delle attività produttive.

L'adozione della ISO 50001 può essere volontaria oppure collegata a obblighi normativi nazionali in materia di diagnosi energetiche o gestione dei consumi per grandi imprese ed energivori. La certificazione da parte di un ente terzo accreditato consente inoltre di dimostrare in modo oggettivo l'impegno dell'organizzazione verso l'efficienza energetica e il miglioramento continuo, con possibili benefici reputazionali, competitivi e, in alcuni casi, economici. In conclusione, la ISO 50001 rappresenta uno strumento sistemico per governare l'energia in modo strutturato e orientato ai risultati. Non è semplicemente una norma tecnica sull'efficienza, ma un modello gestionale che integra aspetti organizzativi, misurazione delle performance e miglioramento continuo, con l'obiettivo di rendere l'uso dell'energia più consapevole, efficiente e sostenibile nel tempo.

5.2 Dashboard e implementazione su PME

Nella parte conclusiva del progetto viene analizzato in particolar modo quello che è l'utilizzo del software PME (Power Monitoring Expert), già introdotto all'inizio dell'elaborato, al fine di analizzare e riportare i dati principali del progetto. In questo software, sviluppato da Schneider Electric, si può accedere solamente con le credenziali dell'azienda cliente, tramite un desktop remoto, per monitorare e modificare l'andamento dei dati principali riguardanti gli strumenti e i macchinari dei vari edifici del luogo in questione. Nella pagina principale sono selezionabili dashboard, trends e allarmi come comandi principali; le dashboard permettono di inserire riquadri contenenti tag, grafici e immagini riguardanti gli indirizzi dei vari EnPI e sono quelle utilizzate e modificate nel progetto attuale, i trend rappresentano andamenti su base grafica di vari strumenti o grandezze fisiche e infine gli allarmi dove sono indicati quelli attivi, urgenti, trascurabili o incidenti come quelli di monitoraggio o perdite di carico.

Sono state dunque create le varie dashboard per quanto riguarda i 6 EnPI di generazione e i 3 EnPI di assorbimento, in modo da ottenere dati riassuntivi che riguardano i cumulati annuali del 2024 e 2025, indicati nel precedente paragrafo come tag cumulati annuali per ciascun EnPI (ad esempio per CWS - assorbimento in figura 5.2 sono riportati il totale dell'energia frigorifera assorbita, il totale dell'aria movimentata e il delta titolo invernale umidificazione).

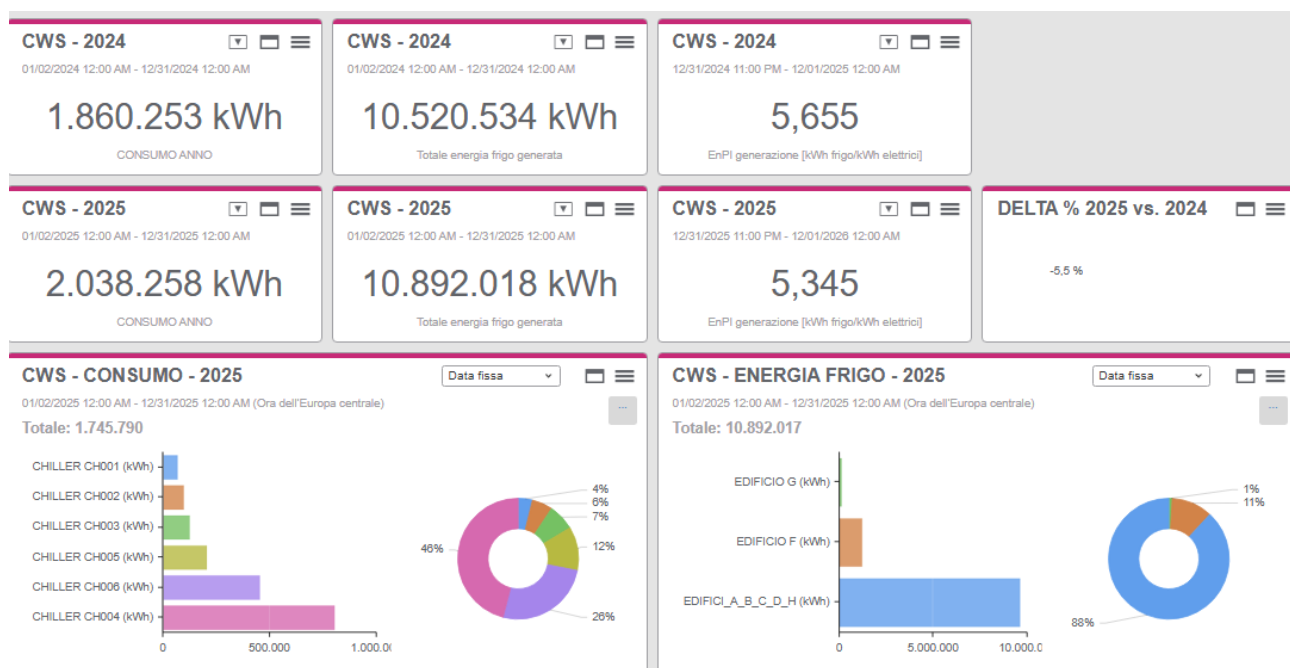


Fig. 5.2 - Dashboard EnPI CWS generazione con grafici e tag cumulati

Ogni dashboard permette di inserire in più riquadri non solo i risultati dei tag cumulati annuali ma anche rappresentazioni grafiche come immagini di consumo di CO2 e altri gas nocivi oltre a specifici grafici per visualizzare la produzione di ciascun EnPI espressa in percentuale e tramite istogrammi o grafici a torta (fig. 5.3). I dati contenuti in ciascuna dashboard sono stati ricavati grazie alla presenza nel database OSI, collegato al software PME, dei vari indirizzi che riportano alle misurazioni effettuate giornalmente di ciascuno degli usi energetici di interesse; una volta inseriti gli indirizzi, specificata l'unità di misura e indicato il periodo interessato ecco che vengono generati dal software i numeri presenti in figura.

Questa operazione tramite il software PME viene svolta per permettere agli ispettori che analizzeranno i dati del cliente durante audit interni per verificare e far sì che tutto sia svolto correttamente e rispetti la normativa, di capire meglio e in maniera più rapida e semplice i dati che rappresentano i consumi degli svariati e molteplici edifici del centro ricerche, dati che grazie al software in questione, riescono ad essere riassunti facilmente andando ad indicare l'unità di misura, l'anno di interesse e soprattutto l'indirizzo OSI del tag cumulato d'interesse.

Alla fine di questo procedimento sono quindi state generate delle nuove pagine di dashboard comprendenti i dati più utili e necessari riuscendo quindi a condensare in poche pagine di un solo software quello che precedentemente era inserito in svariati fogli Excel tramite una modalità molto più caotica e confusionaria, il che rispecchia in pieno quello che è l'obiettivo principale del progetto ovvero controllo qualità dei vari strumenti e ottimizzazione dei dati precedentemente disponibili e dei nuovi misurati nel progetto.

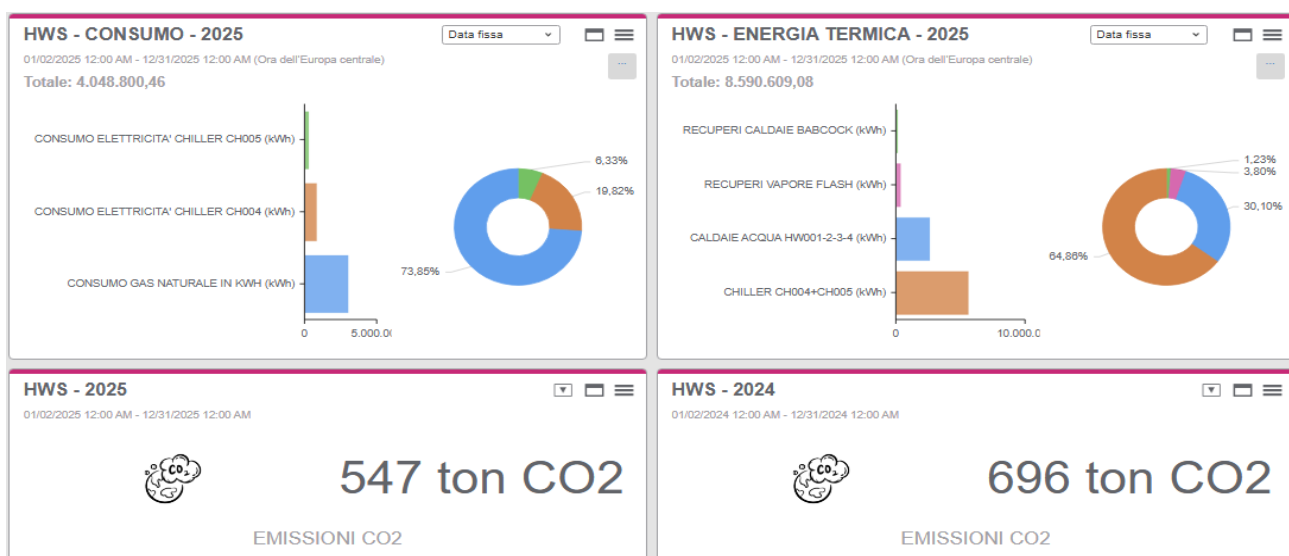


Fig. 5.3 - Dashboard EnPI HWS generazione con grafico a torta e a barre

5.3 Analisi ordinaria e predittiva

5.3.1 Le differenze di approccio fra le due analisi

L'analisi predittiva è un approccio metodologico che utilizza dati storici e correnti per stimare il comportamento futuro di un sistema o la probabilità che si verifichi un determinato evento. Nel contesto di un progetto di controllo qualità dei dati provenienti da macchinari industriali, essa rappresenta uno strumento per trasformare grandi volumi di misurazioni tecniche in informazioni utili al monitoraggio, alla prevenzione e al miglioramento dei processi. Il presupposto di base è che i dati generati dai macchinari contengano schemi ricorrenti che descrivono il funzionamento normale dell'impianto. Analizzando tali schemi nel tempo è possibile individuare deviazioni, anomalie o tendenze che possono anticipare malfunzionamenti, degrado delle prestazioni o problemi di qualità. L'analisi predittiva si colloca quindi a un livello superiore rispetto alla semplice analisi ordinaria: non si limita a registrare ciò che è accaduto, ma mira a stimare ciò che potrebbe accadere se determinate condizioni persistono.

L'analisi ordinaria ha l'obiettivo di interpretare e organizzare dati già disponibili per comprendere ciò che è accaduto in un determinato periodo. Si basa principalmente su dati storici e consente di monitorare l'andamento di fenomeni aziendali attraverso indicatori di performance, report periodici e rappresentazioni grafiche. In un contesto aziendale, questo tipo di analisi permette di valutare, ad esempio, l'andamento delle vendite, i costi sostenuti, la produttività o il livello di servizio offerto. La sua funzione è quindi quella di fornire una fotografia chiara e strutturata della realtà passata e presente, supportando il controllo di gestione e l'analisi degli scostamenti rispetto agli obiettivi pianificati. L'analisi predittiva, invece, si spinge oltre la semplice descrizione del passato e utilizza i dati storici come base per costruire modelli capaci di stimare sviluppi futuri. Attraverso strumenti statistici, modelli di regressione, analisi delle serie temporali o tecniche di machine learning, essa individua relazioni tra variabili e calcola la probabilità che determinati eventi si verifichino. In ambito aziendale può essere impiegata, ad esempio, per prevedere la domanda futura, stimare il rischio di interruzioni nella supply chain o anticipare possibili criticità operative. L'obiettivo non è soltanto capire cosa è successo, ma fornire un supporto decisionale orientato al futuro, consentendo all'organizzazione di adottare strategie preventive.

Dal punto di vista metodologico, il processo inizia con la raccolta e la strutturazione dei dati provenienti dai sistemi di acquisizione. La qualità del modello predittivo dipende in modo diretto dalla qualità dei dati in ingresso. Una volta preparati i dati, si procede alla costruzione di un modello, questo modello rappresenta formalmente il comportamento

atteso del sistema in condizioni normali. Attraverso l'analisi delle relazioni interne ai dati, il modello è in grado di stimare la probabilità che si verifichi un'anomalia, un superamento di soglia o un deterioramento progressivo delle performance. Nel contesto industriale, l'analisi predittiva assume un ruolo strategico perché consente di passare da una logica reattiva, basata sull'intervento dopo il verificarsi del problema, a una logica proattiva, orientata alla prevenzione. L'individuazione anticipata di segnali deboli di degrado permette di pianificare interventi mirati, ridurre fermi macchina non programmati e migliorare la stabilità del processo produttivo. Inoltre, l'integrazione dell'analisi predittiva nei sistemi di controllo qualità consente un monitoraggio continuo e sistematico, supportando decisioni basate su evidenze quantitative piuttosto che su valutazioni esclusivamente empiriche.

È importante sottolineare che le previsioni prodotte non costituiscono certezze deterministiche, ma stime probabilistiche fondate sui dati disponibili e sulle condizioni osservate nel passato. La validità delle stime dipende dalla rappresentatività dei dati storici rispetto alle condizioni future e richiede un monitoraggio costante del modello. In sintesi, all'interno di un progetto di controllo qualità dei dati di macchinari, l'analisi predittiva può essere definita come un insieme strutturato di tecniche finalizzate a modellare il comportamento del sistema produttivo, identificare precocemente deviazioni significative e supportare decisioni operative orientate alla prevenzione e all'ottimizzazione delle performance.

5.3.2 L'analisi predittiva applicata tramite dashboard

Tramite l'utilizzo delle dashboard del software PME già precedentemente citate, si è fatto uso della manutenzione o analisi predittiva proprio con lo scopo di indagare eventuali cambiamenti o miglioramenti da un anno all'altro nel medesimo giorno dello stesso mese.

Ciò è stato fatto per ciascun uso energetico, andando ad indagare per ognuno dove fossero i problemi o i reali miglioramenti del caso; ad esempio per l'UPS è stato subito individuata una mancata trasmissione dei dati (fig. 5.4) per quanto riguarda la generazione durante un periodo di luglio e ciò ha creato uno scostamento importante rispetto al precedente anno che ha fatto sì che si individuasse immediatamente il problema ed esso venisse subito trasmesso al presidio situato all'interno dell'azienda cliente in modo da andare a risolvere il problema prima che quest'ultimo diventasse più concreto; questo è dunque uno dei principali esempi della funzionalità e importanza che possiede la manutenzione predittiva.

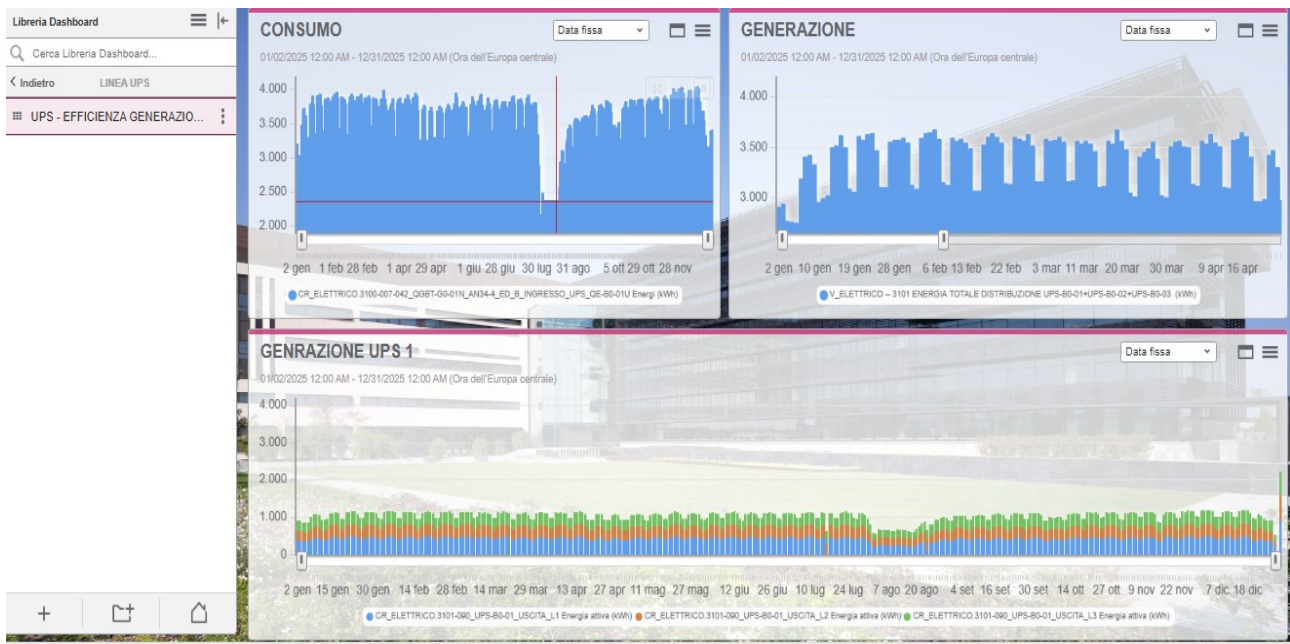


Fig. 5.4 – Dashboard su manutenzione predittiva per UPS

È stato dunque svolto il medesimo procedimento per tutti gli usi energetici, andando ad estrarre i dati dai grafici rappresentanti l'analisi predittiva, questi dati sono stati quindi estratti su base giornaliera e riportati nell'excel riguardante gli EnPI indicato precedentemente. Ovviamente questi dati rappresentano ciascuna parte delle formule degli EnPI (ad esempio per UPS ottengo i dati per l'energia totale distribuzione UPS e l'energia attiva, rispettivamente A e B, e poiché la formula dell'EnPI è indicata come A/B), una volta che si hanno a disposizione tutti i dati d'interesse si andranno ad utilizzare queste formule per ottenere l'RQ desiderato e dimostrarne la veridicità, ottenendo inoltre grafici che dimostrino la costanza dei dati rilevati (fig. 5.5). Così facendo si verificano dunque tutti gli indici di correlazione già individuati da uno studio precedente e si porta a termine quello che era uno degli scopi principali del progetto richiesti dal cliente, ovvero quello del monitoraggio avanzato e del controllo qualità degli impianti produttivi dell'azienda.

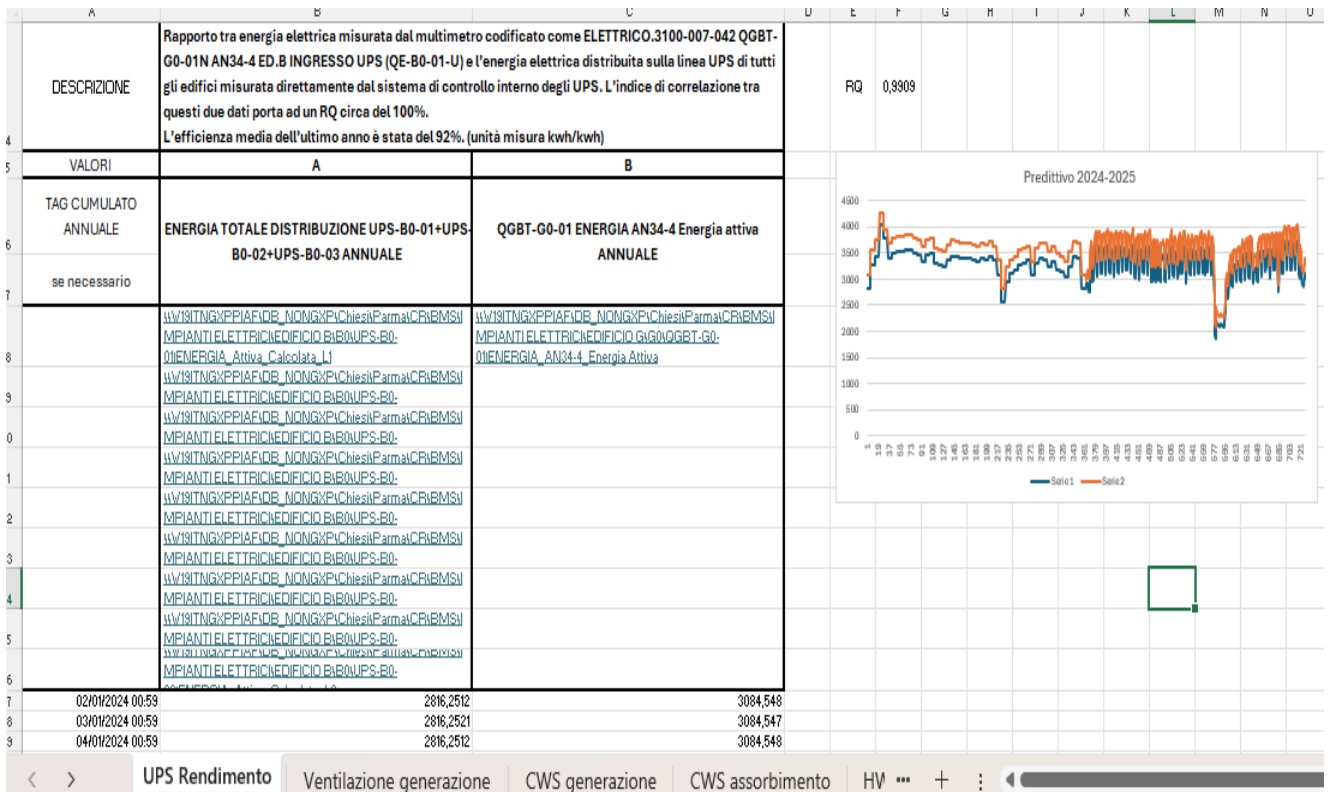


Fig. 5.5 – Foglio excel con grafico manutenzione predittiva e valore RQ aggiornato

Nel caso rappresentato come esempio, ovvero quello per l'UPS, si ottiene un valore di RQ molto vicino ad 1 e ciò sta a significare che la formula utilizzata per indicare il KPI è stata scelta correttamente. Successivamente avendo il valore del KPI per ogni giorno (ottenuto applicando la formula con i valori dei tag) si riescono ad ottenere media, deviazione standard, valore massimo e valore minimo riferiti al KPI durante il corso dell'anno, con questi valori ricavati si definiscono le soglie oltre le quali ci può essere una deviazione della performance. In particolare, soglia minima e soglia massima si definiscono come 2/3 volte la deviazione standard a seconda della convenienza caso per caso; questi valori sono infine, ciò che definisce i parametri dell'analisi predittiva.

In base quindi a questa analisi statistica, con i vari grafici (fig. 5.6) si verifica il perché sia stato scelto quel preciso KPI con una determinata formula. Vengono dunque creati due grafici; uno sui fattori KPI che ne indica l'andamento nel tempo e quanto questi siano validi ed un grafico di dispersione dei fattori KPI che indica come una variabile cambi al variare di un'altra e se in base ad una vicinanza alla linea la relazione sia forte o debole, inoltre poiché i punti seguono una forma precisa si deduce che la relazione in questo caso

è probabile, mentre la presenza di outlier, ovvero punti lontani dagli altri come si evince dal grafico in figura è ridotta al minimo.

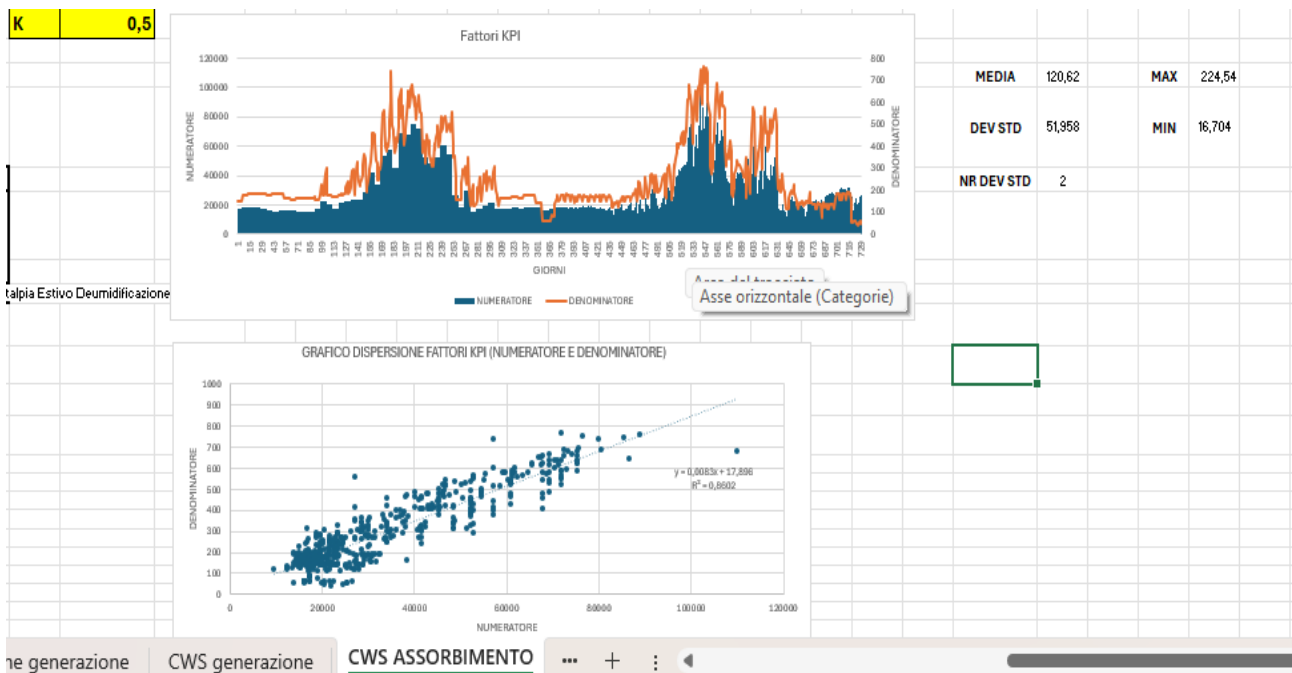


Fig. 5.6 - Foglio excel con grafico fattori KPI e grafico dispersione su CWS assorbimento

6 CONCLUSIONI

Il presente lavoro di tesi ha avuto come obiettivo principale l'analisi e l'implementazione di un sistema di monitoraggio avanzato basato su piattaforma PME, con lo scopo di superare le criticità legate alla precedente gestione tramite fogli di calcolo Excel.

L'esigenza di evolvere verso una soluzione più strutturata, automatizzata e affidabile nasceva dalla crescente complessità del monitoraggio degli impianti e dalla necessità di garantire maggiore tempestività e precisione nell'individuazione delle anomalie. La gestione precedente, basata su Excel, presentava infatti diversi limiti strutturali. In primo luogo, il processo di raccolta, aggiornamento e analisi dei dati richiedeva un intervento manuale significativo da parte dei tecnici, con conseguente rischio di errori, modifiche non tracciate e perdita di coerenza delle informazioni. Inoltre, la mancanza di automazione rendeva il sistema fortemente dipendente dall'esperienza dell'operatore e poco scalabile nel caso di aumento del numero di variabili o asset da monitorare.

Il passaggio alla piattaforma PME ha rappresentato non solo un cambiamento tecnologico, ma un vero e proprio salto organizzativo e metodologico. L'introduzione di un sistema integrato ha consentito di automatizzare l'acquisizione e l'elaborazione dei dati provenienti dai sensori, riducendo drasticamente la necessità di interventi manuali. Questo ha portato a un miglioramento significativo in termini di affidabilità, tracciabilità e standardizzazione delle informazioni.

Un aspetto particolarmente rilevante riguarda la gestione dei sensori. In precedenza, alcune problematiche legate al malfunzionamento o alla scarsa qualità dei dati non venivano immediatamente intercettate, anche a causa della frammentazione del sistema di controllo. L'implementazione del nuovo sistema ha permesso di evidenziare tali criticità, favorendo un processo di revisione e miglioramento dell'infrastruttura di monitoraggio. Di conseguenza, non solo è stato introdotto uno strumento più avanzato di analisi, ma si è ottenuto anche un miglioramento complessivo dell'affidabilità dei dati di base su cui si

fonda la manutenzione predittiva. Uno dei risultati più significativi è stato il passaggio da una logica reattiva o semi-reattiva a una logica pienamente predittiva e in tempo reale. Con la soluzione precedente, l'identificazione di eventuali anomalie richiedeva un controllo manuale periodico da parte di un tecnico, con inevitabili ritardi tra il verificarsi del problema e la sua individuazione. Con l'introduzione di PME, invece, il monitoraggio avviene in tempo reale, consentendo di rilevare tempestivamente eventuali scostamenti dai parametri di funzionamento attesi e di intervenire in maniera più rapida ed efficace.

Il miglioramento dei tempi di risposta rappresenta un elemento chiave in ottica di continuità operativa e riduzione dei costi. Una diagnosi anticipata dei guasti consente infatti di pianificare gli interventi manutentivi in modo più efficiente, riducendo i fermi impianto non programmati e ottimizzando l'impiego delle risorse tecniche. In questa prospettiva, la manutenzione predittiva non si configura soltanto come un miglioramento tecnico, ma come uno strumento strategico in grado di generare valore per l'organizzazione. Dal punto di vista gestionale, l'adozione di un sistema strutturato ha inoltre favorito una maggiore trasparenza nei processi decisionali. La disponibilità di dati affidabili e aggiornati in tempo reale permette ai responsabili di manutenzione di basare le proprie decisioni su informazioni oggettive, riducendo l'incertezza e aumentando la qualità delle scelte operative. Questo contribuisce a rafforzare l'integrazione tra dimensione tecnica e dimensione manageriale, coerentemente con l'approccio tipico dell'ingegneria gestionale.

In conclusione, il progetto ha dimostrato come il superamento di strumenti tradizionali e manuali quali Excel, che viene comunque utilizzato nel progetto per trattare alcune tipologie di dati ma viene considerato non adatto per gestire un sistema di monitoraggio avanzato di un complesso di edifici così articolato, a favore di una piattaforma digitale integrata, rappresenta un passo fondamentale nel percorso di digitalizzazione dei processi industriali. L'implementazione di PME ha consentito di migliorare l'affidabilità dei dati, automatizzare le attività di monitoraggio, ridurre gli errori manuali e rendere la manutenzione realmente predittiva e in tempo reale. I benefici ottenuti, sia in termini operativi sia gestionali, evidenziano il valore strategico dell'innovazione tecnologica applicata ai processi manutentivi e pongono le basi per ulteriori sviluppi futuri, quali l'integrazione con sistemi di analisi avanzata e modelli di machine learning. Nonostante i risultati ottenuti siano significativi, il progetto rappresenta un punto di partenza per ulteriori evoluzioni del sistema di manutenzione predittiva. L'implementazione della piattaforma PME ha infatti posto le basi per un percorso più ampio di digitalizzazione e ottimizzazione dei processi manutentivi. Un primo possibile sviluppo riguarda l'integrazione con modelli avanzati di analisi dei dati. Attualmente il sistema consente il monitoraggio in tempo reale e l'identificazione tempestiva di anomalie sulla base di soglie e parametri predefiniti; in futuro potrebbe essere implementata una logica basata su algoritmi di machine learning in grado di apprendere dai dati storici e migliorare progressivamente la capacità predittiva. Ciò permetterebbe non solo di individuare guasti

imminenti, ma anche di stimare la vita utile residua dei componenti rendendo la pianificazione della manutenzione ancora più accurata ed economicamente efficiente.

Infine, un possibile sviluppo riguarda la dimensione organizzativa e culturale. L'introduzione di un sistema automatizzato e data-driven richiede un progressivo adattamento delle competenze del personale tecnico, sempre più orientate all'interpretazione dei dati e alla gestione di strumenti digitali. Investire in formazione e nella diffusione di una cultura basata sull'utilizzo strategico delle informazioni rappresenta un elemento cruciale per massimizzare i benefici dell'innovazione introdotta. In conclusione, il progetto non si esaurisce con l'implementazione del sistema, ma costituisce una piattaforma abilitante per ulteriori miglioramenti tecnologici, organizzativi e strategici. L'evoluzione verso modelli sempre più predittivi, integrati e automatizzati potrà contribuire in modo determinante al rafforzamento della competitività aziendale nel lungo periodo.

RINGRAZIAMENTI

A conclusione del presente elaborato, desidero ringraziare tutti coloro che mi sono stati vicini e che mi hanno supportato nel mio percorso di studi.

In primis ringrazio il Dott. Flavio Vallicelli, nonché mio tutor nell'esperienza di tirocinio presso Sae Scientifica, grazie al quale ho potuto prendere parte a richieste del cliente e progetti aziendali e che ha saputo guidarmi ed insegnarmi durante questa esperienza, ringrazio anche tutti i miei colleghi d'ufficio che mi hanno accolto e introdotto in azienda con educazione e professionalità.

Ringrazio il mio relatore, Prof. Luca Montorsi, che durante la stesura della tesi, ha saputo guidarmi tramite suggerimenti pratici, ha dimostrato sempre estrema disponibilità e tempestività ad incontrarci per tenerci aggiornati e mi ha insegnato due materie tra le mie preferite del corso di studi.

Ringrazio per la seconda volta in questi due anni i miei genitori, figure portanti di tutta la mia vita e coloro che ascolto sempre per primi in qualsiasi consiglio mi venga dato o qualunque situazione ci sia da affrontare. Loro sono sempre stati i primi ad avermi incoraggiato a dare il massimo e a credere nelle mie capacità. A loro devo molto di più di quanto si possa esprimere con queste parole, senza il loro supporto tutto questo non sarebbe stato possibile, vi voglio un bene indescrivibile.

Un ringraziamento speciale va alle mie quasi nuove amiche Lara, Greta e Chiara, conosciute da meno di un anno ma che sono diventate subito importanti e sempre presenti

in questo mio periodo e che hanno contribuito con leggerezza e consigli a farmi completare il percorso finale di laurea.

Ringrazio di cuore i miei migliori amici Lorenzo, Giacomo, Lorenzo e Paolo, compagni di vita chi da 20, chi da 15 e chi da 10 anni ormai. Sono sempre stati molto più di semplici amici; sono fratelli per me, un a seconda famiglia e un punto fermo e sempre presente nei momenti belli ma soprattutto in quelli più brutti e difficili loro ci sono sempre stati. Abbiamo condiviso tutto (probabilmente per il fatto che ci vediamo ogni giorno) esperienze, risate, difficoltà e traguardi gli uni degli altri e io so che continueremo a farlo per tantissimi anni perché la nostra amicizia è unica e va oltre ogni immaginazione. Grazie per esserci sempre stati, per il vostro supporto e per aver reso questo percorso leggero e indimenticabile.

Ora il ringraziamento probabilmente più sentito e difficile di tutti, ringrazio con tutto il cuore la mia cagnolina Vicky che da quasi due anni non è più con noi, ma che io ogni giorno ricordo con il sorriso e la gioia. Sei stata una sorella, una migliore amica e tutto ciò che di bello una persona possa desiderare di avere di fianco nella vita, la cosa più bella che mi sia mai capitata. Mi hai tenuto compagnia ogni pomeriggio di studio e con il tuo carattere meraviglioso mi hai sempre dato la felicità e la forza di affrontare tutto. Sei il mio angelo custode e so che da quando te ne sei andata sei stata principalmente tu a darmi la forza di portare a termine questo percorso. Questo traguardo è anche tuo, ti voglio bene nana.

BIBLIOGRAFIA

Dispense fornite da Sae Scientifica S.r.l.

<https://saescientifica.it>

<https://www.csqa.it>

Dispense del corso: Sistemi Energetici – Prof. Luca Montorsi, Università di Modena e Reggio-Emilia

<https://www.servizieconsulting.com>

<https://www.marinelligroup.eu>

<https://www.mingazzini.it>

<https://www.babcock-wanson.com>

Dispense del corso: Analisi e Gestione Energetica degli Edifici Industriali – Prof Paolo Emilio Santangelo, Università di Modena e Reggio-Emilia

<https://www.enea.it/it/>

<https://luce-gas.it>

<https://www.cni.it>

<https://www.fluke.com>

<https://www.se.com/it/it/>

<https://www.bosch-industrial.com>

<https://www.gestra.com>

<https://www.productinfo.schneider-electric.com>

Dispense Schneider Electric

Kanneganti, Crowe et al. - Specification of energy assessment methodologies to satisfy ISO 50001 energy management standard - Sustainable Energy Technologies and Assessments, Vol. 23, pp. 121-135, 2017

Kumar, Garg - Predictive Analytics: A Review of Trends and Techniques - International Journal of Computer Applications, Vol. 182, no. 1, 2018

Caruso, De Santoli et al. - Aspetti energetici e ambientali di un impianto di trigenerazione - Congresso Nazionale UIT sulla trasmissione del Calore, Napoli, 2006

Piscopiello - Experimental Evaluation of Large-Scale Propane Heat Pump for Space Heating Application - School of Industrial Engineering and Management (ITM), Energy Technology, Applied Thermodynamics and Refrigeration, Torino, 2015

Bergese - Feasibility study of an industrial heat recovery system with heat pump - Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Energetica, Torino, 2018

