



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE

**CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN
INGEGNERIA MECCANICA**

**STUDIO DI FATTIBILITÀ PER UNA
CENTRALE TERMICA A SERVIZIO DI UN
INSEDIAMENTO
INDUSTRIALE/POLIFUNZIONALE.
L'ESEMPIO DEL TECNOPOLO DI
BOLOGNA**

Tesi di laurea magistrale in Servizi Generali d'Impianti

Relatore

Prof. Ing. Emilio Ferrari

Presentata da

Dott. Andrea Vercillo

Correlatori

Prof. Ing. Mauro Gamberi

Ing. Gian Luca Baldissara

Sessione Marzo 2024

Anno Accademico 2022/2023

Ringraziamenti

Ringrazio la mia famiglia.

Mia madre Carmelina,

non solo perché mi ha letteralmente ‘messo al mondo’, ma soprattutto perché è sempre stata la mia prima sostenitrice, fonte di coraggio e di amore; la mia vita, il mio orgoglio, la mia fonte di sicurezza. La persona che, con una parola o uno sguardo riesce a capirmi fin nel profondo dell'anima.

Mio padre Franco,

nonché “Ingegnere di casa”: sicuramente se oggi sono qui ed ho scelto questa Facoltà è perché lui mi hai fatto innamorare di questo mondo tecnico. L’ho sempre visto come un riferimento, professionista in grado di affrontare tutto, ma con umiltà come pochi. Fin da piccolo ha stuzzicato la mia intelligenza come solo lui sa fare; sono sicuro che sarà orgogliosissimo di me, come io lo sono sempre stato e lo sarò “del mio babbo”.

Mio fratello Marco,

è stato fin da bambino un genio che mi hai fatto conoscere il mondo, sfondando mille porte e spianandomi la strada; grazie a lui e alla sua ‘voglia di fare’ mi ha aperto la mia mente in tutti campi, scolastici e non. Il ringraziamento per lui è doppio, perché nessuno ha un fratello così. Mi ha protetto da piccolo e guidato da grande.

Siete una famiglia stupenda, e dedico questa laurea e tutti i miei sforzi a voi. Senza di voi tutto queste avrebbe perso di significato.

Grazie

SOMMARIO

1	ABSTRACT	5
2	INTRODUZIONE	7
3	LA STIEM ENGINEERING SRL	13
4	IL TECNOPOLO DELL' «EX MANIFATTURA TABACCHI» DI BOLOGNA.....	20
4.1	La realizzazione del Tecnopolo.....	22
4.2	L'Avviso per proposte di finanza di progetto	24
4.3	Il Bando per la concessione di lavori pubblici	26
5	IL PROGETTO DELLA CENTRALE TERMICA DEL TECNOPOLO.....	29
5.1	I requisiti indicati dal Piano di Fattibilità Tecnica Economica	31
5.2	L'edificio.....	32
5.2.1	<i>Inquadramento generale</i>	33
5.2.2	<i>Caratteristiche dell'edificio</i>	34
5.3	Soluzione proposta per l'edificio.....	36
5.4	Analisi dei Fabbisogni Energetici	38
5.4.1	<i>Dati climatici di riferimento</i>	39
5.4.2	<i>Dati di partenza</i>	41
5.4.3	<i>Risultati dell'analisi energetica</i>	44
5.4.4	<i>Definizione dei parametri di base della centrale</i>	45
5.5	La proposta progettuale per gli Impianti.....	47
5.6	L'impianto per la Produzione di Calore.....	49
5.6.1	<i>Caldaie a condensazione ad alto rendimento</i>	54
5.6.2	<i>Pompa di Calore Acqua/Acqua (Produzione di Calore)</i>	56
5.6.3	<i>Unità CHP – Combined Heat and Power;</i>	58
5.6.4	<i>Circolatori con azionamento ad inverter</i>	58
5.6.5	<i>Accumulo inerziale</i>	60
5.6.6	<i>Sistema di espansione automatico</i>	61
5.6.7	<i>Sistemi di trattamento chimico-fisico dei circuiti di centrale</i>	63

5.7	Unità CHP – Combined Heat and Power;.....	64
5.7.1	<i>Impianto cogenerativo a vapore in contropressione.....</i>	65
5.7.2	<i>Impianto cogenerativo a combustione interna;</i>	68
5.7.3	<i>Impianto cogenerativo a turbogas.</i>	72
5.7.4	<i>Impianti di cogenerazione a confronto - la soluzione scelta.....</i>	73
5.8	L'impianto per la Produzione del Freddo	76
5.8.1	<i>Chiller centrifughi a levitazione magnetica</i>	77
5.8.2	<i>Pompa di Calore Acqua/Acqua (Produzione del Freddo)</i>	79
5.8.3	<i>Circolatori con azionamento ad inverter e Accumulo inerziale.....</i>	80
5.9	Circuito Torri evaporative.....	80
5.9.1	<i>Torri evaporative</i>	82
5.9.2	<i>Serbatoio di stoccaggio.....</i>	83
5.9.3	<i>Gruppo di pompaggio</i>	85
6	SCHEMA FUNZIONALE DELLA CENTRALE TERMICA	87
6.1	Schema Climatizzazione invernale.....	90
6.2	Schema Climatizzazione estiva.....	93
6.1	Schema semplificato dell'intero impianto	95
7	ALTRI IMPIANTI DI PROGETTO	97
7.1	Impianto Antincendio	97
7.2	Impianto Elettrico	98
7.3	Sistema di Controllo Centralizzato.....	101
	CONCLUSIONI	106
	BIBLIOGRAFIA	110
	ELENCO DELLE FIGURE	112

1 ABSTRACT

Il presente lavoro di tesi espone i risultati dell'esperienza di Tirocinio in preparazione della prova finale, da me svolto presso uno Studio Tecnico che, tra i vari lavori, si sta occupando di realizzare un pezzetto del Tecnopolo dell'«ex Manifattura Tabacchi» di Bologna, sito deputato a diventare la Data Valley italiana ed europea, dove favorire la crescita sostenibile attraverso lo sviluppo dell'innovazione e della conoscenza, l'attrattività e l'internazionalizzazione.

L'elaborato descrive e sintetizza le soluzioni scelte dallo Studio, in fase progettuale, per la realizzazione della Centrale Termica a servizio del Tecnopolo, secondo obiettivi di innovazione, efficacia e sostenibilità.

Descrivendo il percorso per la redazione del Progetto Definitivo, si illustrano le varie fasi, soffermandosi sull'analisi dei fabbisogni energetici e la selezione delle migliori tecnologie disponibili.

Si espone l'iter di progettazione, partendo dalla valutazione dei dati climatici di riferimento e dalla verifica dei dati forniti sulla disponibilità di risorse termiche e sul fabbisogno degli edifici cui la Centrale fornirà energia termica per il riscaldamento ed il raffrescamento.

I risultati dell'Analisi permettono così di definire i parametri di base che la Centrale dovrà garantire e quindi di poter formulare la proposta progettuale per gli impianti da realizzare e che si basa sull'uso di tecnologie avanzate per massimizzare l'efficienza energetica.

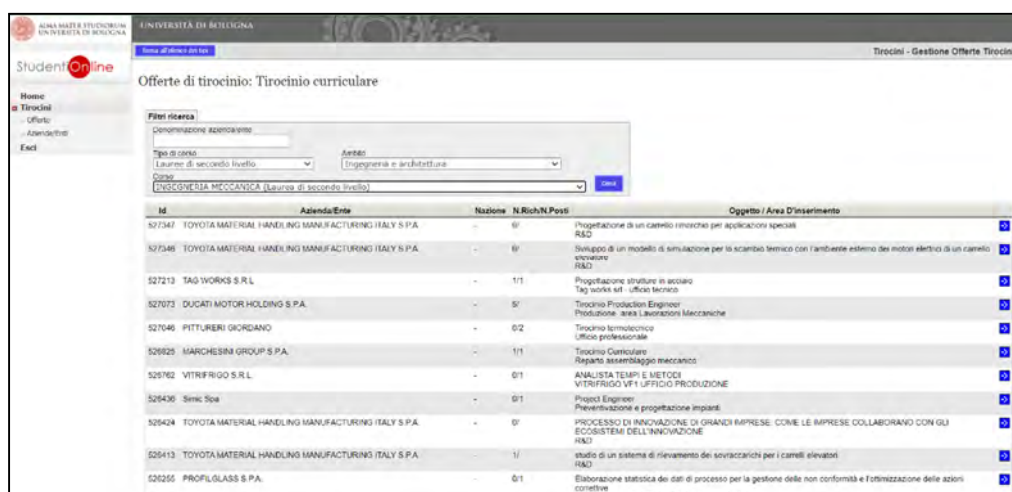
Si prosegue con la descrizione degli impianti per la Produzione di Calore e per la Produzione del Freddo, del Circuito delle Torre Evaporative, e degli altri impianti che sono a servizio della centrale stessa, come l'impianto Antincendio, l'impianto Elettrico ed il Sistema di Controllo Centralizzato, un sistema BMS (Building Management Systems) dedicato alla gestione della Centrale.

Conclude il lavoro l'esposizione dello Schema funzionale della Centrale Termica in cui si disegnano le relazioni tra le varie parti tecnologiche in relazione ai flussi in ingresso ed i fabbisogni delle utenze del Tecnopolo.

2 INTRODUZIONE

Giunto in prossimità del completamento del mio percorso di studi universitario nell'ambito di Ingegneria Meccanica, ho iniziato a cercare un'Azienda presso la quale svolgere il mio Tirocinio in preparazione della prova finale.

Dalle pagine del sito istituzionale universitario alla ricerca di un'offerta che si avvicinasse alle mie aspettative, ho consultato approfonditamente le Schede Informative di diverse Aziende ed inviato la mia richiesta a quelle che mi sembravano più vicine alla mia idea di Tirocinio.



The screenshot shows the UniBo website interface for finding internships. The page title is 'Offerte di tirocinio: Tirocinio curriculare'. There is a search filter section with the following details:

- Denominazione azionaria: (empty)
- Tipologia corso: Laurea di secondo livello
- Ambito: (Ingegneria e architettura)
- Corsi: (INGEGNERIA MECCANICA (laurea di secondo livello))

Below the filter is a table of job offers:

ID	Azienda/Ente	Nazione	N.Rich./N.Posti	Oggetto / Area D'inserimento
527347	TOYOTA MATERIAL HANDLING MANUFACTURING ITALY S.P.A.	-	6/	Progettazione di un castello inverso per applicazioni speciali R&D
527348	TOYOTA MATERIAL HANDLING MANUFACTURING ITALY S.P.A.	-	6/	Sviluppo di un modello di simulazione per lo scambio termico con l'ambiente esterno dei motori elettrici di un carrello elevatore R&D
527213	TAG WORKS S.R.L.	-	1/1	Progettazione strutture in acciaio Tag works sit ufficio tecnico
527073	DUCATI MOTOR HOLDING S.P.A.	-	5/	Tirocinio Production Engineer Produzione - Area Lavorazioni Meccaniche
527046	PITTURERI GIORIANO	-	0/2	Tirocinio termotecnico Ufficio professionale
526925	MARCHESINI GROUP S.P.A.	-	1/1	Tirocinio Componenti Riparto assemblaggio meccanico
525762	VITRIFRIGO S.R.L.	-	0/1	ANALISTA TEMPI E METODI VITRIFRIGO VP1 UFFICIO PRODUZIONE
525436	Sime Spa	-	0/1	Project Engineer: Preventivazioni e progettazione impianti
525424	TOYOTA MATERIAL HANDLING MANUFACTURING ITALY S.P.A.	-	0/	PROCESSO DI INNOVAZIONE DI GRANDI IMPRESE: COME LE IMPRESE COLLABORANO CON GLI ECOSISTEMI DELL'INNOVAZIONE R&D
525413	TOYOTA MATERIAL HANDLING MANUFACTURING ITALY S.P.A.	-	1/	studio di un sistema di rilevamento dei sovraccarichi per i carrelli elevatori R&D
525255	PROFILGLASS S.P.A.	-	0/1	Elaborazione statistica dei dati di processo per la gestione delle non conformità e l'ottimizzazione delle azioni correttive

Figura 1 – La pagina del sito dell'UniBo dedicato alle Offerte di Tirocinio

Ho inviato il curriculum ad alcune Aziende per chiedere di svolgere il Tirocinio, e da una di queste, viste il mio profilo di studi e di esperienza maturata, sono stato indirizzato verso la STIEM ENGINEERING.

Ho avuto così la fortuna di potermi confrontare con l'Ing. Gian Luca Baldissara e fissare un colloquio conoscitivo durante il quale mi ha presentato la Società che

rappresentava, la STIEM ENGINEERING srl, e che, cogliendo elementi di incontro tra la mia necessità di svolgere il tirocinio e il profilo curricolare con il quale avrei potuto apportare il mio modesto contributo alla Società, mi ha proposto di intraprendere un'esperienza professionale di profilo Meccanico ma anche di profilo Elettrico.

Molto entusiasta dell'offerta, oltre che della accoglienza offertami dall'Ing. Baldissara, ho colto l'opportunità di questa formazione trasversale, soprattutto per la possibilità che si presentava di acquisire competenze non solo come Progettista Meccanico ma anche in un ambito da me non molto approfondito nel percorso universitario, cioè quello del Progettista Elettrico.

Ho quindi deciso di intraprendere il Tirocinio presso la STIEM ENGINEERING (di cui parleremo nel Capitolo che segue), spinto dall'ottima impressione immediatamente percepita sulla Società e dalla curiosità di approfondire le problematiche della Progettazione "sul campo", in uno Studio di Ingegneria in prima linea sui temi della Progettazione Meccanica e, soprattutto, della Progettazione Elettrica.

Con questa esperienza avrei avuto la possibilità di ampliare il mio modesto bagaglio professionale, avviato in occasione del Tirocinio Curricolare svolto presso un altro Studio di Ingegneria (la "SOL.VER. srl") nel quale avevo approfondito più le problematiche Energetiche delle unità abitative e la progettazione degli impianti HVAC finalizzati al miglioramento delle prestazioni energetiche ai fini degli incentivi statali (conseguendo anche buone competenze

nell'utilizzo di software dedicati, come ad esempio il "Termus" per la Certificazione Energetica).



Figura 2 - Il logo della SOL.VER. srl

Nella STIEM ENGINEERING, ho potuto confrontarmi con vari professionisti con competenze specifiche nel settore elettrico, ai quali mi sono affiancato fornendo il mio piccolo contributo; tra questi mi sento di ringraziare in modo particolare l'Ing. Luca Pepi, fondamentale per il percorso di formazione e per l'accoglienza all'interno dello studio tecnico della Società.

Durante il Tirocinio mi è stata anche offerta la possibilità di frequentare un interessantissimo e importante Corso di formazione "Progettazione integrata degli impianti elettrici e speciali" organizzato dalla Academy Studi Tecnici della Schneider Electric, destinato per gli Studi Tecnici partner anche come supporto nell'inserimento delle loro nuove risorse.



Figura 3 - Academy Studi Tecnici, by Schneider Electric

Il Corso mi ha introdotto alla progettazione degli Impianti Elettrici industriali (Apparecchiature ed impianti elettrici in Bassa Tensione; Dimensionamento degli UPS; Sistemi KNX; Impianti di cablaggio strutturato; Power Quality; Impianti di illuminazione di emergenza; Impianti di rivelazione e segnalazione allarme incendio; Apparecchiature elettriche in Media Tensione; Cabine di trasformazione MT/BT; Progettazione di uno Smart Building) e ha fornito elementi utili per l'uso di software dedicati, come "i-project" ed "eXteem", attraverso i quali il progettista è guidato nella scelta della componentistica prodotta dalla stessa Schneider Electric.

La mia conoscenza di software dedicati alla progettazione di Impianti è comunque stata particolarmente approfondita durante il Tirocinio, lavorando fianco a fianco con i Tecnici della STIEM ENGINEERING, e così, grazie alla grande disponibilità dei Soci fondatori, ho operato con Software per la progettazione elettrica e fotovoltaica come: "iDEA", "Eplus", "Ampere Professional", "Solergo", tutti della softerhouse "Electro Graphics", ma anche software per la progettazione BIM (Building Information Modeling) come "REVIT" o per il dimensionamento e verifiche di impianti di illuminazione come "DiaLux".



Figura 4 - Logo Electro Graphics e offerta Software

Inoltre, la Società mi ha messo a disposizione una vasta “biblioteca” contenente molte pubblicazioni di “TUTTONORMEL”, attraverso le quali ho avuto la possibilità di avvicinarmi alla parte più tecnica del lavoro di progettazione, acquisendo sempre più in confidenza con le normative di maggior riferimento nell’ambito, quali: “NORMA CEI 64-8: Per Impianti Elettrici Utilizzatori”; “DM 37/08: Disposizione normative in materia d’installazione degli impianti all’interno degli edifici”; “UNI 9494: Sistemi per il controllo di fumo e calore: Progettazione e installazione dei Sistemi di Evacuazione Forzata di Fumo e Calore”; “UNI 9795: Sistemi fissi di rivelazione e di segnalazione allarme d’incendio – Progettazione, installazione ed esercizio”; “UNI EN 12464: Luce e illuminazione - Illuminazione dei posti di lavoro”; “UNI EN 1838: Applicazione dell’Illuminotecnica - Illuminazione d’emergenza”, per citarne alcune.



Figura 5 - Logo TUTTONORMEL

Molto interessante è stata anche l’esperienza di progettazione con riferimento allo sviluppo delle disposizioni planimetriche per gli impianti elettrici e speciali, tra cui la distribuzione primaria, Forza Motrice, illuminazione ordinaria e d’emergenza, e sistemi di Safety & Security, oltre ad apprendere le modalità per la redazione di “schemi a blocchi” per vari progetti seguiti dallo Studio Tecnico della Società, come ad esempio il “nuovo laboratorio HERA AMBIENTE” di Pisa, il “Centro Pasti per il Politecnico di Milano” a Milano.

Ma l'intervento che più mi ha affascinato è stato quello per la redazione dello Studio di Fattibilità Tecnica per la realizzazione della "Centrale Tecnologica a servizio di un parte di edifici del nuovo Tecnopolo di Bologna (ex Manifattura)", progetto seguito dalla STEIM ENGINEERING per aver partecipato ad uno specifico Bando indetto dalla "ART-ER S.cons.p.a.", società consortile della Regione Emilia-Romagna per la ricerca e l'innovazione (Attrattività, Ricerca, Territorio).

Proprio sull'interesse che ha suscitato in me la realizzazione di questo Progetto mi ha portato a prenderne in considerazione la possibilità che divenisse argomento per la mia Tesi di Laurea, vista l'innovatività del progetto e le complesse dinamiche per la ricerca di soluzioni alle specifiche tecniche indicate nell'Avviso indetto dalla "ART-ER"; ho pensato che potesse essere un argomento molto interessante e inerente al mio percorso di studi, nonché di complessità consona alla redazione di un articolo scientifico sulle modalità e fasi per giungere alla compilazione dello Studio di Fattibilità richiesto.

Ho quindi sottoposto questa possibilità al Prof. Ing. Emilio Ferrari, che ha subito condiviso la scelta e mi ha dato l'input per avviare il presente lavoro, ed al quale non mi stancherò mai di esprimere gratitudine per aver voluto condividere, nel suo ruolo istituzionale di Relatore, questo mio percorso di Tesi.

3 LA STIEM ENGINEERING SRL

La “STIEM ENGINEERING srl” nasce nel 2017, come forma di collaborazione permanente di alcuni professionisti con esperienza pluriennale nel campo della progettazione di impianti tecnologici e dell’energetica industriale, che avevano già maturato tra di loro una consolidata collaborazione decennale su grandi progetti.

Con la costituzione della Società, i professionisti sono in grado di mettere a disposizione le loro competenze ed una vasta offerta di servizi alla propria clientela: proprio dall’offerta nasce anche il nome alla Società: “STIEM - Servizi Tecnici Integrati Energy Management”.



Figura 6 - Il Logo della STIEM ENGINEERING

La Società offre i propri servizi sia in ambito pubblico che privato, e si occupa di attività specialistiche d’ingegneria come:

- Progettazioni Tecnologiche: Progettazioni preliminari, definitive, esecutive e costruttive di impianti a servizio di edilizia residenziale, industriale e terziario avanzato. Dimensionamenti ed analisi di reti elettriche in bassa e

media tensione. Illuminotecnica d'interni e stradale. Progettazione di sistemi di Safety & Security e di reti SCS in rame ed in fibra ottica. Sistemi di Automazione BACS e BMS e a PLC. Sistemi di monitoraggio e gestione dei carichi di natura elettrica. Verifiche e dimensionamenti per sistemi di protezioni dalle scariche atmosferiche tramite LPS e SPD. Servizi di ingegneria energetica, termoidraulica, ambientale, impianti idrico-sanitari, impianti di recupero delle acque piovane, impianti termici e di climatizzazione estiva civili, industriali nel terziario e nei Data Center. Impianti frigoriferi industriali. Sistemi di recupero energetico.

- Progettazione Sanitaria: Attività per la gestione tecnica completa dell'opera. L'esperienza acquisita in questo campo, sia nelle fasi dei processi progettuali che nelle fasi di realizzazione dell'opera, permette di garantire la massima integrazione e interazione tra tutti gli impianti presenti nell'attività ospedaliera, anche grazie alla Modellazione grafica 3D BIM-MEP
- Prevenzione incendi e Sicurezza: Redazione di pratiche autorizzative presso i Vigili del Fuoco per richiesta di pareri e rilascio Certificati di prevenzione incendi. Progettazioni, direzione lavori, assistenze e consulenze, collaudi di impianti antincendio di rivelazione, di estinzione sprinkler ed a diluvio, di evacuazione di fumo e calore e di impianti idrici antincendio manuali. Compartimentazioni e riqualificazioni di pareti e solai, compreso emissione del CERT-REI da parte di professionista antincendio. Studio e sviluppo di applicazioni dei materiali per la creazione delle compartimentazioni REI. Determinazione delle vie di esodo. Piani di sicurezza e di evacuazione. Illuminazione di sicurezza. Valutazione ed analisi del rischio. Valutazioni AZOP e Classificazioni ATEX per ambienti con rischio di esplosione per la presenza di polveri, liquidi e gas infiammabili.
- Energie Rinnovabili: Studi di fattibilità compreso analisi economica e finanziaria, progettazione preliminare, definitiva esecutiva e costruttiva di impianti di cogenerazione e rigenerazione, reti di teleriscaldamento,

produzione di energia termica e Solar Cooling. Dimensionamento e progettazione di impianti fotovoltaici, minieolici e sistemi di accumulo. Consulenze e progettazioni per installazione di pompe di calore elettriche, sistemi ad assorbimento e geotermiche.

- Certificazioni e Servizi di consulenza Energetica: Qualifica ed Attestazione di prestazione energetica degli edifici. Procedure di auditing e diagnosi energetiche relativi ai consumi nei fabbricati civili ed industriali, effettuando la modellazione energetica dell'involucro e delle dotazioni impiantistiche. Valutazioni e pratiche per le riduzioni delle accise sui consumi di energia elettrica e gas metano. Termografie e misure termometriche. Studi di fattibilità sul risparmio energetico. Progettazione della ventilazione naturale e meccanica controllata degli edifici, dell'integrazione tra illuminazione naturale ed elettrica. Analisi economica degli investimenti per la riqualificazione energetica degli edifici, con calcolo dei principali indici finanziari (VAN, TIR, ROE, ecc). Analisi energetica degli immobili. Stesure di pareri di fattibilità sulle attività di riqualificazione energetica. Procedure di auditing e diagnosi energetiche relativi ai consumi negli edifici, nelle centrali tecnologiche per stabilimenti industriali e per i Data Center. Pratiche per il recupero fiscale degli interventi di efficientamento.
- Collaudi e Servizi tecnici in generale: Servizi di verifica e collaudo tecnico / amministrativo di impianti tecnologici ai sensi dell'articolo 14 della Legge 05.03.1990 n° 46, con riferimento all'articolo 1. lettere A. B. C. D. E. F. G. del D.M. 22.01.2008 n° 37. Dichiarazioni di rispondenza degli impianti tecnici ai sensi del D.M. 22.01.2008 n° 37. Verifica, controllo e collaudo prestazionale di impianti di produzione energetica elettrica, termica e frigorifera, con stesura della documentazione tecnica necessaria e relative pratiche INAIL. Supporto ed assistenza alle prove di laboratorio sui materiali. Assistenza e consulenza tecnica di parte in procedimenti giudiziari. Servizi di Project Management e gestione commesse per conto terzi sulla realizzazione di impianti, assistenza al commissioning ed alla

messa in servizio, pratiche autorizzative verso gli enti di controllo, ENEL, TERNA, GSE e Agenzia delle Dogane.

- Valutazione impatto Campi Elettromagnetici: Determinazione delle "distanze di prima approssimazione" di trasformatori di potenza, quadri elettrici di bassa tensione, barrature, boxes di media tensione, condutture di potenza sia di bassa, che di media ed alta tensione, e delle condutture blindate prefabbricate. Calcoli ed elaborazioni con restituzione grafica delle "fasce di rispetto" e delle "distanze di prima approssimazione" per elettrodotti e cabine elettriche in base al D.M. Ambiente del 29.05.2008. Valutazioni di esposizione ai campi elettromagnetici negli ambienti di lavoro secondo D.Lgs. 257/2007 e D.Lgs. 81/2008. Misurazioni di campo magnetico ed elettrico in bassa frequenza. Misurazioni di campo elettromagnetico in alta frequenza. Perizie e relazioni tecniche con mappature dei valori di campi elettromagnetici. Valutazioni di impatto elettromagnetico di impianti di distribuzione elettrica. Valutazioni di clima elettromagnetico per ricettori. Progettazioni di interventi di riduzione delle emissioni e delle immissioni elettromagnetiche. Monitoraggio dei campi elettrici alle alte frequenze in ambienti abitativi, alberghi, scuole ed ospedali, posti in prossimità di antenne emittenti. Progettazione di schermature per cabine di trasformazione e locali tecnici. Progettazione di schermature per ambienti civili.
- Misure ambientali di acustica: Misurazioni e verifiche acustiche. Valutazioni di impatto acustico per attività produttive e di servizio. Valutazioni di clima acustico per abitazioni ed uffici. Progettazioni di bonifiche acustiche, di insonorizzazioni, di correzioni e di barriere acustiche. Progettazioni e consulenze per insonorizzazioni per impianti industriali. Progettazione acustica edilizia ed a livello architettonico. Valutazione dell'isolamento acustico ai rumori esterni e da calpestio. Rilievi strumentali e previsioni della riverberazione. Zonizzazioni acustiche del territorio e provvedimenti di riduzione. Misurazioni di rumore e vibrazioni delle macchine di condizionamento ed impianti tecnologici con

consulenza e progettazione per la riduzione delle propagazioni. Valutazione dei rischi di esposizione al rumore nei luoghi di lavoro. Impianti per la sonorizzazione degli ambienti. Relazioni tecniche di verifica per luoghi di intrattenimento danzante, di pubblico spettacolo e pubblici esercizi.

- Misure di qualità Ambientale Interna ed Esterna: Misure di illuminamento e di luminanza. Misure termometriche di precisione con sonde per l'ambiente, ad immersione ed a contatto. Misure di velocità e portata d'aria con anemometro a filo caldo. Misure di anidride carbonica, di ossido di carbonio in ambiente, di umidità relativa.

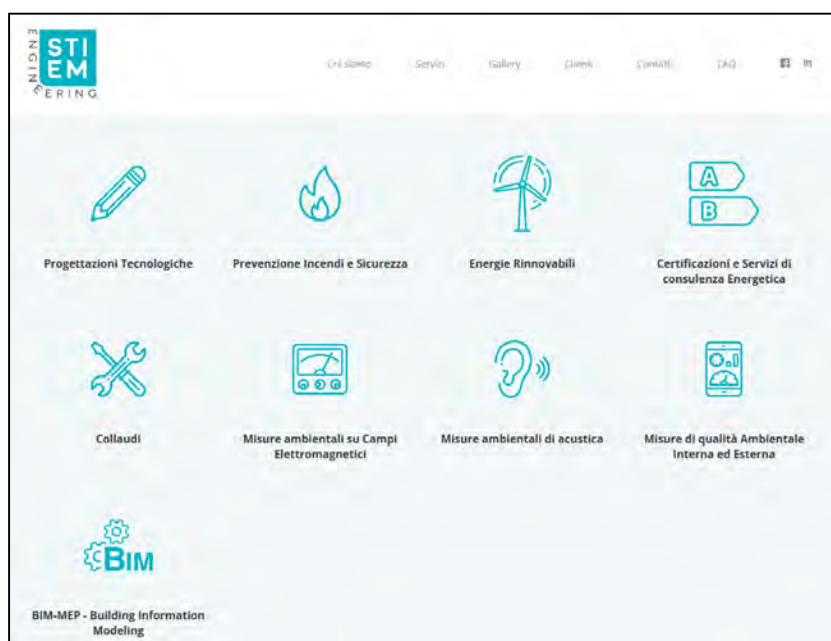


Figura 7 - I Servizi offerti dalla STIEM ENGINEERING srl

La Società inoltre si occupa di attività specialistiche d'ingegneria come:

Progettazione impianti Elettrici, Safety & Security, infrastrutture IT;
Progettazione impianti HVAC, antincendio, idrico sanitari, aria compressa ed utility;
Progettazione di centrali di produzione energia termica, CHP, reti di TLRs;
Progettazione BIM-MEP ; Prevenzione Incendi e Sicurezza; Impianti

ad energia rinnovabile in genere; Certificazioni e Servizi di Consulenza Energetica; Collaudi; Misure ambientali; Impianti ed infrastrutture tecnologiche per edilizia Ospedaliera e sanitaria; Impianti ed infrastrutture tecnologiche per centri direzionali, attività commerciali, attività industriali, logistiche, fieristici; Impianti ed infrastrutture tecnologiche per edilizia residenziale, condomini e unità immobiliari; Audit e diagnosi energetiche di edifici civili, industriali e di processo; Impianti elettrici di cantiere, verifiche impianti di terra e scariche atmosferiche; Analisi del rischio - Certificazioni AZOP - Classificazioni ATEX; Reti elettriche e Cabine Primarie AT/MT e secondarie MT/BT.

La mia esperienza di Tirocinio in STIEM ENGINEERING è stata molto positiva e formativa. Ho avuto il piacere di lavorare a contatto con professionisti con grande esperienza nel settore e che mi sembra giusto, in questa sede, ringraziare.



SOCI FONDATORI E MEMBRI DEL CONSIGLIO DI AMMINISTRAZIONE

- Ing. Jr. Gian Luca BALDISSARA - Presidente del Consigliere di Amministrazione e legale rappresentante
- Per. Ind. Paolo SCUDERI - Vicepresidente del Consigliere di Amministrazione e Direttore Commerciale
- Ing. Luca BUZZONI - Consigliere di Amministrazione e Direttore tecnico
- Per. ind. Gaetano CALCARA - Consigliere di Amministrazione e Direttore di Produzione

AMMINISTRAZIONE E SEGRETERIA TECNICA

- Dott. Francesca CAMPANA - Consigliere di Amministrazione e Direttore amministrativo

PROJECT MANAGER E COORDINATORI UFFICIO TECNICO

- Ing. Marcello DALL'OLIO - Project Manager & Technical office Coordinator HVAC & Tecnico Acustico

COLLABORATORI

- Per. Ind. Andrea PERINI - Electric, Safety & Security P.S.
- Per. ind. Luca RIMENSI - Electric Safety & Security P.J.
- Per. ind. Michele SAMMARTINO - BIM Specialist Electric, Safety & Security P.S.
- Per. Ind. Simone LUONGO - Electric, Safety & Security Designer
- Federica BOCCHI - Electric, Safety & Security Designer
- Per. Ind. Gennaro BORRELLI - Electric, Safety & Security P.J.
- Ing. Alessandro ZOCCHI - Electric, Safety & Security P.S.
- Ing. Luca PEPI - Electric, Safety & Security P.J.
- Ing. Valentina MOTTA - BIM Specialist Energetic, HVAC & tecnologic P.S.
- Ing. Loris MORICHETTI - Energetic, HVAC & tecnologic P.S.
- Ing. Andrea FERRARA - Energetic, HVAC & tecnologic P.S.
- Ing. Giovanni PALERMO - Energetic, HVAC & tecnologic P.S.
- Ing. Giovanni Paolo CECCHETTI - HVAC & tecnologic Designer
- Geom. Martina BUSI - BIM Designer
- Arch. Lorenzo FILIERI - BIM Manager, formazione interna BIM e gestione processi qualità
- Ing. Elisa ZAMBONI - Energetic, HVAC & tecnologic P.S.

Figura 8 - Composizione della STIEM ENGINEERING srl

Tra i componenti la STIEM ENGINEERING devo un ringraziamento particolare all'Ing. Gian Luca Baldissara che, oltre ad avermi introdotto in Società e avermi avviato al percorso del Tirocinio, si è gentilmente prestato ad essere Corelatore per questo mio lavoro di Tesi, incentrato su una delle esperienze di lavoro curate dalla Società: la partecipazione, con un proprio progetto, al Bando per la realizzazione della Centrale Termica a servizio del Tecnopolo di Bologna.

4 IL TECNOPOLO DELL'«EX MANIFATTURA TABACCHI» DI BOLOGNA

Il Comune di Bologna, insieme ad altri soggetti istituzionali territoriali (Città Metropolitana di Bologna, Provincia di Bologna e Regione Emilia-Romagna, Università ed altri Enti di ricerca), ha avviato un percorso per la realizzazione di un'area dedicata allo sviluppo di attività per la ricerca, l'innovazione ed il trasferimento tecnologico: il Tecnopolo di Bologna.



Figura 9 - Rendering del progetto per il Tecnopolo di Bologna

La Regione Emilia-Romagna ha acquisito e messo a disposizione il complesso immobiliare dell'«ex-Manifattura Tabacchi» di Via Stalingrado, in Bologna (edificio realizzato nel dopoguerra su progetto redatto dall'ing. Pier Luigi Nervi su un'area che sviluppa oltre 100.000 mq di superficie) ed ha indetto un Concorso di Progettazione Internazionale dal titolo “Riqualficazione dell'ex Manifattura Tabacchi per la realizzazione del Tecnopolo di Bologna”, il cui iter si è concluso nella prima metà del 2012 con vincitore lo studio GMP Von GerkanMarg und Partner di Amburgo .

È stato infine approvato lo studio di fattibilità per la valorizzazione dell'area, destinata a diventare la Data Valley italiana ed europea.

Anche il Governo ha fatto la sua parte in questo grande progetto e, con un importante stanziamento del Ministero della Ricerca, si è concretizzata la proposta di ospitalità del Data Centre di ECMWF – European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, accordo che, insieme ad altre importanti iniziative a livello internazionale, hanno consentito di configurare il Tecnopolo di Bologna quale concentrazione di scienza, tecnologia e competenze con pochi uguali in Europa.

Si prevede che al Tecnopolo troveranno impiego circa 1.500 persone tra ricercatori, tecnici, addetti.

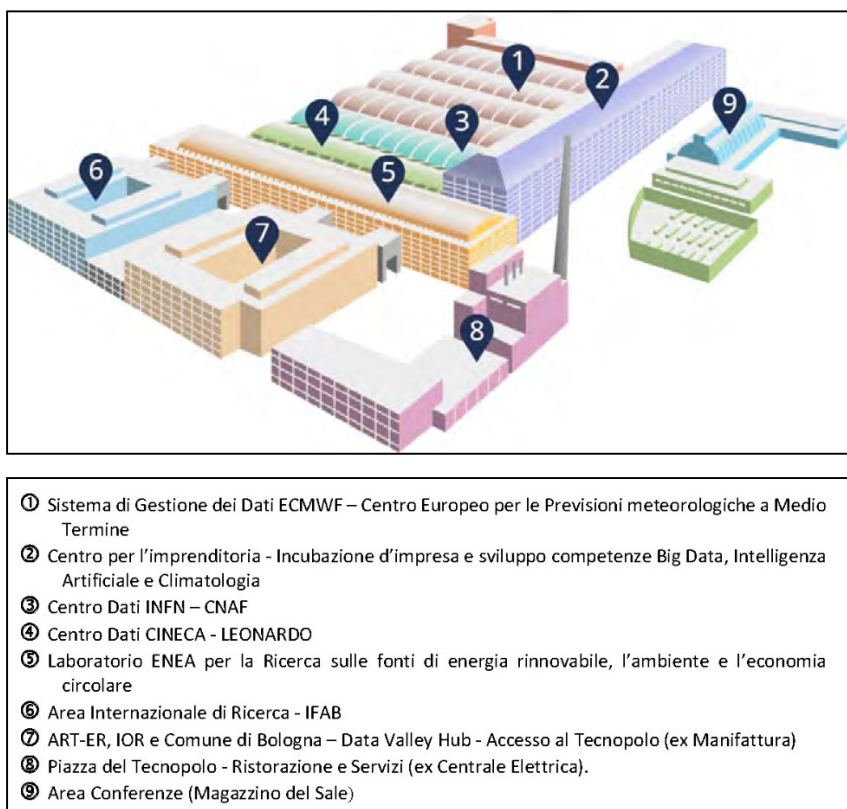


Figura 10 - Il Tecnopolo di Bologna e le destinazioni previste

4.1 La realizzazione del Tecnopolo

A partire dal 2013 sono iniziate le attività di progettazione e realizzazione dei lotti dell'Area della "ex Manifattura Tabacchi", con l'obiettivo di creare una 'città della scienza' a valenza internazionale. L'operazione ha anche l'ambizione di rappresentare un importante intervento di riqualificazione urbana dell'area.

Per questo importante progetto la Regione Emilia-Romagna ha scelto di utilizzare modalità alternative di valorizzazione, utilizzando la collaborazione tra pubblico e privato per la realizzazione delle opere e la gestione degli immobili.

Per la realizzazione di questi interventi, la Regione si è avvalsa de L' "ART-ER S.cons.p.a." (Attrattività Ricerca Territorio), Società Consortile senza fini di lucro dell'Emilia-Romagna, nata nel 2018 per favorire la crescita sostenibile della regione attraverso lo sviluppo dell'innovazione e della conoscenza, l'attrattività e l'internazionalizzazione del territorio.



Figura 11 - il Logo dell'ART-ER (Attrattività, Ricerca, Territorio)

Della compagine sociale dell' "ART-ER" fa parte anche l'Alma Mater Studiorum Università di Bologna.

% Compagine sociale	
65,1	Regione Emilia-Romagna
9,3	CNR Area della Ricerca di Bologna
4,6	ENEA Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile
0,5	INFN Istituto Nazionale di Fisica Nucleare
5,3	Alma Mater Studiorum Università di Bologna
2,6	Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia
2,6	Università degli Studi di Ferrara
2,6	Università di Parma
1,3	Politecnico di Milano
0,5	Città Metropolitana di Bologna
4,2	Unioncamere Emilia Romagna
0,5	CAMERA di COMMERCIO Industria Artigianato e Agricoltura dell'Emilia
0,3	Altri (ee.ll., asl, Acer, Aess)
0,6	azioni proprie ART-ER

Figura 12 - La compagine sociale dell'ART-ER

Dopo i quattro cantieri già aperti nell'area del Tecnopolo di Bologna (tra i quali la nuova sede del Data Centre Ecmwf e la sede dedicata al supercomputer Leonardo), sono stati individuati altri lotti da realizzare.

Nel percorso di completamento del Tecnopolo, la Regione Emilia-Romagna ha dato mandato alla "ART-ER" di intraprendere anche le procedure per la realizzazione della Centrale Termica a servizio del Tecnopolo, precisando che la procedura si sarebbe dovuta articolare in due fasi:

- raccolta di proposte di finanza di progetto tramite avviso; esame delle proposte ed individuazione del progetto migliore;
- in caso di esito positivo, indizione di procedura ad evidenza pubblica di rilevanza comunitaria che pone a base di gara il migliore progetto individuato nella fase precedente.

L' "ART-ER" ha quindi avviato un percorso in due step, il primo per l'individuazione di un Piano di Fattibilità Tecnica ed Economica ("Avviso per

la raccolta di proposte di finanza di progetto per la valorizzazione del complesso della c.d. ‘Ex Manifattura Tabacchi’ di Bologna”) ed il secondo per la selezione del soggetto a cui affidare la Concessione di Lavori Pubblici per la realizzazione e gestione della Centrale Termica (“Bando di gara ... per l’affidamento della concessione di lavori pubblici relativa alla Centrale termica e frigorifera a servizio di specifici immobili del Tecnopolo di Bologna, il tutto presso l’area dell’ex Manifattura Tabacchi”).

In questo lavoro ci occuperemo della progettazione della Centrale Termica del Tecnopolo, esponendo prima brevemente il percorso che ne ha definito l’individuazione della soluzione da realizzare.

4.2 L’Avviso per proposte di finanza di progetto

Dicevamo che l’ “ART-ER” ha inizialmente pubblicato l’ “Avviso per la raccolta di proposte di finanza di progetto per la valorizzazione del complesso della c.d. ‘Ex Manifattura Tabacchi’ di Bologna”, finalizzato alla ricezione di proposte utili a valutare la convenienza e la fattibilità della realizzazione e gestione dei seguenti lotti:

- “Lotto 1”, per la costruzione e gestione della Centrale termica servente l’area immobiliare del Tecnopolo (edificio denominato CT), esclusi gli edifici autonomi;
- “Lotto 2”, per la riqualificazione e gestione del complesso denominato “Ballette” e del complesso denominato “Ex Magazzino del Sale”;
- “Lotto 3”, per la riqualificazione e gestione del complesso da adibirsi a Ristorazione e servizi commerciali.

Tralasciando le vicende relative ai Lotti 1 e 2, ci interessa porre la nostra attenzione alle risultanze relative al “Lotto 1”, quello per la realizzazione della Centrale Termica a servizio della parte prevalente del Tecnopolo (restano esclusi solo alcuni edifici autonomi).

Gli esiti della prima fase hanno visto, per il “Lotto 1 - Centrale Termica”, la positiva valutazione della proposta per la realizzazione e gestione della centrale di riscaldamento/raffrescamento tramite finanza di progetto, pervenuta da parte del RTI (Raggruppamento Temporaneo di Imprese) tra “Consorzio Stabile CMF” e “CIAB - Società Cooperativa Idrici e Affini”, ritenuta dalla Commissione Giudicatrice idonea e corrispondente alle esigenze dell’Amministrazione regionale.

Per la redazione della proposta progettuale, il Raggruppamento “CMF”- “CIAB” si era affidato alla “STIEM ENGINEERING”, che ha curato il Progetto di Fattibilità Tecnica Economica (PFTE) con cui il Raggruppamento stesso si è aggiudicato l’Avviso.

L’ “ART-ER” trasmette alla Regione, congiuntamente alle risultanze della procedura di selezione dell’Avviso, anche il Progetto di Fattibilità Tecnico Economica elaborato da “STIEM ENGINEERING” per la sua approvazione ai fini dell’avvio del secondo step, di cui il Progetto costituisce riferimento per i concorrenti al Bando per l’affidamento della concessione di lavori pubblici, di cui parleremo di seguito.

4.3 Il Bando per la concessione di lavori pubblici

Concluso il primo step relativo all'Avviso e quindi approvata la proposta per la realizzazione e gestione della centrale tramite finanza di progetto, l' "ART-ER" è stata autorizzata dalla Regione Emilia-Romagna all'attivazione del secondo step della procedura, con la pubblicazione del Bando di gara per la procedura aperta, di rilevanza comunitaria, per la selezione di un soggetto cui affidare la realizzazione e gestione dell'edificio destinato alla Centrale Termica a servizio del Tecnopolo ("Bando di gara - Procedura aperta telematica ai sensi dell'Art. 60 e dell'Art. 183 comma 15 del D. Lgs. 50/2016 per l'affidamento della concessione di lavori pubblici relativa alla Centrale termica e frigorifera a servizio di specifici immobili del Tecnopolo di Bologna, il tutto presso l'area dell'ex Manifattura Tabacchi").

Aspetto particolare del Bando è che il Soggetto che si aggiudica l'intervento dovrà provvedere non solo alla progettazione e realizzazione della Centrale Termica, ma anche alla sua gestione (approvvigionamento energetico, manutenzione ordinaria e straordinaria dell'impianto, pronto intervento per le utenze servite) per un periodo trentennale (con i benefici dell'incasso delle utenze dei servizi di riscaldamento e di raffrescamento da parte degli utilizzatori serviti dalla centrale termica).

Come detto, il Bando rimanda al Progetto di Fattibilità Tecnica Economica (PFTE), proposto dal RTI "CMF"- "CIAB" e redatto dalla "STIEM ENGINEERING", al fine di descrivere nel dettaglio gli elementi principali

dell'oggetto del Bando stesso a cui i concorrenti devono fare riferimento nella presentazione delle proprie offerte.

Ad esito della procedura del Bando, la Commissione Giudicatrice individua quale migliore proposta quella del soggetto promotore RTI (Raggruppamento Temporaneo di Imprese) tra “Consorzio Stabile CMF” e “CIAB - Società Cooperativa Idrici e Affini”, al quale viene quindi aggiudicata la concessione di lavori pubblici per la realizzazione della Centrale Termica.

Anche per la partecipazione al Bando, il Raggruppamento “CMF”-“CIAB” si era affidato alla “STIEM ENGINEERING” per la parte tecnica dell'offerta di partecipazione.

Infatti il Bando richiedeva che l'offerta presentata dai concorrenti fosse composta da “Documentazione amministrativa”, “Offerta Tecnica” e “Offerta economica”, questi ultimi due elaborati utili per l'aggiudicazione con il criterio dell'offerta economicamente più vantaggiosa.

La “STIEM ENGINEERING” ha quindi fornito il suo contributo curando la redazione dell'elaborato “Criterio 1: Proposte migliorative per lo svolgimento della progettazione definitiva ed esecutiva”, attraverso il quale ha esplicitato le soluzioni tecniche che avrebbe affrontato nella redazione dei successivi passi della progettazione dell'intervento (Progetto Definitivo e Progetto Esecutivo) e nella fase di esecuzione dei lavori e del cantiere.

Nell'approvazione degli esiti del Bando, la Regione Emilia-Romagna approva la proposta del Raggruppamento, conferma la dichiarazione che l'opera in oggetto ha carattere di pubblico interesse e specifica che, a seguito dell'aggiudicazione, il Raggruppamento, in quanto Soggetto promotore, dovrà procedere alla Progettazione Definitiva dell'intervento.

La Centrale Termica costituisce elemento essenziale per il completamento del Tecnopolo, in quanto impianto necessario per la funzionalità e fruizione degli edifici che fanno parte di questo importante complesso.

Nel Capitolo che segue esporremo il percorso con cui la "STIEM ENGINEERING" sta affrontando la Progettazione Definitiva della Centrale Termica, ulteriore passo verso la sua realizzazione.

5 IL PROGETTO DELLA CENTRALE TERMICA DEL TECNOPOLO

Come abbiamo avuto modo di esporre, il percorso verso la definizione del progetto per la realizzazione della Centrale Termica del Tecnopolo è passato attraverso vari step di progettazione:

- il Progetto Preliminare del 2015 relativo all'intero complesso del Tecnopolo; è stato redatto dallo studio "GMP Von GerkanMarg und Partner" di Amburgo, in quanto vincitore del Concorso di Progettazione Internazionale dal titolo "Riqualificazione dell'ex Manifattura Tabacchi per la realizzazione del Tecnopolo di Bologna", indetto la Regione Emilia-Romagna nel 2011
- il progetto di Pre-fattibilità del 2019, relativo alla Centrale Termica (edificio denominato "CT") del Tecnopolo, nel quale è stata predisposta la documentazione tecnica (informazioni di tipo tecnico funzionali richieste nonché gli obiettivi e le condizioni minime) per la successiva procedura di selezione;
- il Progetto di Fattibilità Tecnico Economica (elaborato da "STIEM ENGINEERING" per il Raggruppamento Temporaneo di Imprese "CMF"- "CIAB", vincitore dell' "Avviso per la raccolta di proposte di finanza di progetto per la valorizzazione del complesso della c.d. 'Ex Manifattura Tabacchi' di Bologna"), attraverso il quale è stata definita e valutata la convenienza e la fattibilità della realizzazione e gestione Centrale Termica del Tecnopolo.

La fase successiva, quella di cui ci occupiamo in questo lavoro di tesi, è la redazione del successivo livello di progettazione, ossia la Progettazione Definitiva della Centrale Termica del Tecnopolo, anche questa affidata a "STIEM ENGINEERING" dal RTI "CMF"- "CIAB" che si è aggiudicato il relativo Bando

(“Bando di gara - Procedura aperta telematica ai sensi dell’ Art. 60 e dell’ Art. 183 comma 15 del D. Lgs. 50/2016 per l’affidamento della concessione di lavori pubblici relativa alla Centrale termica e frigorifera a servizio di specifici immobili del Tecnopolo di Bologna, il tutto presso l’area dell’ex Manifattura Tabacchi”).

Il procedimento verso la redazione del Progetto Definitivo è partito dall’analisi dei dati tecnici forniti dalla Stazione appaltante.

Prima di procedere con la progettazione, si è ritenuto opportuno condurre un’ulteriore analisi del modello energetico inizialmente sviluppato in modalità stazionaria e successivamente rielaborato in modalità dinamica, con l’intento di consolidare ed affinare i dati d’ingresso e definire in maniera più affidabile possibile le necessità energetiche dell’insediamento servito dalla Centrale, sia in termini di massima potenza di punta richiesta, sia come profilo dei consumi annuali ipotizzati.

Nello studio è stata posta particolare attenzione anche ad un’ulteriore analisi, a livello di fattibilità tecnica, sulla possibilità di utilizzare le migliori tecnologie disponibili sul mercato, in grado di fornire le massime prestazioni energetiche, e con un occhio di riguardo alla necessaria transizione energetica, di cui oggi è non si può più non tener conto.

Come richiesto dalla Stazione appaltante, è stata anche affrontata la modalità di sviluppo della Centrale Termica in rapporto allo sviluppo progressivo del

Tecnopolo; la centrale potrà essere realizzata in diverse fasi di allestimento, preferendo e consigliando una configurazione modulare per soddisfare i fabbisogni energetici crescenti nel tempo di tutti gli edifici del sito fino alla configurazione finale.

5.1 I requisiti indicati dal Piano di Fattibilità Tecnica Economica

Il disciplinare dell'Avviso, costituisce il riferimento di partenza per la redazione del PTFE prodotto in fase di gara (a meno delle migliorie individuate in fase di partecipazione al Bando).

Dall'Avviso sono state acquisite le specifiche indicazioni e caratteristiche tecniche che hanno determinato i requisiti di partenza richiesti per la realizzazione della Centrale Termica, di cui riportano i dati salienti:

- Energia termica da erogarsi "a regime": ca. 2,9 GWht annui
- Energia frigorifera da erogarsi "a regime": ca. 2 GWhf annui
- Potenza impegnata parte termica "a regime": ca. 2,9 MWt
- Potenza impegnata parte frigorifera "a regime": ca. 1,9 MWfr
- Mq da servire "a regime": 80mila mq

L'Avviso richiedeva una particolare attenzione nella scelta della tecnologia da utilizzare, che dovrà essere all'avanguardia sia da un punto di vista tecnologico che ambientale, anche alla luce della speciale destinazione dell'intera area e delle destinazioni accolte nel Tecnopolo a livello internazionale (sviluppo e ricerca).

Altro elemento importante che emerge è quello della “modularità” della soluzione proposta, in quanto la Centrale dovrà essere predisposta a crescere con la crescita del Tecnopolo, potendo oggi servire i Lotti già realizzati e predisporre alle modifiche per servire, in futuro, anche gli altri Lotti che man mano verranno realizzati.

5.2 L’edificio

La Centrale Termica ha una collocazione ben definita all’interno dell’area del Tecnopolo, e da essa partono le reti per la distribuzione dei servizi verso gli altri edifici.

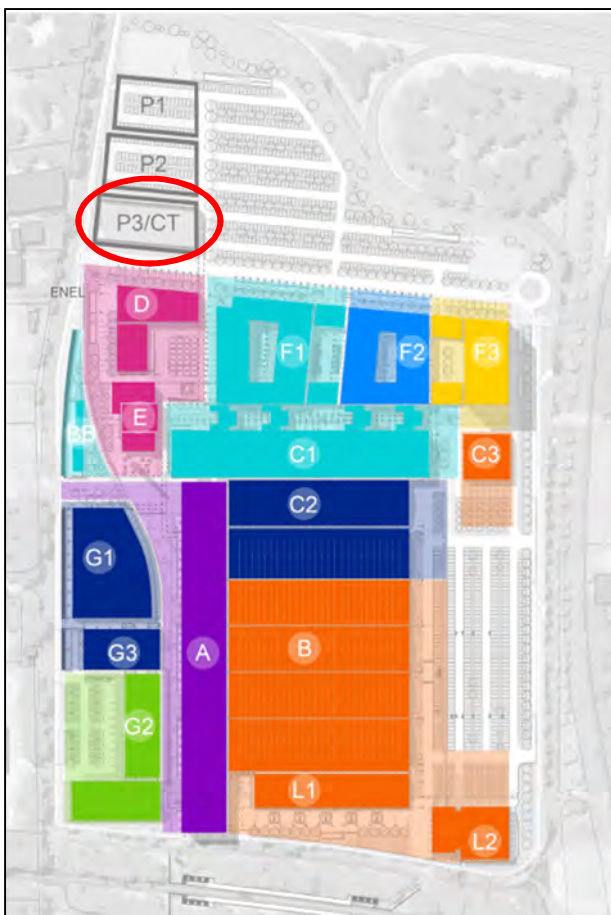


Figura 13 - I Lotti del Tecnopolo - in evidenza la nuova Centrale Termica da realizzare

5.2.1 Inquadramento generale

La posizione dell'edificio, valutati o i pro e i contro delle diverse possibili soluzioni, rispecchierà esattamente la soluzione proposta dal PFTE, in quanto risulta essere effettivamente il miglior compromesso dal punto di vista urbanistico ed architettonico.

Verrà realizzato un tratto di tunnel interrato (per uno sviluppo di circa 90m) attraverso il quale la centrale tecnologica verrà collegata con le altre infrastrutture interne del Tecnopolo.

Al fine di ridurre al minimo l'impatto sul consumo di suolo, si ipotizza la collocazione dell'edificio prevalentemente su un'area già utilizzata (zona già asfaltata che attualmente è destinata a parcheggio) come indicato nella figura che segue, salvaguardando il più possibile l'area a verde esistente. Per lo stesso motivo, le due cabine primarie di alta tensione ("S1" ed "S2") saranno realizzate in modalità interrata.

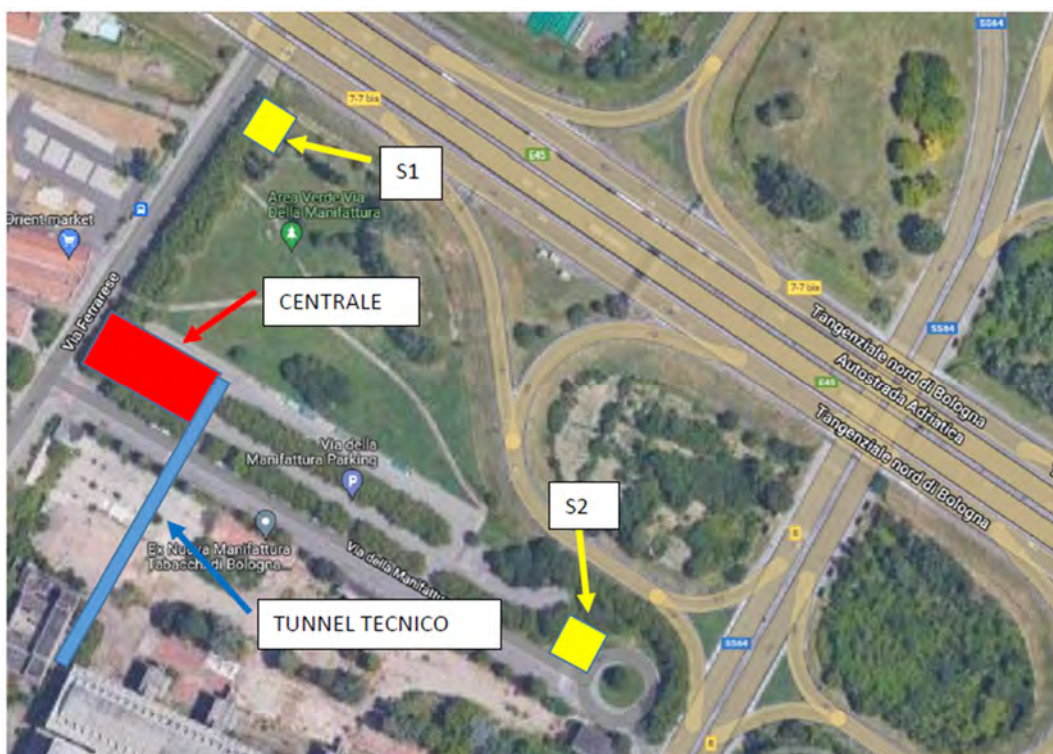


Figura 14 - Collocazione della Centrale Termica nel progetto

L'accesso principale sarà direttamente dalla viabilità della via Ferrarese, predisponendo sui due lati esterni dell'edificio l'accesso e l'uscita carraia opportunamente arretrate per consentire l'ingresso dei mezzi senza arrecare intralcio alla viabilità ordinaria.

La viabilità interna attorno all'edificio sarà a senso unico per agevolare l'ingresso e l'uscita dei mezzi dal sito.

5.2.2 Caratteristiche dell'edificio

Rispetto alla proposta dimensionale del PFTE, alcune caratteristiche dell'edificio sono state modificate secondo le migliori tecniche proposte in fase di partecipazione al Bando, come meglio esposte nel paragrafo che segue.

La proposta progettuale è quella di realizzare l'edificio della Centrale Tecnologica con elementi prefabbricati in C.A.V (calcestruzzo armato vibrato) assemblati direttamente in sito, con una dimensioni in pianta di circa 60,00x25,00x5,00 m (LxPxH), suddiviso in più zone interne in relazione alle funzioni operative e tecnologiche della centrale.

La superficie interna netta della Centrale, prevista complessivamente intorno ai 1450 mq, avrà la seguente suddivisione:

- Centrale Termofrigorifera (ZONA B): 750mq
- Locale Caldaie (ZONA C): 140mq
- Locale Cogeneratori (ZONA D): 120mq
- Locale GE Tecnopolo (ZONA E): 270mq
- Locali apparecchiature elettriche (ZONA F1-F5) 135mq
- Locali E-Distribuzione (ZONA F6) 30mq

Una porzione dell'edificio verrà realizzata interrata (ZONA A) e destinata alla centrale antincendio con relativa vasca di accumulo, da 400 mc di riserva idrica, e ad un'ulteriore vasca da 240 mc destinata alla raccolta dell'acqua piovana proveniente dalla copertura dell'edificio.

Dalla zona interrata sarà possibile accedere anche al tunnel tecnico che raccorderà la Centrale agli altri edifici del Tecnopolo; ciò sarà utile per agevolare l'accesso alle installazioni tecnologiche da parte del personale addetto alla conduzione e gestione degli impianti.

L'ingresso nella zona interrata avverrà anche attraverso una bocca di lupo accessibile direttamente dall'esterno dell'edificio, e da qui potranno anche essere introdotte le apparecchiature tecnologiche.

La copertura dell'edificio (ZONA G) sarà del tipo a falda piatta completamente praticabile e destinata all'installazione di attrezzature tecnologiche, tra cui le torri evaporative di condensazione dell'impianto di climatizzazione, i dry-cooler dissipativi (sono delle unità costituite principalmente da uno scambiatore di calore alettato aria/acqua che consente di raffreddare un flusso d'acqua, che scorre attraverso le tubazioni della batteria di scambio, tramite l'utilizzo dell'aria ambiente) delle unità CHP ("Combined Heat and Power" – Sistema di Cogenerazione) e dalle canne di espulsione dei fumi delle caldaie di back-up e delle unità di cogenerazione.

L'accesso alla copertura avverrà direttamente da una scala interna all'edificio con sbarco protetto dalla pioggia; perimetralmente all'edificio verrà realizzato un tamponamento fino a 3,00 m dal piano praticabile, con la duplice funzione di mascherare le apparecchiature tecnologiche e di attenuazione della propagazione del rumore derivanti dall'esercizio della Centrale.

5.3 Soluzione proposta per l'edificio

Come anticipato, nella presentazione della proposta per la partecipazione al Bando sono state individuate alcune soluzioni migliorative per l'edificio.

Una prima soluzione proposta, rispetto alla soluzione di base dei documenti di riferimento, riguarda un legger

o ridimensionamento dell'altezza utile interna (che era indicata in 6,00m e invece proposta in 5,00m) in quanto si ritiene che questa nuova altezza sia sufficiente ad ospitare le installazioni previste; ciò anche nell'intento di ridurre l'impatto architettonico esterno della Centrale.

Altra soluzione proposta, con l'obiettivo di a ridurre l'uso della superficie destinata alla Centrale, è quella di integrazione delle vasche e del locale gruppi antincendio all'interno della sagoma dell'edificio, ma nella porzione di interrata dell'edificio, con accesso diretto dall'esterno, creando un collegamento di servizio anche dall'interno della Centrale (accesso dal cunicolo tecnologico di collegamento verso la zona del Tecnopolo).

Altra soluzione proposta, e questo ai fini dell'incremento della sicurezza, è la creazione di una zona separata e compartimentata in cui verranno alloggiati i generatori di calore a gas, previsti in unico ambiente assieme ai gruppi frigo; ciò anche per adeguare la realizzazione alla norma di prevenzione incendi (rif. DM 8/11/2019 – “Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, la realizzazione e l'esercizio degli impianti per la produzione di calore alimentati da combustibili gassosi”); analoga soluzione è stata predisposta per la zona destinata alle unità di cogenerazione, anch'esse previste separate in apposito locale.

In ultimo si prevede la realizzazione di un piano di copertura completamente praticabile con portata del solaio idonea all'alloggiamento delle torri evaporative e delle unità di dissipazione di emergenza per le unità CHP in dotazione alla Centrale.

Tutta la parte superiore dell'edificio sarà contornata per l'intero perimetro di barriere di mitigazione architettonica ed acustica, al fine di offrire il minor impatto ambientale possibile; l'accesso alla copertura avverrà direttamente da una scala interna all'edificio con sbarco protetto dalla pioggia, al fine di agevolare le operazioni di ispezione e manutenzione alle apparecchiature tecnologiche.

Al fine di semplificare le operazioni di installazione delle apparecchiature ed i successivi interventi di manutenzione, si è pensato di collegare e dare accesso al tunnel tecnologico direttamente all'interno della Centrale.

Gli accessi all'edificio saranno tutti dotati di portoni di adeguate dimensioni per consentire la manutenzione, rimozione e installazione delle apparecchiature, per eliminare i disservizi alle restanti apparecchiature della Centrale.

5.4 Analisi dei Fabbisogni Energetici

Nella redazione del Progetto Definitivo è stato necessario partire dall'analisi dei dati tecnici valutati nel corso della redazione del PTFE, sulla base delle informazioni fornite dalla Stazione appaltante.

In particolare sono state effettuate ulteriori analisi ed approfondimenti tecnici rispetto alle informazioni fornite, per avere maggior supporto sulla validità dei dati acquisiti e definire in maniera più affidabile possibile le necessità energetiche dell'insediamento servito dalla Centrale, sia in termini di massima potenza di punta richiesta, sia come profilo dei consumi annuali ipotizzati.

5.4.1 Dati climatici di riferimento

Il primo elemento necessario per procedere nell'individuazione delle grandezze in gioco è stato quello di acquisire i dati climatici della zona di intervento.

Si è pertanto fatto riferimento alla fonte di dati più attendibile, mediante un'analisi dei dati resi disponibili dalla rete di rilevamento regionale, gestita da "Arpae-Simc", mediante il database "Dext3r".

Nella figura che segue è raffigurata la dislocazione delle stazioni di monitoraggio climatico regionale presenti in prossimità della città di Bologna, e la posizione del Tecnopolo all'interno dell'area determinata.

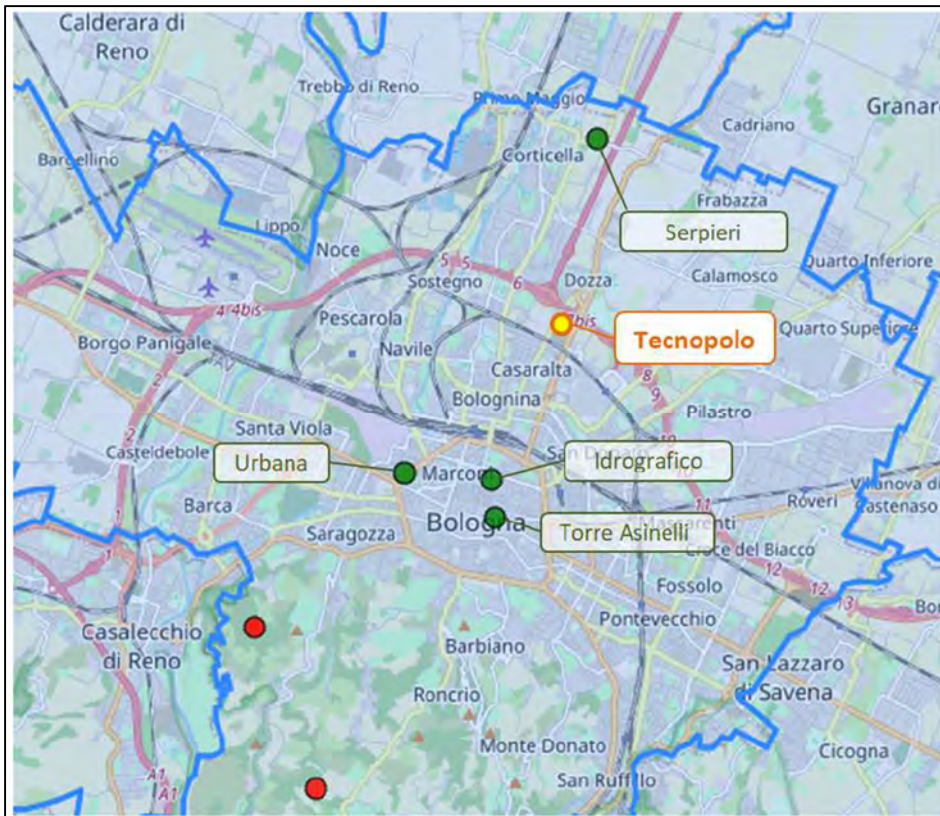


Figura 15 - Dislocazione delle Stazioni di misura del sistema di monitoraggio regionale

Considerando la posizione del Tecnopolo, sono stati analizzati i dati delle stazioni meteo più prossime, che sono evidenziate dal cerchietto verde nell'immagine, e identificate dall'etichetta con il nome della stazione climatica.

L'analisi è stata condotta per gli anni 2018, 2019 e 2020 ed in prima istanza, per le quattro stazioni meteo indicate sono stati richiesti e analizzati i dati della temperatura esterna media giornaliera e media oraria, ed è stato valutato il livello di completezza delle informazioni ricevute.

5.4.2 Dati di partenza

Si è ritenuto opportuno procedere ad una verifica accurata dei profili di carico e dei consumi per ciascuno degli edifici per i quali si prevede di effettuare il servizio di approvvigionamento energetico.

Non essendo stata, al momento, fornita una indicazione definitiva sulle singole destinazioni finali d'uso previste per gli edifici da servire, sono state fatte alcune assunzioni dimensionali ai fini delle valutazioni energetiche:

EDIFICIO	SUP (m ²)	VOL (m ³)	DESTINAZIONE D'USO PREVALENTE
A1 - Ballette	26.915	151.017	Uffici direzionali – Ristrutturazione rilevante
G2 – Ex Magazzino del Sale	4.150	17.574	Centro Congressi – Ristrutturazione rilevante
C1 - ENEA	12.485	61.440	Uffici Direzionali – Ristrutturazione rilevante
D - UNIBO	3.608	16.944	Uffici Direzionali – Ristrutturazione rilevante
E – Ex Centrale tecnologica	2.008	13.578	Ristorazione / Attività ricreative – Ristrutturazione rilevante
F1 – Nuovo Edificio	14.800	56.663	Uffici Direzionali – Nuova costruzione
F3 – Nuovo Edificio	19.976	55.234	Uffici Direzionali – Nuova costruzione
VAL. TOT	88.831	372.450	

Figura 16 - Ipotesi dimensionali degli edifici da servire

Ai fini della modellazione energetica degli edifici (realizzata con il software di calcolo MC4), sono stati assunti i parametri climatici di base riferiti alla zona di Bologna e riferiti all'analisi delle rilevazioni acquisite:

- Altezza sul livello del mare: 54 m s.l.m.
- Gradi Giorno: 2.259
- Temperatura esterna invernale B.S.: -5°C
- Umidità relativa esterna invernale: 80%
- Temperatura esterna estiva: +32°C
- Umidità relativa esterna estiva: 60%.

Inoltre sono state assunte le condizioni termoigrometriche per singoli ambienti specifici (per come previsti nell'ambito dei vari edifici oggetto d'intervento) secondo lo schema che segue:

CONDIZIONI INTERNE DI PROGETTO								
Descrizione	Temp. b.s.		U.R.		Diff. T	Diff. U.R.	Incr. Intermitt. [≥1]	
	[°C]	[°C]	[%]	[%]	[°C]	[%]		
UI C1 - ENEA-C1 - Uffici P1	26	20	50	50	1	10	1	1
UI C1 - ENEA-C1 - Uffici P2	26	20	50	50	1	10	1	1
UI C1 - ENEA-C1 Laboratori	25	20	50	50	1	10	1	1
UI C1 - ENEA-C1 Sottotetto	24	20	50	50	1	10	1	1
UI C1 - ENEA-C1 Vano scale	26	20	50	50	1	10	1	1
UI D - UNIBO e LEPIDA-D Laboratori	24	20	50	50	1	10	1	1
UI D - UNIBO e LEPIDA-D Magazzini	27	18	50	65	1	10	1	1
UI D - UNIBO e LEPIDA-D Uffici	26	20	50	50	1	10	1	1
UI D - UNIBO e LEPIDA-D Unità commerciali	26	20	50	65	1	10	1	1
UI D - UNIBO e LEPIDA-D Vano scale	26	20	50	65	1	10	1	1
UI E - Ristorazione-E - Altri locali	25	20	50	65	1	10	1	1
UI E - Ristorazione-E - Cucina	25	20	50	65	1	10	1	1
UI E - Ristorazione-E - Ristorante	25	20	50	65	1	10	1	1
UI F1 - IOR-F1 interrato	27	18	50	65	1	10	1	1
UI F1 - IOR-F1 Laboratori	24	20	50	50	1	10	1	1
UI F1 - IOR-F1 Medicina	24	20	50	50	1	10	1	1
UI F1 - IOR-F1 Uffici	26	20	50	50	1	10	1	1
UI A - Ballette-Z01 Uffici	26	20	50	65	1	10	1	1
UI G2 - Centro Congressi-Z02 Foyer	26	20	50	65	1	10	1	1
UI G2 - Centro Congressi-Z03 Centro Congressi	26	20	50	65	1	10	1	1
UI G2 - Centro Congressi-Z04 Connettivo	26	20	50	65	1	10	1	1

Figura 17 - Condizioni termoigrometriche per gli ambienti degli edifici da servire

Per la determinazione del ricambio d'aria medio da attribuire ai vari edifici in funzione della specifica destinazione d'uso, necessario al fine della determinazione delle potenze di picco termica e frigorifera di ciascun edificio, sono stati assunti i seguenti dati estrapolati dalla normativa UNI EN 13779:2008 ("Ventilazione degli edifici non residenziali - Requisiti di prestazione per i sistemi di ventilazione e di climatizzazione"):

- Densità media affollamento (zona uffici): 0,06 persone/mq
- Densità media di affollamento (zona convegni): 0,45 persone/mq
- Densità media di affollamento (zona ristorazione): 0,60 persone/mq
- Portata d'aria di rinnovo (zona uffici): 40mc/h per persona
- Portata d'aria di rinnovo (zona convegni): 20mc/h per persona
- Portata d'aria di rinnovo (zona ristorazione): 20mc/h per persona

Tali valori, che potrebbero risultare anche cautelativi, dovranno essere ulteriormente affinati ad acquisizione dei dati definitivi delle singole destinazioni d'uso, dei volumi da climatizzare e degli affollamenti effettivi.

EDIFICIO	Persone (n.)	Aria (mc/h)	DESTINAZIONE D'USO PREVALENTE
A1 - Ballette	1.650	66.000	Uffici direzionali – Ristrutturazione rilevante
G2 – Ex Magazzino del Sale	1.500	30.000	Centro Congressi – Ristrutturazione rilevante
C1 - ENEA	1.500	60.000	Uffici Direzionali – Ristrutturazione rilevante
D - UNIBO	220	12.800	Uffici Direzionali – Ristrutturazione rilevante
E – Ex Centrale tecnologica	350	34.000	Ristorazione / Attività ricreative – Ristrutturazione rilevante
F1 – Nuovo Edificio	1.780	72.000	Uffici Direzionali – Nuova costruzione
F3 – Nuovo Edificio	2.400	96.000	Uffici Direzionali – Nuova costruzione
VAL. TOT	9.400	370.800	

Figura 18 - Affollamenti e portate d'aria per gli edifici da servire

5.4.3 Risultati dell'analisi energetica

I risultati dell'analisi energetica sono stati quindi svolti in relazione alle condizioni impostate (climatiche, termoigrometriche, ambientali, di affollamento e di portate richieste), alle perdite determinate in base ai requisiti prestazionali degli involucri degli edifici da servire (per come previsti dalla normativa vigente per le nuove costruzioni e per le ristrutturazioni rilevanti inseriti all'interno del modello).

L'elaborazione ha fornito i seguenti valori delle potenze di picco, riferibili ad ogni edificio, unitamente ai consumi energetici stagionali stimati e riferibili alle condizioni finali di occupazione.

Edificio	Caldo	Freddo	Post	Invernali	Estivi	ACS	KPI Inv.	KPI Est.
U.M.	kWt	kWf	kWt	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/m ² /a	kWh/m ² /a
A1	780	1.676	187	1.157.368	453.922	61.932	42,44	16,64
G2	280	460	87	229.711	31.894	--	55,35	7,69
C1	972	1.640	252	910.543	281.711	33.266	65,61	20,30
D	190	270	40	219.817	62.844	8.994	50,67	14,49
E	282	480	100	500.860	23.410	24.780	295,50	13,81
F1	995	1.450	207	761.013	221.301	36.548	43,43	12,63
F3	1.345	1.955	280	867.595	405.466	47.880	44,52	21,30
TOTALE	4.844	7.931	1.153	4.646.907	1.480.548	213.400		

Figura 19 - Risultati dimensionali dell'analisi

Gli indici di prestazione KPI annuali, riscontrati per ogni edificio, sono in linea di massima comparabili con quanto riscontrato anche nelle valutazioni fatte dall'analisi energetica allegata al PFTE; pertanto vengono ritenuti sufficientemente attendibili; il solo valore "anomalo" riscontrato (KPI Inv. 295,50 kWh/mq/a) è quello relativo all'edificio E, destinato alla ristorazione,

ma ciò è da imputare all'elevata quantità d'aria di rinnovo che, cautelativamente, è stata ipotizzata nell'analisi condotta, trattandosi di attività per la quale si prevede una elevata estrazione d'aria a servizio delle cucine.

5.4.4 Definizione dei parametri di base della centrale

Partendo dai risultati dell'analisi energetica effettuata, ottenuti da stime condotte sulle informazioni disponibili e quelle presunte più verosimili, sono stati assunti i seguenti dati di riferimento per il dimensionamento della centrale tecnologica:

DATI GENERALI	U.M.	VALORE
POTENZA MAX TERMICA INVERNALE	kWt	4.844
POTENZA MAX TERMICA ESTIVA	kWf	1.153
POTENZA MAX FRIGORIFERA ESTIVA	kWt	7.931
CONSUMI TERMICI INVERNALI	kWht	4.646.907
CONSUMI TERMICI ESTIVI	kWht	617.489
CONSUMI FRIGORIFERI ESTIVI	kWhf	1.480.548
PERDITE TRASPORTO CALORE (15%)	kWht	789.659
PERDITE TRASPORTO FREDDO (15%)	kWhf	222.082
CONTEMPORANEITA' MAX	%	80
ORE ESERCIZIO INVERNALI	h/anno	3.600
ORE ESERCIZIO ESTIVE	h/anno	1.800

Figura 20 - Dati Generali di riferimento per il dimensionamento

In relazione ai dati esposti, è stato definito il dimensionamento della Centrale Termica tenendo conto dei criteri di buona tecnica e della necessaria affidabilità che l'impianto dovrà assicurare nel tempo, garantendo il servizio

di approvvigionamento energetico anche in caso di malfunzionamenti e/o mancanza dell'alimentazione della rete.

In sintesi, la centrale oggetto della proposta sarà in grado di assicurare i seguenti parametri prestazionali, riferibili alla configurazione finale con la piena occupazione degli edifici ipotizzata:

DATI GENERALI	U.M.	VALORE
POTENZA TERMICA INSTALLATA	kWt	4.530
POTENZA TERMICA IN BACK-UP	kWt	5.000 (*)
POTENZA FRIGORIFERA INSTALLATA	KWf	7.500
POTENZA FRIGORIFERA IN BACK-UP	kWf	2.900 (*)
POTENZA ELETTRICA IMPEGNATA	kWe	1.500
POTENZA ELETTRICA INSTALLATA	kVA	2.000
POTENZA ELETTRICA IN BACK-UP	kVA	2.000 (*)
POTENZA ELETTRICA DI SOCCORSO	kWe	240 (#)
AUTOPRODUZIONE ELETTRICA MAX	KWhe/anno	1.400.000
ORE ESERCIZIO CENTRALE COGE	h/anno	5.400

Figura 21 – Parametri prestazionali

Nella Tabella della figura precedente è evidenziato con asterisco (*) il dato della potenza definibile come “BACK-UP”, ossia la massima potenza offerta dalle apparecchiature destinate ad entrare in funzione in caso di avaria delle macchine principali (per la potenza termica, quello di 4 caldaie a gas sostitutive; per la potenza frigorifera, è la somma della potenza frigorifera della Pompa di Calore -PdC- a recupero previa inversione del ciclo, sommata al contributo della PdC geotermica, anch'essa commutata in funzionamento

estivo; per la parte elettrica, si riferisce alla seconda unità di trasformazione di pari potenza, che attiva in sostituzione di quella principale).

È inoltre evidenziato con cancelletto (#) (e preso in considerazione come potenza di soccorso) il dato generato unicamente dall'unità CHP ("Combined Heat and Power") con funzionamento in modalità ISOLA (ossia il cogeneratore non è collegato alla rete pubblica). Non sono quindi previste alimentazioni di riserva provenienti dalla centrale di soccorso del Tecnopolo (anche perché non sono disponibili i relativi dati di riferimento).

5.5 La proposta progettuale per gli Impianti

La proposta progettuale si fonda su una soluzione di produzione autonoma dell'energia termica e frigorifera, migliorativa rispetto a quella proposta in fase preliminare.

Tale scelta nasce prevalentemente dalla necessità di poter offrire una proposta la più attendibile possibile, anche nella definizione dei costi di realizzazione.

Pertanto si è ritenuto opportuno orientare la scelta sulla costruzione di una Centrale Termica in grado di produrre autonomamente l'energia termica e l'energia frigorifera necessaria ai fabbisogni dell'insediamento, con l'intento di utilizzare le migliori tecnologie attualmente disponibili sul mercato, al fine di conseguire la massima efficienza energetica possibile.

Partendo da questo assunto, prima di definire le installazioni da proporre, si è proceduto a verificare quali potessero essere effettivamente i fabbisogni

energetici estivi e invernali reali dell'insediamento, nonché il valore della potenza di picco massima necessaria a garantire le condizioni di esercizio richieste.

L'esigenza di base è stata quella di verificare ed affinare ulteriormente i dati indicati dalla documentazione tecnica acquisita, anche perché in alcuni casi i dati forniti non risultavano perfettamente congruenti tra loro.

Per esempio, tra gli elementi evidenziati nei documenti di riferimento del Bando (e che hanno fortemente condizionato le scelte) vi è la disponibilità della risorsa energetica proveniente dalla centrale tecnologica del CINECA.

CINECA è un Consorzio inter-universitario (senza scopo di lucro, a totale partecipazione pubblica), ospitato dal Tecnopolo, che come ente strumentale per la progettazione e realizzazione di soluzioni e servizi di Information Technology, il trasferimento applicativo di tecnologie per lo sviluppo, nonché come infrastruttura nazionale ad alto impatto tecnologico.

Proprio la presenza di alta concentrazione di tecnologia per il calcolo scientifico ad alte prestazioni, impone la presenza, nel CINECA, di notevoli sistemi di raffreddamento delle apparecchiature informatiche, il cui calore di scarto è stato individuato come importante risorsa energetica da riutilizzare.

Tuttavia, mentre la documentazione di riferimento indica pari a 58°C la temperatura sul circuito di mandata proveniente dalle centrali tecnologiche,

dalle verifiche effettuate tale temperatura risulta notevolmente inferiore, condizionando quindi le scelte progettuali.

In particolare sono state condotte una serie di verifiche tecniche sulle possibilità di integrazione delle singole apparecchiature tra loro, in modo da assicurarne la massima efficienza di funzionamento ed il corretto dimensionamento, in funzione alle reali condizioni di esercizio e dei fabbisogni necessari.

Le risultanze delle verifiche svolte costituiscono e supportano i dati di base attraverso i quali si andrà a convalidare la nuova proposta, tecnica ed economica, del Progetto Definitivo.

5.6 L'impianto per la Produzione di Calore

Come detto, nei documenti di riferimento del Bando è stata indicata la disponibilità della risorsa energetica risultante dal calore di scarto proveniente dalla centrale tecnologica del CINECA, indicata pari a 58°C come temperatura sul circuito di mandata proveniente dalle centrali tecnologiche.

In realtà tale temperatura si ridurrebbero attorno ai 45-46°C sul primario dello scambiatore di partenza (dal CINECA) e di fatto diventerebbe pari a 42-43°C fruibili all'arrivo in Centrale; condizione per la quale, evidentemente, non sarebbe stato possibile un utilizzo diretto di tale risorsa energetica come inizialmente ipotizzato.

Trattandosi comunque di una risorsa termica che di fatto è disponibile con continuità (stimata attorno ai 6-7MWt per 24h/gg, 365gg/anno) ed in grado di sopperire a gran parte del fabbisogno termico del sito, si è pensato di introdurre l'uso di una Pompa di Calore al fine di innalzare la temperatura in arrivo (quella dal CINECA) fino a 65°C, rendendola così compatibile con le esigenze dell'impianto di climatizzazione invernale dell'insediamento.

Inoltre la presenza di un certo numero di sonde geotermiche (n.75 da circa 5kWt ciascuna) già predisposte durante la fase di costruzione di edifici del Tecnopolo (all'interno del lotto F1) e rese disponibili attraverso un collettore, di fatto agevola anche l'impiego di un'ulteriore pompa di calore in grado di sfruttare la quota di geotermia per la gestione della produzione termica invernale e per la condensazione della macchina durante il periodo estivo, il tutto con una buona performance energetica ad integrazione di quella già ampiamente disponibile attraverso il recupero di calore del CINECA.

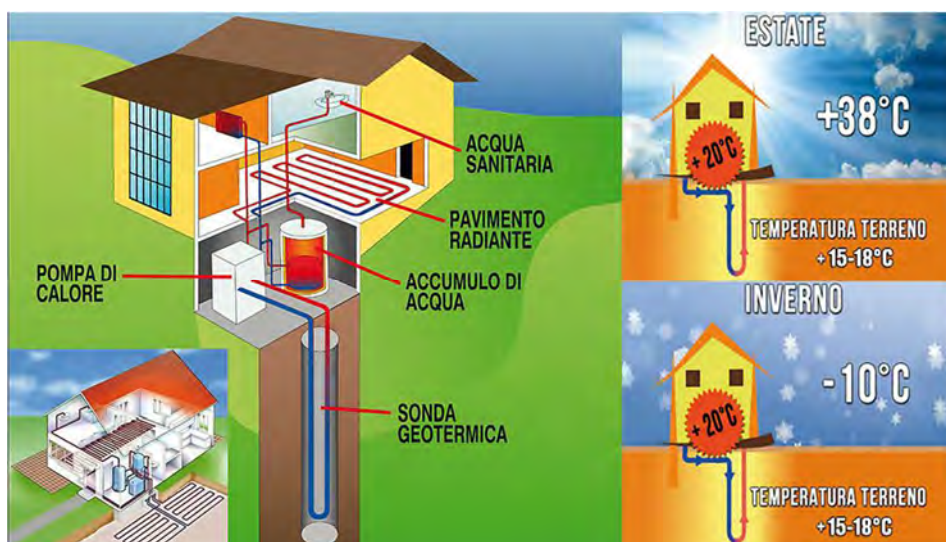


Figura 22 - lo schema di funzionamento di una sonda geotermica (uso civile)

L'impiego prevalente di Pompe di Calore per la parte termica, con un piccolo contributo di produzione CHP, di fatto consente di soddisfare il fabbisogno di riscaldamento del sito in maniera molto efficiente e con modalità quasi "CARBON-FREE", in linea quindi con le nuove direttive della transizione energetica.

In sintesi, la produzione di calore della nuova centrale tecnologica si baserà sull'utilizzo delle seguenti tecnologie (descritte nei sottoparagrafi successivi):

- N.4 Caldaie a condensazione ad alto rendimento da 1,3MWt con possibilità di installazione di un ulteriore generatore da utilizzare solo come back-up termico in emergenza;
- N.2 Pompe di Calore Acqua/Acqua da 1,8MWt con recupero termico dal calore di scarto del CINECA, in alternativa all'unità singola da 3,5MWth inizialmente ipotizzata, al fine di migliorarne la modularità e la flessibilità di esercizio, soprattutto in presenza di bassi carichi termici, difficilmente gestibili con una sola macchina di questa taglia;
- N.1 Pompa di Calore Acqua / Acqua da 375kWt con utilizzo delle sonde geotermiche messe a disposizione dalla Committente e realizzate contestualmente alle opere di fondazione degli edifici F1 e F2;
- N.1 unità CHP a gas metano da 260kWe e 380kWt per la produzione combinata di energia elettrica e termica, con possibilità di inserzione di una seconda unità in caso di future necessità di incremento dei consumi;
- Circolatori con azionamento ad inverter per circuiti primari e secondari dell'acqua calda in configurazione N+1 sempre in scorta;
- Accumulo inerziale da 10mc con stratificazione per una migliore e corretta gestione del carico termico dell'impianto;
- Sistema di espansione automatico per la gestione della rete di distribuzione ad acqua calda;
- Sistemi di trattamento chimico-fisico dei circuiti di centrale.

Rispetto ai dati tecnici richiesti nella documentazione di riferimento, la taglia delle apparecchiature ha subito una sostanziale riduzione della potenza termica di punta, in quanto si è appurato che i fabbisogni energetici risultano essere notevolmente inferiori rispetto a quanto stimato nella precedente fase progettuale, pertanto questo ha consentito un miglior frazionamento delle apparecchiature impiegate, con particolare riferimento alle caldaie, indirizzando la scelta solo su sistemi a condensazione, al fine di massimizzare il rendimento del funzionamento a bassa temperatura del circuito di riscaldamento.

L'impiego delle caldaie a gas è pensato come eventuale back-up in caso di avaria dei sistemi in Pompe di Calore oppure in caso di mancanza della rete.

Analogamente alle caldaie, anche le unità in CHP sono state ridotte notevolmente rispetto a quanto stimato nella precedente fase progettuale, proponendo al momento una sola macchina da 260kWe – 380kWt con possibilità, in futuro, di installarne una seconda qualora il fabbisogno dovesse aumentare rispetto alle previsioni di esercizio attuali.

L'impiego dell'unità CHP avrà la funzione di soddisfare i consumi di base di energia termica sia durante il periodo invernale che estivo, producendo nel contempo buona parte dell'energia elettrica necessaria a soddisfare i consumi interni della centrale, senza andare in cessione (evitato un inutile sovradimensionamento che di fatto andrebbe a vanificare i vantaggi della produzione in C.A.R. (“Cogenerazione ad Alto Rendimento”).

Ritornando alla soluzione progettuale adottata, si può affermare che di fatto la maggior parte della produzione termica verrà realizzata attraverso le due unità in Pompa di Calore, sfruttando principalmente la risorsa di “scarto” proveniente dal CINECA, unitamente al contributo delle sonde geotermiche, demandando alla parte termica ad alta temperatura (90/70°C) dell’unità CHP, la funzione di innalzare fino a 67-68°C la temperatura della rete in mandata dalla centrale, affinché sia garantita alle utenze terminali l’approvvigionamento a 65°C come richiesto nei documenti di riferimento.

Infatti entrambe le Pompe di Calore proposte opereranno con temperature di mandata attorno ai 64-65°C in uscita dalla macchina, in quanto trattasi della temperatura di lavoro con il punto ottimale di rendimento; tuttavia questi valori sarebbero comunque inferiori alle temperature che poi si avrebbero all’ingresso degli scambiatori delle sottocentrali, per effetto delle perdite lungo la linea di distribuzione.

L’incremento della temperatura verrà gestito attraverso la stratificazione del Puffer di accumulo previsto in centrale, predisponendo all’interno del serbatoio un apposito serpentino/scambiatore per il necessario disaccoppiamento dei circuiti ad alta e bassa temperatura, difficilmente gestibili in caso di un’unica distribuzione. In alternativa si potrà valutare una modalità d’inserzione del circuito ad alta temperatura del tipo a “spillamento/iniziazione” direttamente sul circuito di mandata del feeder di calore, in quanto la temperatura sul circuito di

spillamento è perfettamente compatibile con la temperatura di ritorno del modulo CHP.

Vediamo di seguito una breve descrizione delle tecnologie utilizzate.

5.6.1 Caldaie a condensazione ad alto rendimento

Le caldaie a condensazione ad alto rendimento sono apparecchiature per il riscaldamento che sfruttano la tecnologia della condensazione per massimizzare l'efficienza energetica.

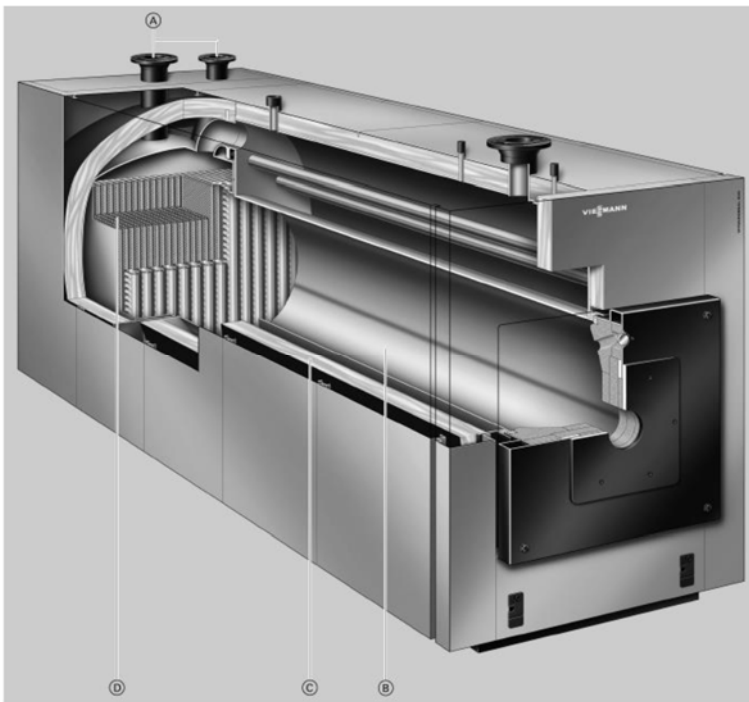


Figura 23 - Caldaia a condensazione ad alto rendimento

Ecco una breve descrizione delle caratteristiche e dei vantaggi principali di questo tipo di caldaie:

- **Tecnologia di condensazione:** Queste caldaie sfruttano il calore latente contenuto nei gas di scarico, che normalmente viene disperso nell'atmosfera nelle caldaie tradizionali. La tecnologia di condensazione permette di recuperare questo calore, consentendo un utilizzo più efficiente del combustibile e riducendo i consumi energetici.
- **Alto rendimento energetico:** Grazie alla tecnologia di condensazione, le caldaie ad alto rendimento possono raggiungere livelli di efficienza energetica molto elevati, spesso superiori al 90%. Ciò significa che trasformano una percentuale significativamente maggiore del combustibile in calore utile per il riscaldamento dell'ambiente.
- **Risparmio sui costi energetici:** L'alta efficienza energetica si traduce in un minore consumo di combustibile, il che porta a un risparmio significativo sui costi energetici nel lungo termine. Anche se il costo iniziale di una caldaia a condensazione ad alto rendimento potrebbe essere leggermente superiore rispetto a una caldaia tradizionale, i risparmi sui costi operativi compensano ampiamente questo investimento aggiuntivo nel tempo.
- **Bassi livelli di emissione:** Grazie alla maggiore efficienza nel consumo di combustibile, le caldaie a condensazione ad alto rendimento producono minori quantità di emissioni nocive nell'ambiente rispetto alle caldaie tradizionali. Ciò contribuisce a ridurre l'impatto ambientale e a migliorare la sostenibilità complessiva del sistema di riscaldamento.
- **Adattabilità:** Le caldaie a condensazione ad alto rendimento sono disponibili in una varietà di dimensioni e capacità. Possono essere integrate facilmente nei sistemi di riscaldamento esistenti o installate come parte di nuovi impianti.

In sintesi, le caldaie a condensazione ad alto rendimento offrono un'efficienza energetica superiore, un ridotto impatto ambientale e un risparmio

significativo sui costi operativi, rendendole una scelta vantaggiosa, efficiente e sostenibile.

5.6.2 Pompa di Calore Acqua/Acqua (Produzione di Calore)

Una pompa di calore acqua/acqua per la produzione di caldo è un sistema di riscaldamento che utilizza l'energia termica presente nell'ambiente esterno per riscaldare l'acqua destinata all'utilizzo domestico o industriale.



Figura 24 - Pompa di Calore con recupero termico

Le principali caratteristiche e il funzionamento di questo tipo di sistema sono:

- **Principio di funzionamento:** La pompa di calore acqua/acqua sfrutta il principio della trasmissione di calore da un ambiente a bassa temperatura (fonte di calore) a un ambiente a temperatura più alta (sistema di riscaldamento). Utilizza un ciclo termodinamico che prevede l'evaporazione di un refrigerante a bassa temperatura nella parte esterna dell'unità, l'invio del gas refrigerante ad alta pressione e temperatura all'interno dell'unità, la compressione del gas per aumentarne la temperatura, il passaggio attraverso un condensatore dove il gas rilascia il calore, e infine la trasmissione del calore all'acqua che circola nel sistema di riscaldamento.

- Componenti principali: Una pompa di calore acqua/acqua è composta principalmente da un compressore, uno scambiatore di calore esterno (evaporatore), uno scambiatore di calore interno (condensatore), una valvola di espansione e un circuito di distribuzione dell'acqua. Il refrigerante viene ciclicamente compresso e rilasciato, assorbendo e rilasciando calore lungo il processo.
- Efficienza energetica: Le pompe di calore acqua/acqua sono apprezzate per la loro elevata efficienza energetica. Poiché utilizzano l'energia termica presente nell'ambiente esterno, sono in grado di produrre una quantità significativa di calore utilizzabile con un consumo energetico relativamente basso. Questo le rende una scelta sostenibile e rispettosa dell'ambiente.
- Versatilità: Questo tipo di pompa di calore può essere utilizzato per il riscaldamento e per la produzione di acqua calda sanitaria. È in grado di operare efficacemente anche a temperature esterne relativamente basse, rendendolo adatto a una vasta gamma di climi e condizioni ambientali.
- Risparmio sui costi energetici: Anche se il costo iniziale di acquisto e installazione di una pompa di calore acqua/acqua può essere più elevato rispetto ad altri sistemi di riscaldamento, i risparmi sui costi energetici nel tempo possono compensare ampiamente questo investimento iniziale.

Complessivamente, una pompa di calore acqua/acqua rappresenta una soluzione efficiente, sostenibile e conveniente per la produzione di calore in molte applicazioni diverse. La sua capacità di sfruttare l'energia termica disponibile nell'ambiente circostante la rende una scelta attraente per coloro che cercano alternative eco-friendly.

5.6.3 Unità CHP – Combined Heat and Power;

L'impianto di cogenerazione è un impianto che genera contemporaneamente energia termica ed energia elettrica. Per la sua importanza nel progetto, lo tratteremo più approfonditamente in un paragrafo dedicato (paragrafo 5.7).



Figura 25 - Unità CHP (Combined Heat and Power)

5.6.4 Circolatori con azionamento ad inverter

I circolatori con azionamento ad inverter sono dispositivi utilizzati nei sistemi di riscaldamento, ventilazione e condizionamento dell'aria (HVAC) per migliorare l'efficienza energetica e la gestione del flusso di liquido. Il loro utilizzo è indicato non solo per la produzione di calore ma anche per la produzione di freddo.

Ecco una descrizione di come funzionano e dei loro vantaggi:

- **Funzionamento:** I circolatori con azionamento ad inverter sono progettati per regolare la velocità del motore in base alle esigenze effettive del sistema. Utilizzano tecnologia ad inverter per controllare la frequenza

elettrica fornita al motore, consentendo una continua regolazione della velocità. Questo significa che il circolatore può aumentare o diminuire la velocità in modo dinamico in risposta alle variazioni di carico o alle condizioni di funzionamento, mantenendo così una prestazione ottimale.

- **Risparmio energetico:** Una delle principali caratteristiche dei circolatori con azionamento ad inverter è il loro elevato livello di efficienza energetica. Poiché possono adattare la velocità del motore alle effettive esigenze di flusso e pressione del sistema, riducono il consumo energetico rispetto ai circolatori tradizionali a velocità fissa. Questo si traduce in un notevole risparmio sui costi operativi nel tempo.
- **Controllo preciso:** Grazie alla capacità di regolare la velocità del motore in modo continuo, i circolatori con azionamento ad inverter offrono un controllo molto più preciso sul flusso di liquido nel sistema. Ciò consente una distribuzione più uniforme del calore o del freddo all'interno degli ambienti serviti, migliorando il comfort degli utenti e ottimizzando l'efficienza complessiva del sistema HVAC.
- **Silenziosità:** Poiché il motore viene fatto funzionare alla velocità necessaria per soddisfare il carico richiesto, i circolatori con azionamento ad inverter tendono ad essere più silenziosi dei loro omologhi a velocità fissa. Questo è particolarmente vantaggioso in applicazioni dove la riduzione del rumore può essere un fattore importante.
- **Durata della vita utile:** Riducendo il carico e lo stress sul motore, i circolatori con azionamento ad inverter tendono ad avere una durata utile più lunga rispetto ai circolatori tradizionali. Ciò significa meno manutenzione e una maggiore affidabilità nel lungo termine.

In conclusione, i circolatori con azionamento ad inverter rappresentano una tecnologia avanzata e altamente efficiente per migliorare le prestazioni e ridurre i costi operativi dei sistemi HVAC. Grazie alla loro capacità di regolare dinamicamente la velocità del motore in base alle esigenze effettive, offrono

un controllo preciso, un risparmio energetico significativo e una maggiore comfort per gli utenti.

5.6.5 *Accumulo inerziale*

Chiamato anche “puffer”, è un sistema efficiente che permette di garantire un rendimento ottimale da parte dell’impianto di riscaldamento. Si tratta di un serbatoio contenente acqua tecnica (non potabile) presente negli impianti, con la quale si accumula energia termica prodotta da uno o più generatori di calore e la rende disponibile quando necessario, sfruttando il volano inerziale costituito dal volume d’acqua contenuto del serbatoio, grazie a un sistema di termoregolazione.

- **Alta capacità di isolamento:** Il serbatoio inerziale è generalmente caratterizzato da un’alta capacità di isolamento, necessaria a mantenere per il maggior tempo possibile l’energia termica accumulata al suo interno, senza che questa venga dissipata verso l’esterno. Questo tipo di soluzione può essere abbinata a diverse fonti di energia e di calore, tra cui le caldaie, le pompe di calore e gli impianti solari termici.
- **Stratificazione termica:** Una caratteristica che rende particolarmente efficienti alcuni serbatoi inerziali è la capacità di stratificare l’acqua al loro interno. La stratificazione consiste nel mantenere separata l’acqua più calda, nella parte superiore, da quella più fredda nella parte inferiore, evitando che si mischino inutilmente. Questo è utile in particolare quando il serbatoio combina l’energia proveniente da diverse fonti di calore a diverse temperature.
- **Adattabilità:** La capacità dell’accumulatore di acqua calda, cioè il suo volume, deve essere scelta in funzione della potenza del generatore di calore e del tipo di impianto di riscaldamento servito. Per questo motivo,

le dimensioni del serbatoio inerziale variano da poche decine di litri fino a migliaia di litri, in base alla tipologia e alle caratteristiche dell'impianto, alle sue prestazioni e al livello del carico riscaldante.

Gli accumulatori inerziali possono essere dotati di scambiatori di calore immersi (ovvero serpentine) che permettono di ricevere l'energia da diverse fonti di calore senza mescolare tra di loro i diversi fluidi tecnici utilizzati; si parlerà quindi di accumulatore monovalente (una sola serpentina), accumulatore bivalente (dotato di due serpentine), e così via.

5.6.6 *Sistema di espansione automatico*

È il sistema nel quale si raccoglie l'acqua di espansione dell'impianto; ciò consente anche di mantenere la pressione del sistema entro un determinato range. L'acqua e l'aria compressa sono separate da una membrana sostituibile, in gomma butilica di alta qualità, che si contraddistingue per la bassa permeabilità ai gas, e quindi con ottime caratteristiche di tenuta.

Il "Sistema di espansione automatico" si riferisce a un componente utilizzato nei sistemi di riscaldamento, raffreddamento o HVAC (Heating, Ventilation, and Air Conditioning) per gestire l'espansione e la contrazione del liquido termovettore all'interno del sistema.

Ecco una descrizione delle caratteristiche di questo componente.

- **Funzionamento:** Il sistema di espansione automatico è progettato per compensare le variazioni di volume del liquido termovettore, come ad esempio l'aumento di volume dovuto all'aumento di temperatura o alla diminuzione di volume causata dalla diminuzione di temperatura. Quando il liquido termovettore si espande, il sistema di espansione

automatico permette al liquido in eccesso di fluire all'interno di un serbatoio o di essere rilasciato nel circuito in modo controllato, mantenendo una pressione costante all'interno del sistema.

- **Componenti principali:** Il sistema di espansione automatico è composto principalmente da una valvola di espansione automatica e da un serbatoio di espansione. La valvola di espansione automatica regola il flusso del liquido termovettore all'interno del sistema in base alle variazioni di pressione, garantendo un equilibrio tra la pressione interna del sistema e la pressione esterna. Il serbatoio di espansione fornisce uno spazio aggiuntivo per il liquido termovettore in eccesso durante l'espansione, aiutando a mantenere la pressione del sistema entro limiti sicuri.
- **Vantaggi:** Il sistema di espansione automatico offre diversi vantaggi, tra cui una maggiore affidabilità e durata del sistema HVAC. Aiuta a prevenire danni dovuti a pressioni eccessive all'interno del sistema, riducendo così il rischio di guasti e perdite. Inoltre, contribuisce a mantenere le prestazioni ottimali del sistema, assicurando un flusso costante e controllato del liquido termovettore.
- **Facilità di installazione e manutenzione:** I sistemi di espansione automatica sono generalmente progettati per essere facili da installare e richiedono poca manutenzione una volta in funzione. Tuttavia, è importante controllare regolarmente il corretto funzionamento della valvola di espansione automatica e verificare che il serbatoio di espansione sia in condizioni adeguate a garantire il corretto funzionamento del sistema nel tempo.

In sintesi, il sistema di espansione automatico è un componente essenziale nei sistemi di riscaldamento, raffreddamento e HVAC che permette di gestire in modo sicuro e controllato le variazioni di volume del liquido termovettore. Assicura una pressione costante all'interno del sistema, contribuendo così a mantenere le prestazioni ottimali e la durata del sistema nel tempo.

5.6.7 *Sistemi di trattamento chimico-fisico dei circuiti di centrale.*

I "Sistemi di trattamento chimico-fisico" sono dispositivi o sistemi progettati per rimuovere contaminanti o impurità presenti nell'acqua o in altri fluidi attraverso una combinazione di processi chimici e fisici. Questi sistemi sono ampiamente utilizzati in una vasta gamma di settori, tra cui il trattamento delle acque potabili e delle acque reflue, il trattamento delle acque industriali.

Ecco i principali processi e le caratteristiche dei sistemi di trattamento chimico-fisico:

- **Filtrazione:** La filtrazione è uno dei processi fondamentali nei sistemi di trattamento chimico-fisico. Attraverso l'uso di materiali filtranti come sabbia, carbone attivo, membrane o altri media, le particelle solide sospese nell'acqua vengono fisicamente intrappolate e rimosse. Questo processo è efficace nel rimuovere sedimenti, particelle sospese, solidi sospesi, alghe e altre impurità di grandi dimensioni.
- **Coagulazione e flocculazione:** Questi processi chimici sono utilizzati per aggregare le particelle sospese più piccole in particelle più grandi, facilitando così la loro rimozione attraverso la filtrazione. Viene solitamente aggiunto un coagulante chimico, come il solfato di alluminio o il cloruro ferrico, che neutralizza le cariche elettrostatiche delle particelle, consentendo loro di agglomerarsi insieme. Successivamente, viene aggiunto un flocculante, come il poliacrilammide, che aiuta a formare floccchi più grandi che possono essere facilmente separati dal liquido.
- **Sedimentazione:** Dopo il processo di coagulazione e flocculazione, l'acqua viene inviata a un serbatoio di sedimentazione dove le particelle più grandi e i floccchi formati si depositano sul fondo del serbatoio grazie all'azione della gravità. L'acqua chiara in cima al serbatoio viene quindi prelevata per ulteriori trattamenti.

- **Disinfezione:** La disinfezione è un'altra fase critica nel trattamento chimico-fisico delle acque. Viene utilizzata per eliminare batteri, virus, protozoi e altri microrganismi patogeni presenti nell'acqua. I metodi comuni di disinfezione includono l'uso di cloro, ozono, raggi ultravioletti (UV) o altri agenti chimici.
- **Regolazione del pH:** Il pH dell'acqua è un parametro importante che influisce sulla sua corrosività, sulla formazione di incrostazioni e sulla capacità di disinfezione. Nei sistemi di trattamento chimico-fisico, può essere necessario regolare il pH dell'acqua aggiungendo acidi o basi per ottenere un valore ottimale per il processo di trattamento e per garantire la conformità agli standard di qualità dell'acqua.
- **Monitoraggio e controllo:** È fondamentale monitorare e controllare attentamente i processi di trattamento chimico-fisico attraverso l'uso di sensori, strumentazione di controllo e sistemi di automazione. Questo permette di ottimizzare l'efficienza del sistema, garantire la conformità agli standard di qualità dell'acqua e prevenire potenziali problemi operativi.

Complessivamente, i sistemi di trattamento chimico-fisico sono essenziali per garantire la qualità e la sicurezza dell'acqua in una varietà di contesti. Integrando processi chimici e fisici, questi sistemi sono in grado di rimuovere una vasta gamma di contaminanti e impurità, rendendo l'acqua adatta a scopi potabili, impiantistici, industriali.

5.7 Unità CHP – Combined Heat and Power;

Come anticipato nel paragrafo precedente, tra le tecnologie utilizzate per la produzione del calore svolge un ruolo importante l'impianto di cogenerazione

(CHP – Combined Heat and Power). In questo paragrafo, approfondiremo gli elementi che lo caratterizzano.

Un impianto di cogenerazione è un impianto che genera contemporaneamente energia termica ed energia elettrica.

Esistono tre tipologie di impianti di cogenerazione, che verranno ora brevemente descritti:

- Impianto cogenerativo a vapore in contropressione;
- Impianto cogenerativo a combustione interna;
- Impianto cogenerativo a turbogas.

Vediamoli in dettaglio.

5.7.1 Impianto cogenerativo a vapore in contropressione

Nella figura che segue vediamo lo schema di questo tipo di cogeneratore.

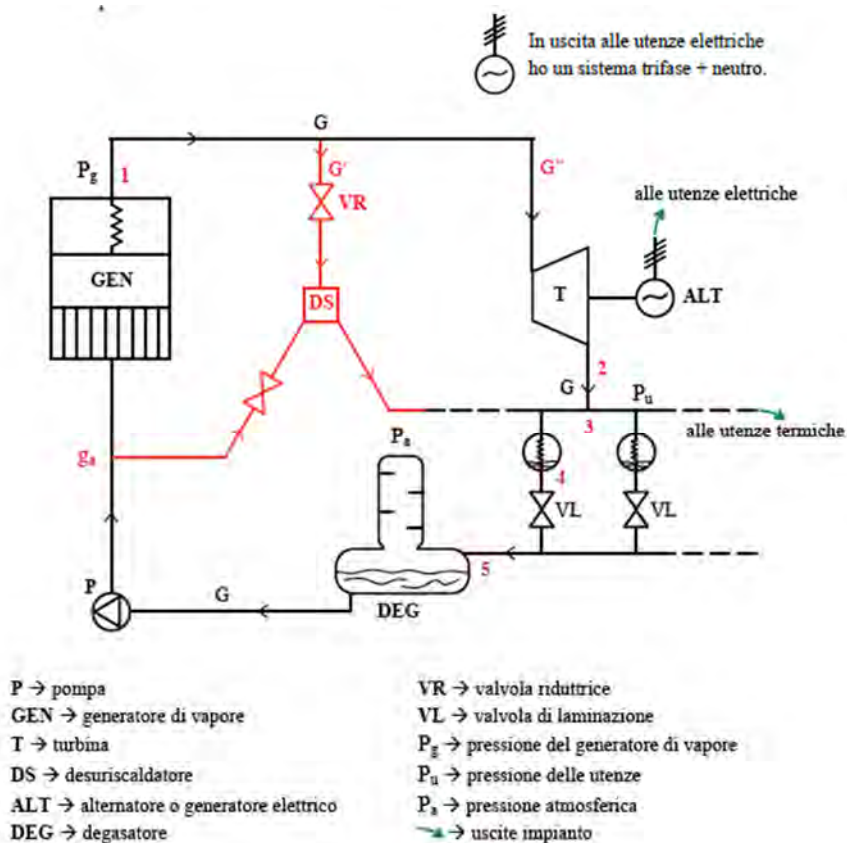


Figura 26 - Impianto cogenerativo a vapore in contropressione; Schema di riferimento

L'acqua viene scaldata nel generatore di vapore (GEN) per mezzo di bruciatori che la trasformano prima in vapore saturo e poi in vapore surriscaldato.

Il fluido vaporizzato uscito dal generatore di vapore entra in turbina (T), che effettua un'espansione, per produrre energia elettrica.

Il vapore uscito dalla turbina è utilizzabile per la produzione di energia termica: affinché possa essere utilizzato è bene che il vapore esca saturo ad una ben determinata pressione (P_u).

In rosso è rappresentato il ramo di bypass, il cui funzionamento verrà spiegato in seguito. La produzione di energia elettrica è limitata poiché il passaggio da P_g a P_u non permette l'uso di tutto il ΔP prodotto dal generatore di pressione.

Il vapore saturo una volta utilizzato dalle utenze termiche si raffredda e condensa: a questo punto, il liquido formatosi, deve essere raccolto da tubazioni che convergono in un serbatoio di raccolta chiamato degasatore (DEG).

Le valvole di laminazione costringono il fluido a fare un salto di pressione, grazie a una strozzatura a collo di bottiglia.

Nel degasatore è raccolto tutto il liquido condensato: rimane comunque una parte di vapore, detta vapore di flash, che deve essere fatta evacuare mediante un apposito sfiato, per evitare di rovinare la pompa a valle del serbatoio.

Il liquido dal degasatore, con la pompa, viene riportato nel generatore di vapore, per ricominciare il ciclo.

Vediamo ora il diagramma di Mollier, per studiare gli stati del fluido all'interno dell'impianto:

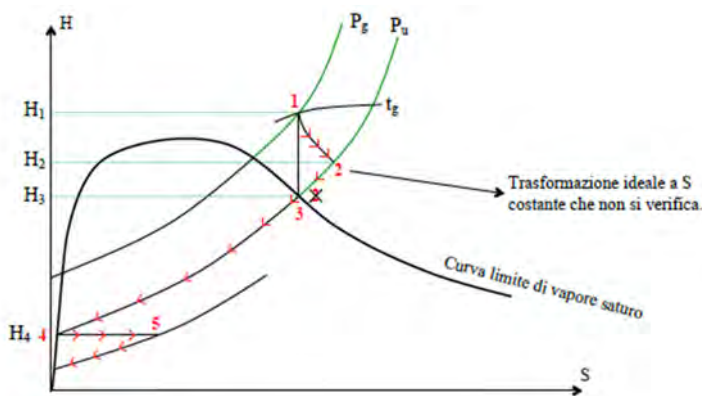


Figura 27 - Diagramma di Mollier

1. Nello stato 1 si ha vapore surriscaldato.
2. Nello stato 2 il vapore, uscito dalla turbina è ancora leggermente surriscaldato.
3. Nello stato 3 il vapore è saturo, all'imbocco delle utenze termiche.
4. Nello stato 4 si è in presenza di liquido saturo da raccogliere nel degasatore.
5. Nello stato 5 si ha liquido e vapore di flash.

Le prestazioni degli impianti cogenerativi sono valutabili e confrontabili attraverso il diagramma di Sankey:

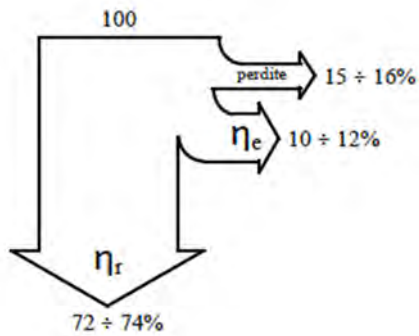


Figura 28 - Impianto cogenerativo a vapore in contropressione; diagramma di Sankey

5.7.2 Impianto cogenerativo a combustione interna;

È costituito da un motore endotermico (M.C.I. □ motore a combustione interna) accoppiato a un alternatore.

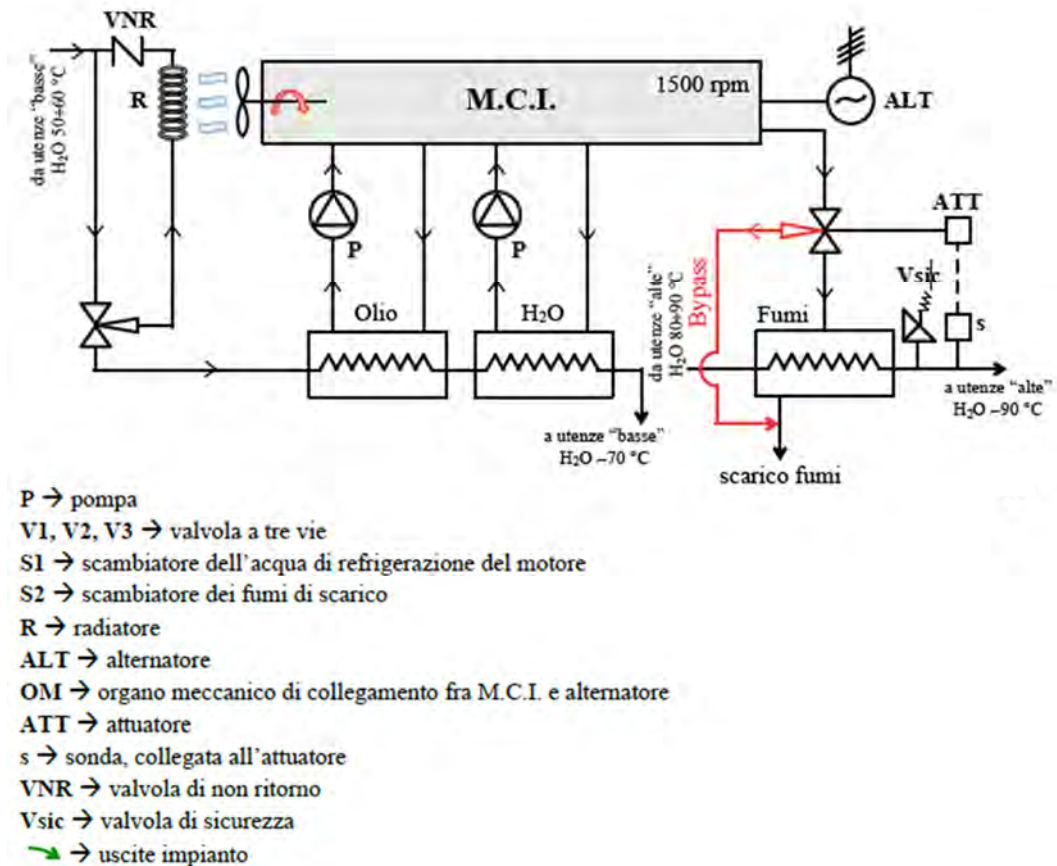


Figura 29 - Impianto cogenerativo a combustione interna; Schema di riferimento

Il Motore a Combustione Interna nel suo funzionamento deve essere raffreddato e lubrificato da:

1. Olio → lubrificazione e refrigerazione
2. H₂O → refrigerazione
3. Fumi di scarico → prodotti dal motore
4. Aria → comburente

Da questi quattro fluidi di scarico che circolano nel motore è possibile recuperare energia termica da mandare alle utenze termiche.

L'aria, dalla quale si recupera una minima energia termica, è utilizzata come comburente per il motore a combustione interna.

Lo svantaggio di un impianto cogenerativo di questo genere è che il rendimento termico generato non è omogeneo, cioè non è tutto allo stesso livello: quello generato dai fumi di scarico è a livello energetico alto, mentre quello generato da Olio e H₂O è a livello energetico basso.

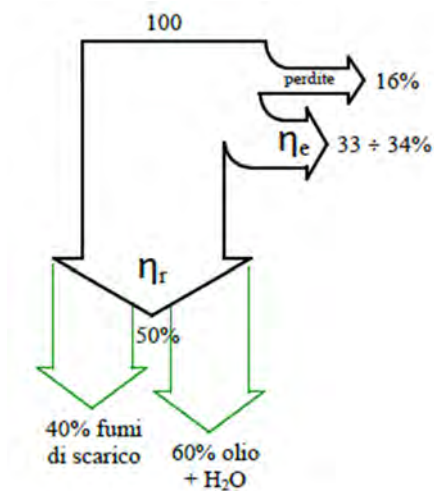


Figura 30 - Impianto cogenerativo a combustione interna; diagramma di Sankey

Negli scambiatori avviene il passaggio di calore dai fluidi “di recupero” (olio, H₂O, fumi di scarico) all’acqua, in modo che l’energia termica possa essere utilizzata per rifornire le utenze termiche. Nella parte destra dello schema è rappresentata l’uscita dei fumi di scarico a temperature di circa 400 °C.

È presente un attuatore (ATT) collegato alla valvola a tre vie V3 che apre la strada verso il circuito di bypass (in rosso nel disegno) nel caso in cui non sia necessario utilizzare tutta l’energia termica prodotta dai fumi: in questo modo parte dei fumi del motore viene scaricata.

L’attuatore è in grado di aprire o chiudere il circuito di bypass poiché collegato a una sonda (s) che misura la temperatura di servizio dell’energia termica sul

ramo che porta alle utenze: se la temperatura è maggiore di 90 °C il ramo di bypass viene aperto, viceversa rimane chiuso.

Nella parte sinistra dello schema è rappresentato il ritorno dell'acqua dalle utenze, normalmente a una temperatura di 60-70 °C: se l'acqua torna senza aver ceduto energia termica, ossia a una temperatura di 85-90 °C cede calore all'acqua di refrigerazione che inizierebbe a circolare nel motore troppo calda; quest'ultimo sarebbe messo a rischio, poiché ha bisogno di acqua a temperatura minore per refrigerarsi.

Entra quindi in gioco la valvola V2 che apre la strada verso sinistra, ossia verso il circuito di dissipazione, quando la temperatura dell'acqua di refrigerazione è maggiore di 85-90 °C: lo scopo del circuito di dissipazione è di raffreddare quest'acqua sfruttando la propria dislocazione e un radiatore raffreddato ad aria (R), aria generata da una ventola, messa in movimento dal M.C.I.. Lo scopo della valvola di non ritorno (VNR) è di non fare fluire il fluido già raffreddato proveniente dallo scambiatore (dal basso) nel circuito di dissipazione.

Nel disegno non è rappresentato il circuito dell'olio, in tutto e per tutto identico al circuito dell'acqua, situato prima di quest'ultimo.

Se si avessero utenze di alto e basso livello energetico da alimentare sarebbe possibile compiere una suddivisione degli scambiatori, senza collegarli in serie come nello schema precedente:

1. Utenze alto livello → fumi di scarico;
2. Utenze basso livello → olio, H₂O.

5.7.3 Impianto cogenerativo a turbogas.

Questo impianto cogenerativo è ancora più compatto rispetto agli altri due impianti visti finora. È caratterizzato da una turbina a gas in cui transitano fumi generati in una camera di combustione.

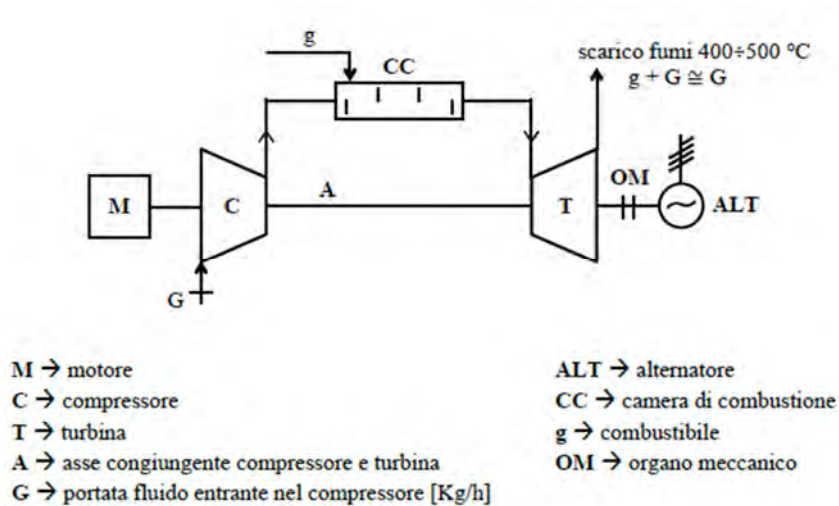


Figura 31 - Impianto cogenerativo a turbogas; Schema de riferimento

In questa tipologia di impianto la turbina e l'alternatore non possono essere accoppiati direttamente: è necessario un organo meccanico (OM), in questo caso un riduttore di giri, per collegarli. Il motore (M) è utilizzato per mettere in moto il compressore (C).

Compressore e turbina (T) sono collegati sullo stesso asse (A), in maniera tale che la turbina, una volta a regime, trascini nella rotazione anche il compressore. In questo modo il compressore può staccarsi dal motore: quest'ultimo è quindi utilizzato solo per avviare l'impianto.

Nella camera di combustione (CC) avviene la combustione della portata di fluido G.

Il rapporto G/g aumenta, il che significa che nella camera di combustione c'è un eccesso d'aria (aumenta) il che implica che si è molto lontani dal rapporto ideale per la combustione, detto rapporto stechiometrico, che provoca un rendimento di combustione basso.

Le perdite in un impianto cogenerativo a turbogas (TG) sono abbastanza elevate.

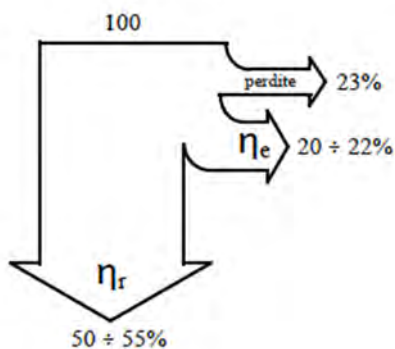


Figura 32 - Impianto cogenerativo a turbogas; diagramma di Sankey

5.7.4 Impianti di cogenerazione a confronto - la soluzione scelta

Abbiamo quindi visto che esistono diverse tecnologie di CHP. Ognuna ha caratteristiche che la rendono più o meno idonea agli scopi di installazione. Di seguito si riportano, per un immediato confronto visivo, i diagrammi di Sankey dei tre diversi tipi di CHP, con una indicazione delle taglie utili rispetto alla potenza di riferimento:

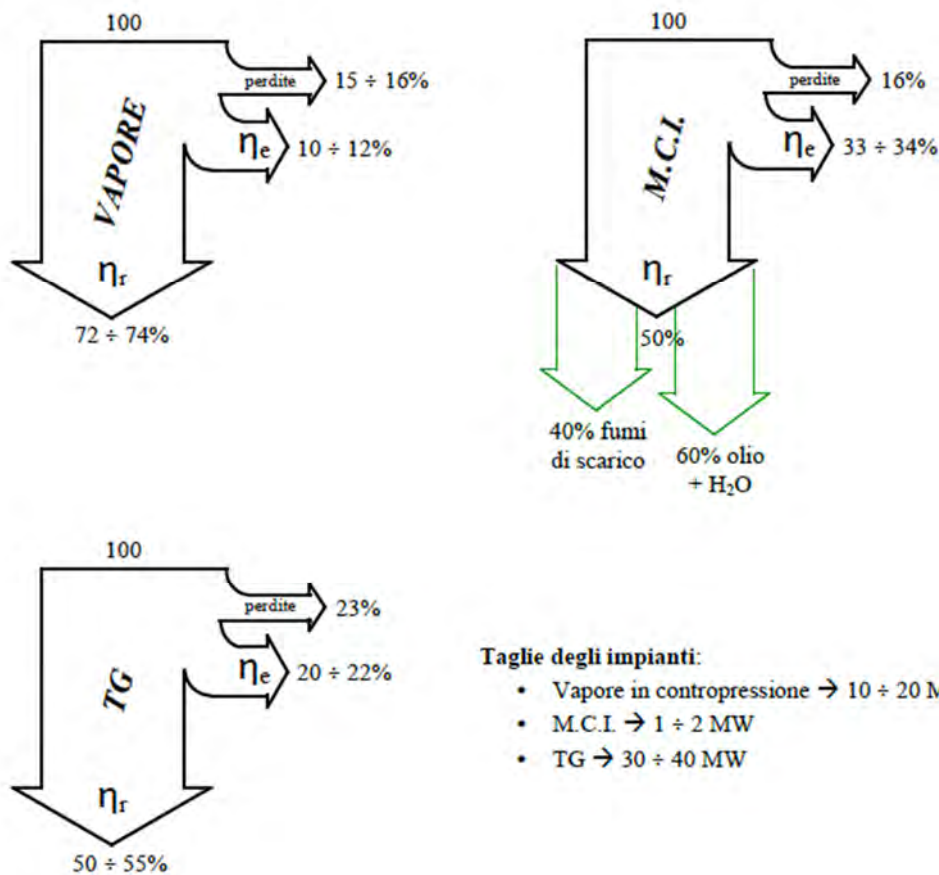


Figura 33 - Diagrammi di Sankey: impianti di cogenerazione a confronto

Nella proposta progettuale per la Centrale Termica del Tecnopolo si è scelta la realizzazione di un impianto di produzione combinata di energia termica ed elettrica, attraverso l'impiego di un'unità cogenerativa ad alto rendimento, costituita da un motore endotermico funzionante a gas metano accoppiato ad un alternatore sincrono.

Nella valutazione della taglia da utilizzare, si è optato per una macchina di potenza notevolmente ridotta rispetto alle ipotesi della soluzione indicate nei documenti di riferimento, in quanto è opportuno che la produzione termica ed elettrica del cogeneratore coprano completamente i consumi di base, al fine di

assicurare il maggior numero di ore di esercizio a pieno carico, ed evitare di parzializzarne l'esercizio o di dissipare la quota di energia termica prodotta in eccesso o la cessione di energia in rete, creando di fatto un servizio non remunerativo.

Nel caso specifico, come già evidenziato in precedenza, la quota parte di produzione termica verrà utilizzata per innalzare la temperatura finale del sistema di accumulo inerziale del circuito caldo fino a 67-68°C, partendo dalla produzione di base delle Pompe di Calore prevista a 64-65°C, al fine di assicurare alle sottocentrali la temperatura minima di 65°C in mandata come richiesto; qualora dovesse risultare indisponibile l'unità CHP, il gap finale di temperatura verrà gestito attraverso una delle Caldaie a gas metano previste come back-up al sistema in Pompe di Calore.

Analogamente alla produzione termica, è previsto che anche l'energia elettrica prodotta dal cogeneratore che venga completamente autoconsumata all'interno della centrale, in quanto i consumi interni saranno sicuramente superiori alla produzione del generatore; in ogni caso, qualora in particolari condizioni operative non dovessero verificarsi le necessarie condizioni sopra indicate, il sistema di controllo provvederà alla parzializzazione od alla disattivazione dell'unità CHP al fine di evitare la messa in rete di energia elettrica in surplus, per la quale non è prevista la cessione o re-immissione in rete.

Tra le altre peculiarità dell'unità di cogenerazione proposta, vi è anche la possibilità di utilizzarla come gruppo di soccorso in caso di mancanza della

rete, facendolo operare in isola, al fine di assicurare il servizio in emergenza alla centrale tecnologica commutando la produzione termica attraverso le caldaie a condensazione a gas anziché con le Pompe di Calore; tale gestione di tipo emergenziale, ovviamente, è ipotizzabile solo nell'esercizio invernale e non durante il periodo estivo.

5.8 L'impianto per la Produzione del Freddo

Analogamente alla parte termica, si è proceduto alla verifica dei fabbisogni estivi degli edifici, fino ad individuare la taglia e la configurazione delle apparecchiature necessarie per la produzione del fluido freddo per il sistema di climatizzazione estiva degli edifici di riferimento del Tecnopolo.

La produzione del freddo è stata ottimizzata individuando la seguente configurazione di impianto:

- N.3 chiller centrifughi a levitazione magnetica da 2,5MWf condensati ad acqua, con le sole predisposizioni impiantistiche per l'installazione di un'altra unità qualora il fabbisogno della centrale dovesse ulteriormente incrementarsi;
- N.1 Pompa di Calore Acqua/Acqua da 2,5MWf in funzionamento estivo condensata ad acqua di torre, con la funzione di unità di back-up in caso di avaria di una delle macchine a levitazione magnetica; ovviamente trattasi di unità di back-up solo parziale in quanto si andrebbe a sostituire ad una sola delle macchine qualora dovesse andare fuori servizio.
- N.1 Pompa di Calore Acqua/Acqua da 400kWf con utilizzo delle sonde geotermiche messe a disposizione dalla Committente e realizzate contestualmente alle opere di fondazione degli edifici F1, anch'essa come

unità di back-up parziale in caso di avaria dei gruppi centrifughi, qualora non sia impegnata nella produzione termica per il fabbisogno estivo.

- Circolatori con azionamento ad inverter per circuiti primari e secondari dell'acqua refrigerata in configurazione N+1 sempre in scorta;
- Accumulo inerziale da 10mc per la gestione del carico termofrigorifero dell'impianto.

L'intero fabbisogno di raffrescamento, verificato attraverso la modellazione energetica con i parametri disponibili dalla documentazione di riferimento, verrà soddisfatto esclusivamente dalle unità centrifughe a levitazione magnetica, in grado di produrre acqua refrigerata a 6-13°C e di operare anche con carichi parziali con ottime performance energetiche.

Le due unità in Pompa di Calore, previste essenzialmente per la produzione di energia termica nel periodo invernale, avranno quindi la funzione di back-up in caso di avaria di una delle macchine centrifughe principali, essendo il loro funzionamento ai carichi parziali meno performante dei gruppi frigo centrifughi, e pertanto il loro utilizzo estivo sarà limitato allo stretto necessario.

Vediamo di seguito una breve descrizione delle tecnologie utilizzate.

5.8.1 Chiller centrifughi a levitazione magnetica

I chiller centrifughi a levitazione magnetica sono sistemi di refrigerazione avanzati che sfruttano la tecnologia magnetica per eliminare il contatto meccanico tra il rotore e il resto della macchina. Questo metodo permette di eliminare l'usura e l'attrito associati ai cuscinetti tradizionali, migliorando l'efficienza e la durata del chiller.

Il funzionamento di questi chiller si basa sull'uso di campi magnetici per mantenere il rotore in sospensione all'interno dell'unità, eliminando così la necessità di cuscinetti meccanici. Questo design innovativo riduce notevolmente le perdite di energia dovute all'attrito e consente una maggiore efficienza energetica.



Figura 34 - Gruppo Frigo centrifugo a levitazione magnetica

Inoltre, i chiller centrifughi a levitazione magnetica sono generalmente più silenziosi e richiedono meno manutenzione rispetto ai chiller tradizionali, poiché non ci sono parti soggette a usura che richiedono lubrificazione o sostituzione periodica.

Grazie alle loro caratteristiche avanzate, i chiller centrifughi a levitazione magnetica sono particolarmente adatti per applicazioni in cui è richiesta un'elevata affidabilità, un funzionamento silenzioso e un'efficienza energetica ottimale, come ad esempio nei grandi impianti industriali, negli ospedali e negli edifici commerciali di grandi dimensioni.

5.8.2 Pompa di Calore Acqua/Acqua (Produzione del Freddo)

Una pompa di calore acqua/acqua per la produzione del freddo è un dispositivo che utilizza il principio della pompa di calore per trasferire il calore da un ambiente a una sorgente di raffreddamento, solitamente acqua. In questo caso specifico, il suo obiettivo principale è quello di generare freddo anziché calore, quindi opera in modo simile a un condizionatore d'aria.

Il funzionamento di una pompa di calore acqua/acqua per la produzione di freddo è simile a quello di una pompa di calore tradizionale, ma con un obiettivo invertito. Utilizza un refrigerante che assorbe il calore dall'ambiente da raffreddare, trasformandosi da liquido a gas attraverso un processo di evaporazione. Il gas refrigerante viene quindi compresso, aumentando la sua temperatura e pressione, e successivamente condensato, rilasciando il calore in eccesso all'ambiente esterno o a una fonte di raffreddamento, come appunto l'acqua.



Figura 35 - Pompa di Calore a raffrescamento con recupero geotermico

Le pompe di calore acqua/acqua per la produzione di freddo possono essere utilizzate in una varietà di contesti, inclusi sistemi di climatizzazione per edifici commerciali o industriali, per la refrigerazione di processi industriali, o per il raffreddamento di macchinari elettronici sensibili. Sono apprezzate per la loro efficienza energetica e la capacità di fornire raffreddamento senza l'uso di refrigeranti dannosi per l'ambiente come i clorofluorocarburi (CFCs).

5.8.3 *Circolatori con azionamento ad inverter e Accumulo inerziale*

Anche per l'impianto per la produzione del freddo, come per la produzione del caldo, è prevista la presenza dei circolatori con azionamento ad inverter e dell'Accumulo inerziale.

Per le loro caratteristiche si rimanda ai paragrafi precedente (paragrafo 5.6.4 e paragrafo 5.6.5).

5.9 Circuito Torri evaporative

La presenza di gruppi frigo condensati ad acqua, necessita di un sistema di dissipazione del tipo a torri evaporative installate sulla copertura dell'edificio (ZONA G), funzionanti con un circuito a 40°C in ingresso e ritorno alle macchine a 30°C; la configurazione dell'impianto prevede la seguente dotazione:

- N.4 torri evaporative da 3MWt, di cui 3 in servizio + 1 in scorta, operanti tutte in parallelo ed installate sulla copertura dell'edificio con ventilatori azionati ad inverter;

- N.1 serbatoio di stoccaggio da 10mc, con la funzione di bacino di raccolta dell'acqua di torre, previsto all'interno della centrale con trasferimento a gravità;
- Gruppo di pompaggio con n.3 pompe + 1 scorta per la gestione del circuito di condensazione;
- Sistema di raccolta dell'acqua piovana proveniente dalla copertura della centrale con accumulo in vasca da 240mc, come risorsa idrica da utilizzare per il reintegro dell'acqua di torre in alternativa all'acqua potabile, previo trattamento di filtrazione ed additivazione chimica per il corretto utilizzo;

La gestione delle torri in modalità parallelo, anziché in abbinamento univoco ai singoli gruppi frigo, consente una maggior flessibilità nell'esercizio, in quanto qualora dovesse esserci un fuori servizio di una delle 3 unità, l'attivazione della torre in scorta consente comunque il proseguo del servizio di tutti i chiller, cosa questa non fattibile con il collegamento diretto torre-gruppo frigo.

Inoltre questo tipo di configurazione circuitale assicura una miglior omogenizzazione del sistema di raffreddamento, in quanto tutta l'acqua di torre viene convogliata all'interno di un unico serbatoio di raccolta, dal quale viene prelevata ed inviata ai gruppi frigo con la stessa temperatura; questo consente un risparmio di energia dei sistemi di dissipazione, i quali saranno gestiti in cascata con una regolazione PID per mantenere costante la temperatura all'interno del serbatoio, in relazione alle condizioni di temperatura esterna, ottimizzando il servizio degli stessi.

Altro elemento caratterizzante di questa soluzione, è il notevole risparmio della risorsa idrica, in quanto, a differenza dei sistemi tradizionali, non vi è necessità

di svuotare i circuiti di torre durante il periodo invernale o di attivare resistenze antigelo, poiché tutta l'acqua di torre viene raccolta all'interno del serbatoio interno alla centrale e quindi protetto dal gelo.

Il reintegro del livello del circuito di raffreddamento avverrà direttamente all'interno del serbatoio di centrale, sfruttando il più possibile l'acqua piovana raccolta all'interno della vasca ricavata nella zona interrata dell'edificio, riducendo notevolmente l'impiego della risorsa idrica di acqua potabile.

Di seguito riportiamo una descrizione dei componenti più significativi.

5.9.1 Torri evaporative

La torre evaporativa è una macchina che permette di raffreddare l'acqua del circuito della torre ad una temperatura inferiore a quella ambientale, anche di 6°C d'estate. Infatti, oltre allo scambio termico normale, c'è un fattore di evaporazione dell'acqua e attraverso questo fattore l'acqua evaporata porta via molto calore, circa 600kcal ogni kg di acqua.

L'acqua viene pescata da una vasca, detta vasca calda, e mediante una pompa è inviata al di sopra della torre. Qui grazie a degli ugelli viene spruzzata su una apposita struttura con affogato lo scambiatore. Grazie a dei ventilatori che sono posti sopra a torre e che aspirano l'aria con l'acqua mandandola in ambiente si crea l'effetto evaporativo. Cioè l'acqua assorbendo il calore dal fluido nello scambiatore riesce a fare un cambiamento di stadio ed evaporare.

Ogni 600kcal, un litro d'acqua evapora, il rimanente cade in una vasca, detta vasca fredda e così il ciclo continua.



Figura 36 - Torre evaporativa

5.9.2 Serbatoio di stoccaggio

Il serbatoio di stoccaggio nelle torri evaporative è una componente essenziale di questo sistema di raffreddamento evaporativo.

Di seguito esponiamo il suo ruolo e le sue caratteristiche:

- **Ruolo:** Il serbatoio di stoccaggio è progettato per immagazzinare l'acqua di raffreddamento necessaria per il funzionamento delle torri evaporative. Questo serbatoio fornisce una riserva d'acqua che viene utilizzata per alimentare il sistema di ricircolo delle torri evaporative e per compensare le perdite dovute all'evaporazione e all'eventuale scarico.
- **Capacità:** La capacità del serbatoio di stoccaggio varia a seconda delle dimensioni del sistema di raffreddamento evaporativo e delle esigenze

specifiche dell'applicazione. I serbatoi di stoccaggio possono essere di dimensioni variabili, da piccoli serbatoi per applicazioni residenziali o commerciali a serbatoi di grandi dimensioni per impianti industriali o di raffreddamento di grandi strutture.

- **Materiali:** I serbatoi di stoccaggio possono essere realizzati in diversi materiali, tra cui plastica, vetroresina, acciaio zincato o acciaio inossidabile, a seconda delle esigenze di resistenza chimica, durata e costi del progetto. È importante selezionare un materiale che sia resistente alla corrosione e abbia una lunga durata per garantire il funzionamento affidabile del sistema nel tempo.
- **Accessori:** I serbatoi di stoccaggio possono essere dotati di vari accessori e dispositivi di controllo, come pompe di alimentazione, sensori di livello, valvole di scarico, filtri e dispositivi di agitazione dell'acqua. Questi accessori sono progettati per garantire un funzionamento sicuro ed efficiente del sistema di raffreddamento evaporativo e per facilitare le operazioni di manutenzione e controllo.
- **Posizionamento:** Il serbatoio di stoccaggio viene solitamente posizionato in prossimità delle torri evaporative per facilitare il collegamento e il trasferimento dell'acqua al sistema di ricircolo. È importante che il serbatoio sia installato su una superficie solida e livellata per evitare problemi di stabilità e perdite.

Complessivamente, il serbatoio di stoccaggio nelle torri evaporative svolge un ruolo fondamentale nel garantire un'adeguata alimentazione d'acqua per il funzionamento del sistema di raffreddamento evaporativo. La sua progettazione e installazione corretta sono cruciali per garantire un funzionamento sicuro, efficiente e affidabile del sistema nel tempo.

5.9.3 Gruppo di pompaggio

Il Gruppo di pompaggio in una torre evaporativa è un componente essenziale del sistema, progettato per garantire un flusso costante e controllato dell'acqua attraverso la torre evaporativa.

Queste le funzioni e le caratteristiche principali:

- **Ruolo:** Il Gruppo di pompaggio è responsabile di pompare l'acqua dal serbatoio di stoccaggio o dal sistema di ricircolo attraverso la torre evaporativa. Questo flusso d'acqua è fondamentale per l'efficace funzionamento del processo di raffreddamento evaporativo, in quanto permette il contatto tra l'acqua e l'aria in entrata, facilitando il processo di evaporazione e il conseguente raffreddamento dell'aria.
- **Pompe:** Il Gruppo di pompaggio è dotato di una o più pompe che sono progettate per garantire un flusso d'acqua adeguato e uniforme attraverso la torre evaporativa. Queste pompe possono essere di diversi tipi, tra cui pompe centrifughe o pompe volumetriche, a seconda delle specifiche esigenze di flusso e pressione del sistema.
- **Controllo del flusso:** Il Gruppo di pompaggio è dotato di dispositivi di controllo del flusso, come valvole di regolazione o dispositivi di controllo della velocità, che permettono di regolare la quantità d'acqua pompata in base alle richieste del sistema. Questo consente di ottimizzare l'efficienza del processo di raffreddamento evaporativo e di ridurre i consumi energetici.
- **Filtraggio:** Alcuni Gruppi di pompaggio possono essere dotati di sistemi di filtraggio dell'acqua per rimuovere eventuali impurità o sedimenti presenti nel liquido. Questo aiuta a proteggere le pompe e gli altri componenti del sistema da eventuali danni e garantisce un flusso d'acqua pulito e sicuro attraverso la torre evaporativa.
- **Controllo e monitoraggio:** È importante che il Gruppo di pompaggio sia dotato di sistemi di controllo e monitoraggio per garantire un

funzionamento sicuro ed efficiente del sistema. Questi sistemi possono includere sensori di pressione, sensori di flusso, sistemi di allarme e dispositivi di automazione per monitorare le condizioni del sistema e intervenire in caso di anomalie o problemi operativi.

Complessivamente, il Gruppo di pompaggio è un componente critico del sistema di raffreddamento evaporativo, responsabile di garantire un flusso d'acqua costante e controllato attraverso la torre evaporativa. La sua progettazione e installazione corrette sono fondamentali per garantire un funzionamento sicuro, efficiente e affidabile del sistema nel tempo.

6 SCHEMA FUNZIONALE DELLA CENTRALE TERMICA

Le relazioni tra i singoli Impianti su descritti (Impianto per la produzione del caldo, Impianto di cogenerazione CHP, Impianto per la produzione del freddo, Torri evaporative) e, all'interno degli impianti stessi, le relazioni tra le singole apparecchiature di progetto, realizzano il complesso funzionale della Centrale Termica.

In questo capitolo faremo una descrizione, sintetica, sulle relazioni che si realizzeranno e che costituiscono la base della scelta progettuale, sviluppata avendo particolare riguardo alle prestazioni complessivamente richieste, alle funzioni di back-up in caso di avaria/sostituzione/manutenzione di qualche componente, all'ottimizzazione, all'innovazione e performance prestazionale, al grado di affidabilità, alla gestione in fase di esercizio.

Il tutto è sintetizzato nello "Schema funzionale della Centrale Termica" riportato nella Figura che segue.

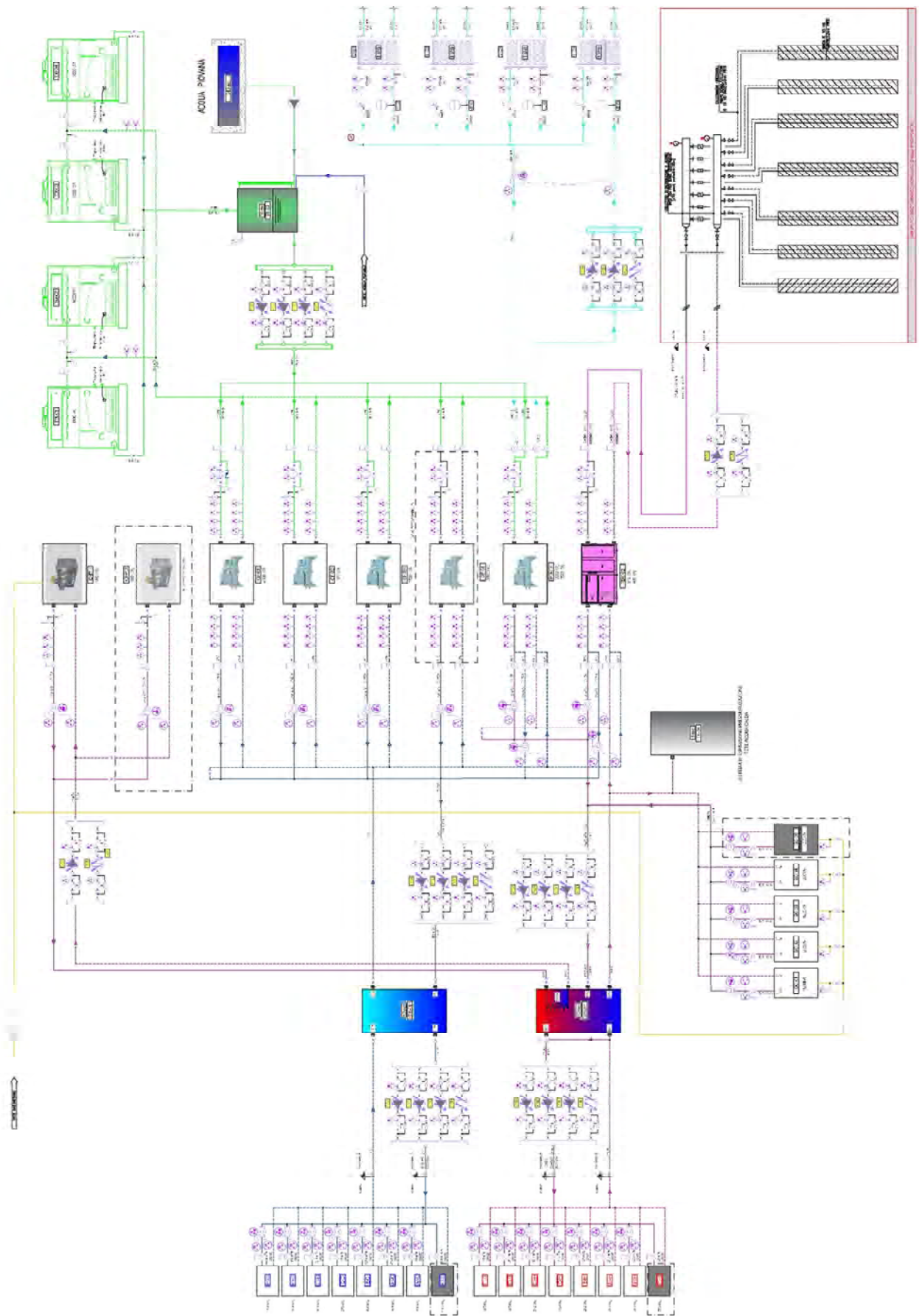


Figura 37 - Schema funzionale della Centrale Termica

Di seguito si riporta la planimetria dell'edificio dal quale si può individuare la posizione dei macchinari sui tre piani dell'edificio.

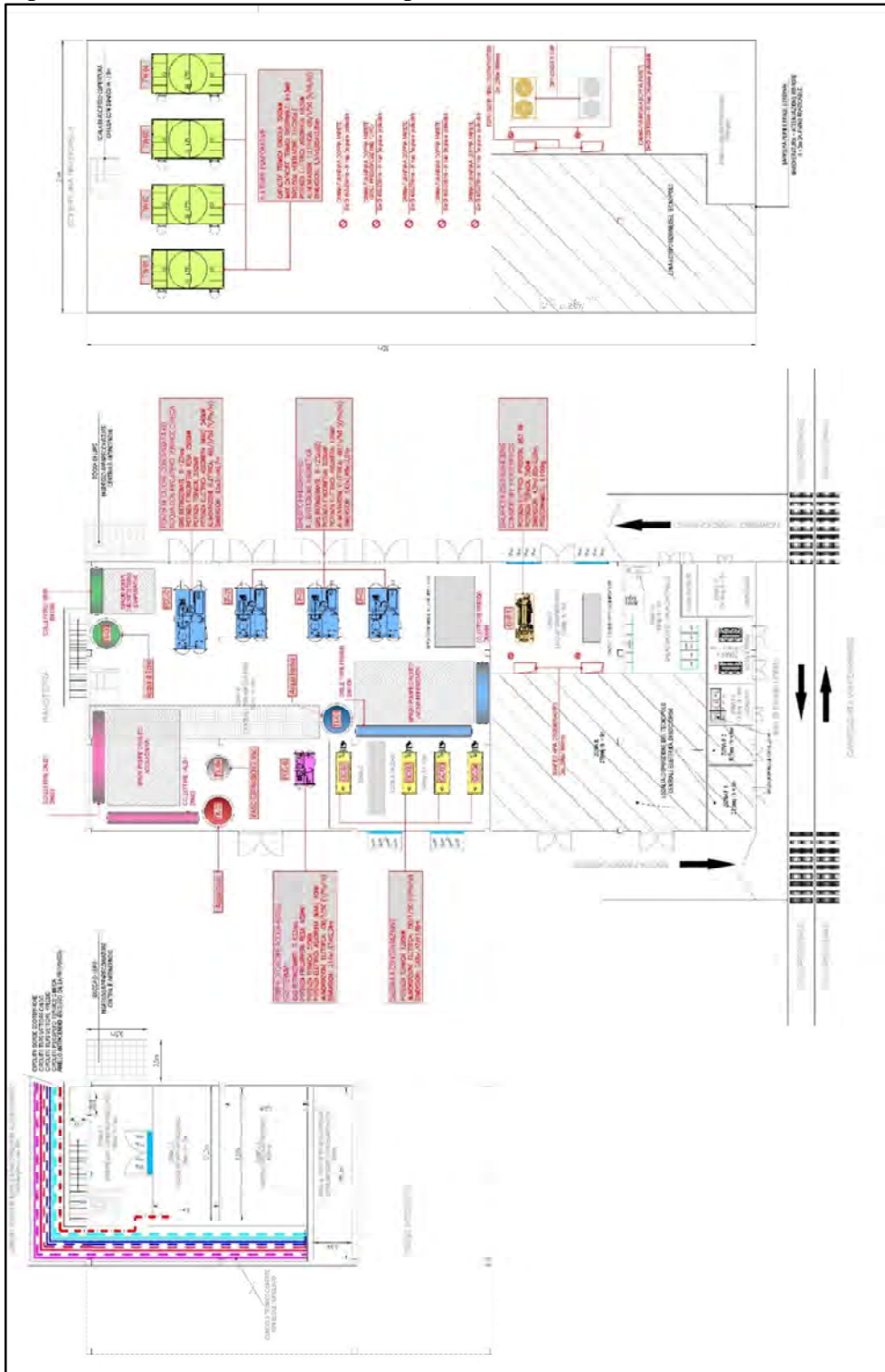


Figura 38 - Planimetria della Centrale Termica

Per sintetizzare il complesso schema dei flussi, di seguito riportiamo un disegno più schematico del funzionamento nelle due distinte modalità richieste alla Centrale: Produzione del Caldo e Produzione del Freddo.

6.1 Schema Climatizzazione invernale

Per la climatizzazione invernale, la centrale utilizzerà in ingresso sia i flussi termici provenienti dalla CINECA che quelli provenienti dalle Sonde Geotermiche.

Per la prima fonte, il calore di scarto proveniente dalla CINECA verrà recuperato attraverso una batteria di scambiatori e da questi trasferito alla Pompa di Calore per l'innalzamento di temperatura. Il flusso prosegue verso l'accumulo inerziale insieme a quello proveniente dalle altre fonti.

La seconda fonte, quella delle sonde geotermiche, darà un ulteriore contributo attraverso la Pompa di Calore dedicata (PdC geotermica) e anche questo flusso prosegue verso l'accumulo inerziale.

C'è poi un terzo flusso, prodotta dal Cogeneratore, alimentato a gas, che si unisce agli altri nell'accumulo inerziale.

A supporto dei tre flussi è stato previsto anche in gruppo di Caldaie di backup, anche queste alimentate a gas, che entrano in funzione solo in caso di picchi di richiesta da parte delle utenze del Tecnopolo.

Dall'accumulo inerziale parte il flusso che, grazie ad un sistema di pompe dedicato, viene diretto verso le utenze del Tecnopolo.

L'intero sistema è gestito attraverso il BMS che, monitorando le richieste e le temperature in gioco, attiverà le singole apparecchiature dell'impianto.

Di seguito uno Schema semplificato del funzionamento.

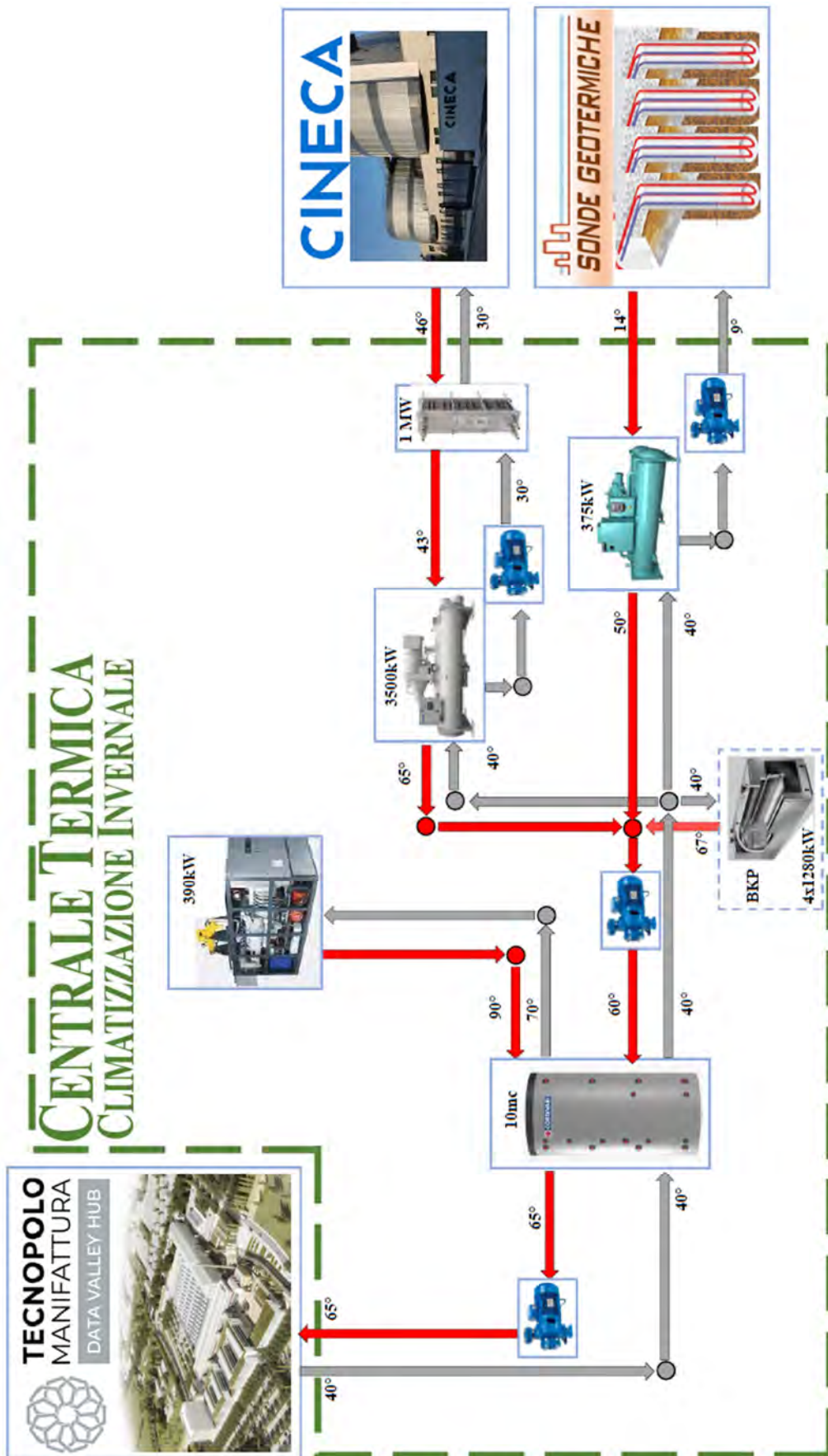


Figura 39 - Schema semplificato del funzionamento climatizzazione invernale.

6.2 Schema Climatizzazione estiva

Per la climatizzazione estiva, la centrale utilizza, come fonte aggiuntiva, i flussi termici provenienti dalle Sonde Geotermiche.

La climatizzazione estiva degli edifici è stata pensata utilizzando prevalentemente apparecchiature dedicate (i Chiller a lievitazione magnetica); comunque non viene sottovalutato il contributo proveniente dalle due Pompe di Calore utilizzate prevalentemente per la produzione del caldo.

Il calore di condensa sviluppato dai Chiller in fase di funzionamento necessita di essere smaltito, e a tale scopo la centrale viene dotata di apposite Torri di Evaporazione; queste ultime producono dell'acqua di scarto che verrà accumulata e reintegrata nel sistema.

Anche il sistema di produzione del freddo è gestito attraverso il BMS che, monitorando le richieste e le temperature in gioco, attiverà le singole apparecchiature dell'impianto.

Di seguito uno Schema semplificato del funzionamento.

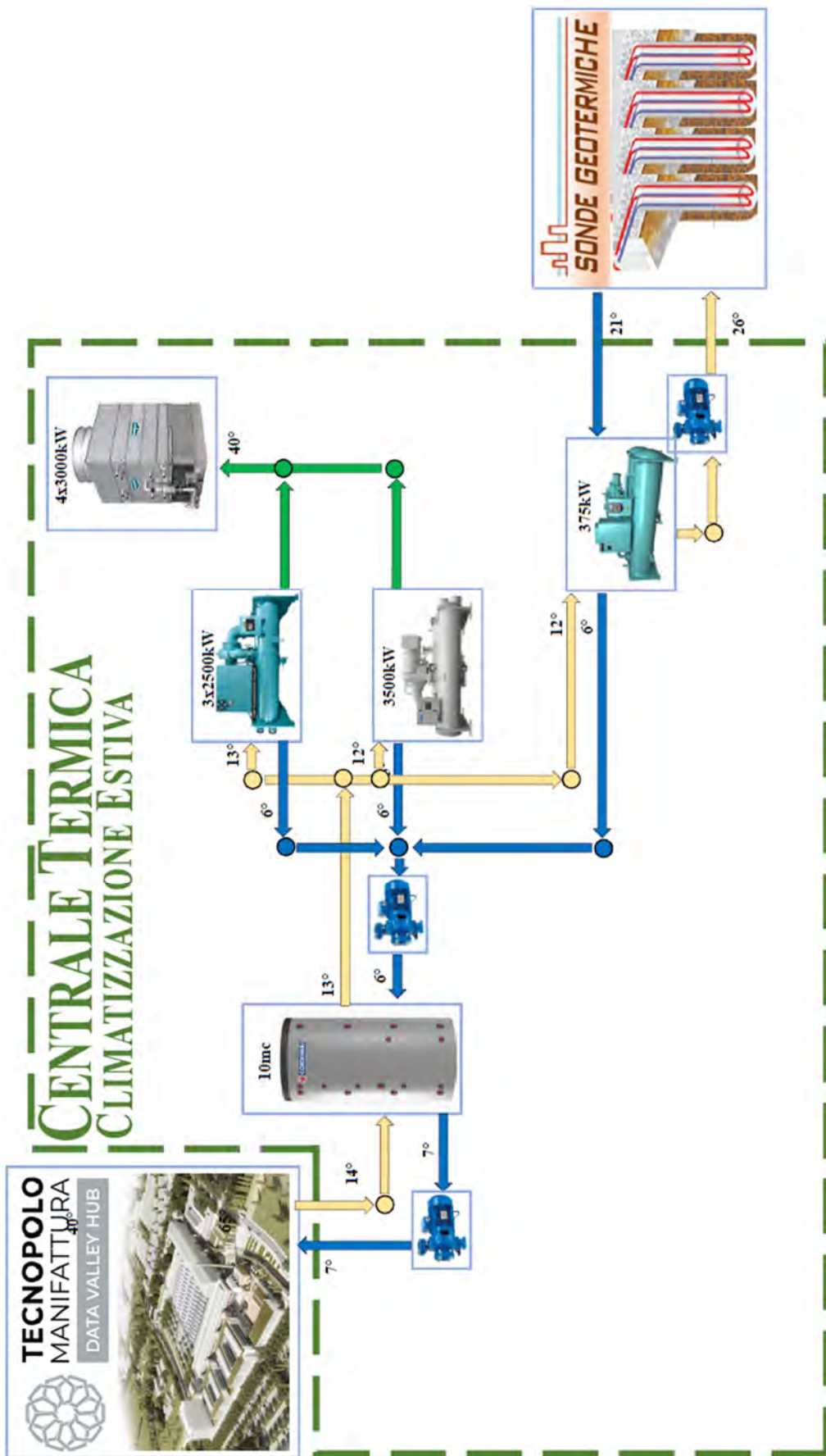


Figura 40 - Schema semplificato del funzionamento climatizzazione estiva

6.1 Schema semplificato dell'intero impianto

Di seguito si riporta la sovrapposizione dei due Schemi semplificati (Climatizzazione estiva / Climatizzazione invernale) che rappresenta l'intero sistema delle apparecchiature dedicate alla climatizzazione.

Come si può rilevare, molte delle apparecchiature sono interessate da entrambi i sistemi di climatizzazione.

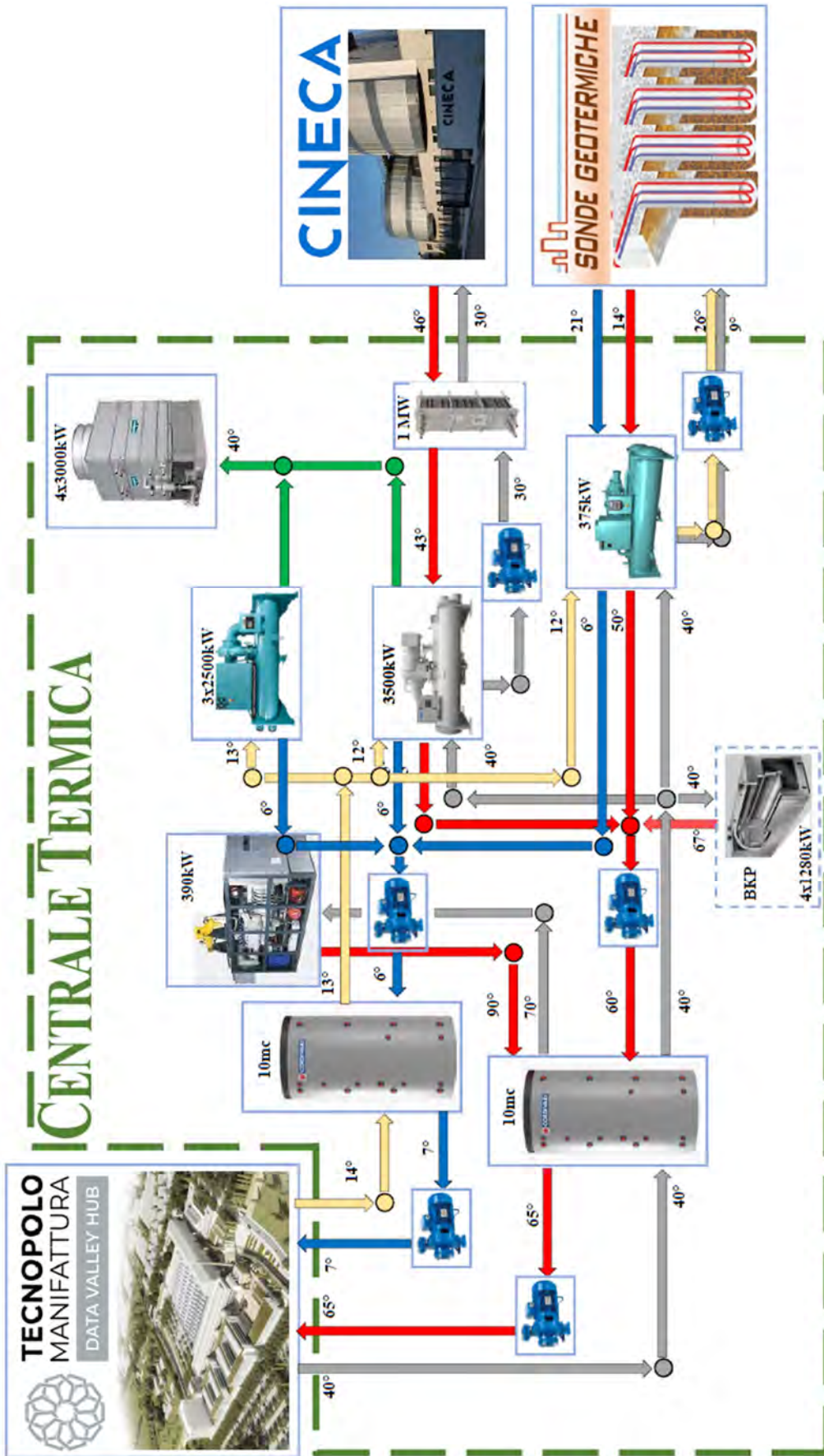


Figura 41- Schema semplificato del funzionamento dell’Impianto

7 ALTRI IMPIANTI DI PROGETTO

Oltre che per gli impianti per la produzione del caldo e per la produzione del freddo, la realizzazione della Centrale Termica è stata interessata dalla progettazione di altri impianti, necessari al funzionamento ed alla sicurezza dell'edificio.

Di seguito esporremo, per completezza della trattazione, gli altri Impianti oggetto del Progetto Definitivo.

7.1 Impianto Antincendio

Per la sicurezza dell'edificio, la Centrale sarà dotata di specifico Impianto Antincendio. La centrale antincendio sarà predisposta nei locali interrati dell'edificio (ZONA A), suddivisa come locale dei gruppi antincendio e vasca di accumulo della riserva idrica; la dotazione prevista è stata ipotizzata come segue:

- N.1 gruppo Elettropompa secondo norme UNI 12845:2020
- N.1 gruppo Motopompa secondo norme UNI 12845:2020
- N.1 gruppo di servizio Jokey secondo UNI 12845:2020
- Realizzazione della tubazione dell'anello antincendio fino all'imbocco del Tunnel tecnico;
- Vasca di accumulo da 400mc (si è ipotizzato un Livello di pericolosità 2 del sito);
- Sistema sprinkler interno alla centrale;
- Sistema di ventilazione e riscaldamento del locale;
- Sistema di reintegro automatico della vasca con indicazione del livello;

- Sistema di gestione degli allarmi dei gruppi con remotazione al BMS.

La centrale sarà realizzata per operare con i gruppi di pressurizzazione sotto battente idraulico.



Figura 42 - Esempio di Centrale Antincendio

Il riempimento iniziale e il successivo reintegro della vasca antincendio verrà realizzato attraverso l'acquedotto cittadino, secondo quanto indicato dalla norma UNI 12845:2020 (Installazioni fisse antincendio - Sistemi automatici a sprinkler - Progettazione, installazione e manutenzione).

7.2 Impianto Elettrico

La Centrale Termica sarà asservita da una fornitura in Media Tensione prevista con un impegno di potenza stimato attorno ai 1500kWe.

Nello stesso edificio sarà prevista la realizzazione della Centrale di Emergenza con gruppi elettrogeni, destinata ad alimentare tutto l'insediamento del Tecnopolo in caso di mancanza della rete del distributore.



Figura 43 – Quadro Generale dell'Impianto Elettrico

Tutti i locali destinati alla parte elettrica sono posizionati nell'ambito della ZONA F dell'edificio, accessibile direttamente dalla strada pubblica, compreso il locale destinato al distributore e relativo locale misure elettriche.

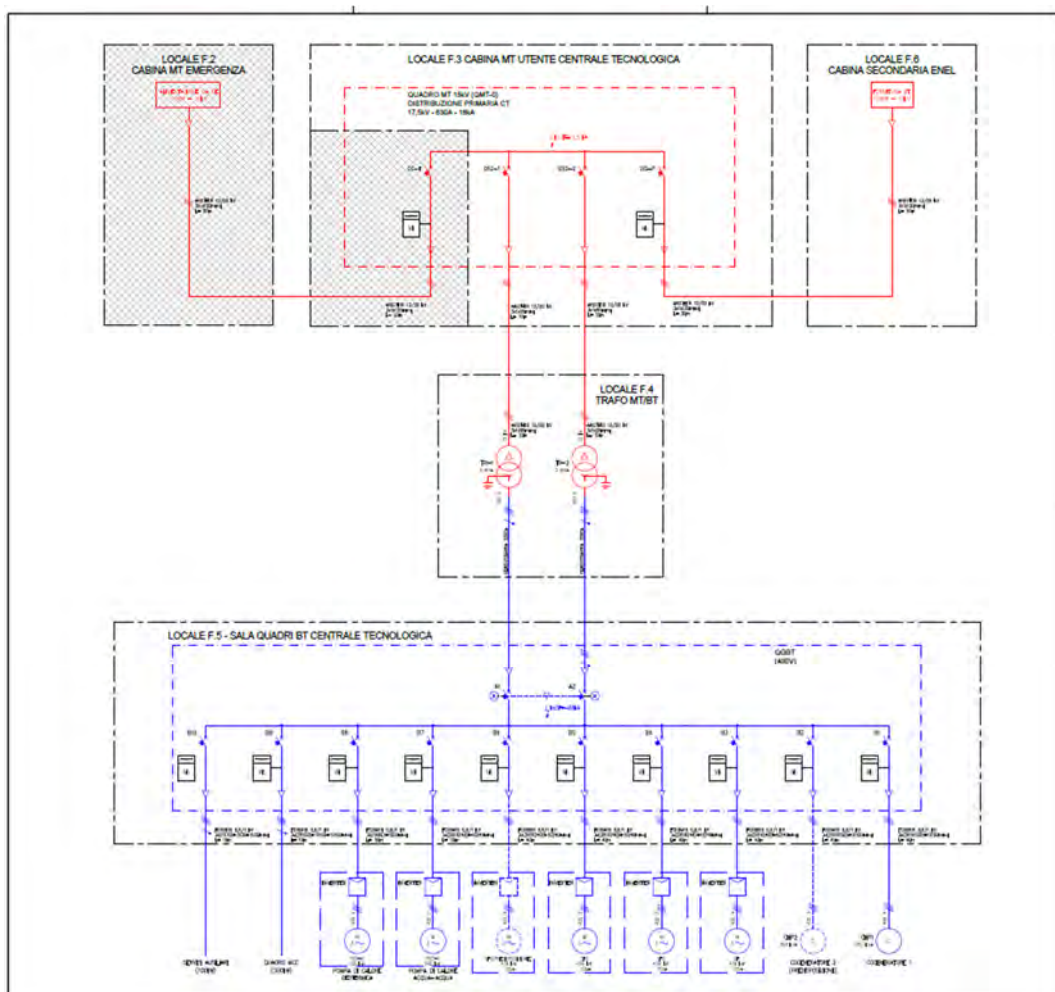


Figura 44 - Schema unifilare generale della distribuzione primaria

L'architettura della distribuzione principale prevede due trasformatori da 2MVA funzionanti uno in scorta all'altro, alloggiati all'interno di apposito locale separato dalle restanti apparecchiature; in adiacenza è previsto il locale quadri di bassa tensione in cui verrà installato il Power Center sul quale si atterranno le montanti BT dei due trasformatori nonché le apparecchiature principali della centrale ovvero: Pompe di Calore, Chiller, CHP, quadro MCC e pompa antincendio, unitamente alle predisposizioni per le eventuali integrazioni future di apparecchiature della Centrale Termica.

Le utenze secondarie come i circolatori, le torri evaporative ed i sistemi ausiliari, saranno derivati tutti dal quadro Motor Control Center del tipo a cassette estraibili, al fine di garantire la massima flessibilità di esercizio dell'impianto in caso di disservizi parziali.

7.3 Sistema di Controllo Centralizzato

Elemento di particolare innovazione e performance prestazionale è quello dell'installazione, per la Centrale, di un sistema BMS (Building Management Systems).

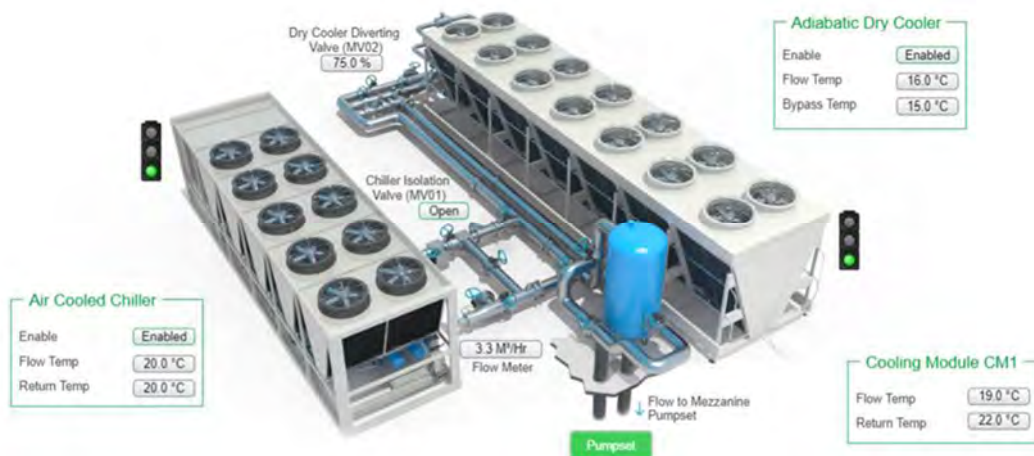


Figura 45 – Esempio di Sistema centralizzato di controllo e gestione

Tutta la centrale sarà governata da un sistema di supervisione BMS-SCADA di ultima generazione,

I BMS sono sistemi per la gestione integrata di tutte le funzioni tecnologiche di un edificio, che comprendono sistemi per il controllo accessi, la sicurezza, la rilevazione incendi, le luci, gli ascensori intelligenti, la climatizzazione.

Il sistema SCADA ("Supervisory Control And Data Acquisition", cioè "controllo di supervisione e acquisizione dati"), nel lessico dei controlli automatici, indica un sistema informatico distribuito per il monitoraggio e la supervisione di sistemi fisici.

Il sistema di supervisione BMS-SCADA è in grado di monitorare e gestire il funzionamento di tutte le apparecchiature presenti all'interno della Centrale, con particolare riferimento all'ottimizzazione delle scelte di funzionamento operativo in base alle migliori performance energetiche gestite da specifico algoritmo di calcolo, definibile in base alle condizioni climatiche esterne ed in base ai fabbisogni rilevati dai singoli misuratori in campo.

Nello specifico, un apposito modulo della piattaforma software utilizzata sarà appositamente dedicato al monitoraggio energetico, in grado di acquisire ed elaborare tutti i dati di processo provenienti dai "meter" dei consumi elettrici abbinati alle utenze principali ed ai misuratori/contabilizzatori energetici relativi alla parte termica e frigorifera di produzione complessiva e delle singole apparecchiature.

La comunicazione dei dati è affidata al protocollo Modbus (Remote Terminal Unit), che consente lo scambio di dati tra computer e controllori logici programmabili (PLC). Questo protocollo è basato sullo scambio di messaggi tra dispositivi master slave e client server. È ampiamente utilizzato in ambienti industriali per la comunicazione tra dispositivi di campo e sistemi di controllo.

Un gateway Modbus consente ai dispositivi che utilizzano il protocollo Modbus di essere collegati ad altri protocolli, come Modbus TCP/IP (Ethernet), Modbus RTU (seriale) o Modbus ASCII, durante la traduzione delle informazioni tra questi formati. Ciò facilita l'integrazione di sistemi eterogenei e il monitoraggio remoto delle apparecchiature.



Figura 46 - Esempio di Sistema di monitoraggio degli impianti

Il sistema di monitoraggio acquisirà i dati direttamente dalle apparecchiature “intelligenti” installate in campo, come misuratori di energia, interruttori intelligenti, protezioni elettriche, tramite protocollo di comunicazione.

I dati di consumo di gas e acqua verranno acquisiti tramite interfacciamento con i contatori comunicanti o con uscita ad impulsi collegata ad una scheda di acquisizione comunicante nei protocolli sopra citati.

Il software prevede la possibilità per l'utente di realizzare dei cruscotti energetici composti da diversi grafici (gadget) in slow-real-time (intervallo di tempo 15 minuti) di diversa natura.

Per tutti i grafici (gadget) si potrà cambiare il periodo di visualizzazione direttamente dal menù a tendina, ingrandire il grafico a schermo intero, disabilitare alcune sorgenti per analizzar meglio le altre, ed esportare i dati visualizzati nel grafico stesso in CSV (Comma Separated Values, “valori separati da virgola”, file di testo semplici che consentono di esportare facilmente i dati e importarli in altri programmi, per poterli visualizzare e riutilizzare in base all'utilità o alla necessità).



Figura 47 – Esempio del cruscotto di monitoraggio e gestione dell'impianto

CONCLUSIONI

Con il presente lavoro di Tesi ho inteso esporre l'esperienza che ho avuto la fortuna di poter acquisire seguendo le attività dello Studio di Progettazione "STIEM ENGINEERING srl", che mi ha accolto nel mio percorso di Tirocinio in preparazione della prova finale.

Per me è stata un'opportunità di formazione trasversale, nel senso che mi veniva offerta la possibilità di acquisire competenze non solo come Progettista Meccanico ma anche da Progettista Elettrico, un ambito da me non molto approfondito nel percorso universitario.

Dopo aver descritto, nel Capitolo 3, l'Azienda che mi ha ospitato, l'opportunità che mi ha offerto di frequentare la Formazione destinata al personale interno (Corso di formazione "Progettazione integrata degli impianti elettrici e speciali" organizzato dalla Academy Studi Tecnici della Schneider Electric) e acquisire le competenze sull'utilizzo di Software per la progettazione elettrica e fotovoltaica e per la progettazione BIM (Building Information Modeling), nel Capitolo 4 ho introdotto l'intervento che più mi ha affascinato dell'esperienza svolta, che è quello per la redazione del Progetto Definitivo per la realizzazione della "Centrale Tecnologica a servizio di un parte di edifici del nuovo Tecnopolo di Bologna (ex Manifattura)", curato dalla "STIEM ENGINEERING" su incarico conferitole dal Raggruppamento "CMF"- "CIAB", aggiudicatario del Bando indetto dall' "ART-ER" per conto della Regione Emilia-Romagna.

Il Capitolo 5 tratta del Progetto della Centrale Termica, mettendo in evidenza il percorso che, partendo dai Dati di riferimento iniziali e passando attraverso l'Analisi dei fabbisogni energetici, ha condotto alla Definizione dei parametri di base della Centrale ed alla Proposta progettuale assunta per la redazione del Progetto Definitivo. Viene esposta, in questo Capitolo, la soluzione adottata per la produzione del calore e la produzione del freddo con cui la Centrale risponde alle esigenze della porzione di Tecnopolo assegnata, con approfondimenti sulle peculiarità degli impianti e delle apparecchiature scelte (anche in relazione alle fonti di energia, non solo elettrica della Rete di Distribuzione ma anche termiche disponibili, come la risorsa energetica proveniente dalla centrale tecnologica del CINECA e quella proveniente dall'Impianto Geotermico del Tecnopolo) ma introducendo anche la scelta di avvalersi di Unità CHP (Combined Heat and Power), impianto che genera contemporaneamente energia termica ed energia elettrica e contribuisce in modo preponderante a perseguire i temi di innovazione e performance prestazionale, avendo così particolare riguardo alle proposte migliorative richieste in fase di partecipazione al Bando.

Il Capitolo 6 è dedicato allo "Schema Funzionale della Centrale Termica in cui vengono esplicitate le relazioni che si innescano tra tutti gli Impianti da realizzare (Impianto per la produzione del caldo, Impianto di cogenerazione CHP, Impianto per la produzione del freddo, Torri evaporative) e che realizzano il complesso funzionale della Centrale Termica.

Nel capitolo viene descritta la modalità di funzionamento della Centrale Termica mettendo in evidenza come le scelte progettuali sono state sviluppate avendo particolare riguardo alle prestazioni complessivamente richieste, alle funzioni di back-up (per avaria, sostituzione o manutenzione di qualche apparecchiatura), all'ottimizzazione, innovazione e performance prestazionale, con occhio rivolto alla gestione in fase di esercizio.

Completa il lavoro di Tesi il Capitolo 7, che descrive gli altri Impianti oggetto di progettazione (Impianto antincendio, Impianto elettrico, Sistema di controllo centralizzato) in quanto necessari al funzionamento ed alla sicurezza dell'edificio destinato alla Centrale Termica.

Quello che emerge in questo progetto è il notevole contributo che deriva dalla pluriennale esperienza nella progettazione, costruzione e conduzione di Centrali tecnologiche da parte della STIEM ENGINEERING, che ha potuto mettere in campo elementi importanti quali:

- alto contenuto tecnologico, che permette l'utilizzo delle risorse già presenti sul sito (recupero calore CINECA e sonde geotermiche);
- ottimizzazione e contenimento dei consumi, con la scelta di unità Pompe di Calore e CHP di ultima generazione e con elevatissima efficienza.
- basso impatto ambientale, riducendo l'uso di suolo (rispetto alle indicazioni di riferimento iniziali), predisponendo il recupero delle acque piovane, utilizzando gas refrigeranti in linea con le ultime direttive comunitarie per i gas climalteranti.

- energia termica prevalentemente in modalità CARBON-FREE od a bassissimo impatto ambientale, sfruttando sistemi produzione in Pompa di Calore ed unità CHP in modalità C.A.R. (“Cogenerazione ad Alto Rendimento”);
- sistema di Monitoraggio e Gestione energetica delle apparecchiature con algoritmi specifici ai fini della massima efficienza;
- flessibilità di esercizio, con possibilità di produzione energetica con mix di tecnologie;
- elevato grado di affidabilità alla gestione dell’esercizio, introducendo la ridondanza dei sistemi di produzione in back-up e di servizio anche in caso di blackout elettrico;
- modularità e predisposizione PLUG & PLAY delle apparecchiature per futuro incremento dei fabbisogni energetici del sito.

L’esperienza da me svolta mi ha dato la possibilità di approfondire trasversalmente vari aspetti che appartengono al mondo della progettazione industriale, con particolare attenzione ai temi dell’innovazione tecnologica, della transazione energetica, della sicurezza e della sostenibilità ambientale, sempre più di attualità e di estrema rilevanza anche per le implicazioni economiche che sostengono i progetti.

BIBLIOGRAFIA

- BOARIO M., DE MARTINI M., DI MEO E., GROS-PIETRO G.M., Manuale di Logistica, UTET, Torino, 1992, Voll. 1-2-3.
- BRANDOLESE A., GARETTI M., Processi produttivi. Criteri tecnici di scelta e progettazione, C.L.U.P., Milano, 1982.
- CALIGARIS L., FAVA S., TOMASELLO C., Manuale di Meccanica, Seconda edizione, Hoelpli, 2020
- COLI G., Impianti energetici ad elevato rendimento, Ed. PEG, Milano, 1992
- COLI G., Impianti per la distribuzione dell'energia elettrica negli edifici industriali e civili, Ed. PEG, Milano, 1993
- FABBRI S., Impianti meccanici, vol.I, Ed. Patron, Bologna, 1985
- FABBRI S., Elementi di Impiantistica Meccanica Aria e Acqua, Ed. Pitagora, Bologna, 1990
- FERRARI E., Servizi generali d'impianto, Ed. Esculapio, Bologna, 2021
- GENTILINI M., Impianti meccanici, Pitagora Editrice, Bologna, 1991
- MANZINI R., REGATTIERI A., Manutenzione dei Sistemi di Produzione, II edizione, Progetto Leonardo, Ed. Esculapio, Bologna, 2007
- MANZINI R., REGATTIERI A., PHAM H., FERRARI E., Maintenance for industrial systems, Springer, Londra, 2009
- MONTE A., Elementi di impianti industriali, Voll.1-2 Ed. Libreria Cortina, Torino 1997
- PARESCHI A., Impianti industriali, Collana Progetto Leonardo, Ed. Esculapio, Bologna, 2007
- PARESCHI A., Impianti meccanici per l'industria, Progetto Leonardo - Editrice Esculapio, Bologna, dicembre 2009

- PARESCHI A., FERRARI E., PERSONA A., REGATTIERI A., Logistica integrata e flessibile, Progetto Leonardo Esculapio, Bologna, 2° Edizione, 2011.
- PIERFEDERICI O., Impianti meccanici, Pitagora Editrice, Bologna 1990
- TURCO F., Principi generali di progettazione degli impianti industriali, C.L.U.P., Milano, 1990.

ELENCO DELLE FIGURE

Figura 1 – La pagina del sito dell'UniBo dedicato alle Offerte di Tirocinio	7
Figura 2 - Il logo della SOL.VER. srl	9
Figura 3 - Academy Studi Tecnici, by Schneider Electric	9
Figura 4 - Logo Electro Graphics e offerta Software.....	10
Figura 5 - Logo TUTTONORMEL.....	11
Figura 6 - Il Logo della STIEM ENGINEERING	13
Figura 7 - I Servizi offerti dalla STIEM ENGINEERING srl.....	17
Figura 8 - Composizione della STIEM ENGINEERING srl.....	19
Figura 9 - Rendering del progetto per il Tecnopolo di Bologna.....	20
Figura 10 - Il Tecnopolo di Bologna e le destinazioni previste.....	21
Figura 11 - il Logo dell'ART-ER (Attrattiva, Ricerca, Territorio)	22
Figura 12 - La compagine sociale dell'ART-ER.....	23
Figura 13 - I Lotti del Tecnopolo - in evidenza la nuova Centrale Termica da realizzare.....	32
Figura 14 - Collocazione della Centrale Termica nel progetto.....	34
Figura 15 - Dislocazione delle Stazioni di misura del sistema di monitoraggio regionale	40
Figura 16 - Ipotesi dimensionali degli edifici da servire	41
Figura 17 - Condizioni termoigrometriche per gli ambienti degli edifici da servire	42
Figura 18 - Affollamenti e portate d'aria per gli edifici da servire	43
Figura 19 - Risultati dimensionali dell'analisi	44
Figura 20 - Dati Generali di riferimento per il dimensionamento	45
Figura 21 – Parametri prestazionali	46
Figura 22 - lo schema di funzionamento di una sonda geotermica (uso civile)	50
Figura 23 - Caldaia a condensazione ad alto rendimento.....	54
Figura 24 - Pompa di Calore con recupero termico	56

Figura 25 - Unità CHP (Combined Heat and Power).....	58
Figura 26 - Impianto cogenerativo a vapore in contropressione; Schema di riferimento	66
Figura 27 - Diagramma di Mollier	67
Figura 28 - Impianto cogenerativo a vapore in contropressione; diagramma di Sankey	68
Figura 29 - Impianto cogenerativo a combustione interna; Schema di riferimento	69
Figura 30 - Impianto cogenerativo a combustione interna; diagramma di Sankey	70
Figura 31 - Impianto cogenerativo a turbogas; Schema de riferimento	72
Figura 32 - Impianto cogenerativo a turbogas; diagramma di Sankey	73
Figura 33 - Diagrammi di Sankey: impianti di cogenerazione a confronto	74
Figura 34 - Gruppo Frigo centrifugo a lievitazione magnetica.....	78
Figura 35 - Pompa di Calore a raffrescamento con recupero geotermico	79
Figura 36 - Torre evaporativa	83
Figura 37 - Schema funzionale della Centrale Termica	88
Figura 38 - Planimetria della Centrale Termica.....	89
Figura 39 - Schema semplificato del funzionamento climatizzazione invernale...	92
Figura 40 - Schema semplificato del funzionamento climatizzazione estiva.....	94
Figura 41- Schema semplificato del funzionamento dell'Impianto.....	96
Figura 42 - Esempio di Centrale Antincendio	98
Figura 43 – Quadro Generale dell'Impianto Elettrico.....	99
Figura 44 - Schema unifilare generale della distribuzione primaria	100
Figura 45 – Esempio di Sistema centralizzato di controllo e gestione.....	101
Figura 46 - Esempio di Sistema di monitoraggio degli impianti.....	103
Figura 47 – Esempio del cruscotto di monitoraggio e gestione dell'impianto....	105