

# TESI DI LAUREA MAGISTRALE

## **LA GESTIONE STRATEGICA DELLA MANUTENZIONE E I FLUSSI INFORMATIVI IN EDIFICI CARATTERIZZATI DA UNA ELEVATA SPECIFICITA' E COMPLESSITA' IMPIANTISTICA: IL CASO CNAO**

Politecnico di Milano

Corso di Laurea Magistrale in Gestione del Costruito

Facoltà di Ingegneria



Relatore: Prof. Cinzia Talamo

Correlatori: Dott. Maria Vittoria Livraga e Dott. Antonella Bertola

Controrelatore: Prof. Claudio Molinari

Studente laureando: Alberto Frigerio (matricola: 724517)

Anno accademico 2010/2011

## *Ringraziamenti*

*Desidero innanzitutto ringraziare la Direzione del Centro Nazionale di Adroterapia Oncologica per avermi permesso di effettuare lo stage presso il centro stesso, durante il quale ho potuto sia mettere in pratica i concetti acquisiti durante i miei studi, che acquisire nuove conoscenze utili per il mio percorso umano e professionale.*

*Ci tengo ad esprimere la mia gratitudine verso tutto il personale della Fondazione con particolare riferimento ai reparti di Amministrazione e Supporto Tecnico, sottolineando la particolare disponibilità della Dott. Maria Vittoria Livraga e della Dott. Antonella Bertola, responsabili dei rispettivi reparti, le quali mi hanno seguito con costanza ed interesse durante tutto il periodo di stage.*

*Ringrazio sentitamente la Prof. Cinzia Talamo e il Prof. Giancarlo Paganin del Politecnico di Milano per le numerose ore dedicate alla mia tesi e per i preziosi insegnamenti e consigli che mi hanno trasmesso.*

*Dedico questa tesi ai miei familiari che mi hanno sempre sostenuto e ai quali credo di aver dimostrato di aver applicato, anche se con qualche ‘personalizzazione’, i concetti che mi hanno sempre insegnato.*

## Introduzione

### Parte1: Il caso CNAO ( Centro Nazionale di Adroterapia Oncologica )

1. Il CNAO: primo e unico Centro Nazionale di Adroterapia Oncologica (quarto al mondo)
  - 1.1 Il progetto CNAO
  - 1.2 Il CORE di CNAO: L'adroterapia, un trattamento oncologico innovativo
  - 1.3 Aspetti organizzativi e funzionali del Centro
  - 1.4 Descrizione fisico-spaziale e impiantistica della struttura
  
2. L'analisi della gestione attuale del servizio di manutenzione degli impianti convenzionali a servizio dell'alta tecnologia di CNAO
  - 2.1 La politica e le strategie di manutenzione adottate dal management di CNAO
  - 2.2 La struttura organizzativa e le funzioni principali del reparto di manutenzione degli impianti convenzionali di CNAO (Centrale di Governo)
  - 2.3 L'attuale quadro delle forniture di servizi di manutenzione per gli impianti convenzionali di CNAO
  - 2.4 Workflow operativo documentazione che accompagna il processo di manutenzione programmata
  - 2.5 Workflow operativo e documentazione che accompagna il processo di manutenzione a guasto

### Parte2: La sperimentazione

3. Proposte e sperimentazione: la costruzione di un sistema di anagrafica di base per la gestione delle informazioni e la predisposizione di un Piano di manutenzione per gli impianti convenzionali a servizio dell'alta tecnologia di CNAO.

- 3.1 Individuazione delle principali esigenze inerenti l'attuale gestione del servizio di manutenzione
- 3.2 Classificazione e scomposizione del sistema edilizio: studio di una logica di codifica delle informazioni
- 3.3 La traduzione delle informazioni da formato descrittivo (progetti, contratti e info di ritorno dagli interventi) a formato digitale: raccolta e inserimento dati nella schema di classificazione proposto
- 3.4 Impostazione di un Piano di manutenzione per gli Impianti Meccanici/Termotecnici
- 3.5 Costruzione di un database di supporto alla gestione del servizio di manutenzione per gli impianti meccanici/termotecnici: trasferimento dati da Microsoft Exel a Microsoft Access

#### 4. Proposte per possibili sviluppi

- 4.1 La progettazione di un Sistema Informativo di supporto alla gestione del servizio di manutenzione
- 4.2 Il Facilities Desk Maintenance Management (F.D.M.M.) per la gestione delle richieste di intervento (R.d.L.)
- 4.3 La personalizzazione dell'ERP aziendale finalizzata alla gestione degli ordini di lavoro di manutenzione (O.d.L.)
- 4.4 La progettazione e la costruzione di un magazzino di ricambi e materiali

#### Conclusioni

## ELENCO DELLE FIGURE

Figura 1: Rappresentazione dall'alto del Centro Nazionale di Adroterapia Oncologica (CNAO)

Figura 2 Linea LEBT (Low Energy Beam Transport): componenti magnetici e di diagnostica

Figura 3: Visualizzazione emittanza del fascio all'ingresso dell'acceleratore lineare (LINAC)

Figura 4: Visualizzazione emittanza del fascio (Ioni H<sup>3+</sup>) all'ingresso dell'acceleratore lineare (LINAC)

Figura 5: Radio Frequency Quadrupole (RFQ)

Figura 6: Valori di corrente in ingresso e in uscita dal RFQ.

Figura 7: L'acceleratore lineare (LINAC)

Figura 8: La "macchia" luminosa lasciata dal primo fascio di protoni che ha circolato nell'anello del sincrotrone

Figura 9: Lo schema in pianta dell'alta tecnologia

Figura 10: La fase di avvicinamento del magnete all'apertura nel soffitto della sala centrale

Figura 11 Il principio di funzionamento del sistema attivo di distribuzione della dose

Figura 12: I sistemi installati nelle sale trattamento

Figura 13: L'organigramma aziendale di CNAO

Figura 14: Vista prospettica del sincrotrone e delle linee del CNAO

Figura 15: Il sincrotrone

Figura 16: Particolarità legate al trattamento adroterapico

Figura 17: La missione dell'organizzazione di gestione del CNAO

Figura 18: Vincoli imposti dall'attività di trattamento

Figura 19: Il ruolo strategico del servizio di manutenzione

Figura 20: Politica di gestione mista del servizio di manutenzione: motivazioni e vantaggi della scelta

Figura 21: Modello di gestione del servizio di manutenzione

Figura 22: Gestione mista del servizio: attività svolte internamente e attività in outsourcing

Figura 23: CNAO-Centrale di Governo del servizio di manutenzione

Figura 24: Il mix di strategie di manutenzione adottate dal management di CNAO

Figura 25: Le attività principali di una Centrale di Governo

Figura 26: L'organigramma del reparto di manutenzione CNAO-Centrale di Governo del servizio

Figura 27: Il quadro completo dei contratti di manutenzione attualmente in essere con le ditte specializzate

Figura 28: Le fasi principali del processo di manutenzione programmata

Figura 29: Le fasi principali del processo di manutenzione correttiva/a guasto

Figura 30: Il processo di acquisto ricambi e materiali per gli Impianti Meccanici Termotecnici

Figura 31: Le esigenze collegate alla gestione attuale del servizio di manutenzione

Figura 32: Le fasi principali del lavoro effettuato in risposta alle esigenze

Figura 33: Analisi documentale: classificazione e scomposizione del sistema edilizio e studio di una logica di codifica

Figura 34: Classificazione del sistema edilizio adottata da DEC in fase di impostazione dei Piani di manutenzione

Figura 35: Classificazione e scomposizione del sistema edilizio secondo la NORMA UNI 8290

Figura 36: Classificazione e scomposizione del sistema edilizio proposta

Figura 37: Il criterio di codifica del sistema edilizio adottato da DEC in fase impostazione del primo progetto gestionale

Figura 38: Criterio di codifica del sistema edilizio proposto

Figura 39: Il processo di traduzione delle informazioni da formato descrittivo a formato digitale

Figura 40: Le fasi principali del processo di costruzione dell'anagrafica Impianti Meccanici/Termotecnici

Figura 41: Le fasi principali del processo di costruzione del Piano di manutenzione per gli Impianti Meccanici/Termotecnici

Figura 42: Criterio di codifica delle operazioni di manutenzione proposto

Figura 43: Il processo di costruzione di un database di supporto alla gestione del servizio di manutenzione

Figura 44: esempio di query "estrazione elementi tecnici"

Figura 45: esempio di query "estrazione operazioni"

Figura 46: esempio di query "estrazione operazioni alla data"

Figura 47: sottomaschera "estrazione elementi tecnici"

Figura 48: sottomaschera "estrazione operazioni"

Figura 49: sottomaschera "inserimento singola operazione"

Figura 50: maschera "maschera "Main"

Figura 51: Sviluppi del progetto

Figura 52: La gestione informatizzata del processo di manutenzione

Figura 53: Il modulo "Home" del F.D.M.M-modalità di accesso "guest"

Figura 54: Il modulo "My details" del F.D.M.M-modalità di accesso "guest"

Figura 55: Il modulo "Assets" del F.D.M.M-modalità di accesso "guest"

Figura 56: Il modulo "kBase" del F.D.M.M-modalità di accesso "guest"

Figura 57: Il modulo "Work Request" del F.D.M.M-modalità di accesso "guest"

Figura 58: Il modulo "Home" del F.D.M.M-modalità di accesso "administrator"

Figura 58: Il modulo "Home" del F.D.M.M-modalità di accesso "administrator"

Figura 59: Il modulo "Preventive Management" del F.D.M.M-modalità di accesso "administrator"

Figura 60: Il modulo ‘Assets’ del F.D.M.M-modalità di accesso ‘administrator’

Figura 61: Il modulo ‘Purchase’ del F.D.M.M-modalità di accesso ‘administrator’

Figura 62: Il modulo ‘Contracts’ del F.D.M.M-modalità di accesso ‘administrator’

Figura 63: Il modulo ‘kBase’ del F.D.M.M-modalità di accesso ‘administrator’

Figura 64: Il modulo ‘Reports’ del F.D.M.M-modalità di accesso ‘administrator’

Figura 65: Il modulo ‘Admin’ del F.D.M.M-modalità di accesso ‘administrator’

Figura 66: Correlazione tra costi gestione dei ricambi e disponibilità impiantistica



## ELENCO DELLE TABELLE

Tabella 1 Estratto del file Excel "Anagrafica Impianti meccanici Termotecnici". (Ho inserito solamente i campi più significativi. Per il file completo si veda l'allegato 1)

Tabella 2: Estratto del file Excel "Piano di manutenzione Impianti Meccanici/Termotecnici" (ho inserito solamente i campi più significativi. Per il file completo si vedano l'allegato 2)

Tabella 3: Aree Tecniche

Tabella 4: Estratto della tabella "Unità Tecnologiche"

Tabella 5: Estratto delle tabella "Classi si elementi tecnici"

Tabella 6: Estratto delle tabella "Unità minime manutenibili/singoli elementi tecnici"

Tabella 7: Tabella "Tipologie generiche di intervento"

Tabella 8: Estratto della tabella "Tipo di intervento specifico"

Tabella 9: Estratto della tabella "Specializzazioni owner"

Tabella 10: Estratto della tabella "Ruoli owner"

Tabella 11: Estratto della tabella "Singoli soggetti"

Tabella 12: Estratto della tabella "Frequenze di intervento"

Tabella 13: Tabella dei "Piani"

Tabella 14: Estratto della tabella "locali"

Tabella 15: Estratto della tabella "Contratti di manutenzione"

Tabella 16: Estratto della tabella "Guasti/anomalie riscontrabili"

Tabella 17: Estratto della tabella "Operazioni programmate"

## ELENCO DEGLI ALLEGATI

Allegato 1. Estratto della tabella Exel "Anagrafica Impianti Meccanici/Termotecnici"

Allegato 2. Estratto della tabella Exel "Piano di manutenzione Impianti Meccanici/Termotecnici"

Allegato 3. Tabelle indipendenti estrapolate dai file Exel "Anagrafica Impianti Meccanici/Termotecnici" (allegato 1) e "Piano di manutenzione Impianti Meccanici/Termotecnici" (allegato 2).

Allegato 4. Database manutenzione Impianti Meccanici/Termotecnici: tabelle, schema delle relazioni, query di estrazione dati, maschere (sottomaschere) di visualizzazione e inserimento dati.

## INTRODUZIONE

I temi cardine trattati all'interno di questa tesi fanno riferimento al lavoro svolto durante il periodo di stage effettuato presso il Centro Nazionale di Adroterapia Oncologica (CNAO), situato a Pavia.

Il CNAO è destinato a diventare un Centro di eccellenza non solo a livello nazionale ma anche mondiale; in Italia non esistono realtà simili e al Mondo ne sono presenti solamente altri quattro, tre in Giappone e uno in Germania.

Il Centro può essere considerato un vero e proprio "prototipo", la cui struttura è caratterizzata da un'elevata specificità e complessità impiantistica.

L'attività core della Fondazione è rappresentata dal trattamento del paziente oncologico attraverso una particolare tecnica innovativa (l'Adroterapia), la quale consiste nel "bombardare" con grande precisione le cellule affette da tumore con un fascio di adroni (ioni carbonio e protoni) generato da due sorgenti e governato da un sincrotrone (acceleratore circolare di particelle subatomiche).

Un secondo aspetto importante dell'adroterapia con fasci di ioni carbonio è legato alla maggiore efficacia di questo trattamento che consente la cura di tumori radio resistenti.

L'adroterapia oncologica prevede un ciclo di sedute di trattamento distribuite su un arco temporale di cinque giorni a settimana (esclusi il sabato e la domenica) e distanziate, l'una dall'altra, da un intervallo di tempo che deve essere al massimo pari a 48 ore.

Questo frazionamento della dose permette di massimizzare l'indice terapeutico; infatti consente alle cellule sane danneggiate di riparare i danni subletali meglio di quanto non facciano le cellule tumorali e stimola la proliferazione delle cellule sane più di quanto accade per quelle tumorali. Superate le 48 di distanza tra una seduta e l'altra, la terapia sul singolo paziente risulterà essere meno efficace, in quanto le cellule tumorali "bombardate" avranno avuto il tempo necessario per rigenerarsi.

Inoltre, l'adroterapia ha la caratteristica di non essere ripetibile: non sarà, quindi, possibile ricominciare da capo la terapia su quei pazienti che avranno già effettuato almeno una seduta di trattamento.

Da queste due considerazioni ne consegue che la continuità del trattamento sul singolo paziente è una condizione necessaria per la buona riuscita della terapia.

La "Mission" dell'organizzazione di gestione è, quindi, quella di assicurare la continuità del trattamento sul singolo paziente.

Per raggiungere questo obiettivo sarà necessario garantire la massima affidabilità e disponibilità degli impianti tecnologici del Centro, il cui corretto e continuo funzionamento costituisce un requisito fondamentale per la corretta esecuzione dell'attività core aziendale (il trattamento adroterapico).

La manutenzione della struttura impiantistica assume, quindi, un ruolo strategico per l'organizzazione.

L'obiettivo di questa tesi è quello di fornire un valido strumento di supporto alla gestione del servizio di manutenzione degli impianti convenzionali a servizio dell'alta tecnologia di CNAO.

Il lavoro di tesi può essere suddiviso in due fasi principali: l'analisi della gestione attuale del servizio di manutenzione degli impianti tecnologici di CNAO e la proposta di soluzioni progettate ad hoc in risposta alle esigenze emerse dalla fase di analisi.

La tesi è articolata in quattro capitoli.

Nel primo capitolo è stata descritta la realtà di CNAO.

Innanzitutto viene tracciata la storia del progetto CNAO, dalle origini ad oggi, successivamente si passerà alla descrizione dell'attività CORE della Fondazione (il trattamento adroterapico) e delle caratteristiche che la contraddistinguono.

Quindi verranno descritti gli aspetti organizzativi e funzionali del Centro per poi concludere il capitolo con una descrizione fisico-spaziale e impiantistica della struttura.

Il secondo capitolo è dedicato all'analisi della gestione attuale del servizio di manutenzione; l'analisi ha riguardato la politica e le strategie di manutenzione adottate dal management di CNAO, i processi operativi e i flussi informativi che governano il processo di manutenzione.

Il terzo capitolo, che apre alla seconda fase del lavoro, riguarda la sperimentazione.

L'obiettivo di questa fase è la proposta di soluzioni progettate ad hoc in risposta alle esigenze gestionali individuate.

E' stata, quindi, prima studiata e poi proposta una logica di classificazione e scomposizione del sistema tecnologico di CNAO e una logica di codifica delle informazioni che dovranno essere inserite nella struttura proposta.

Successivamente la struttura anagrafica è stata parzialmente popolata delle informazioni (quantitative, tecnico-costruttive e localizzative) inerenti gli impianti meccanici/termotecnici.

Infine è stato impostato un piano di manutenzione per gli impianti meccanici/termotecnici; per eseguire questa attività è stato necessario analizzare il Primo Progetto Gestionale impostato dalla ditta costruttrice in fase di progettazione della struttura, i contratti in essere con i fornitori dei servizi di manutenzione e i rapporti degli interventi eseguiti nel corso dell'anno 2010.

Alla fine di questo lavoro avremo organizzato e codificato le informazioni contenute all'interno della documentazione in possesso di CNAO in un unico quadro organico, la cui struttura rimarrà comunque valida qualsiasi soluzione informatica si decida di adottare.

A questo punto potremo affermare di aver raggiunto l'obiettivo principale del progetto di tesi.

Infine, all'interno dell'ultimo capitolo, sono stati individuati i possibili sviluppi che le soluzioni proposte potranno avere nel caso in cui il management di CNAO decida di renderle effettivamente operative.

## **Parte 1 : Il caso CNAO (Centro Nazionale di Adroterapia Oncologica)**

### **1. IL CNAO: PRIMO E UNICO CENTRO NAZIONALE DI ADROTERAPIA ONCOLOGICA**

Il Centro Nazionale di Adroterapia Oncologica, di cui il Politecnico di Milano è partecipante Istituzionale, è stato realizzato ad opera della Fondazione CNAO, istituita nel 2001 dal Ministero della Salute e nata sulla spinta della Fondazione per la Terapia con Radiazioni Adroniche (TERA) di Novara.

Lo scopo della Fondazione è la realizzazione e gestione in Italia di un Centro Nazionale di Adroterapia Oncologica, volto al trattamento del paziente oncologico con un fascio di adroni (ioni e protoni) generato da due sorgenti e governato da un sincrotrone (acceleratore di particelle)

Il Centro sorge in prossimità del Policlinico San Matteo di Pavia, su un'area di 37.000 metri quadri.



Figura 1 Rappresentazione dall'alto del Centro Nazionale di Adroterapia Oncologica (CNAO)

Dopo i primi anni dediti alla progettazione, l'attività di costruzione vera e propria della struttura è iniziata nella seconda metà del 2005; l'edificio ospedaliero, gli impianti convenzionali e l'alta tecnologia (sincrotrone) sono stati completati dopo 4 anni, alla fine del 2009, a seguito di 14 gare a evidenza pubblica e oltre mille contratti che hanno coinvolto oltre 400 ditte, di cui 350 italiane.

Dall'inizio del 2009 sono inoltre iniziate le installazioni dei sistemi medicali: il sistema di posizionamento dei pazienti, il sistema di pianificazione del trattamento, l'imaging diagnostico, il sistema informativo oncologico.

All'interno del Centro si trovano 3 sale di trattamento con adroterapia, ciascuna dotata di un fascio che incide orizzontalmente sul paziente e una, quella centrale, dotata anche di un fascio ad incidenza verticale. A queste si aggiunge una sala dedicata alla ricerca radiobiologica, clinica e traslazionale.

A pieno regime, previsto dal 2013, il CNAO sarà operativo 44 settimane all'anno per un totale di 220 giorni lavorativi ed effettuerà i trattamenti ambulatoriali 5 giorni alla settimana per 13 ore al giorno. Nelle 3 sale di trattamento si eseguiranno circa 20.000 sedute all'anno che corrispondono, secondo le previsioni mediche, a circa 3000 pazienti ogni anno, circa 150 ogni giorno. Si stima che ogni seduta avrà a regime una durata di 25 minuti, con la maggior parte del tempo utilizzata per allineare il paziente e 2-3 minuti per l'irraggiamento con i fasci di adroni.

Il Dipartimento medico, a pieno regime, conterà una ventina di medici (uno ogni 150 pazienti) e 60 tra fisici medici, tecnici di radiologia, personale infermieristico e assistenti. Il Dipartimento delle macchine acceleratrici sarà composto da circa 40 persone, per garantire l'operazione e la manutenzione dell'alta tecnologia che comprende il sincrotrone.

Il Dipartimento Tecnico cura la funzionalità e manutenzione delle strutture e degli impianti convenzionali.

Alla fine del 2009 il CNAO è stato completato. Gli edifici e le infrastrutture di servizio sono funzionanti. Tutti i componenti della macchina acceleratrice sono stati prodotti e consegnati a Pavia e la maggior parte di essi sono stati assemblati e sono oggetto, da mesi, di test di funzionamento e calibrazione. Il programma di messa a punto della macchina prosegue secondo schemi e tempi definiti con risultati che, al momento, sono molto positivi. Possiamo quindi affermare che con il 2009 si è chiusa la cosiddetta Fase 1 del CNAO, quella destinata alla costruzione.

La costruzione del CNAO e la fase di Sperimentazione Clinica sono il risultato di uno sforzo che ha coinvolto un gruppo di esperti interno alla Fondazione e la rete di collaborazioni che sono state attivate in questi anni di realizzazione e che possiamo considerare tra le massime espressioni internazionali sia in termini di competenze tecnologiche sia in materia di competenze mediche dedicate alla radioterapia di precisione e all'adroterapia. Giova

sottolineare che in questo modo il costo complessivo è molto contenuto rispetto al prezzo di impianti simili realizzati o in progettazione. Contemporaneamente la Fondazione si ritrova in casa competenze uniche per sfruttarne appieno le potenzialità a vantaggio dei pazienti.

Si sottolinea la partecipazione dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, dell'Università di Pavia, del Politecnico di Milano, dell'Università di Milano, dell'Università di Torino, del CERN di Ginevra, del GSI di Darmstadt, del LPSC di Grenoble e del centro ospedaliero giapponese NIRS di Chiba.

Negli ultimi mesi del 2009, seguendo le indicazioni pervenute sia dal Ministero della Salute sia dalla Regione Lombardia, si è lavorato alla preparazione del progetto che descrive la Fase 2 del CNAO: la fase della sperimentazione clinica. Il progetto, consegnato agli Enti a Dicembre 2009, descrive nel dettaglio le procedure che consentiranno il trattamento in forma sperimentale di 230 pazienti oncologici con fasci di protoni (80 pazienti scelti in tre protocolli clinici elettivi) e di ioni carbonio (150 pazienti scelti tra 7 categorie), indicando gli obiettivi e gli schemi di controllo e verifica dei risultati nel massimo rispetto della qualità e della sicurezza.

Al termine della Fase 2, che durerà presumibilmente 18 mesi, il riscontro positivo degli obiettivi di progetto porterà il CNAO alla Fase 3, quella dell'applicazione clinica riconosciuta dell'adroterapia, unita a una continua ottimizzazione ed estensione al trattamento di nuove patologie.

Come avvenuto per la costruzione del CNAO, la proposta di Sperimentazione Clinica è stato oggetto di analisi, discussione e approvazione da parte del Comitato Tecnico Scientifico della Fondazione, che è formato dai Direttori Scientifici degli IRCCS partecipanti al CNAO e di esponenti di Associazioni ed Enti operanti nei settori dell'oncologia e della radioterapia. È stato, inoltre, presentato agli *advisors* internazionali, sia tecnici che medici del CNAO, per la calibrazione fine e di dettaglio dei vari passi operativi.

Il raggiungimento degli obiettivi del progetto di sperimentazione clinica passa dall'approvazione dei suoi contenuti da parte del Ministero della Salute e della Regione Lombardia.



## 1.1 IL PROGETTO CNAO

La storia del Centro Nazionale di Adroterapia Oncologica è iniziata con la pubblicazione, nel maggio del 2001, del rapporto “*Per un centro di teleterapia con adroni*” firmato da Ugo Amaldi e Giampiero Tosi. Allora Giampiero Tosi dirigeva la Fisica sanitaria del Niguarda ed era il più noto fisico medico italiano; Ugo Amaldi, fisico delle particelle e degli acceleratori, già membro per quindici anni all’Istituto Superiore di Sanità, era all’epoca al CERN di Ginevra dove dirigeva una collaborazione di circa cinquecento fisici, per la realizzazione e l’utilizzo di uno dei quattro grandi esperimenti dell’acceleratore LEP.

Il rapporto del 1991, suscitò l’interesse di Nicola Cabibbo, allora Presidente dell’INFN. Così nel 1992 fu dato un primo finanziamento per iniziare lo studio di un nuovo acceleratore che fosse in grado di accelerare sia protoni che ioni leggeri da utilizzare nella nuova terapia dei tumori profondi. Lo studio finanziato dall’INFN fu chiamato ATER, un abbreviativo di “adroterapia”, la parola coniata da Amaldi per questo nuovo tipo di radioterapia.

Nel 1992, per raccogliere i fondi e il personale necessari alla progettazione del Centro, fu creata la Fondazione TERA con sede a Novara. In 18 anni più di centosettanta fisici, ingegneri, informatici e tecnici sono stati o dipendenti oppure borsisti di TERA.

Tra il 1992 e il 2002 furono portati a termine tre disegni completi del centro, basati su sincrotroni di caratteristiche diverse, adatti alla possibile realizzazione prima a Novara (negli anni 1993-1995) e poi a Milano, vicino all’Abbazia di Mirasole (1996-1999). Ma, dopo inizi molto promettenti, gli ostacoli più diversi impedirono la realizzazione di questi progetti.

Nel 1995, per far sviluppare l’adroterapia in Europa e non soltanto in Italia, Amaldi convinse la Direzione del CERN dell’opportunità di progettare, a livello europeo, un sincrotrone per ioni carbonio e protoni ottimizzato per la terapia. Questo studio fu chiamato *Proton Ion Medical Machine Study* (PIMMS) e fu completato nel 2000 e TERA ne trasse una versione più compatta denominata PIMMS/TERA che poi si è evoluta nella versione CNAO definitivamente realizzata a Pavia.

## *Costituzione della Fondazione e passaggio progetto TERA-CNAO*

Umberto Veronesi, nominato nel maggio del 2000 Ministro della Salute, decise di finanziare la realizzazione del CNAO, che ben conosceva fin dal 1992. Nella primavera del 2001 fu creata la Fondazione CNAO. Il Ministro Gerolamo Sirchia, appena nominato, insediò una Commissione per analizzare il progetto e, non appena fu emesso parere positivo, nel novembre del 2001 insediò il Consiglio, che nominò Erminio Borloni come Presidente.

Erminio Borloni introdusse un approccio manageriale nella realizzazione del centro e, in aggiunta agli Enti fondatori inclusi per decreto ministeriale nella Fondazione, riuscì a creare attorno al progetto una rete di collaborazioni nazionali e internazionali che rappresentano tuttora la spina dorsale del sistema CNAO. Il Presidente acquisì anche da TERA il personale giovane, qualificato e molto motivato che affiancò agli Enti per seguire la fase di costruzione e diventare poi il motore interno della successiva fase di gestione del CNAO.

Gli anni dal 2002 al 2004 furono essenziali per il completamento del gruppo di progetto, l'allacciamento dei rapporti con gli Enti, l'acquisizione di solide basi di contribuzione al progetto e la finalizzazione, in ambito tecnico, dei progetti e delle specifiche sia di edifici e impianti che dell'alta tecnologia. La costruzione vera e propria del CNAO ha avuto inizio nel 2005, con la cerimonia della posa della prima pietra il 5 Marzo 2005 e con l'effettivo inizio delle lavorazioni nell'estate dello stesso anno.

Gli anni dal 2005 al 2009 sono stati una veloce cavalcata per portare a termine l'opera nel minor tempo, a vantaggio dei malati, e con il massimo del rapporto qualità-costi: oltre 400 le ditte che hanno lavorato per il CNAO, di cui 350 italiane; più di mille gli ordini e i contratti; 14 le gare ad evidenza pubblica bandite in ambito europeo; oltre 40 le autorizzazioni che sono state ottenute in settori riguardanti la costruzione e l'agibilità, la sicurezza, la radioprotezione e l'esercizio della struttura.

Con l'Inaugurazione del CNAO il 15 Febbraio 2010 si è formalmente chiusa la fase della costruzione del centro e sono iniziate le operazioni di test e messa a punto della macchina in vista dell'avvio della seconda fase, quella denominata della sperimentazione clinica, che porterà al trattamento di 230 pazienti scelti tra 10 patologie elettive per l'adroterapia. Questa fase che si svolgerà a partire dal 2011 permetterà di validare scientificamente l'adroterapia nell'ambito ospedaliero italiano e di gettare le basi per la successiva fase di avvio a regime della struttura che intende arrivare a trattare, in regime ambulatoriale, circa 3000 pazienti all'anno espandendo sempre più le indicazioni cliniche e portando avanti attività di ricerca clinica, radiobiologica e traslazionale.

*Le istituzioni che hanno collaborato alla realizzazione del CNAO*

NAZIONALI

Istituto Nazionale Fisica Nucleare, per la co-direzione dell'alta tecnologia, 15 task, formazione, ricerca;

Comune di Pavia per il terreno e le autorizzazioni;

Politecnico di Milano per il sistema di posizionamento del paziente, la radioprotezione e le autorizzazioni;

Provincia di Pavia per la viabilità e le autorizzazioni;

Università Statale di Milano per il coordinamento medico e la formazione;

Università Statale di Pavia per la logistica, ingegneria elettrica, sicurezza e formazione;

Università di Torino per l'interfaccia fascio-paziente, simulazioni e piani di trattamento.

Azienda Ospedaliera Policlinico di Catania

Azienda Ospedaliera Policlinico di Careggi

INTERNAZIONALI

CERN (Ginevra): magneti speciali, diagnostica dei fasci, misure magnetiche;

GSI (Darmstadt): acceleratore lineare e diagnostica dei fasci;

LPSC (Grenoble): ottica, magnete betatrone, elettronica della radiofrequenza;

NIRS (Chiba, Giappone): attività mediche e formazione.

### *Gli altri centri ospedalieri di adroterapia nel Mondo*

Il CNAO è il primo centro ospedaliero italiano di adroterapia oncologica dotato di fasci di protoni e di ioni carbonio, il quinto del genere al mondo dopo strutture simili nate nel 1992 a Chiba e nel 2001 a Hyogo in Giappone, e dopo l'apertura di un Centro a Heidelberg, in Germania, inaugurato a novembre 2009.

E' inoltre entrato in funzione nella primavera del 2010 un altro centro presso l'Università di Gunma, in Giappone.

In Germania sono attualmente in corso di costruzione centri di adroterapia presso l'Università di Margburg e a Kiel. Un'altra decina di progetti europei sono a stadi diversi di avanzamento: in particolare il progetto austriaco Med-Austron, che ha come scopo la realizzazione di un centro a Wiener Neustadt (a sud di Vienna), è stato approvato nel 2006 e nel 2008 ha scelto di adottare e acquisire il progetto del CNAO in vista della costruzione.

## Stato di avanzamento del Progetto CNAO: la conclusione della fase di collaudo e test degli impianti High Tech (Sincrotrone e componenti)

Nel corso del 2009 si è preceduto con messa in funzione dei componenti di alta tecnologia del CNAO. A inizio anno sono stati completati i test delle sorgenti e delle linee di bassa energia (LEBT = Low Energy Beam Transport). I risultati sono stati molto positivi e superiori ai valori di progetto. L'uso di strumentazione di diagnostica molto performante ha consentito un'ottima modellazione della LEBT e l'ottenimento di un'efficienza di trasmissione prossima al 97%.

Lo schema seguente illustra la composizione della LEBT evidenziandone i componenti magnetici e di diagnostica (wire scanners (BWS), slits (SLA) e Faraday cups (FCA)).

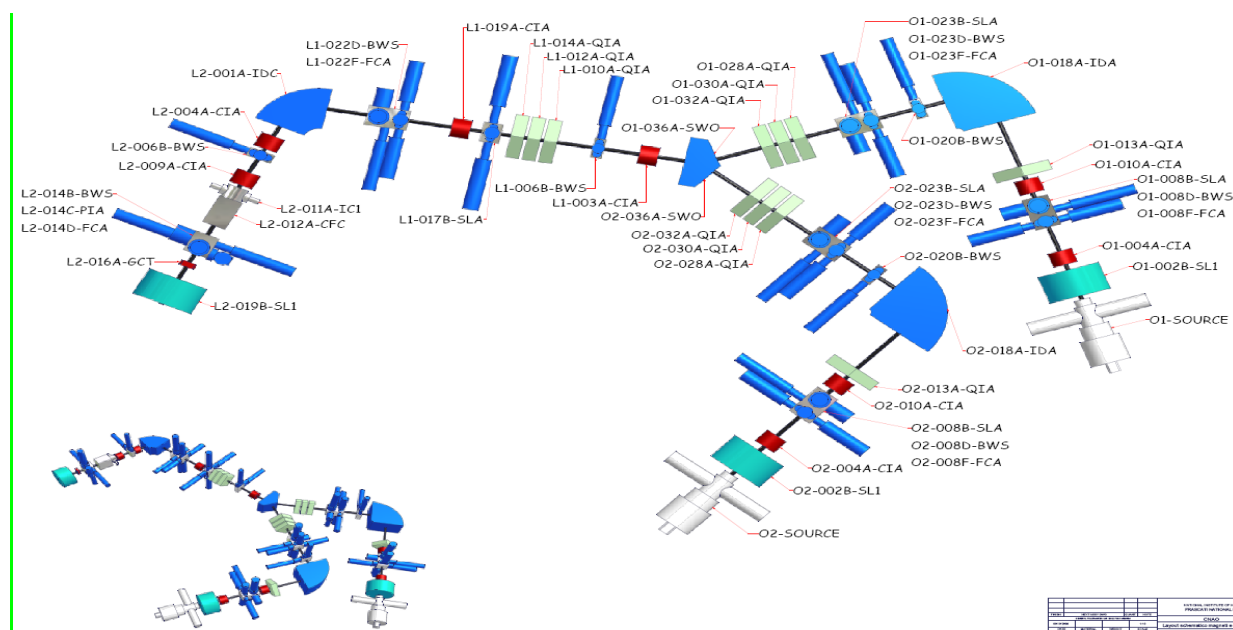


Figura 2 Linea LEBT (Low Energy Beam Transport): componenti magnetici e di diagnostica

La linea di bassa energia ha lo scopo di selezionare le specie atomiche e formare i fasci prima dell'iniezione nel primo stadio di accelerazione, costituito da un acceleratore lineare (RFQ+IH). Infatti, le sorgenti producono i fasci di particelle a partire da una miscela di gas in cui sono presenti varie specie atomiche. La prima parte della linea deve selezionare solo gli ioni opportuni, siano essi ioni di carbonio o protoni, che saranno impiegati per trattare il paziente.

Successivamente il fascio deve essere formato, cioè deve assumere una dimensione opportuna per poter entrare nell'acceleratore lineare. Se la forma non è corretta si corre il rischio di diminuire l'efficienza di trasmissione dell'acceleratore lineare, ossia meno particelle sono accelerate e arrivano fino al paziente.

La coppia di immagini che segue mostra la misura dell'emittanza del fascio all'ingresso dell'acceleratore lineare (emittanza orizzontale nella figura di sinistra, emittanza verticale in quella di destra). Per inciso l'emittanza di un fascio è una grandezza che misura la posizione e la traiettoria angolare di ogni singola particella che costituisce il fascio. L'immagine si riferisce a un fascio di ioni carbonio ( $C^{4+}$ ) aventi una corrente di 150 microA (micro Ampere). Le barre colorate verticali sono porzioni di fascio misurate, mentre la linea continua che le circonda e racchiude corrisponde all'involuppo massimo atteso da progetto. Come si vede la misura mostra che le barre sono racchiuse nelle ellissi di involuppo e quindi in linea con la previsione teorica a dimostrazione della buona funzionalità della linea di trasporto a bassa energia.

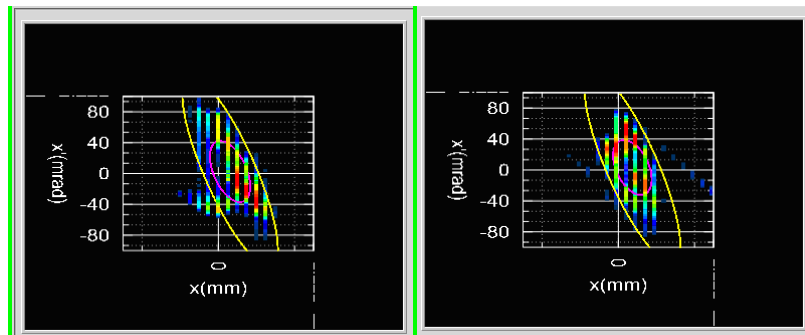


Figura 3: Visualizzazione emittanza del fascio (Ioni  $C^{4+}$ ) all'ingresso dell'acceleratore lineare (LINAC)

Nella coppia di immagini che segue, lo stesso tipo di misura è riproposta per un fascio di ioni  $H3^+$  che costituiscono la base per la produzione dei fasci di protoni. Anche in questo caso si noti la corrispondenza tra misura e previsione teorica.

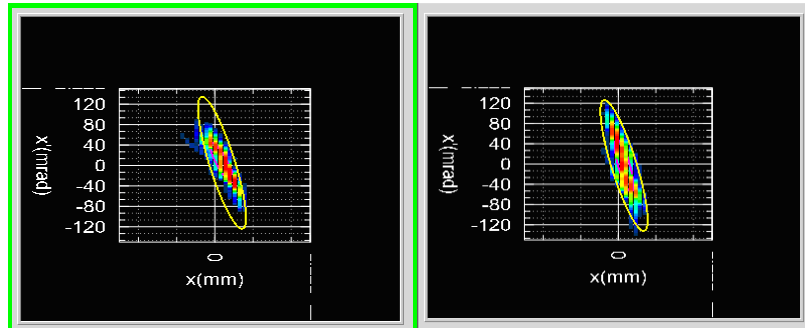


Figura 4: Visualizzazione emittanza del fascio (Ioni  $H3^+$ ) all'ingresso dell'acceleratore lineare (LINAC)

Nei primi mesi del 2009 si è poi provveduto all'installazione e alla messa in funzione del primo stadio di accelerazione del fascio tramite un Radio Frequency Quadrupole (RFQ). Questa macchina acceleratrice porta l'energia dei fasci da 8 keV/u a 400 keV/u, cioè aumenta di 50 volte l'energia dei fasci in meno di 1,5 metri di lunghezza. L'RFQ è fotografato qui sotto nella posizione finale subito dopo il magnete solenoide (il toroide a destra nella foto).



Figura 5: Radio Frequency Quadrupole (RFQ)

Il commissioning dell'RFQ è stato completato a marzo 2009 e i risultati ottenuti sono stati positivi. In particolare si è osservato che il fascio viene accelerato rispettando i valori di progetto fino a 400 keV/u; inoltre l'efficienza di trasmissione è prossima al 60% ed è molto vicina a quella massima ottenibile sulla base delle caratteristiche costruttive dell'RFQ, come dimostrato grazie all'utilizzo di un fascio di prova di dimensioni ridotte, con il quale si è potuto fare la scansione sistematica dell'accettanza (apertura utile dell'RFQ). L'immagine successiva riporta i valori di corrente misurati all'ingresso e all'uscita dell'RFQ: il rapporto tra i due valori fornisce l'efficienza di trasmissione  $73.5/117=63\%$ .

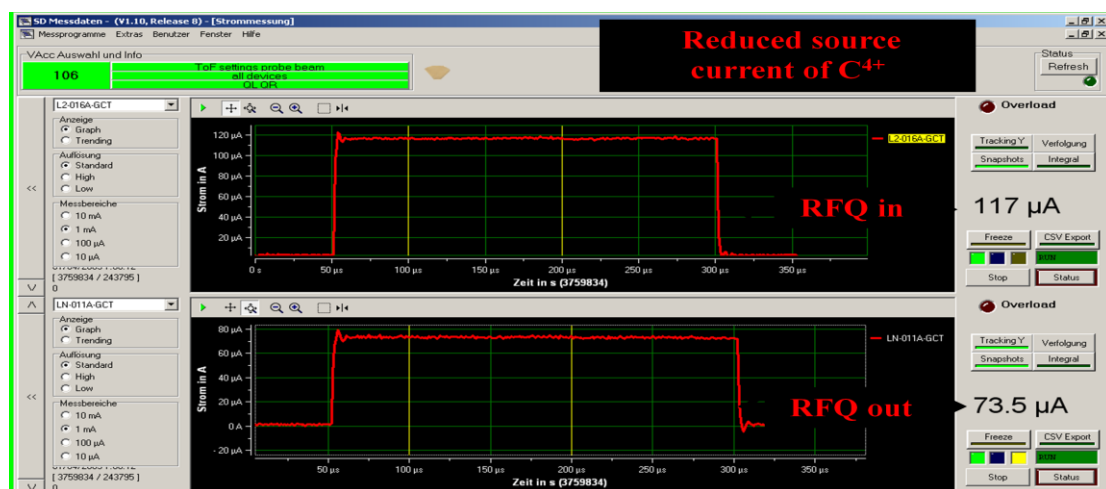


Figura 6: Valori di corrente in ingresso e in uscita dal' RFQ.

Terminate le prove con l'RFQ, da aprile a giugno si è provveduto all'installazione dello stadio successivo di accelerazione lineare: il LINAC IH. La foto seguente mostra l'IH (il parallelepipedo nella parte a destra della figura 7) nella posizione finale prima di iniziare le misure con i fasci. L'acceleratore IH ha il compito di portare fino a 7 MeV/u l'energia dei fasci di protoni e ioni carbonio.

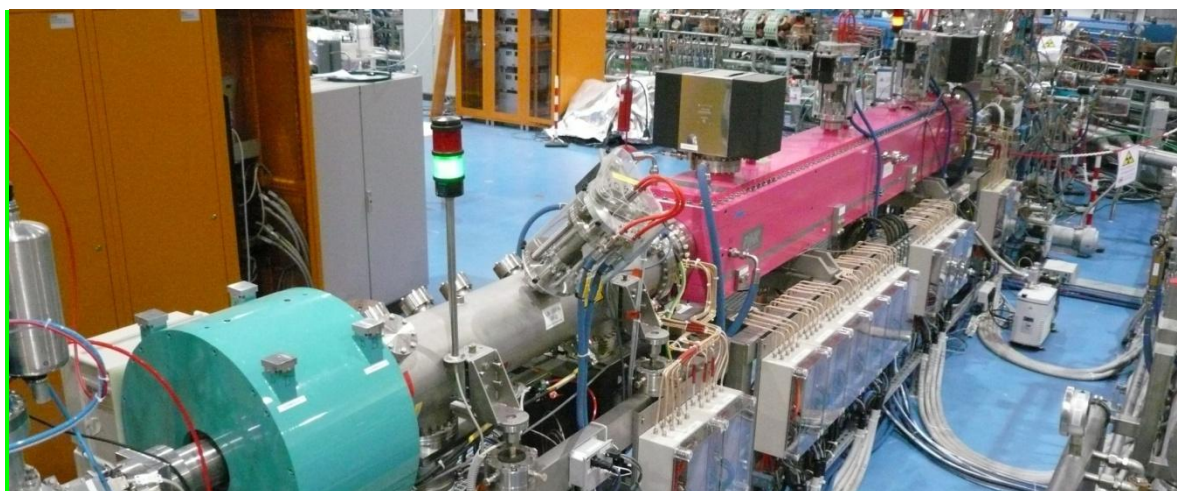


Figura 7: L'acceleratore lineare (LINAC)



I test effettuati nel mese di Luglio hanno mostrato che l'energia finale è correttamente ottenuta e hanno consentito di misurare le correnti di fascio finali. I valori reali inerenti le correnti di ioni carbonio C6+ e H+ sono risultati addirittura superiori ai valori di progetto.

Nei mesi successivi si è poi provveduto al completamento definitivo della linea di trasporto a media energia (MEBT = Medium Energy Beam Transport), che collega l'acceleratore lineare al sincrotrone, e alle prove senza fascio dei componenti del sincrotrone. Due sessioni di misura con fascio sono state effettuate nei mesi di novembre e dicembre. Durante quest'ultima sessione di misure si sono effettuati i primi giri dei fasci nell'anello del sincrotrone.

Il fascio viene iniettato nel sincrotrone dall'interno e al termine del primo giro è posizionato uno schermo fluorescente che emette luce quando colpito dai fasci di protoni o ioni carbonio circolanti.

L'immagine indicata dalla freccia rappresenta la macchia luminosa lasciata dal primo fascio di protoni che ha circolato nell'anello del sincrotrone il 16 Dicembre 2009.

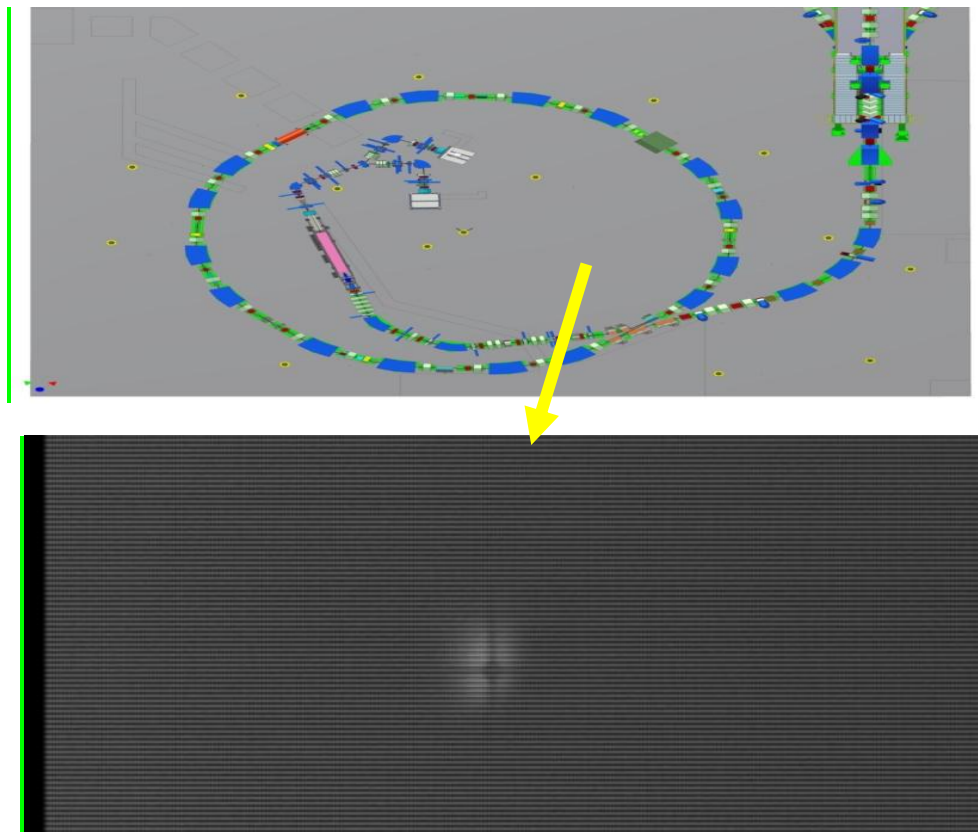


Figura 8: La 'macchia' luminosa lasciata dal primo fascio di protoni che ha circolato nell'anello del sincrotrone

Nel Febbraio 2010 si sono concluse le operazioni di installazione e completamento delle linee di trasporto ad alta energia (HEBT = High Energy Beam Transport), che trasporteranno i fasci fino alle sale di trattamento dove verranno posizionati i pazienti.

Successivamente hanno avuto luogo le attività di commissioning dei fasci per la preparazione ai trattamenti. In questo caso le energie, le intensità e le modalità di distribuzione dei fasci dovranno essere accuratamente verificate e misurate prima di poter procedere in sicurezza ai trattamenti dei pazienti. Il fascio estratto dal sincrotrone viene indirizzato in una delle tre sale di trattamento. Quella centrale ospita anche una linea verticale il cui magnete terminale pesa oltre 100 tonnellate ed è sospeso sopra il paziente.

L'immagine seguente mostra lo schema in pianta dell'alta tecnologia, con l'anello del sincrotrone che si sviluppa su una lunghezza di circa 80 metri

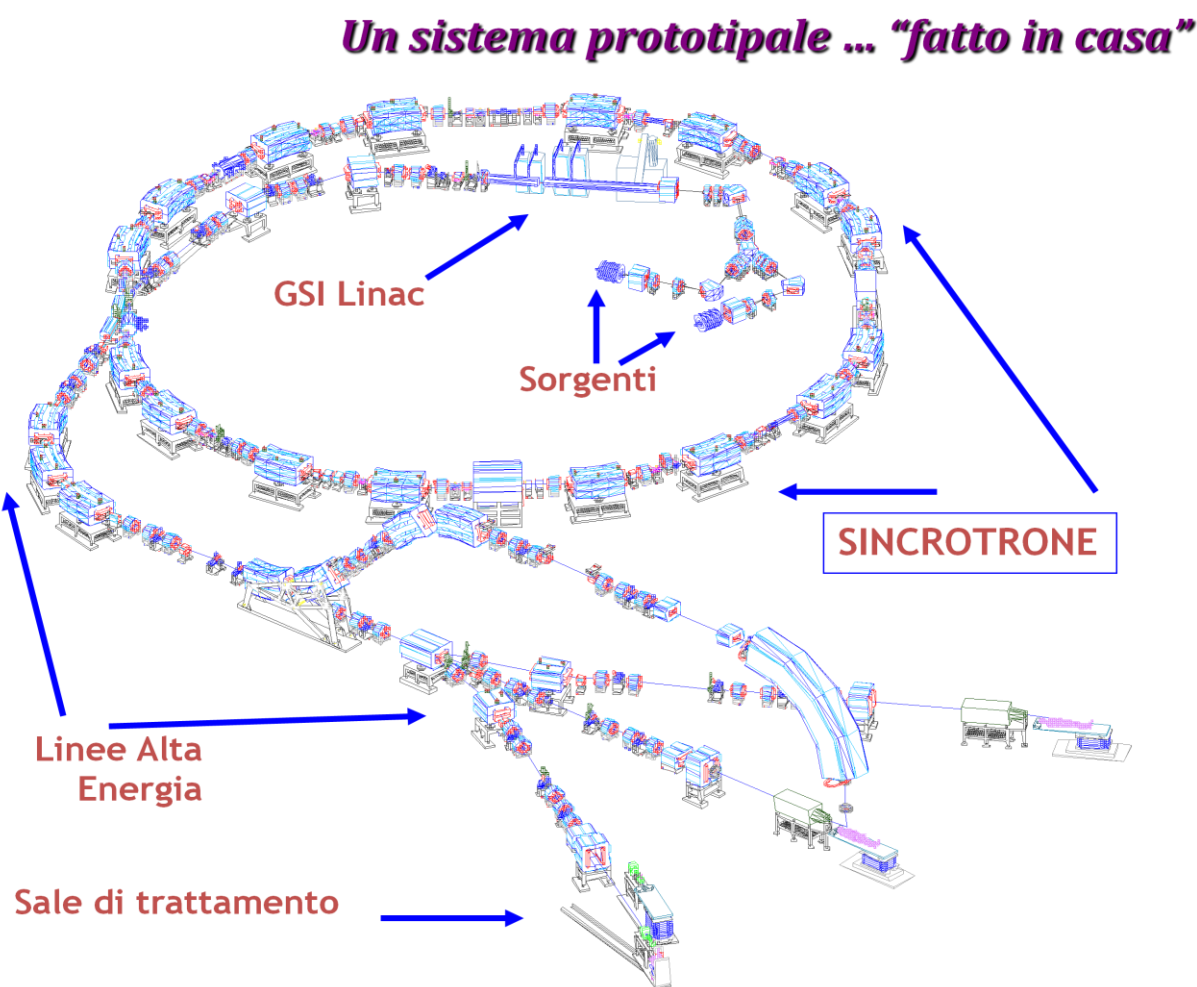


Figura 9: Lo schema in pianta dell'alta tecnologia

Il magnete della linea verticale è stato installato nella posizione finale a Maggio 2009. La foto seguente mostra la fase di avvicinamento del magnete all'apertura nel soffitto della sala centrale, attraverso la quale il magnete è stato infilato grazie all'azione combinata di due enormi gru. L'intera operazione è durata due giorni e la precisione richiesta per il posizionamento era inferiore al centimetro.



Figura 10: La fase di avvicinamento del magnete all'apertura nel soffitto della sala centrale

Quasi al termine di ciascuna linea di fascio, a circa 5 metri dal paziente, sono installati una coppia di magneti che deflettono il fascio lungo i due assi ortogonali alla sua direzione. In questo modo si ha la possibilità di spostare il fascio in modo da dipingere la fetta tumorale (la cui profondità è definita dall'energia del fascio). Nella composizione di foto che segue (figura 11) sono mostrati i magneti deflettori, detti anche di scansione, e il principio di funzionamento del sistema attivo di distribuzione della dose.

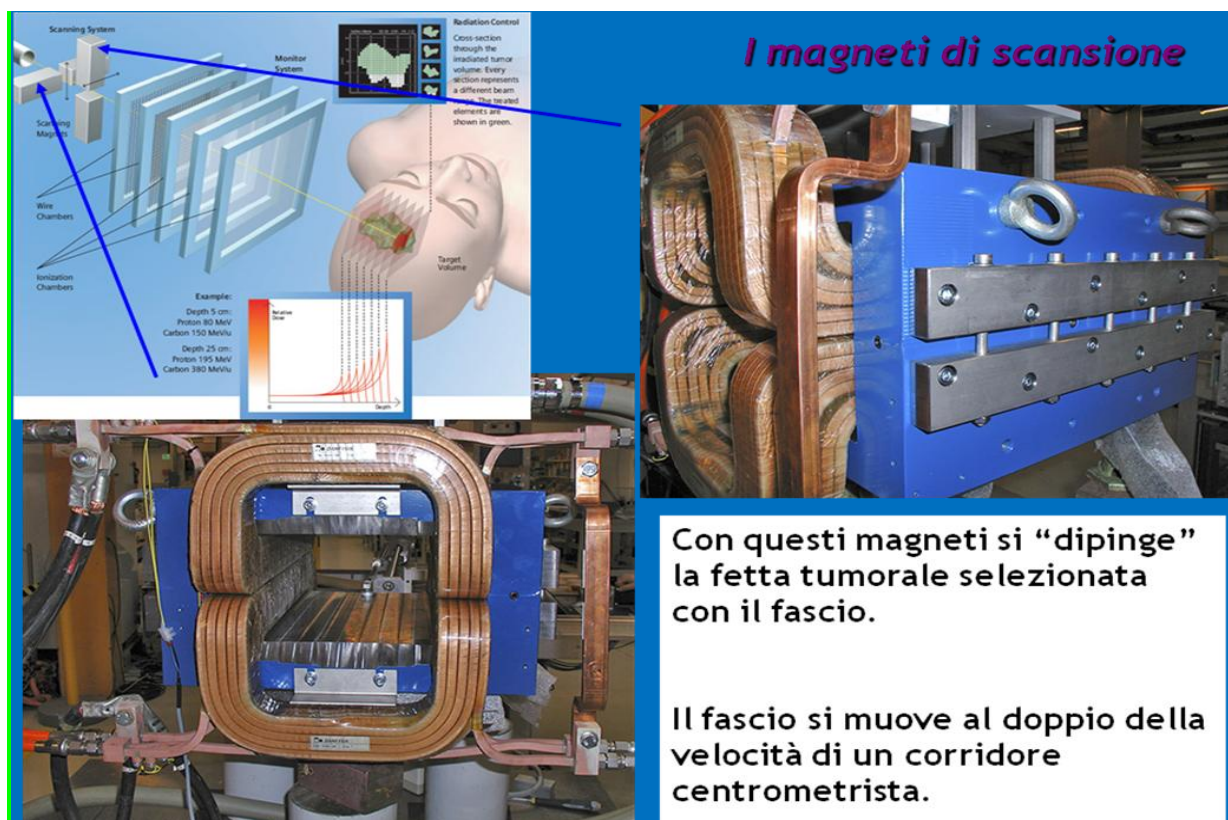


Figura 11 Il principio di funzionamento del sistema attivo di distribuzione della dose

Nel 2009 si è completata l'installazione, all'interno delle tre sale di trattamento, dei sistemi di posizionamento del paziente (PPS = Patient Positioning System), di verifica pre-irraggiamento della posizione del paziente (PVS = Patient Verification System), di verifica in tempo reale del movimento del paziente (OTS = Optical Tracking System).

La foto seguente mostra i tre sistemi installati nelle tre sale di trattamento.

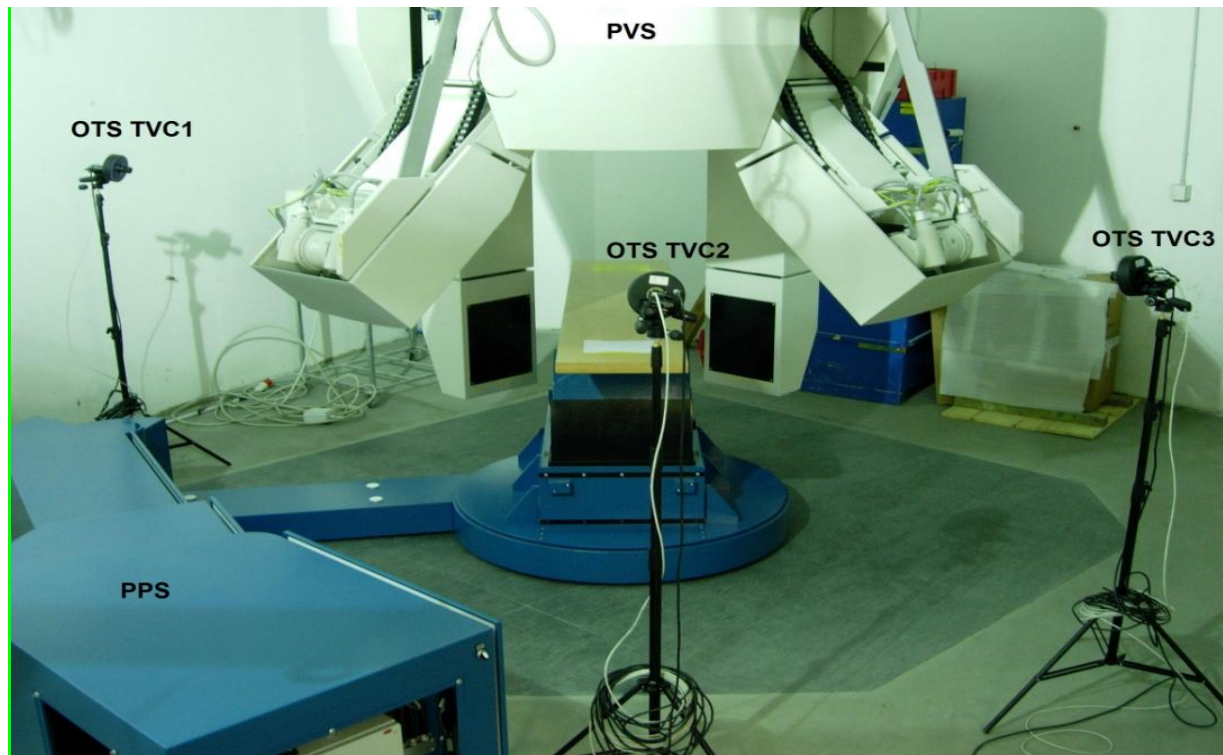


Figura 12: I sistemi installati nelle nelle sale trattamento

Grazie a questi sistemi, il paziente, posizionato su un lettino (oppure su una sedia) esternamente alla sala di trattamento, viene trasportato all'interno e qui viene preso in consegna da un sistema robotico a pantografo (PPS) che lo porta, in sicurezza, nella posizione finale di trattamento. La posizione viene controllata, prima dell'irraggiamento, da un sistema a raggi-X (PVS) montato a soffitto e, se dovesse servire, una roto-traslazione automatica del paziente è effettuata per allinearli alla direzione del fascio.

Entro febbraio 2010 tutti i sistemi di alta tecnologia, sicurezze incluse, sono stati resi operativi e pronti per le fasi finali del commissioning con fasci e preparazione ai trattamenti.

Alla fine del mese di Ottobre 2010 è stato estratto il primo fascio di particelle dal sincrotrone (acceleratore circolare di particelle) accelerate fino ad arrivare alla massima potenza desiderata. Successivamente il fascio estratto ha raggiunto la sala di trattamento 1.

## **1.2 IL CORE DI CNAO: L'ADROTERAPIA, UN TRATTAMENTO ONCOLOGICO INNOVATIVO**

L'adroterapia è una forma di radioterapia basata su particolari tipi di adroni, fasci di ioni carbonio e protoni, in grado di penetrare nel corpo umano e colpire le aree tumorali più profonde. Gli ioni carbonio in particolare sono caratterizzati da un'alta capacità distruttiva in grado di "spezzare" il DNA delle cellule malate con una forza 3-4 volte maggiore rispetto ai protoni e ai raggi X. Si tratta di fasci di particelle invisibili preaccelerate che penetrano in profondità nel corpo umano (fino a 30 centimetri) senza disperdere energia, con un'azione precisa e mirata: l'energia infatti raggiunge il picco quando incontra la massa tumorale da colpire e poi cessa completamente. Gli organi e i tessuti che si trovano lungo il "percorso" di queste particelle e in prossimità della massa tumorale, quindi, non vengono colpiti se non in minima parte dalle radiazioni e, di conseguenza, non vengono danneggiati.

Il Centro di Pavia userà protoni per circa il 20 per cento dei trattamenti e per il restante 80 per cento ioni carbonio: questi, simili ai protoni come capacità di raggiungere il bersaglio, riescono però a recare alla massa tumorale un danno molto più intenso, qualitativamente in grado di curare i tumori radioresistenti.

L'adroterapia è una novità importante sul fronte della lotta ai tumori e una speranza concreta per i pazienti con tumori solidi radioresistenti o difficilmente operabili su cui la terapia tradizionale non ha dato i risultati auspicati. Nel 2007 sono stati sottoposti a radioterapia nei 150 centri distribuiti sul territorio nazionale oltre 117000 pazienti: di questi, circa il 5 per cento potrebbe trarre vantaggio dall'adroterapia. Essa quindi non sostituisce la radioterapia convenzionale, ma è un'arma in più a disposizione dei pazienti e dei medici in situazioni particolari: può essere utilizzata in aggiunta o in sostituzione di trattamenti più tradizionali, siano essi radioterapici, chirurgici o farmacologici.

Alcune delle patologie difficili che si potranno trattare con adroterapia sono i sarcomi dell'osso e delle parti molli, i tumori del sistema nervoso centrale e paraspinali, i tumori del distretto cervico-cefalico, i melanomi dell'occhio e delle mucose, i carcinomi della tiroide, i tumori non a piccole cellule del polmone, i tumori primitivi del fegato e le neoplasie dell'età pediatrica.

I vantaggi della radioterapia con adroni, rispetto alla radioterapia convenzionale con fotoni, sono di due tipi: geometrico e radiobiologico. Dal punto di vista geometrico, la radioterapia con adroni permette una miglior conformazione, cioè permette di somministrare la dose al tumore riducendo la dose somministrata ai tessuti sani circostanti. Come abbiamo già sottolineato in precedenza, al CNAO verranno impiegati due tipi di adroni: i protoni e gli ioni carbonio. Dal punto di vista radiobiologico, i protoni non offrono un vero vantaggio rispetto ai fotoni, mentre gli ioni carbonio depositano più energia per unità di lunghezza e sono quindi in grado di produrre danni più difficilmente riparabili ai tessuti tumorali. Questo si traduce in un effetto biologico relativo di circa 3 volte superiore ai fotoni alla fine del percorso, dove si trova il tumore da sterilizzare.

### *Frazionamento e durata del trattamento*

E' ben noto che il frazionamento e la durata del trattamento hanno un ruolo importante nel determinare la risposta clinica; al di là della necessità di determinare i parametri di radiosensibilità dei diversi tessuti, sarà comunque fondamentale la valutazione dell'effetto di frazionamento e durata dei trattamenti in base all'esperienza clinica maturata.

Alla luce di tali considerazioni, al CNAO si impiegheranno gli stessi schemi di frazionamento impiegati al NIRS (4 giorni a settimana). In futuro si passerà al trattamento su cinque giorni a settimana, ma nei primi pazienti trattati, nella fase sperimentale, non ci saranno variazioni rispetto ai protocolli già ampiamente impiegati al NIRS.

E' necessario sottolineare alcune particolarità che caratterizzano la terapia adronica:

l'adroterapia oncologica prevede un ciclo di sedute di trattamento impostate su un arco temporale di cinque giorni a settimana (esclusi il sabato e la domenica) distanziate, l'una dall'altra, da un intervallo di tempo che deve essere al massimo pari a 48 ore. Questo frazionamento della dose permette di massimizzare l'indice terapeutico; infatti consente alle cellule sane danneggiate di riparare i danni subletali meglio di quanto non facciano le cellule tumorali e stimola la proliferazione delle cellule sane più di quanto accade per quelle tumorali.

Superate le 48 di distanza tra una seduta e l'altra, la terapia sul singolo paziente risulterà essere meno efficace, in quanto le cellule tumorali "bombardate" avranno avuto il tempo necessario per rigenerarsi.

Inoltre, l'adroterapia ha la caratteristica di non essere ripetibile: non sarà, quindi, possibile ricominciare da capo la terapia su quei pazienti che avranno già effettuato almeno una seduta di trattamento.

Da queste due considerazioni ne consegue che la continuità del trattamento sul singolo paziente è un requisito fondamentale per la buona riuscita della terapia.

Come vedremo più avanti, questa particolarità legata al trattamento adroterapico condiziona necessariamente sia la fase di organizzazione della struttura che la successiva fase di gestione, nonché la stessa manutenzione.

### *Imaging di simulazione (TC, RM e PET)*

Il paziente prima del trattamento radiante verrà sottoposto ad una TC (detta "di centratura" o di "simulazione") priva di finalità diagnostiche, ma volta ad ottenere le immagini della regione di interesse, sede della lesione da irradiare. Tale esame verrà effettuato nelle condizioni di posizione ed immobilizzazione del paziente che verranno poi riprodotte in ciascuna seduta di trattamento.

Al fine di ottenere un imaging ad elevata risoluzione che rechi informazioni di ordine anatomico e funzionale le immagini TC che, in primo luogo sono strumentali al calcolo della dose mediante il TPS, verranno fuse con immagini ottenute mediante altre tecniche che

rechino maggiori informazioni per una più corretta definizione dei volumi bersaglio d'interesse. Le altre tecniche saranno RM e TC-PET.

La RM con mezzo di contrasto paramagnetico (gadolinio) sarà utilizzata per la definizione dei volumi bersaglio; se la TC dà importanti informazioni sul coinvolgimento/infiltrazione ossea del tumore, la RM dà maggiori informazioni sulla componente "tessuto molle". L'integrazione delle due metodiche, mediante la fusione dell' imaging, permette al radioterapista di identificare al meglio il target da irradiare. Saranno acquisite immagini morfologiche, di perfusione, di diffusione e di spettroscopia. Per una miglior definizione del target le scansioni dovranno avere uno spessore di 2 mm.

La RM che verrà fusa in fase di contornamento dei volumi, dovrà essere effettuata in condizioni di posizione del paziente analoghe a quelle della TC. L'esecuzione della RM prevede la presenza del medico specialista, del tecnico di radiologia, dell' infermiere professionale.

La PET permette, in alcuni tumori, una migliore definizione dei volumi bersaglio. Sarà utilizzata per la definizione dei volumi bersaglio mediante la fusione con le immagini TC nei casi dove ciò sia ritenuto necessario.

### *Posizionamento, immobilizzazione*

Dispositivi personalizzati verranno confezionati per garantire il posizionamento e l'immobilizzazione ottimale di ogni paziente al fine di rendere riproducibile il trattamento in ogni seduta. Il sistema di immobilizzazione personalizzato accompagnerà il paziente in ogni seduta di trattamento. Le procedure di confezionamento dei sistemi di immobilizzazione per il paziente vedranno impegnate due figure professionali (tecnici di radiologia medica) con esperienza in ambito di radioterapia , affiancate da un medico radioterapista.

Successivamente il medico radioterapista utilizzando il software di treatment planning (TPS) effettuerà la fusione tra le diverse modalità di imaging (TC e RM). Su tali immagini individuerà e contornerà i volumi bersaglio e gli organi critici. Tra gli organi a rischio verrà sempre contornata la porzione di cute compresa nelle porte di ingresso di tutti i campi erogati; si contornerà un volume corrispondente ai 5 mm di tessuti più superficiali.

In base alla definizione ICRU verranno identificati i volumi di trattamento specifici per ogni tipo di patologia.

La fusione di immagini ed il contornamento impiegheranno un medico radioterapista per circa 3 ore.

Le dosi di prescrizione e frazionamento saranno specificati per ogni tipo di patologia.

Anche la durata totale del trattamento è strettamente correlata al tipo di patologia e al singolo caso.



### *Tecnica e piani di trattamento*

Per ogni paziente verrà impiegata una tecnica di irradiazione personalizzata. Il medico radioterapista valuterà l'adeguatezza dei sistemi di posizionamento impiegati. In particolare in caso di paziente da trattare in posizione clinostatica valuterà insieme al fisico medico l'adeguatezza dei limitati angoli di incidenza dei fasci di irradiazione disponibili ed eventualmente richiederà l'esecuzione di una procedura di simulazione addizionale con diverso posizionamento del paziente. In caso di paziente da trattare in posizione seduta il medico radioterapista valuterà il rischio di derive o di scarsa riproducibilità nel posizionamento ed eventualmente richiederà una nuova procedura di simulazione in clinostatismo. In caso di accettabilità della posizione di simulazione il medico radioterapista insieme al fisico medico decideranno il numero e l'orientamento dei fasci da impiegare. Il calcolo della dose biologica equivalente verrà eseguito dal fisico medico mediante il software di pianificazione del trattamento Syngo PT Planning (Siemens). Il piano di cura verrà valutato dal medico radioterapista mediante l'analisi delle curve di isodose sulle diverse sezioni TC e mediante lo studio degli istogrammi dose-volume dei volumi bersaglio e degli organi critici. Il piano di cura di ogni paziente verrà discusso collegialmente dal comitato esecutivo del trial.

Il paziente, ad ogni frazione di terapia, sarà riposizionato come in fase di simulazione, tenendo conto delle eventuali modificazioni anatomiche e topografiche tra una sessione e la successiva (variabilità inter-sessione) e all'interno di ogni singola frazione (variabilità intra-sessione). Al fine di coniugare accuratezza nella riproducibilità del set-up e tempistica nell'allestimento della seduta di terapia, la procedura di posizionamento del paziente si articola in due momenti e luoghi fisici differenti: la sala di preposizionamento (sala CAPH o Computer Assisted Positioning in Hadrontherapy) e la sala di trattamento.

## 1.4 ASPETTI ORGANIZZATIVI E FUNZIONALI

### *L'organizzazione delle funzioni aziendali*

La Fondazione CNAO è un ente senza scopo di lucro creato nel 2001 dal Ministero della Salute. La forma giuridica è quella delle *Fondazioni di Partecipazione*, di cui possono far parte Enti sia pubblici che privati.

Di seguito riportiamo l'organigramma aziendale:

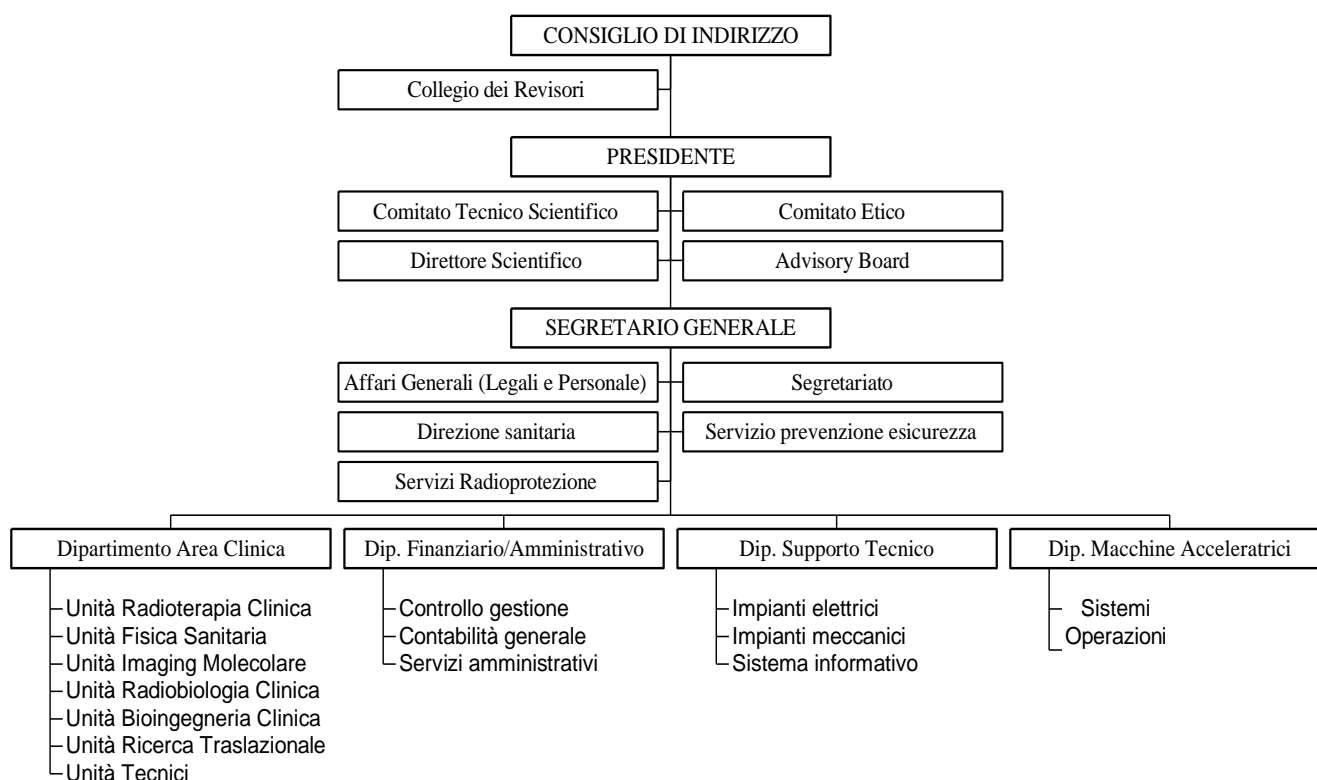


Figura 13: L'organigramma aziendale di CNAO

- Il Consiglio di Indirizzo formato dagli Enti Fondatori, dai Partecipanti Istituzionali e Partecipanti, svolge la funzione di organo assembleare, con compiti di indirizzo e programmazione e pochi, essenziali compiti di amministrazione straordinaria (approvazione dei bilanci, nomine, modifiche statutarie, scioglimento e liquidazione della fondazione, ammissione di nuovi partecipanti);
- il Presidente esercita tutti i poteri di iniziativa necessari per il buon funzionamento amministrativo e gestionale della Fondazione, detiene i poteri di firma e la rappresentanza legale di fronte a terzi e in giudizio, cura le relazioni con Enti e Istituzioni;
- al Segretario Generale sono affidati tutti i poteri di gestione della Fondazione non riservati al Consiglio, nel rispetto degli indirizzi.

La struttura, mostrata nella figura riportata nella pagina precedente, prevede, oltre ad una serie di figure di staff a supporto del Presidente e del Segretario Generale, anche quattro dipartimenti in linea, in relazione diretta con il Segretario Generale e, per il Dipartimento Area Clinica, con il Direttore Scientifico. I quattro dipartimenti sono:

- Dipartimento Area Clinica;
- Dipartimento Finanziario /Amministrativo;
- Dipartimento Supporto Tecnico;
- Dipartimento Macchine Acceleratrici.

A partire dal 1° Gennaio 2010 tutto il personale dipendente che lavora presso CNAO è stato inquadrato nel Contratto Collettivo della Sanità Privata.

Nel corso dell'anno 2010 la struttura è stata progressivamente completata, in particolare procedendo ad integrare alcune figure nel dipartimento area clinica.

A pieno regime il personale dell'Area Medica sarà aumentato compatibilmente con l'incremento del numero dei pazienti trattati.

## *Le aree funzionali*

Le funzioni previste all'interno della struttura, dedicata al trattamento dei tumori con la tecnica dell'adroterapia ed alla ricerca clinica e radiobiologica, sono riconducibili ai seguenti settori funzionali:

- il servizio di poliambulatorio;
- il servizio di imaging (diagnostica per immagini e medicina nucleare);
- il servizio terapeutico (adroterapia);
- i servizi amministrativi, scientifici e tecnici;
- i servizi generali, quali bar, aula conferenze, sale riunioni, sala lettura;
- le aree tecnologiche, comprendenti le centrali degli impianti elettrici, termomeccanici e speciali per il funzionamento dell'edificio sanitario, le centrali di trasformazione dell'energia elettrica e quelle a servizio dell'alta tecnologia.

L'organizzazione distributiva dell'edificio ospedaliero prevede la concentrazione delle funzioni di elevata fruizione da parte degli utenti al piano terra ed al piano interrato; tutti i servizi sanitari (1, 2, 3) sono qui localizzati. Tale scelta è giustificata nel primo caso dall'immediata accessibilità dall'esterno e nel secondo dalla necessità di garantire opportune schermature alle radiazioni per le sale utilizzate per il trattamento dei tumori.

Ai piani primo e secondo trovano invece collocazione le funzioni non propriamente sanitarie.

### *Il poliambulatorio*

Come gli altri servizi caratterizzati da una elevata fruizione da parte degli utenti, è collocato al piano terra, in prossimità dell'ingresso principale. Si compone di sei ambulatori, attrezzati con attacchi per l'ossigeno ed il vuoto, per fare fronte ad eventuali emergenze. Uno degli ambulatori è ad alto controllo infettivologico.

E' previsto uno spazio riservato alla sosta degli utenti barellati in prossimità del poliambulatorio ed interna all'area di tipo "pulito".

Le prestazioni praticate in questa struttura sono costituite essenzialmente da attività di tipo clinico in particolare visite mediche per consulti iniziali e visite periodiche di follow-up. Le visite specialistiche saranno effettuate principalmente da medici radioterapisti, ma sono previste consulenze da parte di altri specialisti in caso di patologie di pertinenza specifica nel campo dell'oculistica, dell'otorinolaringoiatria, dell'urologia, della neurochirurgia, della chirurgia generale, della pneumologia e della pediatria.

### *Il servizio di diagnostica per immagini e di medicina nucleare*

Il servizio è ubicato al piano terra e si compone di una sala per Risonanza Magnetica, due sale per Tomografia Computerizzata, ciascuna provvista di idonea sala comandi attrezzata con due postazioni di lavoro, un locale tecnico e, a supporto di ciascuna sala, un'area riservata alle emergenze e due spogliatoi passanti per gli utenti.

Sono inoltre presenti al piano un locale destinato allo stoccaggio delle cartelle cliniche relative ai pazienti in cura, nonché un'area riservata alla preparazione ed al deposito dei dispositivi di immobilizzazione utilizzati nelle fasi preparatorie e di trattamento dei pazienti.

Il Centro Imaging, inoltre, ospita un settore di medicina nucleare in cui saranno effettuati esclusivamente esami CT-PET per la definizione dei trattamenti. Tale settore occupa la porzione settentrionale del piano terra. Il reparto si compone di due sale CT-PET con sala controllo comune, attrezzata con due postazioni di lavoro e locale tecnico comune, di un locale somministrazione e di una camera calda per la manipolazione dei prodotti radioattivi.

### *L'area del servizio terapeutico: l'adroterapia*

Il piano interrato della struttura ospedaliera è sostanzialmente dedicato al trattamento dei pazienti.

La sala d'attesa generale, illuminata naturalmente dalla corte centrale dell'edificio, distribuisce la luce all'area ove viene svolta la simulazione del trattamento ed all'area riservata al trattamento stesso. La prima si compone di due sale per la simulazione (con interposti la sala comandi, attrezzata con due postazioni di lavoro, ed il locale tecnico), ciascuna servita da due spogliatoi passanti. Il servizio prevede, inoltre due aree, in adiacenza ad ogni sala, per la gestione delle emergenze o l'attesa dei pazienti barellati, un servizio igienico e due depositi contenenti i dispositivi di immobilizzazione utilizzati per la simulazione.

L'area per il trattamento è organizzata in più zone funzionalmente distinte. A partire dalla sala d'attesa gli utenti penetrano, attraverso spogliatoi passanti, nel corridoio di distribuzione ad una delle cinque sale di preparazione (sale CAPH = Computed Assisted Positioning in Hadrontherapy) articolate ad "L" attorno a due lati della sala d'attesa. Da qui vengono indirizzati ad una delle tre sale di trattamento (altre due sale potranno essere aggiunte in una seconda fase).

Gli utenti barellati, scesi al piano usufruendo del montalettighe riservato, sostano in un apposito locale ubicato in posizione baricentrica rispetto all'area, ove sono peraltro distribuiti i locali del personale, i locali di supporto (depositi, servizi igienici, deposito farmaci), un ambulatorio attrezzato per le emergenze ed un locale post-trattamento dove i pazienti sostano prima di uscire dal reparto.

Nel mese di Febbraio 2010 è stata ottenuta dall'Asl di Pavia l'autorizzazione all'esercizio e l'accreditamento per il Poliambulatorio e la Diagnostica per immagini. Il servizio di adroterapia sarà oggetto di una istanza di autorizzazione e accreditamento a parte.

Le sale di trattamento, la sala sincrotrone e la sala alimentatori sono attualmente incluse nel certificato di prevenzione incendi. Si tratta infatti di aree definitivamente integrate nel resto dell'edificio al termine delle attività di messa in funzione dell'alta tecnologia

Nei primi mesi del 2010 è stato effettuato il completamento delle attività e la conseguente richiesta ai VVF dell'integrazione del certificato di prevenzioni incendi e di conseguenza l'agibilità completa del CNAO.

## **1.5 DESCRIZIONE FISICO-SPAZIALE E IMPIANTISTICA DEL CENTRO**

Il Centro Nazionale di Adroterapia Oncologica ( CNAO ) è situato nel Comune di Pavia (Strada Privata per Campeggi), in provincia di Milano ed è costituito da un edificio che si sviluppa su quattro piani:

- piano interrato ( I );
- piano terra ( T );
- piano primo ( P );
- piano secondo ( S ).

### **PIANO INTERRATO**

- tre sale trattamento denominate TR1, TR2, TR3 );
- locale ospitante l'acceleratore di particelle, ovvero il Sincrotrone.

### **PIANO TERRA**

- area poliambulatoriale, costituita da sei ambulatori;
- area imaging;
- due locali destinati alle TAC ( TAC1 e TAC2 );
- due locali destinati alle PET ( PET1 e PET2 );
- un locale destinato alla risonanza magnetica ( RM );
- il centro informazioni;
- il locale guardiania;
- un bar.

## PIANO PRIMO

- il reparto amministrazione;
- gli uffici medici;
- gli uffici tecnici;
- i locali destinati al servizio prevenzione e protezione;
- i locali della radioprotezione;
- la radiobiologia;
- il C.E.D.

Inoltre va ricordato che in copertura sono presenti alcuni componenti degli impianti come i Dry Cooler, il gruppo caldaie, la centrale termica, le centrali frigo (gruppi frigo), gli estrattori d'aria e le centrali di trattamento aria (UTA).

## PIANO SECONDO

- l'ufficio del Presidente;
- l'ufficio del Segretario Generale;
- l'ufficio della Direzione Sanitaria;
- l'ufficio della Direzione Scientifica;
- la sala conferenze;
- una biblioteca;
- due sale riunioni;



Infine, abbiamo la zona esterna lato nord, la quale è destinata principalmente ad ospitare il parcheggio riservato ai dipendenti e all'area verde, e la zona esterna lato sud destinata allo stoccaggio provvisorio degli articoli che vengono consegnati dai diversi fornitori, in attesa che questi vengano utilizzati.

Dopo aver fatto una descrizione fisico-spaziale del CNAO cerchiamo ora di individuare i sistemi impiantistici principali e di descriverne le logiche di funzionamento.

IL CNAO è un impianto che produce fasci di particelle per trattamenti medici. Un trattamento ha lo scopo di trasferire un certo quantitativo di energia ad un tumore. Per eseguire correttamente il trattamento il tumore è suddiviso in un certo numero di sezioni irradiate da un quantitativo di energia variabile a seconda della sezione. L'energia è trasferita al tumore mediante fasci di particelle

I fasci sono prodotti, mantenuti in condizioni di esercizio e distribuiti mediante un acceleratore di particelle. Un ciclo è il periodo di tempo che l'apparecchiatura impiega per produrre e distribuire un fascio con determinate caratteristiche energetiche e quindi ritornare alle condizioni iniziali di funzionamento. L'estrazione è l'operazione mediante la quale il fascio viene trasferito dalla macchina verso il tumore. Un trattamento è costituito da più cicli. Quindi, in funzione delle diverse caratteristiche del fascio, l'apparecchiatura deve essere disposta in diverse condizioni di funzionamento. Una condizione di funzionamento dura, in generale, il tempo necessario ad eseguire un ciclo.

Esiste una relazione precisa tra le caratteristiche del fascio e le condizioni di esercizio delle apparecchiature.

L'attività di trattamento dipende strettamente dal corretto funzionamento della macchina (sincrotrone) e dei suoi componenti tecnologici: ma è anche vero che per far funzionare correttamente gli impianti di Alta Tecnologia è necessario che funzionino alla perfezione anche gli impianti cosiddetti "convenzionali" che hanno il compito di "servire" l' High Tech.

La distinzione tra impianti convenzionali e impianti di High Tech è stata applicata da CNAO per definire il limite contrattuale di DEC, la ditta costruttrice del Centro (parte "convenzionale"): dal punto di vista funzionale, però, non è semplicissimo fare questo tipo di distinzione in quanto alcuni impianti convenzionali hanno la doppia funzione di servire sia l'edificio" che l'Alta Tecnologia.

Tra gli impianti "convenzionali" che presentano questa caratteristica ricordiamo l'impianto elettrico, l'impianto di raffreddamento e l'impianto di compensazione dell'energia reattiva.

Tenendo, per ora, valida questa distinzione (a fini esclusivamente descrittivi) è possibile quindi individuare:

- Impianti Convenzionali;
- Impianti di Alta Tecnologia (High Tech).

Gli impianti convenzionali della Fondazione Cnao, siano essi a servizio dell'alta tecnologia, degli uffici tecnici e amministrativi o della parte ospedaliera possono essere raggruppati sotto le seguenti macro-categorie (o aree tecniche);

- Impianti Meccanici/Termotecnici;
- Impianti Elettrici e Speciali;
- Impianti di Trasporto;
- Impianti Civili/Edili.

La struttura impiantistica dell'Alta Tecnologia, invece, è costituita principalmente dai seguenti impianti/componenti impiantistici:

- le Sorgenti;
- il LINAC (acceleratore lineare di particelle);
- il SINCROTRONE (acceleratore di particelle ad anello-80 metri di circonferenza);
- la radiofrequenza (RFQ);
- la diagnostica di fascio;
- i magneti convenzionali;
- i magneti speciali;
- il sistema da vuoto;

Di seguito ci occuperemo di fare una breve descrizione sia degli impianti cosiddetti convenzionali che degli impianti di High Tech, e individuarne le principali logiche di funzionamento.

## GLI IMPIANTI CONVENZIONALI DEL CNAO

### Impianti meccanici/termotecnici

Gli impianti meccanici sono costituiti dalle seguenti Unità Tecnologiche:

- *Impianto di distribuzione acqua fredda e calda:* l'impianto di distribuzione dell'acqua fredda e calda consente l'utilizzazione di acqua nell'ambito degli spazi interni del sistema edilizio o degli spazi esterni connessi.

I componenti tecnologici principali dell'impianto di distribuzione dell'acqua calda e fredda sono i seguenti: *allacciamenti, macchine idrauliche, accumuli, riscaldatori, reti di distribuzione acqua fredda e/o calda, reti di ricircolo acqua calda e apparecchi sanitari;*

- *Impianto di riscaldamento:* l'impianto di riscaldamento è l'insieme degli elementi tecnici aventi funzione di creare e mantenere nel sistema edilizio determinate condizioni termiche. Le reti di distribuzione e terminali hanno la funzione di trasportare i fluidi termovettori, provenienti dalle centrali termiche o dalle caldaie, fino ai terminali di scambio termico con l'ambiente e di controllare e/o regolare il loro funzionamento. I componenti tecnologici principali dell'impianto di riscaldamento sono i seguenti: *bocchette di ventilazione, bruciatori a gas, centrale termica, caldaie, diffusori a parete, diffusori a soffitto, diffusori lineari, pompe di circolazione, radiatori, scambiatori di calore, serbatoi di accumulo, servocomandi, termostati, valvole elettroniche, vasi di espansione.*

- *Impianto di climatizzazione:* l'impianto di climatizzazione è l'insieme degli elementi tecnici aventi funzione di creare e mantenere nel sistema edilizio determinate condizioni termiche, di umidità e di ventilazione.

I componenti tecnologici principali dell'impianto di climatizzazione sono i seguenti: *alimentazione e adduzione gas, batterie di condensazione per macchine frigo, canali in lamiera, canali in materiale plastico, cassette a portata variabile tipo VAV, centrale di trattamento aria (U.T.A.), centrali/gruppi frigo, condensatori ad aria, condizionatori ad armadio raffreddati ad acqua, dry cooler, evaporatore per macchine frigo, estrattori d'aria, filtri, recuperatori di calore, serrande tagliafuoco, tubazioni, valvole di espansione, ventilconvettori, pannelli radianti.*

L'impianto di condizionamento è strutturato per zone: le zone di uffici, ambulatori e comuni sono servite da due unità di trattamento aria di rinnovo, associate ad altrettanti

estrattori dai servizi, mentre le condizioni di temperatura interne sono garantite da un impianto a travi fredde del tipo a quattro tubi.

Le zone dei locali speciali (diagnostica per immagini, PET, SIM CAP, laboratori e sala conferenze) sono dotate di proprie unità di trattamento con impianti a tutt'aria tipo VAV con batterie di post nei locali dove la normativa impone elevati fattori di rinnovo; con le stesse unità di trattamento si provvede al rinnovo negli altri locali a servizio (sale controllo, uffici, ecc) che sono inoltre dotati di impianto a ventilconvettori a 4 tubi.

- *Impianto di sicurezza e antincendio (componenti meccanici):* l'impianto fisso automatico di rivelazione ed allarme incendio è realizzato in accordo alle prescrizioni della Norma UNI 9795 ed esteso a tutto l'edificio. L'impianto di sicurezza deve fornire segnalazioni ottiche e/o acustiche agli occupanti di un edificio affinché essi, in caso di possibili incendi, possano intraprendere adeguate azioni di protezione contro l'incendio oltre ad eventuali altre misure di sicurezza per un tempestivo esodo. Le funzioni di rivelazione incendio e allarme sono state combinate in un unico sistema. In tutte le aree si è provveduto ad installare.
  - segnalatori di allarme incendio del tipo a pulsante manuale opportunamente distribuiti ed ubicati, in ogni caso, in prossimità delle uscite;
  - impianto fisso di rivelazione e segnalazione automatica degli incendi in grado di rilevare e segnalare a distanza un principio di incendio.

La segnalazione di allarme proveniente da uno qualsiasi dei rivelatori utilizzati determina una segnalazione ottica ed acustica di allarme incendio presso il centro di gestione delle emergenze.

L'impianto consente l'azionamento automatico dei dispositivi del sistema di allarme posti nel centro entro:

- un primo intervallo di tempo dall'emissione della segnalazione di allarme proveniente da due o più rivelatori o dall'azionamento di un qualsiasi pulsante manuale di segnalazione di incendio;
- un secondo intervallo di tempo dall'emissione di una segnalazione di allarme proveniente da un qualsiasi rivelatore, qualora la segnalazione presso la centrale di controllo e segnalazione non sia tacitata dal personale preposto.

I componenti tecnologici principali dell'impianto sono i seguenti: *cassette a rottura del vetro, idranti, tubazioni in acciaio zincato, impianto di estinzione incendi a gas, impianto di spegnimento incendi a diluvio, impianto automatico di estinzione a pioggia detto "Sprinkler"*

Inoltre sono presenti le seguenti apparecchiature: *rivelatori d'incendio, centrale di controllo e segnalazione, dispositivi di allarme incendio, punti di segnalazione manuale, dispositivo di trasmissione dell'allarme incendio, sistema automatico antincendio, comando del sistema automatico antincendio, dispositivo di trasmissione dei segnali di guasto, stazione di ricevimento dei segnali di guasto, apparecchiatura di alimentazione.*

- *Impianto acquedotto*: gli acquedotti consentono la captazione, il trasporto, l'accumulo e la distribuzione dell'acqua destinata a soddisfare le esigenze. La captazione dell'acqua varia a seconda della sorgente, ed il trasporto avviene attraverso delle condotte in pressione alle quali sono allacciate le varie utenze.

I componenti tecnologici principali dell'impianto acquedotto sono i seguenti i: *pompe di sollevamento, addolcitori di acqua, contatori, giunti antivibranti, pozzetti, manometri, sfiati, tubazioni, valvole a farfalla.*

- *Impianto fognario e di depurazione*: l'impianto fognario è l'insieme degli elementi tecnici aventi la funzione di allontanare e convogliare le acque reflue (acque bianche, nere, meteoriche) verso l'impianto di depurazione.

I componenti tecnologici principali dell'impianto fognario e di depurazione sono le *stazioni di sollevamento e le tubazioni in acciaio.*

- *Impianto Gas Medicali*: l'Unità Tecnologica degli impianti gas medicali è costituita dai seguenti componenti tecnologici: *centrale ossigeno, centrale aria compressa, le reti di distribuzione principali, le reti di distribuzione locali, la riduzione di secondo stadio, gli allacci alle utenze.*

- *Impianto acqua demineralizzata – AERAQUE*: è un impianto di produzione e polishing di acqua demineralizzata che serve sia l'edificio che gli impianti di High Tech (raffreddamento dei magneti).

- *Impianto distribuzione aria compressa*: l'aria dopo essere stata compressa e riscaldata dalla testata del compressore scorre, attraverso un sistema di tubature disposte a forma di spirale, lungo diverse camere e filtri; tutto ciò prima di affluire secca e pulita nel serbatoio. L'aria naturale che viene aspirata dal compressore, contiene umidità e, in più, diversi tipi di pulviscolo, microrganismi ed aerosol; pertanto deve essere fatta fluire attraverso una serie di filtri e di cartucce per essere filtrata degli elementi in essa sospesi. I componenti tecnologici principali dell'impianto di aria compressa sono i *compressori e le reti di distribuzione.*

- *Impianto di irrigazione e lavaggio piramide*: i componenti tecnologici principali di questo impianto sono: *elettrovalvole, irrigatori dinamici, irrigatori statici e rubinetti.*

- *Impianto di distribuzione del gas*: i componenti tecnologici principali dell'impianto di distribuzione a gas sono: *bombole di ossigeno, bombole di anidride carbonica, bombole di azoto e tubazioni.*

- *Impianto di smaltimento acque meteoriche*: l'impianto di smaltimento acque meteo assolve alla funzione di eliminare le acque meteoriche e convogliarle verso le reti esterne di smaltimento.

I componenti tecnologici principali dell'impianto di smaltimento acque meteoriche sono i *collettori e le vasche di accumulo.*

- *Generatori di Vapore - Garioni Naval*: il Generatore di vapore situato in copertura ha la funzione di produrre il vapore che viene poi trasformato in vapore pulito e quindi inviato al circuito UTA. Per la generazione del vapore si utilizza in prevalenza una caldaia dotata di bruciatore specifico per il tipo di combustibile impiegato: gas naturale, GPL, gasolio,

kerosene. La potenzialità di un generatore è descritta come potenzialità nominale, potenzialità al focolare e potenzialità resa. Il rendimento è dato in percentuale dal rapporto tra potenzialità resa e potenzialità al focolare.

- *Sistema di controllo per laboratori e ambienti reparto P.E.T.* la cui funzione è quella di controllare la regolazione dei flussi d'aria.
- *Impianto di supervisione SIEMENS:* le unità di controllo sono dei dispositivi che consentono di monitorare costantemente gli elementi ad esse collegati. La piattaforma gestionale DESIGO INSIGHT è basata su tecnologie standard come ActiveX, COM/DCOM, OLE e SQL, con sistema operativo Windows NT/2000. Il sistema supporta le diverse architetture multiuser, client-server, distribuite su aree geografiche con il supporto di tutti i più comuni protocolli standard (BACnet, OPC, TCP/IP, Profibus, Profinet, LonWorks, EIB, ecc.) e protocolli proprietari.

Le macchine ridondanti degli impianti Meccanici/Termotecnici saranno gestite dal sistema di controllo in modo tale da garantirne la rotazione ciclica, per esempio in base alle ore di funzionamento, in modo tale da garantirne un livello di usura omogeneo. Il sistema sarà inoltre in grado di provvedere alla commutazione automatica in caso di guasto e alla segnalazione del relativo allarme.

Il sistema sarà in grado di acquisire i segnali di stato e i valori regolati dalle apparecchiature e inviare alle periferiche le impostazioni dei set point e i regimi di funzionamento richiesti.

## **Impianti elettrici e speciali**

I criteri di impostazione degli impianti elettrici e speciali al servizio del Centro, sono basati su scelte progettuali caratterizzate da una razionale rispondenza alle specifiche esigenze degli ambienti presenti.

Inoltre, la presenza di ambienti con differente destinazione d'uso, ha imposto soluzioni progettuali differenti. Talune, riconducibili ad una impiantistica di tipo civile e/o residenziale, altre di tipo industriale, in ultimo, di tipo strettamente sanitarie.

Le varie soluzioni progettuali sono state elaborate, sempre e comunque, in conformità alle Norme C.E.I. ed alla giurisprudenza vigente nel settore dell'impiantistica elettrica.

### *Classificazione dei sistemi di distribuzione elettrica:*

La distribuzione elettrica verrà classificata nelle seguenti tipologie:

*Normale (N):* per l'alimentazione di tutte le utenze che non necessitano continuità di funzionamento (prese normali nei reparti accessori (spogliatoi, uffici, ecc.);

*Riserva o Preferenziale (P):* per le utenze che richiedono continuità di funzionamento, ma interrompibile per un tempo breve (15 – 30 secondi) (illuminazione generale, UTA Sale trattamento e similari, ecc.);

*Continuità (C):* per le utenze che richiedono assoluta continuità di esercizio (illuminazione di sicurezza, computers, ecc.).

## *Obiettivi funzionali degli impianti elettrici e speciali*

Le funzioni che dovranno essere garantite dagli impianti elettrici e speciali sono:

- la completa fruizione del sistema ospedaliero in regime di sicurezza elettrica per i pazienti e per gli operatori;
- l'illuminazione dei locali in modi differenti a seconda degli utilizzi, in condizioni di esercizio normale, notturno e/o di emergenza;
- l'alimentazione e la corretta gestione delle utenze tecnologiche;
- l'alimentazione delle utenze di tipo sanitario per mezzo di prese elettriche nei locali;
- l'ottimizzazione dei consumi energetici con un corretto controllo degli ambienti;
- la tempestiva rilevazione di eventi pericolosi, la loro segnalazione in postazioni presidiate e la gestione automatica dell'allarme mediante l'attivazione dei presidi di sicurezza e la segnalazione di allarme in ambiente;
- la riduzione dei costi di gestione dei reparti con la semplificazione della comunicazione paziente/operatore;
- il miglioramento del comfort del paziente.

Nel seguito sono riportate le principali norme e disposizioni di legge inerenti la manutenzione degli impianti elettrici e speciali che devono essere assolutamente rispettate.

### *D. Lgs. 9 Aprile 2008 n. 81 " Testo Unico sulla Sicurezza"*

Gli impianti elettrici in tutte le loro parti costitutive devono essere mantenuti in modo da prevenire i pericoli derivanti da contatti accidentali con gli elementi sotto tensione ed i rischi di incendio e scoppio derivanti da eventuali anomalie che si verificano nel loro esercizio. Gli impianti, gli apparecchi, le macchine, le attrezzature, gli strumenti, gli utensili, compresi gli apprestamenti di difesa, devono possedere, in relazione alle necessità di sicurezza del lavoro, i necessari requisiti di resistenza e di idoneità ed essere mantenuti in buono stato di conservazione ed efficienza.

Le misure generali per la protezione della salute e per la sicurezza dei lavoratori sono:

- regolare manutenzione di ambienti, attrezzature, macchine ed impianti, con particolare riguardo ai dispositivi di sicurezza in conformità alle indicazioni dei fabbricanti;
- il datore di lavoro provvede affinché i luoghi di lavoro, gli impianti e i dispositivi vengano sottoposti a regolare manutenzione tecnica e vengano eliminati, per quanto



più rapidamente possibile, i difetti rilevati che possono pregiudicare la sicurezza e la salute dei lavoratori;

- gli impianti e i dispositivi di sicurezza, destinati alla prevenzione o all'eliminazione dei pericoli, vengano sottoposti a regolare manutenzione e al controllo del loro funzionamento.

*Norma CEI 64-8/3 Impianti elettrici utilizzatori in bassa tensione*

Deve essere fatta una valutazione della frequenza e della qualità della manutenzione che si può ragionevolmente prevedere nel corso della vita prevista dell'impianto in modo che:

- possano essere compiute facilmente in sicurezza tutte le verifiche periodiche, le prove e le operazioni di manutenzione e di riparazione che si prevede siano necessarie;
- sia assicurata l'efficacia delle misure di protezione richieste per la sicurezza;
- sia adeguata l'affidabilità dei componenti elettrici che permetta un corretto funzionamento dell'impianto.

*Norma CEI EN 60947-1 (CEI 17-44) Impianti elettrici utilizzatori in bassa tensione*

Istruzioni per l'installazione, la manovra, la manutenzione - Il costruttore deve specificare nei suoi documenti, o nei suoi cataloghi, le condizioni, se esistono, per l'installazione, il funzionamento e la manutenzione dell'apparecchio durante il funzionamento e dopo un guasto.

Gli Impianti Elettrici e Speciali sono costituiti dalle seguenti Unità Tecnologiche:

- *Impianto di illuminazione:* l'impianto di illuminazione consente di creare condizioni di visibilità negli ambienti; inoltre esso deve garantire, nel rispetto del risparmio energetico, un buon livello ed uniformità di illuminamento, limitazione dell'abbagliamento, direzionalità della luce, colore e resa della luce stessa. I principali componenti tecnologici dell'impianto di illuminazione sono i seguenti:  
*lampade fluorescenti, lampade alogene, lampade ad incandescenza, lampade a vapore di sodio: pali per l'illuminazione, lampade a ioduri metallici.*
- *Impianto di illuminazione di emergenza:* l'impianto di illuminazione di emergenza e sicurezza è stato realizzato mediante sistema dardo plus e software di gestione DARDO PC LITE.
- *Impianto di messa a terra:* sistema limitato localmente costituito da dispersori o da parti metalliche in contatto con il terreno di efficacia pari a quella dei dispersori (per

esempio fondazioni di sostegni, armature, schermi metallici di cavi ), di conduttori di terra e di conduttori equipotenziali.

Gli elementi costituenti l'impianto di messa a terra sono *i dispersori, i conduttori di terra e i conduttori equipotenziali*.

La sicurezza dalle tensioni di contatto è quasi sempre garantita perché l'impianto di terra, costituito da una rete magliata, crea una buona equipotenzialità.

Gli impianti di messa a terra devono essere verificati periodicamente allo scopo di accertare lo stato di efficienza.

I componenti tecnologici principali dell'impianto di messa a terra sono *i conduttori di protezione, il sistema di dispersione e il sistema di equipotenzializzazione*.

- *Impianto antintrusione e controllo accessi*: l'impianto antintrusione e controllo degli accessi è l'insieme degli elementi tecnici del sistema edilizio con funzione di prevenire, eliminare o segnalare l'intrusione di persone non desiderate all'interno degli edifici.

I componenti tecnologici principali dell'impianto di antintrusione e controllo degli accessi sono: *attuatori di apertura, diffusione sonora, lettori di badge, monitor, pannello degli allarmi, rilevatori passivi all'infrarosso, sistemi di ripresa ottici*.

- *Impianto di sicurezza e antincendio (componenti elettrici)*: come abbiamo già sottolineato in precedenza, l'impianto di sicurezza deve fornire segnalazioni ottiche e/o acustiche agli occupanti di un edificio affinché essi, in caso di possibili incendi, possano intraprendere adeguate azioni di protezione contro l'incendio oltre ad eventuali altre misure di sicurezza per un tempestivo esodo.

Di seguito elenchiamo gli elementi tecnici di tipo elettrico, che costituiscono l'impianto: *apparecchiatura di alimentazione, centrale di controllo e segnalazione, contatti magnetici, pannello degli allarmi, rilevatori di fumo e rivelatori di gas*.

- *Impianto videocitofonico*: è l'insieme degli elementi tecnici del sistema edilizio con funzione di distribuire e regolare flussi informativi videocitofonici.

I componenti tecnologici principali dell'impianto videocitofonico sono *il modulo fonico, il modulo telecamera a colori orientabile e il videocitofono Pivot*.

- *Impianto televisivo a circuito chiuso*: il Centro è dotato di due impianti televisivi a circuito chiuso aventi le seguenti funzioni:

- impianto TVcc1: video controllo pazienti e personale;
- verifica dello stato del paziente durante la terapia nelle sale di trattamento;
- controllo della presenza di personale in alcuni locali tecnici e dei transiti attraverso le porte di accesso a tali locali;
- impianto TVcc1: video controllo antintrusione;
- sorveglianza delle aree esterne al centro.

- *Impianto di diffusione sonora:* la struttura è dotata di un sistema di allarme in grado di avvertire delle condizioni di pericolo in caso di incendio allo scopo di dare avvio alle procedure di emergenza nonché alle connesse operazioni di evacuazione. A tale fine sono previsti dispositivi ottici ed acustici in grado di segnalare il pericolo a tutti gli occupanti del fabbricato o delle parti di esso coinvolte dall'incendio. L'impianto di rilevazione incendi è comunque dotato di sistema autonomo per l'avviso di allarme ottico ed acustico per mezzo di sirene. Essendo la struttura frequentata da pubblico è stato installato un sistema di diffusione sonora che consenta di fornire istruzioni per l'evacuazione differenziabili per ogni zona, a tal fine è prevista l'installazione di un sistema di diffusione sonora ad altoparlanti. Il centro è pertanto dotato di impianto di diffusione sonora conforme alla norma EN 60849 per consentire la diffusione di messaggi di pericolo e di evacuazione. L'impianto di diffusione sonora è alimentato mediante un'alimentazione di sicurezza automatica ad interruzione media (< 15 s) con autonomia di 24 ore. La centrale di diffusione sonora è pertanto collegata alla rete di continuità, la quale consente, mediante l'UPS e mediante il gruppo elettrogeno di emergenza, di garantire i necessari requisiti per l'alimentazione di sicurezza. L'impianto è suddiviso per zone in modo da garantire una organizzazione dell'esodo tenendo conto dell'origine dell'allarme e dell'estensione dei compartimenti antincendio. Ciascuna zona d'altoparlanti è servita da due linee in modo che in caso di guasto su un circuito altoparlanti non si abbia la perdita totale del messaggio nella zona.
- *Impianto di supervisione:* la complessità dell'edificio e la particolare criticità di alcuni impianti tecnologici hanno richiesto l'installazione del sistema di supervisione di Building Automation DESIGO della SIEMENS. Il sistema è suddiviso in tre sottosistemi:
  - controllo e gestione della stazione elettrica e della rete elettrica MT (Media Tensione);
  - controllo e gestione degli impianti tecnologici e degli impianti elettrici BT (Bassa Tensione) dell'edificio ospedaliero;
  - controllo e gestione degli allarmi: antincendio, antintrusione e controllo accessi.

- *Conduttori e canalizzazioni:* l'impianto di distribuzione principale ha la funzione di distribuire l'energia elettrica all'interno della struttura. Sia la distribuzione principale che secondaria dell'energia avviene con conduttori posati in apposite vie cavi oppure mediante condotti blindati. La distribuzione terminale alle utenze viene invece realizzata mediante cavi posati entro tubazione di protezione da incasso o a vista, oppure canaline portacavi/portapparecchi; gli stacchi terminali sono talvolta realizzati direttamente in cavo multipolare con guaina del tipo idoneo alla posa realizzata.
- *Impianti di forza motrice:* i principali componenti tecnologici dell'impianto a forza motrice sono *le prese e spine serie civile, le prese interbloccate CEE e i motori monofase e trifase.*
- *Dispositivi di comando e controllo:* i dispositivi di comando dell'impianto elettrico hanno il compito soprattutto di gestire i vari punti luce ma non solo. Sono sistemati in appositi spazi ricavati nelle pareti (per incasso), o a vista e sono costituiti soprattutto da pulsanti, selettori e interruttori. Possono inoltre essere pre-programmati per consentire il richiamo veloce di scene ed atmosfere dedicate, a seconda delle attività e delle esigenze.
- *Impianto elettrico:* l'impianto elettrico ha la funzione di addurre, distribuire ed erogare energia elettrica. Per potenze non superiori a 50 kW l'ente erogatore fornisce l'energia in bassa tensione mediante un gruppo di misura; da quest'ultimo parte una linea primaria che alimenta i vari quadri delle singole utenze. Dal quadro di zona parte la linea secondaria che è sezionata in modo da avere una linea per le utenze di illuminazione e l'altra per le utenze a maggiore assorbimento ed evitare così che salti tutto l'impianto in caso di corto circuito. La distribuzione principale dell'energia avviene con cavi posizionati in apposite canalette; la distribuzione secondaria avviene con conduttori inseriti in apposite guaine di protezione (di diverso colore: il giallo-verde per la messa a terra, il blu per il neutro, il marrone-grigio per la fase). L'impianto è stato progettato secondo le norme CEI vigenti per assicurare una adeguata protezione, ed è costituito dai seguenti componenti tecnologici principali: *contattori, fusibili, gruppi di continuità, gruppi elettrogeni, interruttori, quadri di bassa tensione, quadri di media tensione, relè, sezionatori e trasformatori:*
- *Trasformatore ad olio ALTA TENSIONE – GETRA:* questo tipo di trasformatore consente di raggiungere le potenze e le tensioni maggiori; il liquido, favorendo la dispersione nell'ambiente del calore dovuto alle perdite negli avvolgimenti e nel nucleo, svolge anche una funzione di raffreddamento. Il liquido isolante usato è l'olio minerale che ha una temperatura di infiammabilità di circa 150°C e, quindi, il suo uso a volte è limitato per il timore di incendi anche se durante il funzionamento a pieno carico l'olio nei trasformatori raggiunge una temperatura massima compresa tra 90 e 100°C.

- *Impianto di compensazione dinamica della energia reattiva; le unità di compensazione di energia reattiva previste sono le seguenti:*
  - n. 2 unità tipo ABB Dynacomp da 5000 kVAR per la compensazione dei carichi induttivi MT installate nel fabbricato della stazione elettrica ed alimentate dal QMT per il tramite di 2 trasformatori in olio 15/0,69 kV;
  - n. 2 unità tipo ABB Dynacomp da 1500 kVAR ed 1 unità tipo ABB Dynacomp da 500 kVAR alimentate dalle barrature del QGBT1( quadro egnerale di bassa tensione1 ).

## *Logica di funzionamento degli impianti*

*Stazione elettrica:* una delle principali particolarità del complesso impiantistico di CNAO è il fatto di essere dotato di un punto di consegna dell'energia elettrica in alta tensione a 132000 V. L'allacciamento in alta tensione è effettuato nella stazione elettrica in corrispondenza del confine tra la parte di stazione di competenza dell'ENEL e la parte di stazione di competenza dell'utente.

La sezione di stazione elettrica di pertinenza dell'utente è da esterno, di tipo aperto ed è articolata su due montanti di trasformazione ciascuno dei quali dimensionato per alimentare da solo l'intero complesso.

*Rete di distribuzione in media tensione:* dalla stazione elettrica si sviluppa la rete di distribuzione in media tensione verso le due cabine di trasformazione e verso gli utilizzatori alimentati direttamente a 15000V.

La rete ha una struttura radiale per l'alimentazione dei carichi in media tensione e ad anello aperto per l'alimentazione delle due cabine di trasformazione, in modo da garantire la massima continuità di servizio in caso di guasto su una delle due linee di alimentazione delle cabine.

Dal quadro di media tensione posto nella stazione elettrica vengono pertanto derivate:

- due linee per l'alimentazione della cabina di trasformazione carichi alta tecnologia;
- una linea per l'alimentazione della cabina di trasformazione carichi convenzionali;
- una linea per l'alimentazione degli utilizzatori a 15000 V.

Le due cabine di trasformazione saranno collegate tra loro per mezzo di una linea dedicata alla richiusura dell'anello.

*Cabina di trasformazione carichi alta tecnologia (HT):* la cabina di trasformazione carichi alta tecnologia è ubicata al primo piano, in apposito locale nelle immediate vicinanze degli alimentatori dei magneti del sincrotrone. I collegamenti in bassa tensione, per le elevate correnti da trasmettere, sono realizzati mediante condotti sbarre, onde garantire la massima sicurezza di funzionamento nel tempo.

Nella cabina di trasformazione sono installati 4 trasformatori trifase a secco con avvolgimenti in alluminio inglobati in resina epossidica, così suddivisi:

- 3 trasformatori per l'alimentazione dei carichi dell'alta tecnologia in bassa tensione e dei relativi compensatori dinamici di energia reattiva;
- 1 trasformatore di riserva;
- 1 quadro di bassa tensione "Power-center";
- 1 quadro dei servizi ausiliari.

I trasformatori sono protetti contro le sovratemperature per mezzo di una centralina elettronica di controllo a microprocessori e di termosonde inserite in ciascun avvolgimento e nel nucleo magnetico.

La centralina elettronica di controllo sarà in grado di segnalare il superamento dei due livelli di sovratemperatura preimpostati.

Il superamento del primo livello determina una condizione di allarme opportunamente riportato al posto presidiato, mentre il superamento del secondo livello provoca lo sgancio dell'interruttore lato in media tensione del trasformatore con conseguente trascinarsi dell'interruttore generale lato bassa tensione.

Nel caso di messa fuori servizio di un trasformatore, per guasto o per manutenzione, c'è la possibilità di rialimentare totalmente le utenze mediante l'inserzione manuale del trasformatore di riserva e previa adeguata manovra dei congiuntori di sbarra sul lato bassa tensione.

*Cabina di trasformazione carichi convenzionali (HO):* la cabina di trasformazione dei carichi convenzionali è ubicata in apposito locale in prossimità della centrale frigorifera ed è costituita dalle seguenti apparecchiature opportunamente collegate:

- 1 quadro di media tensione di tipo protetto;
- 4 trasformatori trifase isolati in resina di cui uno di riserva di potenza pari a 2000 kVA ciascuno.

I trasformatori sono così suddivisi:

- 2 trasformatori per l'alimentazione dei carichi convenzionali ordinari;
- 1 trasformatore per l'alimentazione dei carichi convenzionali privilegiati e tramite interposto gruppo statico di continuità dei carichi non interrompibili;
- 1 trasformatore di riserva;
- 1 quadro di bassa tensione "Power-center";
- 1 quadro dei servizi ausiliari;
- 3 rifasatori automatici.

I collegamenti tra i secondari dei trasformatori ed il quadro generale di bassa tensione sono realizzati mediante condotti sbarre prefabbricati.

La cabina di trasformazione, è completata dalle seguenti dotazioni impiantistiche:

- un impianto di illuminazione ordinaria e di sicurezza;
- prese di servizio;

- accessori di cabina previsti dalla vigente normativa antinfortunistica quali cartelli ammonitori, tappeto isolante, guanti isolanti, illuminazione di sicurezza, schema elettrico di cabina;
- interblocchi meccanici tali da impedire, in particolare, l'apertura sotto tensione delle celle dei quadri di media tensione e delle celle dei trasformatori, nonché interdire il funzionamento in parallelo di rete e gruppo elettrogeno;
- due pulsanti di sgancio sotto vetro a frangere per la disattivazione di emergenza della rete normale, di cui uno all'esterno della cabina e l'altro opportunamente ubicato secondo il progetto di prevenzione incendi.



## Impianti di trasporto

L'impianto di trasporto verticale (impianti elevatori) è l'insieme degli elementi tecnici aventi la funzione di trasportare persone e/o cose.

Esso è costituito da un apparecchio elevatore, da una cabina (le cui dimensioni consentono il passaggio delle persone) che scorre lungo delle guide verticali o inclinate al massimo di 15° rispetto alla verticale.

Il manutentore (ai sensi del D.P.R. 162/99) è l'unico responsabile dell'impianto e pertanto deve effettuare le seguenti verifiche, annotandone i risultati sull'apposito libretto dell'impianto:

- integrità ed efficienza di tutti i dispositivi dell'impianto quali limitatori, paracadute, ecc.;
- elementi portanti quali funi e catene;
- isolamento dell'impianto elettrico ed efficienza dei collegamenti di terra;

Gli ascensori e montacarichi vanno sottoposti a verifiche periodiche da parte di uno dei seguenti soggetti:

- azienda Sanitaria Locale competente per territorio;
- ispettorati del Ministero del Lavoro;
- organismi abilitati dalla legge.

A differenza dei Meccanici/Termotecnici ed elettrici speciali gli impianti di trasporto sono costituiti da due sole Unità Tecnologiche:

- impianti elevatori;
- carriponte;

Gli impianti elevatori sono composti dai seguenti elementi tecnici:

- *ammortizzatori della cabina*: gli ammortizzatori sono installati all'estremità inferiore del vano corsa al fine di ammortizzare il movimento della cabina che non si fosse fermata regolarmente.
- *cabina*: la cabina dell'impianto di ascensore è quella parte dell'impianto che è adibita al trasporto di persone e/o cose a secondo della classe dell'ascensore.

- *limitatore di velocità*: il limitatore di velocità è un dispositivo di sicurezza che comanda il sistema di blocco paracadute della cabina in caso di eccesso di velocità ed è connesso all'arcata della cabina mediante una fune; nel caso di eccesso di velocità il limitatore viene bloccato da un gancio azionato dall'azione della forza centrifuga ed un contatto elettrico provvede a togliere l'alimentazione all'impianto.
- *macchinari oleodinamici*: sono gli organi motori che assicurano il movimento e l'arresto dell'ascensore. I macchinari oleodinamici basano il loro funzionamento su due metodi di azionamento ad azione diretta o ad azione indiretta.
- *vani corsa*: il vano corsa è il volume entro il quale si spostano la cabina, il contrappeso o la massa di bilanciamento. Questo volume di norma è materialmente delimitato dal fondo della fossa, dalle pareti e dal soffitto del vano.
- *porte di piano*: le porte di piano consentono ai passeggeri di entrare in cabina e sono gli elementi essenziali per la funzionalità e la sicurezza dell'impianto ascensore.
- *pulsantiera*: la pulsantiera (o quadro dei bottoni di comando) della cabina e dei vari piani sono quei dispositivi per mezzo dei quali gli utenti danno i comandi all'ascensore. Il funzionamento di detti dispositivi è basato su un circuito che viene chiuso quando viene premuto un pulsante e questo comando viene trasmesso al sistema di manovra dell'ascensore.
- *quadro di manovra*: il quadro di manovra riceve i comandi degli utenti, espressi mediante le pulsantiere di piano e della cabina, e consente il funzionamento dell'ascensore.  
Questo dispositivo è installato nel locale dove sono alloggiato le macchine dell'ascensore ed alimenta il motore dell'impianto nella direzione voluta e fino al piano desiderato dopo aver verificato che tutte le porte di piano siano chiuse.

I carriponte, invece, sono costituiti dai seguenti elementi tecnici:

- *gru a ponte GS1589*: dispositivo elettromeccanico per protezione zona interdotta all'ingresso del gancio posta sul movimento "AVANTI" della Gru con il pulsante di by-pass.  
Zona da proteggere addossata al lato corto della campata.  
Un finecorsa elettromeccanico con relativo riscontro posto lungo la via di corsa del carroponte bloccherà i movimenti di scorrimento del ponte e traslazione del carrello prima di entrare nella interdotta all'ingresso del gancio.
- *gru a ponte GS1590*: dispositivo elettromeccanico per protezione zona interdotta all'ingresso del gancio posta sul movimento "DESTRA" del carrello con il pulsante di by-pass. Zona da proteggere addossata al lato corto della campata.  
Un finecorsa elettromeccanico con relativo riscontro posto lungo le traviponte della gru bloccherà i movimenti di scorrimento del ponte e traslazione del carrello prima di entrare nella interdotta all'ingresso del gancio.

## GLI IMPIANTI AD ALTA TECNOLOGIA DEL CNAO

Per accelerare protoni e ioni carbonio si utilizzano macchine acceleratrici molto più grandi e complesse di un LINAC commerciale per radioterapia con raggi X. Per avere una idea della differenza di energia richiesta alle particelle, si pensi che l'energia degli elettroni usati in radioterapia è dell'ordine di 5÷15 MeV, mentre l'energia richiesta agli ioni carbonio per trattamenti profondi al CNAO è di 4800 MeV.

L'acceleratore principale del CNAO è un Sincrotrone, un acceleratore circolare, di circa 25m di diametro al cui interno sono alloggiati le linee di iniezione ed il pre-acceleratore lineare (LINAC).

All'esterno dell'anello principale vi sono quattro linee di estrazione, di circa 50m ciascuna, che portano il fascio estratto in tre sale di trattamento. Nella sala centrale arrivano una linea orizzontale ed una verticale. Una vista del complesso di acceleratori e linee del CNAO è riportata nella figura seguente.

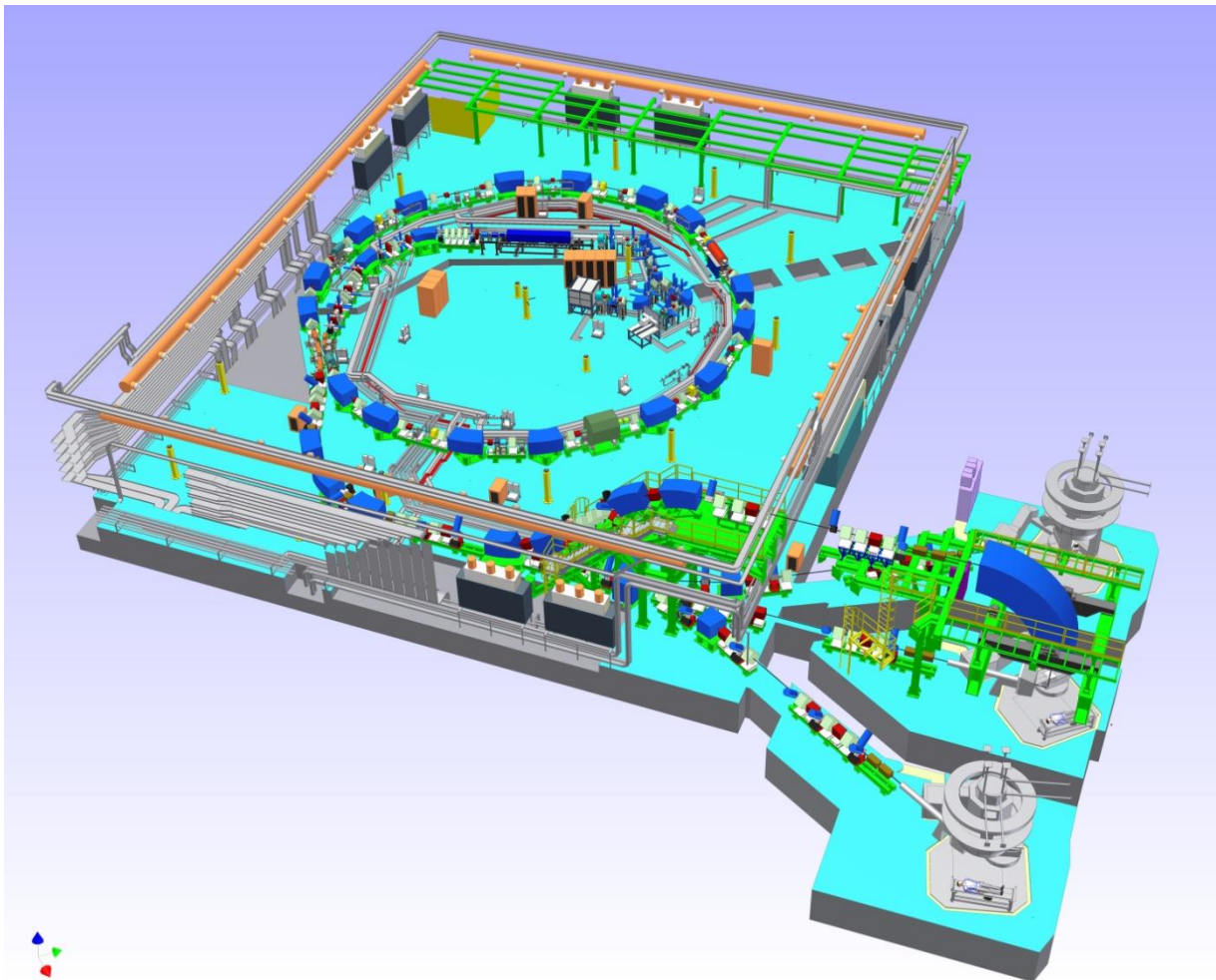


Figura 14: Vista prospettica del sincrotrone e delle linee del CNAO

## Sorgenti e linea a bassa energia (Low Energy Beamtransport, LEBT)

La LEBT (Light Energy Beam Transport) è la linea che trasporta il fascio dalle sorgenti al quadrupolo a radiofrequenza (RFQ – Radio Frequency Quadrupole). Vi sono in effetti due settaggi differenti della LEBT, una per i protoni ed una per gli ioni carbonio. Per ogni sorgente vi è una sezione iniziale dedicata che ha lo scopo di selezionare la specie desiderata e di permettere l'osservazione del fascio e la regolazione della sorgente stessa durante l'uso dell'altra sorgente.

Una seconda sezione è comune alle due linee e include un *chopper* che ha lo scopo di tagliare la porzione di fascio utile per l'accelerazione nel linac (Linear Accelerator) e l'iniezione nel sincrotrone. In questo modo si ottiene anche lo scopo di minimizzare le perdite di fascio nel RFQ.

Le due sorgenti sono di tipo ECR (Electron Cyclotron Resonance) e sono identiche tra di loro. Ciascuna sorgente è in grado di produrre più tipi di fasci semplicemente cambiando il gas usato per produrre il plasma ed ottimizzando le impostazioni della sorgente, come la potenza RF ed i potenziali degli elettrodi di estrazione. In questo modo ciascuna sorgente è in grado di supplire all'assenza dell'altra. Nell'operazione normale, ciascuna sorgente produce un solo tipo di fascio il che permette di cambiare tipo di ione accelerato in breve tempo.

Per permettere una più agevole selezione delle specie desiderate, si è scelto di utilizzare ioni  $^{12}\text{C}^{4+}$  e  $\text{H}^3$  che hanno lo stesso  $Q/A = 1/3$ , non ottenibile con l'ossigeno che è un elemento sicuramente presente dato che il gas usato per produrre carbonio è  $\text{CO}_2$ . Lo ione ossigeno che presenta la rigidità magnetica più vicina è lo  $^{16}\text{O}^{5+}$ , la cui *rigidità magnetica* differisce di circa il 3% da quello del  $^{12}\text{C}^{4+}$ . La risoluzione minima necessaria per un'efficace selezione della specie desiderata è quindi circa 30.

L'energia del fascio richiesta all'ingresso del RFQ, e di conseguenza l'energia del fascio nella LEBT, è di 8 keV/u.

## Rfq e linac

Il LINAC e il RFQ del CNAO sono realizzati in collaborazione con il GSI di Darmstadt e sono analoghi a quelli installati nel centro di Heidelberg.

Il RFQ deve fornire il fascio adatto ad essere accelerato dal LINAC. Deve pertanto accelerare, impacchettare longitudinalmente ed adattare trasversalmente il fascio.

L'energia all'ingresso del RFQ, come già detto, è di 8 keV/u mentre l'energia all'uscita deve essere di 400 keV/u.

Dopo il RFQ, si trova una sezione di matching che contiene una coppia di correttori, un doppietto di quadrupoli ed una stazione di misura in soli 200 mm.

Dopo il RFQ, si trova il LINAC vero e proprio. Si tratta di una struttura di tipo IH che accelera il fascio da 400 keV/u a 7 MeV/u in un unico tank lungo 3.8m. La struttura è stata progettata per ottenere una combinazione particolare di accelerazione e foccheggiamento nota come KONUS. La tensione al gap lungo l'acceleratore cresce con la lunghezza della gap in modo da mantenere un gradiente costante di circa 18MV/m.

Il LINAC è composto da quattro sezioni KONUS tra le quali sono alloggiati tre tripletti di quadrupoli. Subito dopo il tank del LINAC, vi è un quarto tripletto che serve a focalizzare il fascio sul foglio di stripping. Quest'ultimo ha lo scopo di strappare gli elettroni rimasti alle particelle producendo così fasci di  $C6+$  e di protoni.

### **La linea a media energia (MEBT)**

La MEBT è la linea che trasporta il fascio dal foglio di stripping al punto di iniezione nel sincrotrone. Oltre all'ovvio compito di trasportare il fascio minimizzando le perdite e di armonizzare la forma del fascio a quella desiderata, la MEBT deve provvedere ad alcuni altri compiti.

Tali compiti addizionali sono i seguenti:

- disallineare il fascio verticalmente per ottenere la desiderata diluizione dell'emittanza;
- regolare l'angolo di iniezione, per ottimizzare il processo di iniezione multi-giro;
- concludere il processo di selezione della specie eliminando eventuali ioni che, prima dello stripping, avevano  $A/Q=3$  e dopo lo stripping non hanno  $A/Q=2$ ; ad esempio  $18O6+$  e  $18O8+$ .
- cambiare la corrente iniettata;
- ottimizzare la dispersione in momento del fascio iniettato.

Per fare tutto ciò, nella MEBT sono stati inseriti delle fenditure in zona dispersiva, un debuncher ed una serie di griglie a trasparenza variabile.

La corrente iniettata viene variata inserendo sul percorso del fascio una griglia la cui trasparenza può essere scelta tra 50%, 20% e 10%. L'uso di una griglia invece di un collimatore ha il vantaggio di lasciare le dimensioni globali del fascio invariate indipendentemente dalla corrente trasmessa, semplificando così l'ottimizzazione del processo di iniezione.

## Il sincrotrone

L'acceleratore principale del CNAO è un sincrotrone di circa 25 m di diametro. Il fascio viene iniettato a 7 MeV/u e viene accelerato ad energie comprese tra 60 MeV, energia minima per i protoni, e 400 MeV/u, energia massima per i fasci di carbonio.

Il reticolo magnetico (comunemente detto *lattice*), cioè la sequenza di magneti che compongono l'acceleratore, è basato su due archi simmetrici ed acromatici che sono stati "detunati" ed uniti da due sezioni dritte non dispersive.

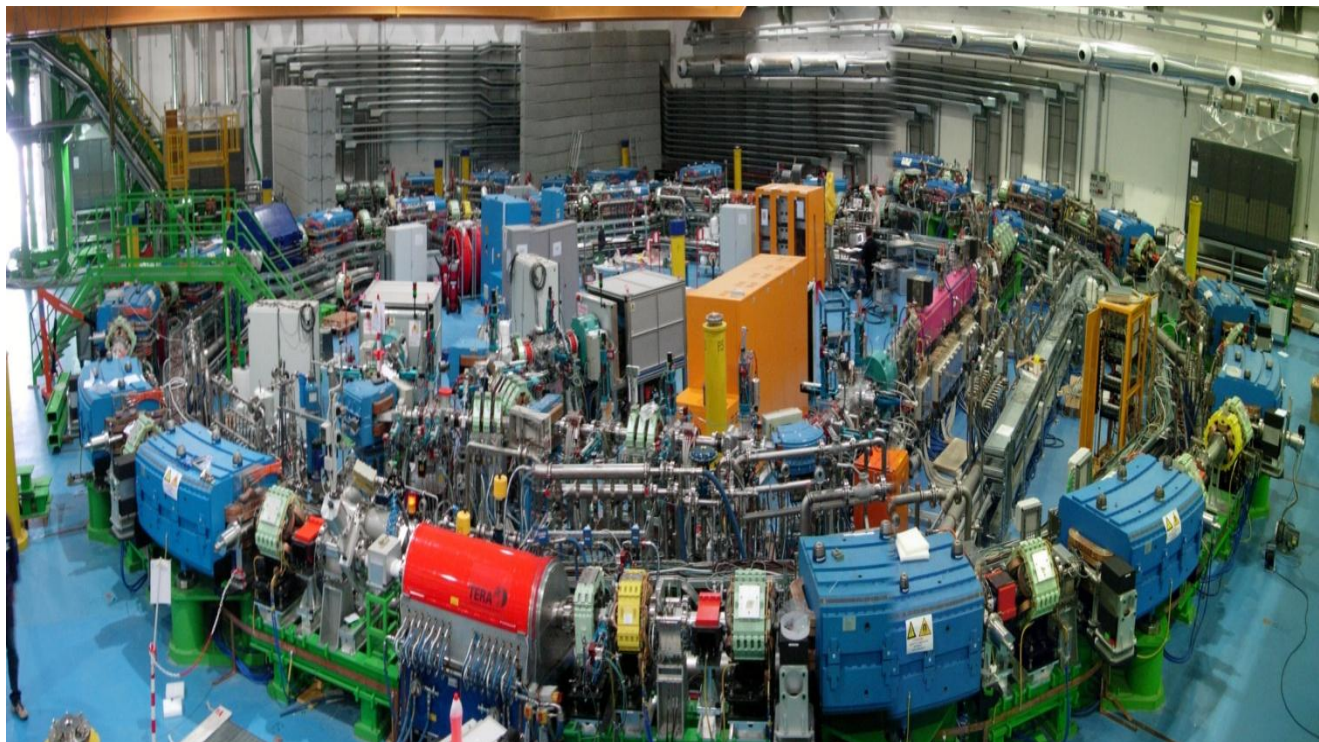


Figura 15: Il sincrotrone

Nel sincrotrone sono presenti 16 dipoli e 24 quadrupoli. I 16 dipoli sono alimentati in serie da un unico alimentatore, mentre i quadrupoli sono stati divisi in tre famiglie di 8 quadrupoli ciascuna. Le tre famiglie di quadrupoli permettono la flessibilità necessaria a ottenere tutti i valori di *tune* necessari mantenendo le due regioni non dispersive.

## *Iniezione*

Lo schema di iniezione scelto per il CNAO, è di tipo iniezione multi-giro nel piano orizzontale. Per ragioni di carica spaziale e di valori delle funzioni beta al paziente nel fascio estratto, si è scelto di aumentare l'emittanza verticale del fascio nel sincrotrone. Questo viene ottenuto con un disallineamento verticale tra l'orbita chiusa del sincrotrone e la traiettoria di ingresso del fascio iniettato. La filamentazione derivante da tale disallineamento causa l'aumento di emittanza desiderato.

L'iniezione multigiri avviene creando una distorsione locale dell'orbita chiusa (detta comunemente *bump*) che avvicina tale orbita al setto elettrostatico di iniezione. L'ampiezza del bump viene poi fatta diminuire progressivamente fino a zero. In tal modo il fascio iniettato si "arrotola" spiraleggiando intorno all'orbita chiusa.

Poiché la terapia richiede la massima stabilità e ripetibilità del fascio, le particelle che dopo l'iniezione si trovano fuori dall'emittanza di progetto verranno eliminate utilizzando due *scrapers*. Al fine di minimizzare i movimenti meccanici, la "raschiatura" del fascio avviene spostando il fascio con un bump, anziché muovendo gli *scrapers*.

I parametri in gioco nell'iniezione multigiro sono diversi ed una ottimizzazione richiede molte simulazioni e/o misure e prove. I parametri principali in gioco sono:

- numero di giri in cui il bump di iniezione viene ridotto a zero;
- angolo di iniezione (tra il fascio entrante e l'orbita chiusa);
- ampiezza del bump di iniezione;
- punto di lavoro della macchina ( $Q_x$ ,  $Q_y$ );

## *Ciclo magnetico*

In un Sincrotrone, la traiettoria del fascio è costante. Questo implica che mano a mano che il fascio viene accelerato, il campo magnetico deve aumentare per continuare a fornire la stessa deflessione a particelle sempre più energetiche. La scelta del ciclo magnetico è frutto di un compromesso tra durata del trattamento e potenza richiesta.

Tutti i magneti hanno un ciclo simile, anche se ovviamente con valori diversi a seconda della tipologia, della famiglia etc.

Il ciclo inizia con il magnete ad una corrente inferiore a qualunque valore usato. La prima rampa, porta i magneti al campo di iniezione; nel secondo tratto ), detto *flat bottom*, il campo è costante ed uguale al campo necessario per l'iniezione. Durante questo periodo hanno luogo l'iniezione multigiri, la cattura del fascio nella *bucket RF*, lo scraping ed eventuali altre manipolazioni preparatorie del fascio.

Il tratto successivo corrisponde all'accelerazione del fascio. La durata di questa rampa ed il suo valore finale, dipendono dall'energia di estrazione desiderata per il fascio.

L'ultimo tratto del ciclo magnetico è il cosiddetto *flat top*. Durante il flat top, i magneti si mantengono a campo costante e corrispondente all'energia desiderata per il fascio estratto.

Durante il flat top avvengono i processi di preparazione del fascio all'estrazione ed il processo di estrazione

Al termine dell'estrazione, i magneti vengono portati alla massima eccitazione e quindi nuovamente alla corrente minima pronti ad un nuovo ciclo. Ciò è necessario per seguire sempre il medesimo ciclo di isteresi e quindi mantenere la corretta corrispondenza tra la corrente negli alimentatori e valore di campo magnetico nei magneti. In questa fase non vi è fascio in macchina e il campo magnetico viene variato alla massima velocità possibile pari a 3T/s.

### *Accelerazione*

Nel sincrotrone del CNAO, l'accelerazione del fascio è fornita da un'unica cavità a radiofrequenza situata nella regione non dispersiva opposta a quella di iniezione ed estrazione. L'azione svolta dalla cavità può essere divisa in quattro fasi:

- cattura adiabatica del fascio;
- accelerazione;
- preparazione del fascio all'estrazione;
- stabilizzazione del fascio estratto.

Dopo l'iniezione multigiro, il fascio occupa longitudinalmente tutta la macchina. Prima di poter essere accelerato il fascio deve essere catturato dal potenziale della cavità o, come si dice, nella *bucket* RF (la regione stabile dello spazio delle fasi longitudinale). Questo si ottiene aumentando progressivamente la tensione di gap finché l'accettanza è sufficientemente grande da accomodare il fascio. Alla fine del processo, il fascio è impacchettato ed idealmente non vi è stato aumento di emittanza longitudinale. Il rapporto tra emittanza del fascio e accettanza della bucket viene detto *filling factor*.

Al termine della cattura inizia la fase di accelerazione vera e propria. Durante questa fase, il campo magnetico dei magneti di macchina e tutti i parametri della cavità variano in assoluto sincronismo ed il fascio guadagna energia ad ogni giro. La fase più critica è quella iniziale in cui la dispersione in momento aumenta, la lunghezza del fascio diminuisce e gli effetti di carica spaziale sono più grandi.

Come già anticipato nel paragrafo sul ciclo magnetico, la rampa di accelerazione dipende dall'energia di estrazione desiderata, oltre che dal tipo di particella. La durata del tratto, è quindi variabile in un intervallo che va da 270 ms, nel caso di protoni da 60 MeV, a 734 ms nel caso di carbonio a 400 MeV/u. La necessità di ciclare comunque i magneti fino al campo massimo, riduce però la differenza di durata tra il ciclo più breve e quello più lungo.

Al termine dell'accelerazione il fascio deve essere preparato per l'estrazione.



## *Estrazione*

Il procedimento di estrazione è il punto più critico di tutto il progetto del sincrotrone. Un fascio estratto (spesso detto *spill*) il più possibile uniforme temporalmente e costante in distribuzione trasversale è un requisito qualificante di una macchina per radioterapia con distribuzione attiva.

In questo schema una fascio largo in  $Dp/p$ , viene estratto spingendolo in risonanza con un *betatron-core*, un particolare tipo di acceleratore a induzione.

Tutti gli alimentatori, inclusi quelli dei dipoli, dei quadrupoli e dei sestupoli di macchina presentano un certo livello di ondulazione residua (*ripple*). Questo si traduce in un *ripple* sulla risonanza che si sposta avanti e indietro e si allarga e si stringe nel diagramma di Steinbach.

Nello schema adottato durante l'estrazione gli alimentatori dei magneti principali sono tutti a corrente costante, la condizione migliore per l'alimentatore dal punto di vista del *ripple*.

## *Distruzione del fascio*

Quando la parte del tumore corrispondente ad una data energia ("fetta" in gergo) è stata tutta irraggiata, il fascio in eccedenza deve essere distrutto.

E' necessario distruggere il fascio anche in casi di emergenza.

## *Linee di estrazione*

Nel progetto delle linee di estrazione del CNAO si è tenuto conto della forte asimmetria tra il piano verticale ed il piano orizzontale per il fascio estratto. Nel piano verticale, infatti, il fascio ha un aspetto usuale, con distribuzione a campana e linee isodensità ellittiche.

Nel piano orizzontale, invece, il fascio estratto è il tratto di separatrice tagliato dal setto Elettrostatico. Questa particolare distribuzione, viene detta "barra di carica".

L'approccio della barra di carica nell'ellisse vuota, permette anche un metodo alternativo per la regolazione della dimensione orizzontale; infatti variando l'avanzamento in fase, varia l'orientamento della barra di carica e di conseguenza la sua proiezione sull'asse  $x$  che corrisponde alla dimensione orizzontale.

Le linee di estrazione possono essere divise in tre parti:

- il tratto di linea compreso tra setto elettrostatico e setto magnetico sottile interno all'anello;
- il tratto di linea iniziale, comune a tutte le linee, dedicato all'azzeramento della dispersione;
- il tratto finale che porta il fascio nelle varie sale.

Infine, di seguito, faremo una breve descrizione di alcuni impianti particolarmente importanti appartenenti all'Area Medica.

## **La strumentazione di diagnostica medica**

La strumentazione di diagnostica medica costituisce il primo stadio nel percorso del trattamento di adroterapia. Al CNAO saranno effettuati gli esami clinici necessari per identificare in maniera accurata e selettiva il bersaglio tumorale e contornare i tessuti sani da salvaguardare. L'adroterapia permette di raggiungere un alto grado di precisione nel rilascio della dose al tumore e quindi è necessario disporre di strumenti di diagnostica medica di grande precisione per ottenere un'accuratezza adeguata nella localizzazione del tumore. Al CNAO sono state introdotte le modalità diagnostiche più innovative, una tomografia computerizzata (TAC), una risonanza magnetica (RMN) e un tomografo CT-PET, con annessi programmi di fusione di immagini. Uno speciale programma di ricerca è stato tracciato, che si basa sui progressi dello imaging molecolare, legati principalmente alla PET e alla risonanza magnetica, e che consente l'introduzione nella diagnostica medica delle cruciali informazioni funzionali, biologiche e molecolari dei tessuti. L'uso di particolari traccianti PET consente la definizione di disomogeneità presenti nella massa tumorale che comportano diverse modalità di trattamento, così pure appaiono determinanti gli strumenti per la valutazione dell'ipossia, dell'angiogenesi, dell'apoptosi e dei mutamenti p53.

## **Il sistema di distribuzione della dose**

Il CNAO è progettato per avere un sistema di distribuzione della dose completamente attivo. Ciò significa che il tumore viene diviso idealmente in "fette" iso-range (*slice*), cioè in regioni che vengono raggiunte da particelle della stessa energia.

Ciascuna fetta viene poi irraggiata "pennellandola" con un fascio sottile di particelle, un po' come avviene nel televisore per la ricostruzione dell'immagine.

In questo modo il fascio viene diretto nei vari punti del tumore (*voxel = volume pixel*) variandone la posizione senza aggiunta di spessori addizionali sul percorso del fascio che possano degradarne la qualità. L'energia viene variata dal sincrotrone in modo da scegliere la fetta e all'interno della fetta il fascio viene spostato grazie a due magneti, finemente laminati, detti magneti di scansione.

La velocità massima con cui il fascio può venire spostato sul paziente è di 20 m/s.

La posizione del fascio viene controllata on-line grazie ad un sistema ridondante di monitor che misurano in tempo reale la posizione del fascio ed il numero di particelle ricevute da ciascun voxel. Tale sistema viene usato sia per decidere quando la dose prevista per ciascun voxel sia stata raggiunta che per correggere la posizione del fascio agendo sui magneti di scansione.

## **Il sistema di pianificazione del trattamento (TPS)**

Il sistema per piani di trattamento (identificato con la sigla TPS) costituisce uno degli elementi cardine di un trattamento radioterapico. Il compito base di un TPS è quello di calcolare la dose rilasciata al tessuto da una certa combinazione di fasci di radiazione, entro limiti di precisione stabiliti dal medico radioterapista responsabile del trattamento e comunemente discussi nella comunità scientifica. Sebbene l'argomento sia complesso ed estremamente tecnico, e richieda numerose considerazioni legate in particolare alla tecnica di trattamento, si può considerare accettabile una precisione nel calcolo della dose (intesa come differenza tra dose calcolata e dose effettivamente rilasciata al paziente) dell'ordine del 3% ÷ 5%.

La dose rilasciata da un fascio di radiazione può essere calcolata con ottima precisione, sostanzialmente pari a quella con la quale sono conosciuti i parametri fisici delle interazioni di base radiazione – materia, impiegando i metodi Monte Carlo tipici della fisica delle alte energie. Tuttavia questo approccio è, allo stato attuale della tecnologia e fatte salve poche eccezioni, impraticabile per i lunghi di tempi di calcolo richiesti, incompatibili con la attività assistenziale di un centro di Radioterapia. Per ovviare a questo problema, sono stati sviluppati nel corso degli ultimi anni una serie di modelli approssimati, di precisione sempre crescente, in grado di calcolare la dose rilasciata per mezzo di una opportuna modellizzazione dei parametri fisico – dosimetrici del fascio di radiazione. Questa considerazione è valida tanto per i fasci convenzionali (fotoni ed elettroni), quanto per i fasci adronici (protoni ed ioni carbonio), per l'impiego dei quali nasce il CNAO. Nel caso degli ioni carbonio, il problema è ulteriormente complicato dalla presenza degli effetti radiobiologici, dei quali occorre tenere correttamente conto. È auspicabile la presenza all'interno del TPS di un "worklist manager" che organizzi in sequenza logica le varie attività, soprattutto in contesti complessi nei quali le varie fasi richiedano l'intervento di differenti livelli di professionalità e responsabilità.

## **Il sistema di posizionamento del paziente e verifica del movimento**

Nel trattamento radiante con adroni, le incertezze geometriche relative alle modalità con le quali il fascio incide sul volume bersaglio sono di particolare rilevanza. Le deviazioni geometriche rispetto al piano di trattamento possono avere diversa natura e possono essere schematicamente riassunte come segue:

- inaccuratezze nel posizionamento del paziente rispetto al fascio radiante (errori di setup);
- variazioni morfologiche inter-sessione del distretto trattato (ad esempio perdita di peso, edema da irradiazione);
- riduzione della massa tumorale tra sedute successive (tumor shrinkage);
- movimenti interni del volume bersaglio a seguito di fenomeni di *organ motion* (come ad esempio variazione del grado di riempimento di cavità quali retto e vescica) e/o movimenti fisiologici (respirazione, battito cardiaco, etc.) riguardanti soprattutto i distretti extracranici;
- movimenti casuali del paziente prima e durante la seduta di radioterapia.

Tali fattori contribuiscono ad alterare le modalità di deposizione della dose nei tessuti, comportando cambiamenti rispetto alla condizione pianificata. Da un punto di vista pratico, tali errori di localizzazione vengono compensati *a priori*, aggiungendo al volume clinico da irradiare dei margini di sicurezza (di tessuto sano) che tengano conto delle modificazioni a breve e a lungo termine del distretto irradiato e dell'eventuale presenza di organi a rischio.

Tali variazioni sono particolarmente accentuate nel caso di terapia con adroni rispetto alla radioterapia convenzionale, in ragione delle proprietà fisiche di interazione con i tessuti.

Variazioni di densità lungo la direzione di propagazione del fascio si ripercuotono infatti in modifiche sostanziali nella profondità di penetrazione. Inoltre, la ridotta penombra laterale contribuisce a rendere la deposizione di dose estremamente sensibile ad eventuali inaccurately nel piano trasversale rispetto alla direzione di propagazione del fascio.

Queste considerazioni hanno portato allo sviluppo di un sistema di posizionamento integrato per applicazioni adroterapiche che sia in grado di rilevare, monitorare e compensare le incertezze geometriche del setup di irradiazione. La sfida tecnologica è quella di combinare le più moderne tecniche di image guidance con un posizionatore ad elevata precisione nell'ambito di procedure ad elevata automazione per il controllo in tempo reale del setup del paziente.

Questo è l'approccio che si vuole seguire con la realizzazione del sistema C.A.P.H.

(*Computer Assisted Positioning in Hadrontherapy*) per il Centro Nazionale di Adroterapia Oncologica (CNAO). Tale approccio si basa sull'integrazione di tecnologie video di tracking ottico per il monitoring esterno della posizione del paziente che, accoppiate a tecniche di imaging in room per la localizzazione di reperi anatomici interni, siano in grado di fornire informazioni quantitative sulla qualità dell'allestimento della seduta terapeutica. Inoltre, risulta di particolare importanza il monitoraggio in tempo reale dell'accuratezza nella geometria di irradiazione nel corso del trattamento, che può essere ottenuto in modo non invasivo mediante l'impiego di sistemi di tracking ottico. Ulteriori vantaggi risiedono poi nella possibilità di monitorare e compensare la variabilità respiratoria e nel poter aggiornare ad ogni seduta la correlazione geometrica tra reperi esterni, in base ai quali il setup viene continuamente verificato, e le strutture interne. Infine, un sistema di movimentazione servo controllato a sei gradi di libertà (tre traslazioni e tre rotazioni) consente di raggiungere con estrema accuratezza la posizione richiesta.

## **Il sistema di controllo**

Il compito principale del sistema di controllo del CNAO consiste nel caricare le apparecchiature con le informazioni necessarie a portarle nelle condizioni di funzionamento richieste e nel verificare che le condizioni di esercizio attese siano raggiunte. Gli operatori possono effettuare la supervisione del comportamento dell'impianto mediante un insieme di postazioni con cui vengono eseguite procedure dedicate. Le informazioni possono essere mostrate sia sotto forma di dati rappresentati su opportuni monitor o sotto forma di grafici, segnali video o segnali digitalizzati su oscilloscopi. Un programma specifico permette di raccogliere e mostrare agli operatori gli allarmi determinati da un comportamento non previsto delle apparecchiature. Gli allarmi possono essere riconosciuti ed annullati dagli operatori quando le necessarie misure sono state intraprese.

Tutte le condizioni di funzionamento pianificate per ogni trattamento sono mantenute in una base di dati apposita. La base di dati mantiene anche tutte le informazioni relative al progetto del sistema di controllo, quali il numero e la posizione dei processori e delle carte elettroniche utilizzate, i programmi installati su ciascun computer e le specifiche delle interfacce verso ogni singola apparecchiatura. Dalla base di dati è possibile ricaricare nell'insieme della macchina queste informazioni quando richiesto.

Poiché le informazioni di funzionamento devono essere trasferite molto frequentemente alle apparecchiature in un lasso di tempo breve, il sistema di controllo deve anche fornire segnali utilizzati dall'intero impianto per fare scattare l'esecuzione delle procedure di caricamento e acquisizione dati.

Una base di dati apposita mette in relazione ogni paziente con il trattamento da eseguire, per poter correttamente mettere in esercizio la macchina e per mantenere la storia delle operazioni eseguite.

Oltre che per la normale esecuzione dei trattamenti sui pazienti la macchina può essere utilizzata per lo studio di nuove applicazioni mediche e di nuove condizioni di funzionamento. Un macro linguaggio dedicato permette agli operatori di costruire programmi per la messa in esercizio della macchina in nuove condizioni di funzionamento.

Il sistema di controllo permette anche di eseguire tutte le attività previste per l'assicurazione qualità sia da parte del personale tecnico, sia da parte del personale medico. Queste operazioni costituiscono un impegno giornaliero che deve essere ripetuto prima di ogni turno di trattamenti.

Una volta che i medici hanno pianificato un determinato trattamento il sistema di controllo è anche in grado di tradurre i requisiti imposti dai medici in corrispondenti valori di esercizio della macchina.

E' inoltre possibile legare l'insorgere di allarmi che rappresentano anomalie di funzionamento a procedure predeterminate di riallineamento delle condizioni di esercizio.

Il sistema di controllo è anche in grado di ricevere notifiche di allarme provenienti dai normali impianti di condizionamento degli edifici e di fornitura di acqua ed energia quando considerato necessario.

Il sistema di controllo deve infine verificare la sicurezza degli accessi agli impianti, in modo da poter operare correttamente in presenza di personale nelle sale ove sono presenti le apparecchiature.

## **2 L'ANALISI DELLA GESTIONE ATTUALE DEL SERVIZIO DI MANUTENZIONE DEGLI IMPIANTI CONVENZIONALI A SERVIZIO DELL'ALTA TECNOLOGIA DI CNAO**

Come abbiamo già sottolineato nel capitolo precedente, l'adroterapia oncologica prevede un ciclo di sedute di trattamento impostate su un arco temporale di cinque giorni a settimana (esclusi il sabato e la domenica) distanziate, l'una dall'altra, da un intervallo di tempo che deve essere al massimo pari a 48 ore. Questo frazionamento della dose permette di massimizzare l'indice terapeutico; infatti consente alle cellule sane danneggiate di riparare i danni subletali meglio di quanto non facciano le cellule tumorali e stimola la proliferazione delle cellule sane più di quanto accade per quelle tumorali. Superate le 48 di distanza tra una seduta e l'altra, la terapia sul singolo paziente risulterà essere meno efficace, in quanto le cellule tumorali "bombardate" avranno avuto il tempo necessario per rigenerarsi.

Inoltre, l'adroterapia ha la caratteristica di non essere ripetibile: non sarà, quindi, possibile ricominciare da capo la terapia su quei pazienti che avranno già effettuato almeno una seduta di trattamento.

Da queste due considerazioni ne consegue che la continuità del trattamento sul singolo paziente è un requisito fondamentale per la buona riuscita della terapia.

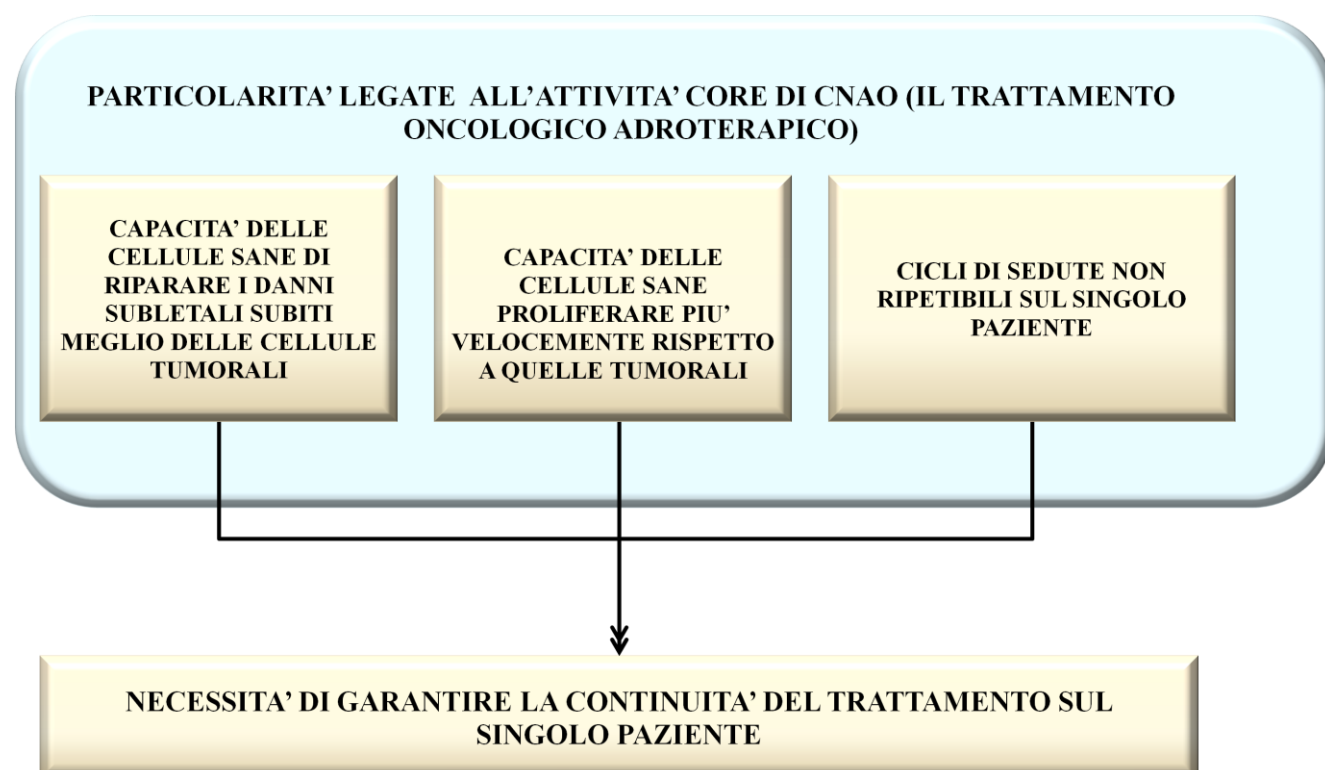


Figura 16: Particolarità legate al trattamento adroterapico

I vincoli legati all'attività CORE (trattamento adroterapico) hanno fortemente condizionato la fase di concezione e progettazione della struttura e condizioneranno necessariamente anche la successiva fase di gestione del Centro.

La Mission dell'organizzazione di gestione dovrà avere come obiettivo principale quello di garantire la continuità del trattamento sul singolo paziente (figura 16).

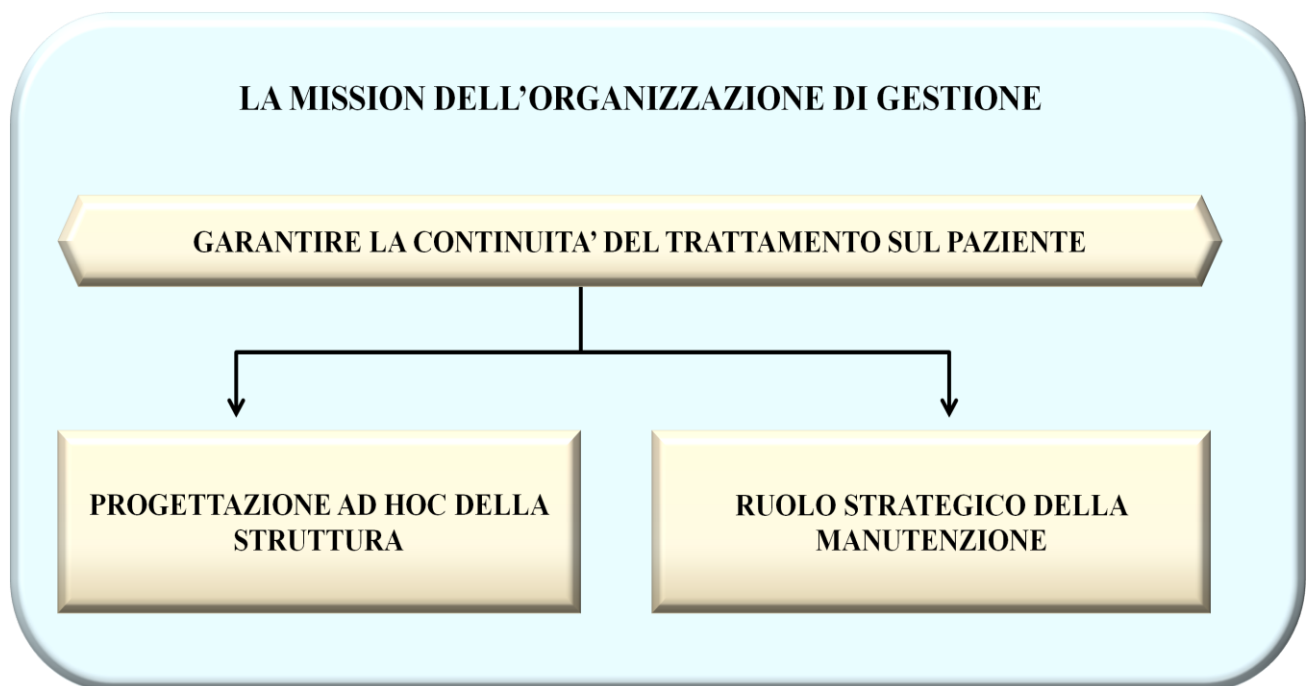


Figura 17: La mission dell'organizzazione di gestione del CNAO

La maggior parte dei sistemi impiantistici presenti al CNAO, i quali sono stati ritenuti critici in un'ottica di funzionamento complessivo del sistema, presentano la caratteristica di essere ridondanti: nel caso in cui si dovesse verificare un guasto su un sistema "primario", le squadre interne di pronto intervento dovranno essere in grado di ristabilire il funzionamento complessivo della struttura impiantistica attraverso la messa in funzione del rispettivo sistema "duale" entro 24 ore dal rilevamento e segnalazione del guasto.

Il CNAO quindi potrà permettersi di rimanere in fase di inattività al massimo per un giorno.



Figura 18: Vincoli imposti dall'attività di trattamento

Calandoci, invece, in un'ottica di gestione del Centro, è lecito affermare che la manutenzione degli impianti non potrà essere considerata come una semplice funzione di servizio all'azienda ma dovrà necessariamente ricoprire un ruolo strategico per la Fondazione stessa.

E' bene sottolineare il fatto che per far sì che l'attività di trattamento proceda senza interruzioni non programmate, è necessario che funzionino alla perfezione sia gli impianti/componenti ad alta tecnologia (sorgenti, radiofrequenza, diagnostica di fascio, parte meccanica, sistema da vuoto, alimentatori, magneti convenzionali, magneti speciali, linac, sincrotrone) sia gli impianti convenzionali a servizio di essa (impianti civili/edili, meccanici/termotecnici, di trasporto ed elettrici/speciali).

Il servizio di manutenzione dovrà quindi essere in grado di assicurare la massima affidabilità e disponibilità degli impianti, durante i periodi in cui è stata pianificata l'attività di trattamento, rispettando il più possibile le esigenze di economicità e di budget imposte dal management aziendale.

E' bene sottolineare che il CNAO condurrà sia attività di ricerca e sviluppo legate alle funzionalità del sincrotrone, che attività di manutenzione in periodi della giornata, della settimana e dell'anno lavorativo alternativi alla attività clinica.



Alla luce di queste attività i diversi sistemi presenti dovranno consentire l'adeguata flessibilità che consenta di programmare le agende di visita e di trattamento tenendo in considerazione gli slot dedicati alla manutenzione e alla ricerca.

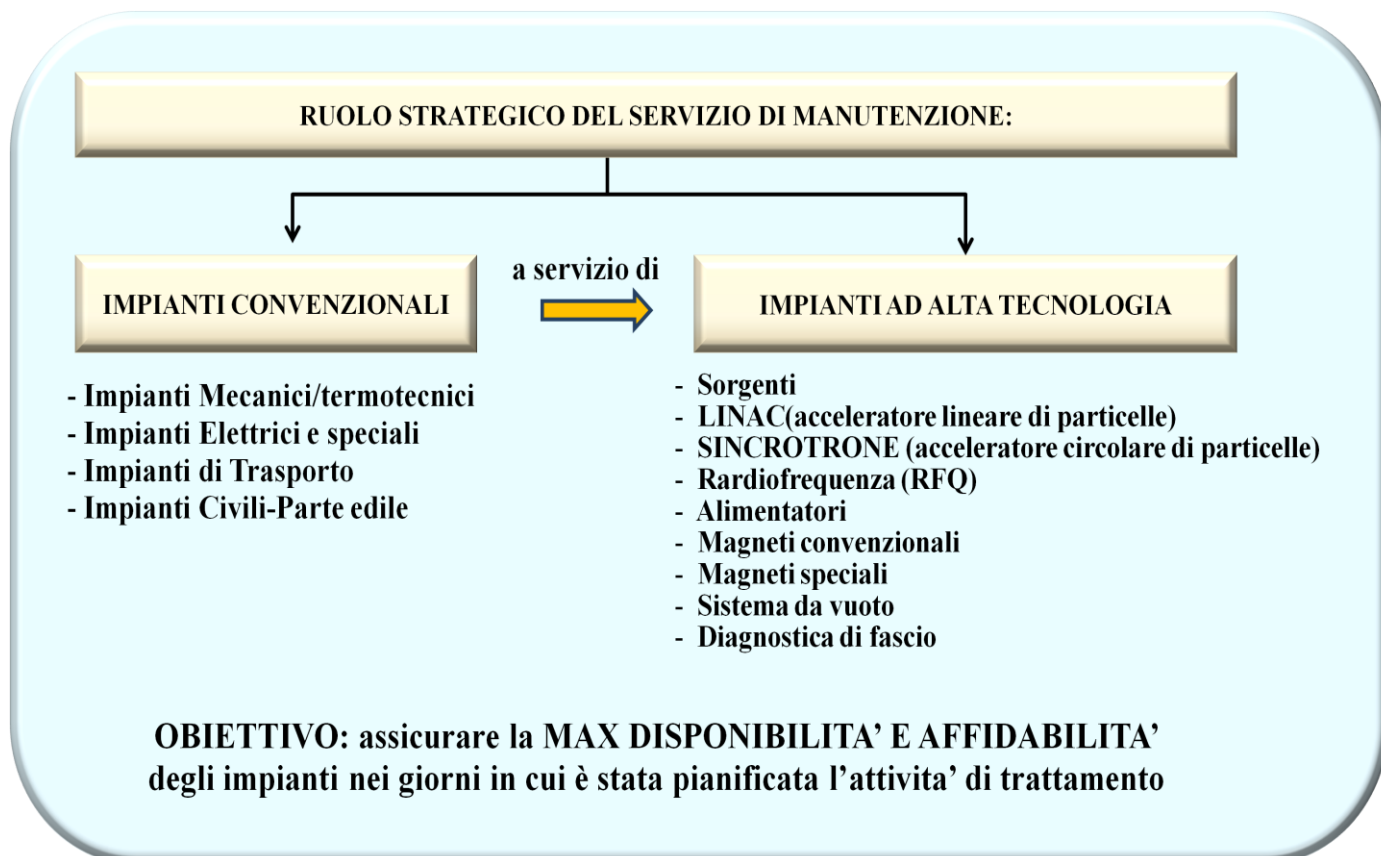


Figura 19: Il ruolo strategico del servizio di manutenzione

## **2.1 LA POLITICA E LE STRATEGIE DI MANUTENZIONE ADOTTATE DAL MANAGEMENT DI CNAO**

Una volta completata la fase di costruzione del Centro la presa in possesso di CNAO ha comportato la necessità di strutturarsi per far fronte alle attività di gestione (e quindi anche di manutenzione).

Il primo step che la direzione si è trovata a dover affrontare, ha riguardato la scelta della politica e delle strategie di manutenzione più opportune per gestire in maniera efficiente (prestazioni/costi) ed efficace (raggiungimento dei risultati) il servizio di manutenzione.

E' opportuno sottolineare che non esiste una scelta ottimale a priori di gestione del servizio di manutenzione, ma che è necessario fare un'analisi approfondita della struttura e delle esigenze (non solo prestazionali ma anche di economicità e di budget) imposte dall'attività principale, per poi decidere qual è la soluzione migliore da adottare.

Alla luce di queste considerazioni, il management di CNAO ha valutato le diverse possibilità di gestione del servizio, che è possibile schematizzare come segue:

- modello di gestione in Global service: affidamento della gestione del servizio, e dell'esecuzione di tutte le attività di manutenzione ad una sola ditta esterna specializzata (Main Contractor);
- modello di gestione "in house" del servizio: gestione ed esecuzione delle attività manutentive affidate completamente all'organizzazione interna alla Fondazione;
- modello di gestione "mista" del servizio: affidamento all'esterno di alcune attività, siano esse gestionali o esecutive, a ditte esterne specializzate e mantenimento interno delle restanti attività.

La direzione, ha quindi, richiesto alla ditta costruttrice del Centro ( DEC ) e alla ditta Siemens di preparare un'offerta di gestione delle "facility" aziendali incentrata sulla modalità del global service.

DEC e Siemens hanno preparato un capitolato di appalto che avrebbe coperto in toto non solo la gestione del servizio di manutenzione degli impianti convenzionali (opere edili, impianti meccanici, elettrici e speciali e di trasporto) ma anche la gestione del servizio di pulizia e igiene ambientale, del servizio di guardiania interno, del servizio di reception/centralino e del servizio di ristoro.

Dopo aver valutato con attenzione la proposta di gestione delle suddette "facility" pervenute, il management ha deciso di non optare per la scelta del global service ma di orientarsi verso una gestione mista (interna + outsourcing) dei servizi aziendali sopra elencati.

A differenza del Global service in cui il servizio di manutenzione viene totalmente affidato ad una ditta esterna, la quale percepisce un canone annuo fisso, e si deve occupare di tutte le attività necessarie alla progettazione, esecuzione e controllo del servizio di manutenzione, una gestione mista risulta essere più vantaggiosa sia dal punto di vista economico-finanziario sia dal punto di vista del controllo (sia economico che prestazionale) del servizio; inoltre questo modello di gestione favorisce la crescita del personale e dell'organizzazione interni alla Fondazione (figura 19).

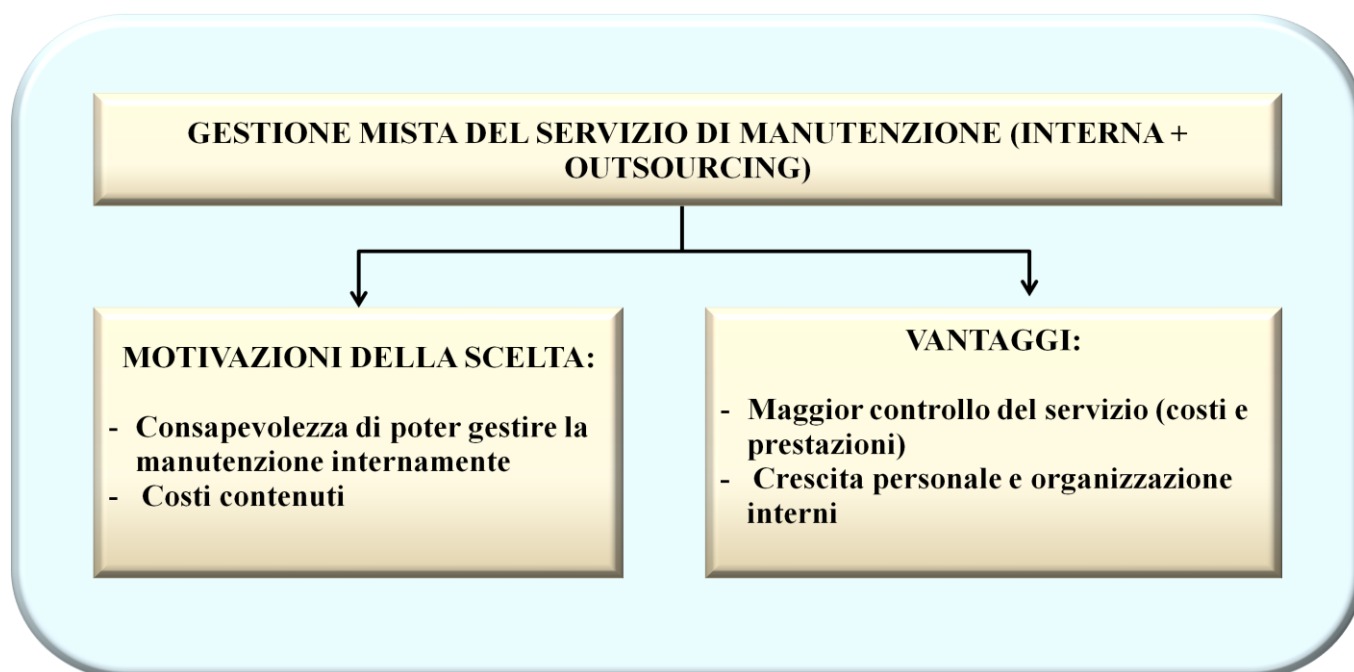


Figura 20: Politica di gestione mista del servizio di manutenzione: motivazioni e vantaggi della scelta

Questa scelta presuppone che il personale CNAO abbia le capacità gestionali necessarie a coordinare e programmare le diverse attività di manutenzione.

In merito ai servizi di pulizia e igiene ambientale, di guardiania, di reception/centralino e del servizio di ristoro, la pianificazione e l'esecuzione delle attività operative è stata affidata a ditte esterne specializzate; la gestione dei servizi stessi (monitoraggio/controllo prestazionale ed economico del servizio, programmazione e coordinamento delle attività operative eseguite dalle ditte esterne specializzate) sarà, invece, a carico del reparto di manutenzione interno alla Fondazione.

Per quanto riguarda la gestione della manutenzione degli impianti convenzionali e di alta tecnologia, il discorso è un po' più articolato e complesso e merita ulteriori approfondimenti e considerazioni.

Come abbiamo già sottolineato più volte il CNAO, essendo un "prototipo", è costituito da un sistema impiantistico caratterizzato da un elevatissima specificità e complessità.

Il complesso impiantistico è strutturalmente scomponibile nelle seguenti due macro categorie:

- Impianti convenzionali: impianti civili/edili, meccanici/termotecnici, di trasporto ed elettrici/speciali;
- Impianti ad alta tecnologia (sorgenti, radiofrequenza, diagnostica di fascio, parte meccanica, sistema da vuoto, alimentatori, magneti convenzionali, magneti speciali, LINAC, SINCRORONE).

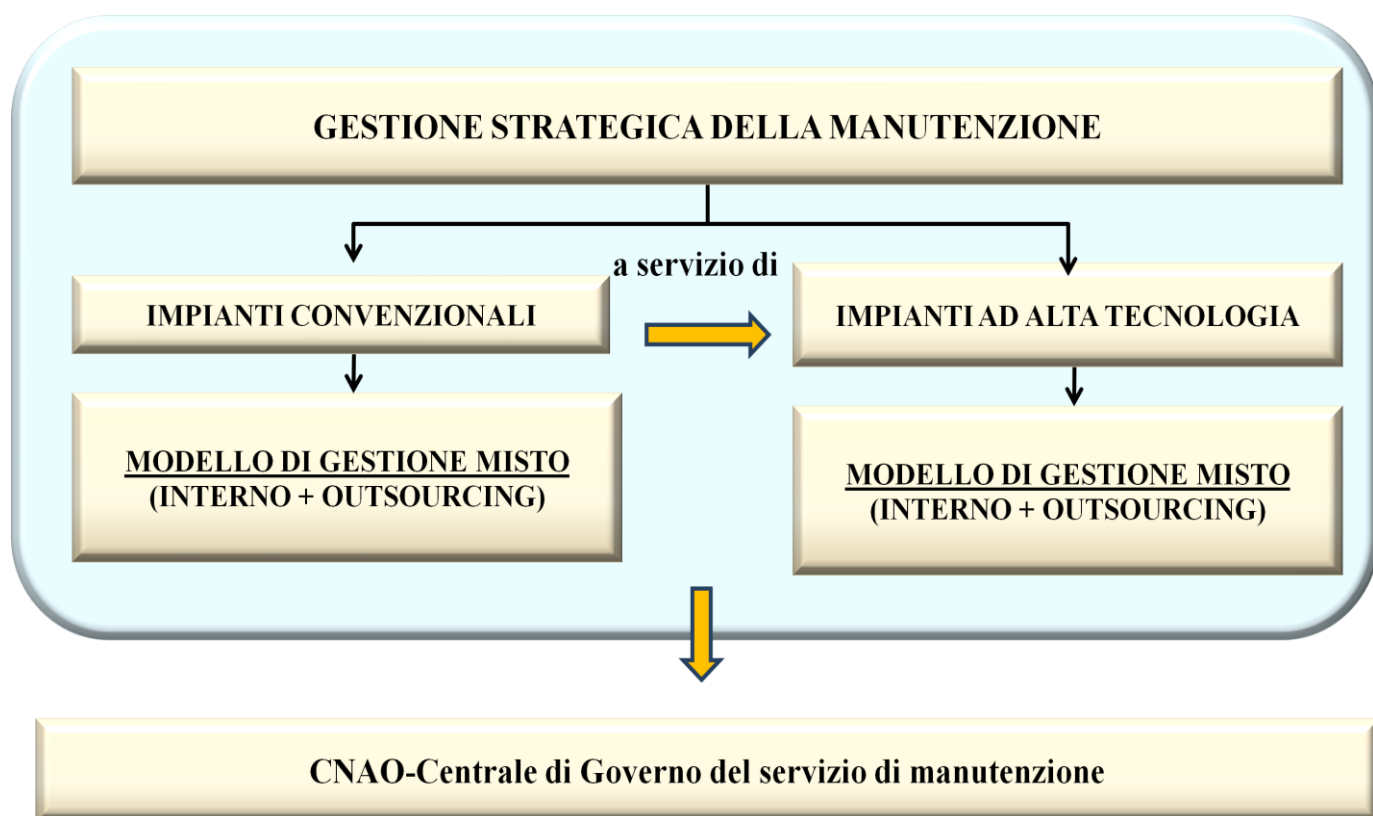


Figura 21: Modello di gestione del servizio di manutenzione

Anche se l'analisi da me effettuata ha riguardato principalmente la gestione della manutenzione degli impianti convenzionali posso, comunque, affermare con certezza che il modello di gestione del servizio adottato è valido sia per la parte convenzionale che per l'alta tecnologia.

La differenza la fanno le maggiori specializzazioni richieste per gestire la manutenzione dell'alta tecnologia, le quali sono difficilmente rintracciabili sul mercato, visto e considerato l'elevato livello di specificità e di unicità dei sistemi impiantistici presenti.

Di conseguenza la gestione della manutenzione dei suddetti impianti e componenti viene eseguita e gestita principalmente da personale CNAO, che ha contribuito alla loro installazione e da tecnici appartenenti a Enti che hanno lavorato fin dal principio in stretta collaborazione con la Fondazione (come ad esempio il CERN di Ginevra).

L'appoggio di ditte specializzate nell'esecuzione di talune attività, come ad esempio la manutenzione degli alimentatori è, comunque, garantito da singoli contratti di appalto stipulati con le ditte specializzate.

Per quanto riguarda, invece, la gestione della manutenzione degli impianti convenzionali, l'analisi da me effettuata è stata molto più approfondita e tramite essa ho potuto rintracciare numerose informazioni in merito al mix di strategie di manutenzione adottato.

Una gestione mista del servizio di manutenzione presuppone che venga applicata una distinzione tra le attività da affidare al personale interno e le attività per le quali si richiede l'appoggio di ditte specializzate.

Sono state affidate a personale interno alla Fondazione le seguenti attività inerenti la conduzione tecnica e la manutenzione degli impianti convenzionali:

- Presidio operativo;
- Pronto intervento;
- Supervisione interventi;
- Interventi di manutenzione a guasto;
- Controlli e verifiche sugli impianti (manutenzione preventiva).

Le attività, invece, affidate a personale specializzato esterno a CNAO, sono le seguenti:

- Pianificazione degli interventi (definizione degli “standard di servizio” della manutenzione);
- Esecuzione delle attività pianificate come da contratto (manutenzione programmata ordinaria);
- Interventi a richiesta (manutenzione a guasto straordinaria).

La gestione complessiva del servizio rimane completamente nelle mani del reparto di manutenzione interno alla Fondazione, il quale deve fungere da Centrale di Governo del servizio, adempiendo necessariamente alle seguenti funzioni:

- Coordinamento e programmazione delle attività operative (siano esse interne o in outsourcing);
- Gestione delle anagrafi;
- Monitoraggio e controllo (prestazionale ed economico) del servizio.

Entreremo successivamente più nel dettaglio della descrizione dei compiti e delle funzioni proprie del reparto di manutenzione di CNAO.

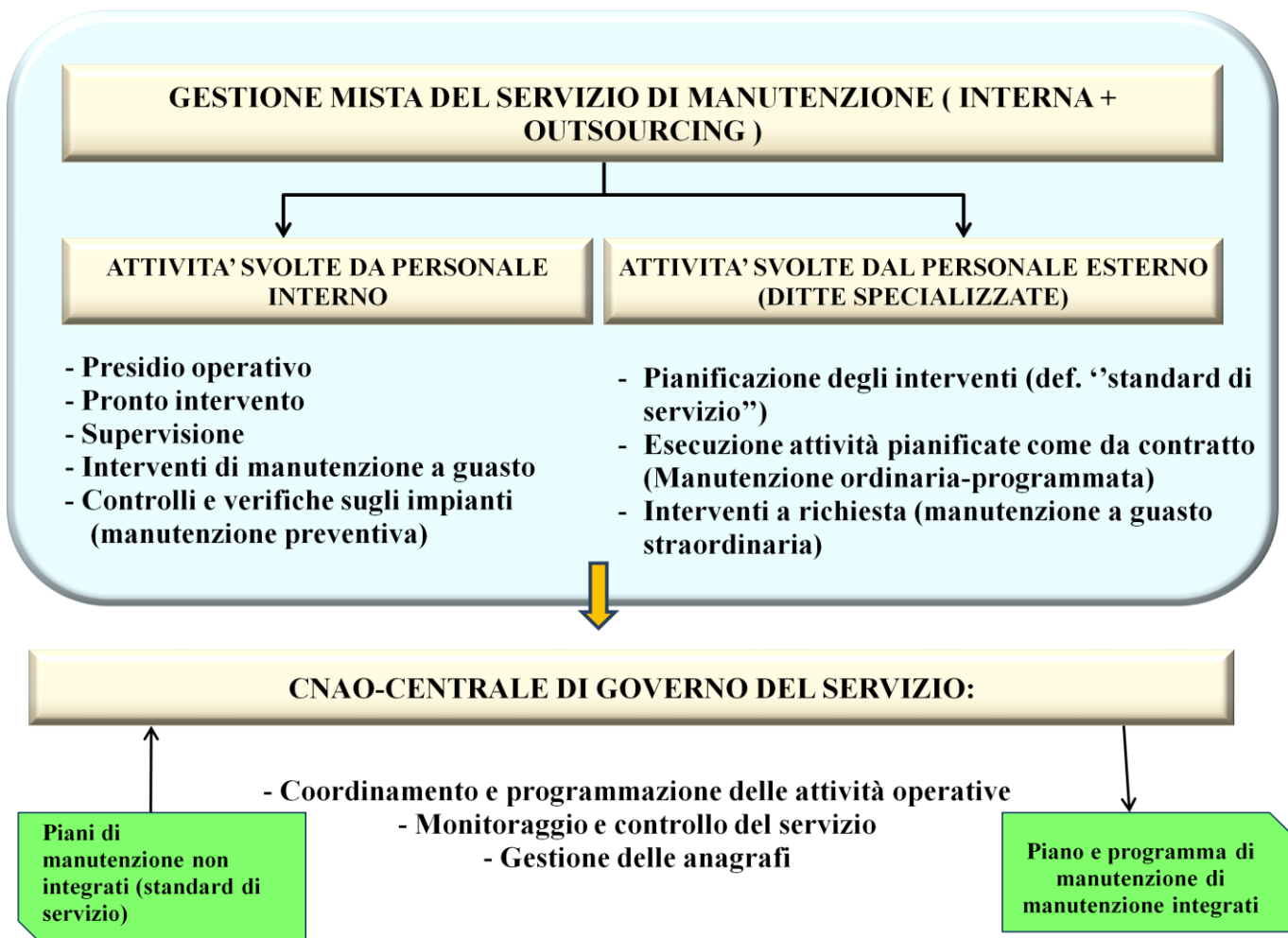


Figura 22: Gestione mista del servizio: attività svolte internamente e attività in outsourcing

Dal grafico sopra riportato balza subito all'occhio una sostanziale differenza in merito alla logica di separazione tra le attività svolte internamente e quelle affidate all'esterno.

Notiamo, infatti, come la pianificazione delle attività operative è completamente esternalizzata; i fornitori del servizio di manutenzione dei vari impianti hanno il compito di pianificare le attività di manutenzione ordinaria da eseguire nel tempo in forma programmata; sarà compito del reparto di manutenzione mettere insieme i vari Piani di manutenzione impostati dalle ditte specializzate e integrarli in un unico Programma degli interventi (funzione di coordinamento e programmazione delle attività operative).

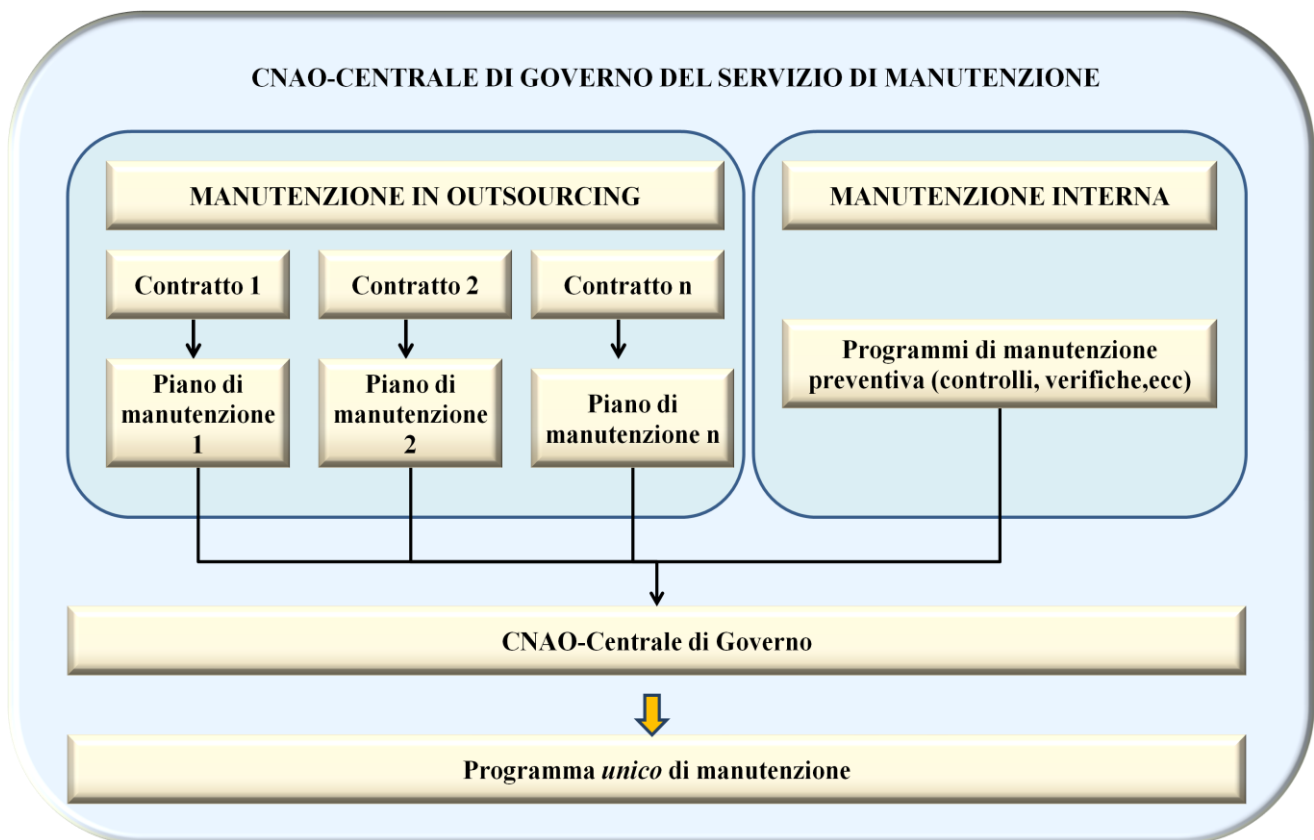


Figura 23: CNAO-Centrale di Governo del servizio di manutenzione

Definita la politica di manutenzione, il management di CNAO, in collaborazione con i tecnici specializzati che hanno seguito la fase di commissioning degli impianti convenzionali, è passato alla fase di individuazione di quei componenti per i quali è opportuno adottare un mix di strategie di manutenzione (preventiva/programmata + correttiva/a guasto).

Sorge spontanea la seguente domanda: con quale criterio sono stati individuati i componenti da sottoporre a manutenzione programmata e quindi da affidare a ditte specializzate?

Il management ha individuato i componenti altamente critici per il funzionamento complessivo del sistema, basandosi principalmente sulle informazioni a sua disposizione fornite dai costruttori in merito alle specializzazioni/competenze, ai mezzi/attrezzature necessarie ad eseguire gli interventi, ai tempi e costi degli interventi; Inoltre sono state tenute in stretta considerazione gli obblighi imposti dalla normativa vigente in materia.

Il passo successivo è stato quello di individuare sul mercato le ditte specializzate nella manutenzione dei singoli impianti/componenti.

Anche in questa fase l'appoggio e le indicazioni provenienti dai costruttori hanno rivestito un ruolo fondamentale: alle aziende costruttrici, CNAO ha richiesto un elenco di ditte specializzate potenzialmente in grado di eseguire la manutenzione dei componenti da loro costruiti ed installati.



Per quanto riguarda la manutenzione a guasto, invece, gli interventi possono essere affidati sia a personale interno sia a personale di ditte specializzate.

La scelta in merito all'affidamento dell'esecuzione degli interventi che scaturiscono dalla segnalazione di un guasto su un macchinario/impianti viene effettuata considerando le specializzazioni necessarie ad eseguire gli interventi stessi: nel caso in cui le specializzazioni interne siano ritenute sufficienti, l'esecuzione dell'intervento verrà affidata al personale CNAO, altrimenti sarà necessario contattare le ditte specializzate nell'esecuzione del servizio.

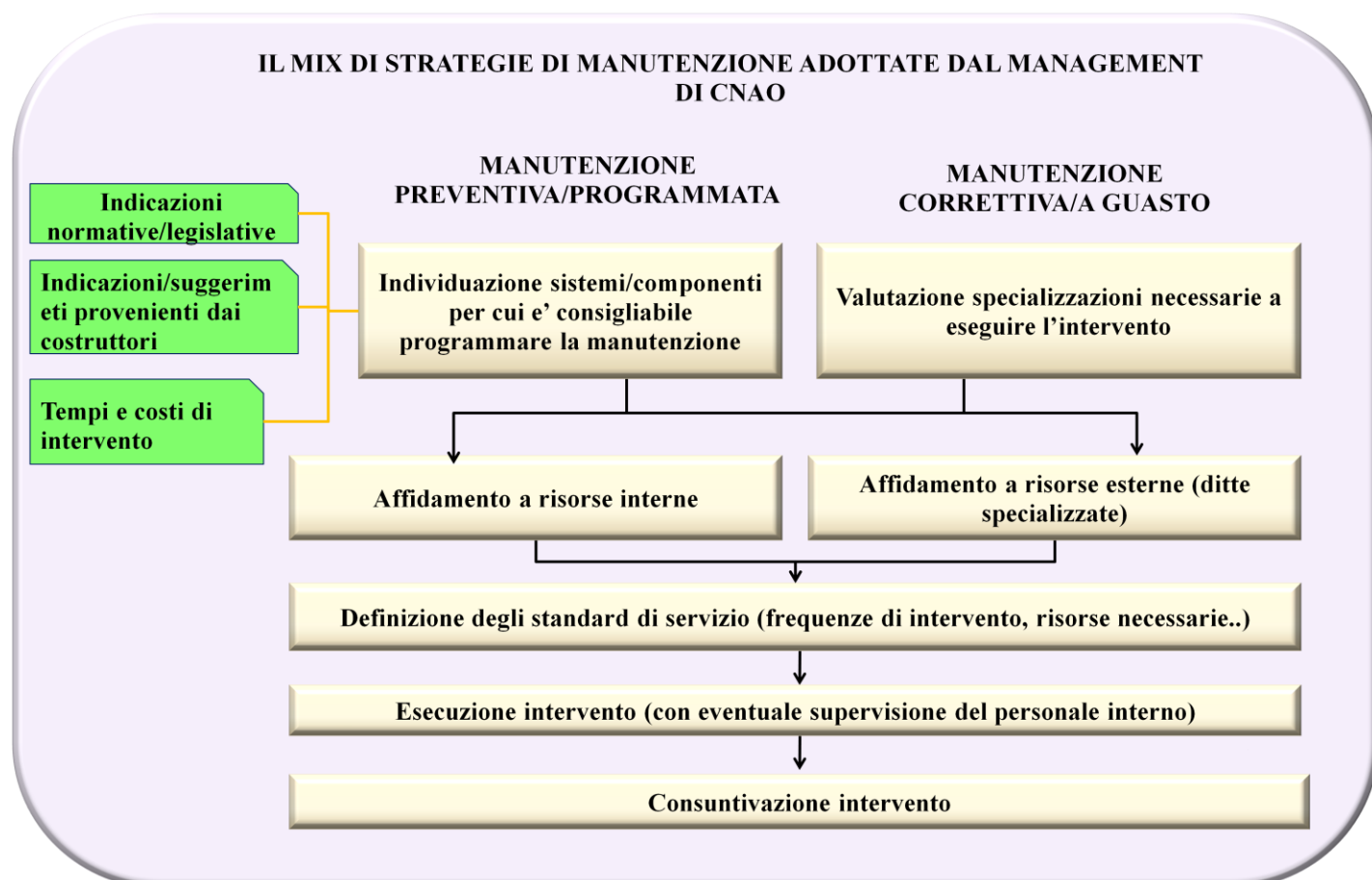


Figura 24: Il mix di strategie di manutenzione adottate dal management di CNAO

Negli ultimi due paragrafi del presente capitolo descriveremo sia il workflow operativo della manutenzione programmata che di quella a guasto, cercando di individuare le eventuali aree di miglioramento e le possibili soluzioni in risposta alle esigenze.

## 2.2 LA STRUTTURA ORGANIZZATIVA E LE FUNZIONI PRINCIPALI DEL REPARTO DI MANUTENZIONE DEGLI IMPIANTI CONVENZIONALI DI CNAO

Per impostare un servizio di manutenzione che sia efficiente ed efficace occorre fissare un numero di posizioni, gerarchicamente dipendenti, sufficienti a coprire, senza sovrapposizioni, la gestione e l'esecuzione dell'insieme delle attività costituenti i processi e i sottoprocessi che governano la manutenzione.

Come abbiamo già anticipato nel primo paragrafo del presente capitolo, il reparto di manutenzione di CNAO ricopre il ruolo di Centrale di Governo del servizio di manutenzione.

Le funzioni principali di una Centrale di Governo fanno riferimento alle seguenti tre attività gestionali:

- coordinamento e programmazione delle attività operative;
- monitoraggio e controllo (prestazionale ed economico) del servizio;
- gestione delle anagrafi.

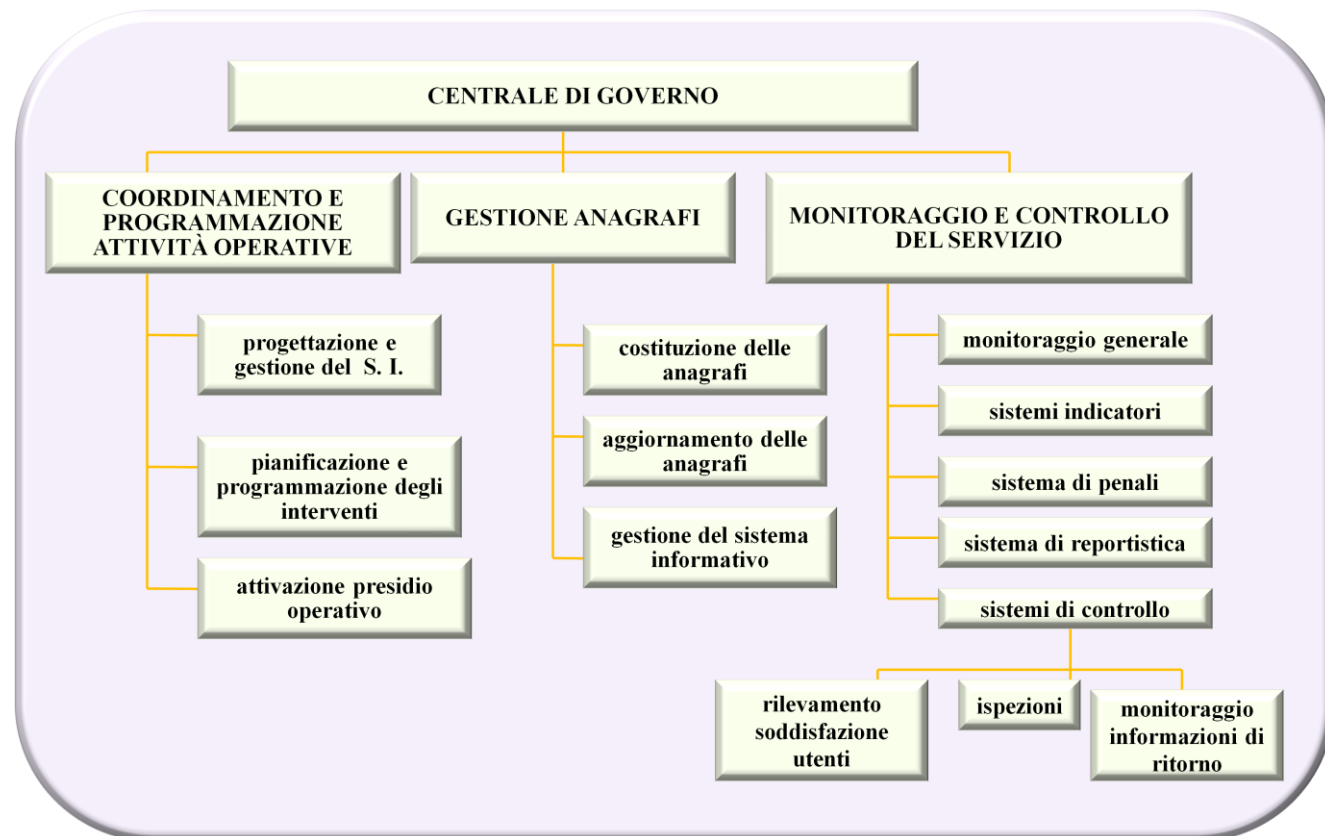


Figura 25: Le attività principali di una Centrale di Governo

E' necessario sottolineare che non essendo ancora a regime, il reparto sta cercando di strutturarsi per arrivare al giorno in cui sarà trattato il primo paziente a svolgere le funzioni sopra elencate in maniera efficiente ed efficace.

Di seguito illustreremo l'attuale struttura del reparto, per poi descriverne il modus operandi attuale, cercando di individuare le aree passibili di miglioramenti; nel capitolo successivo descriveremo il lavoro da me svolto, in collaborazione con il personale interno alla Fondazione, finalizzato a proporre delle soluzioni ad hoc in risposta alle esigenze individuate in fase di analisi.

Il reparto di manutenzione della Fondazione è organizzato nel modo seguente:

- N° 1 responsabile della manutenzione degli Impianti Meccanici/Termotecnici e degli Impianti Civili/Edili.
- N° 1 responsabile degli Impianti Elettrici/Speciali e di Trasporto.

I responsabili di reparto hanno i seguenti compiti principali:

- gestire i rapporti con i fornitori;
- programmare gli interventi e coordinare le attività operative;
- verificare che gli interventi programmati e correttivi siano effettivamente stati eseguiti a regola d'arte;
- tenere uno storico aggiornato degli interventi di manutenzione eseguiti.

Inoltre è bene sottolineare che i responsabili del reparto di manutenzione interagiscono direttamente con la direzione generale del CNAO la quale deve essere tenuta costantemente aggiornata sulle varie situazioni e problematiche di volta in volta riscontrate, avendo essa il potere di decidere in merito a situazioni particolarmente critiche e di fornire input direzionali riguardanti la gestione complessiva del servizio.

Oltre ai responsabili sono presenti:

- N° 2 consulenti tecnici interni alla Fondazione i quali hanno il compito di fornire consulenze tecniche e operative relativi al processo di manutenzione (attività consultiva);
- N°1 capo manutentore, specializzato nella “conduzione tecnica” e nella manutenzione degli impianti meccanici/termotecnici che ha seguito tutta la commessa del Centro;
- N° 1 capo manutentore impianti elettrici e speciali, il quale oltre a svolgere attività di manutenzione vera e propria, ha il compito di gestire gli interventi sugli impianti di sua competenza secondo le specifiche qualitative e le procedure di sicurezza stabilite;
- N° 6 manutentori (4 per gli Impianti Meccanici/Termotecnici e 2 per gli Impianti Elettrici e Speciali).

Di seguito riportiamo l’organigramma del reparto.

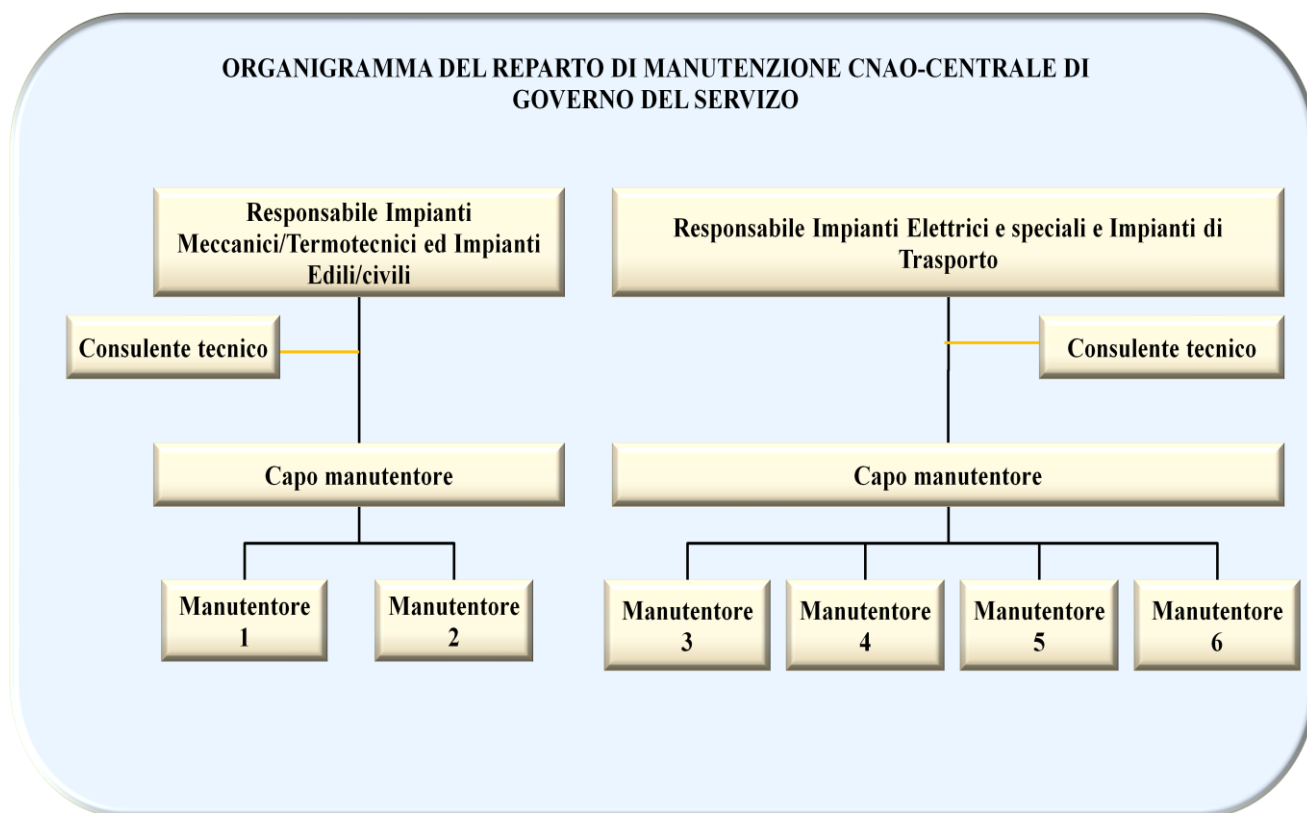


Figura 26: L’organigramma del reparto di manutenzione CNAO-Centrale di Governo del servizio

Entriamo ora nel merito delle funzioni proprie del reparto, il quale funge da Centrale di Governo del servizio di manutenzione.

E' quindi suo compito innanzitutto coordinare e programmare le singole attività operative necessarie all'esecuzione degli interventi di manutenzione sia programmata che a guasto.

Come abbiamo già sottolineato in precedenza, la pianificazione degli interventi di manutenzione inerenti i componenti ritenuti maggiormente critici per il funzionamento complessivo della struttura è stata totalmente affidata a ditte specializzate, attraverso la stipula di diversi contratti di manutenzione.

La programmazione e la calendarizzazione vera e propria degli interventi è, invece, affidata ai responsabili del reparto di manutenzione interno alla Fondazione, il quale deve integrare i vari Piani di manutenzione impostati dalle singole ditte specializzate e produrre periodicamente un proprio programma di manutenzione, cercando di evitare possibili interferenze con le operazioni di manutenzione interna che si svolgeranno negli stessi giorni in cui verranno effettuati gli interventi da parte di personale esterno.

I responsabili del reparto organizzano, quindi, riunioni a cadenza bisettimanale alle quali devono necessariamente partecipare:

- i responsabili stessi;
- il responsabile della sicurezza;
- i consulenti tecnici specializzati;
- gli operatori addetti all'esecuzione delle attività interne (presidio operativo, pronto intervento, supervisione, interventi a guasto, controlli e verifiche sugli impianti).

Le suddette riunioni hanno principalmente i seguenti obiettivi:

- fare il punto sullo stato di avanzamento dei lavori di manutenzione (S.A.L.);
- verificare che gli interventi programmati siano stati eseguiti a regola d'arte;
- discutere le eventuali problematiche riscontrate nel periodo antecedente le riunioni stesse e sviluppare soluzioni efficaci in risposta ad esse;
- impostare un programma di manutenzione per il breve periodo.

Abbiamo dunque descritto il modus operandi, attraverso il quale il reparto di manutenzione di CNAO adempie alla prima funzione propria di una Centrale di Governo, ovvero la programmazione e il coordinamento delle attività operative.

L'obiettivo del reparto è quello di arrivare a impostare un Piano e un programma annuale di manutenzione che riunisca al suo interno sia le operazioni di manutenzione programmata affidate alle ditte specializzate sia le attività che dovranno essere svolte da personale interno.

Vediamo ora di descrivere come il reparto di manutenzione di CNAO assolve alla seconda funzione propria di una Centrale di Governo, ovvero la gestione delle anagrafi.

Attualmente CNAO non è in possesso di un'anagrafica digitale funzionale alla gestione del servizio di manutenzione; le informazioni riguardanti la consistenza del sistema edilizio e le operazioni di manutenzione da svolgere come da programma possono essere rintracciate solamente all'interno dei progetti As Built forniti dalla ditta costruttrice del Centro (la DEC) e dei contratti di manutenzione con le ditte specializzate.

Questo fatto è abbastanza comprensibile se si considera che il Centro non è ancora a regime e che la manutenzione vera e propria non è ancora cominciata, ma è necessario iniziare a lavorare per costruire un'anagrafica di base completa e arrivare al giorno in cui verrà trattato il primo paziente, ad essere in possesso di un unico quadro organico delle informazioni utili alla gestione del servizio di manutenzione.

E' necessario sottolineare il fatto che le informazioni contenute all'interno dell'anagrafica, per essere gestite in modo efficiente ed efficace, necessitano di strumenti informatici di supporto alla gestione del servizio.

In questo senso è attualmente in fase di progettazione un Sistema Informativo di supporto alla gestione del servizio di manutenzione che dovrà necessariamente contenere:

- informazioni;
- istruzioni;
- procedure;
- funzioni;
- operazioni eseguite;
- programma degli interventi.

Per quanto riguarda la funzione di monitoraggio e controllo del servizio di manutenzione è importante sottolineare l'importanza della presenza di un archivio all'interno del quale dovranno essere registrati tutti gli interventi eseguiti nel passato, con le relative informazioni associate ad essi, quali:

- data dell'intervento;
- oggetto/i interessato/i;
- ubicazione localizzazione intervento;
- descrizione delle operazioni effettuate;
- soggetti esecutori;
- materiali utilizzati;
- risorse impiegate;
- ore uomo lavorate;
- note aggiuntive.

In un'ottica di gestione del servizio di manutenzione l'archivio dello storico degli interventi risulta utile principalmente per i seguenti tre motivi:

- tenere traccia delle informazioni riguardanti la totalità degli interventi di manutenzione effettuati;
- monitorare e controllare le prestazioni del servizio;
- effettuare analisi sui dati storici, attraverso cui poter per migliorare costantemente il servizio (analisi migliorative).

Nel prossimo capitolo, descriverò il lavoro da me svolto in collaborazione con il personale di reparto, finalizzato a proporre delle soluzioni adeguate in risposta alle esigenze emerse in fase di analisi.

E' bene sottolineare il fatto che fino ad oggi il di reparto di manutenzione interno a CNAO è sempre riuscito a gestire efficientemente ed efficacemente la manutenzione degli impianti convenzionali.

E' lecito pensare, però, che un domani, quando CNAO si troverà nel pieno dell'operatività, gli interventi di manutenzione saranno più numerosi e l'eventualità di interrompere il trattamento a causa di un guasto su un impianto, non potrà essere accettata per i motivi che abbiamo già descritto all'inizio di questo capitolo.

Di conseguenza il reparto di manutenzione si sta gradualmente strutturando e attrezzando per arrivare al giorno in cui verrà effettuato il primo trattamento, a gestire il servizio attraverso l'utilizzo di strumenti informatici di supporto adeguati e all'avanguardia.



### **2.3 L'ATTUALE QUADRO DELLE FORNITURE DI SERVIZI DI MANUTENZIONE PER GLI IMPIANTI CONVENZIONALI DI CNAO**

L'adozione di una politica di gestione mista del servizio di manutenzione, presuppone che venga stipulato almeno un contratto per ognuno dei sistemi/componenti impiantistici critici individuati in fase di analisi sulla base dei parametri che abbiamo precedentemente elencato (disposizioni normative, indicazioni costruttori in merito a specializzazioni, tempi e costi necessari ad eseguire gli interventi).

Dopo una fase di ricerca delle ditte specializzate nella pianificazione e nell'esecuzione degli interventi inerenti la manutenzione dei componenti precedentemente individuati, CNAO ha stipulato diversi contratti di manutenzione con alcune di esse, dopo averle selezionate in base alla qualità del servizio offerto, sia dal punto di vista delle prestazioni che dal punto di vista economico-finanziario.

Attualmente sono in essere diversi contratti di manutenzione; all'interno di essi vengono elencati gli elementi/componenti oggetto della manutenzione, gli interventi da programmare nel tempo, gli elementi/componenti impiantistici oggetto della manutenzione, gli "standard di servizio" inerenti le attività, gli obblighi della contraente, le specifiche inerenti le attività di manutenzione straordinaria che dovessero essere necessari durante il periodo di validità del contratto stesso, informazioni sui ricambi e materiali di consumo, corrispettivi e pagamenti, clausole riguardanti la sicurezza e la salute sul lavoro e tutela dell'ambiente, ecc...

Di seguito illustreremo il quadro completo dei contratti attualmente in vigore, per ognuna delle quattro macro aree tecniche in cui è stata scomposta la struttura impiantistica convenzionale (impianti Meccanici/termotecnici, impianti elettrici e speciali, impianti di trasporto, impianti edili).

### *Impianti meccanici*

Ad oggi sono in essere due contratti di manutenzione per gli impianti meccanici:

- Contratto per i servizi di manutenzione ai sistemi di pompaggio di CNAO.  
Il contratto è entrato in vigore in data 22 Marzo 2010, prevede quattro uscite all'anno di manutenzione ordinaria, ed è valido fino al 31 Dicembre 2010;
- Contratto per i servizi di manutenzione degli impianti di condizionamento di CNAO ( Condizionatori, gruppi frigo, dry cooler ).  
Il contratto è stato firmato il 14 Dicembre 2009, è entrato in vigore il 1 Gennaio 2010,prevede 4 uscite all'anno e ha validità annuale.

### *Impianti elettrici e speciali*

I componenti degli impianti elettrici e speciali sono totalmente coperti da contratti di manutenzione con ditte esterne specializzate ad esclusione delle lampade di emergenza e dei quadri elettrici di bassa tensione, la cui manutenzione viene eseguita e gestita internamente.

Di seguito elenchiamo i contratti in essere con le ditte specializzate:

- Contratto per la manutenzione e assistenza degli ingressi automatici; ha validità trentasei mesi a partire dal 1 Ottobre 2010, e prevede 2 uscite di manutenzione ordinaria all'anno;
- Contratto per la manutenzione dei gruppi statici di continuità; ha validità annuale e prevede 2 uscite all'anno a partire dal 15 Settembre 2010;
- Contratto per il servizio di manutenzione delle chiusure automatiche; ha validità annuale a partire dal 1 Luglio 2010 e prevede 2 uscite di manutenzione ordinaria all'anno;
- Contratto per i servizi di manutenzione e formazione degli impianti in alta e media tensione di CNAO; ha validità annuale a partire dal 2 Novembre 2009 e prevede un uscita ogni 2 anni. Contratto con la ditta Power Gem Service per la manutenzione dei gruppi elettrogeni di emergenza e delle motopompe; ha validità annuale a partire dal 28 Aprile 2010 e prevede 2 uscite di manutenzione ordinaria all'anno;

- Il contratto ha validità trentasei mesi a partire dal 1 Maggio 2010, riguarda il servizio di la manutenzione dei seguenti sistemi speciali:
  - sistema di supervisione impianti DESIGO INSIGHT (4 uscite di manutenzione ordinaria all'anno);
  - sistema di rilevazione incendio (2 uscite di manutenzione ordinaria all'anno);
  - sistema di antintrusione (2 uscite di manutenzione ordinaria all'anno);
  - sistema di controllo televisivo TVCC (2 uscite di manutenzione ordinaria all'anno);
  - sistema di controllo degli accessi (2 uscite di manutenzione ordinaria all'anno).

### *Opere edili*

Per il servizio di manutenzione delle opere edili della Fondazione non esistono contratti con ditte esterne specializzate: è bene sottolineare però che nel caso in cui vengano rilevati guasti o anomalie che non possono essere risolte con l'ausilio del personale interno, CNAO contatterà le ditte esterne specializzate, richiederà diversi preventivi di offerta e dopo averli valutati con attenzione deciderà a quale ditta affidare l'esecuzione degli interventi necessari a riparare il guasto.

## *Impianti di trasporto*

Gli impianti di trasporto sono totalmente coperti da contratti di manutenzione con ditte specializzate.

I contratti in essere sono i seguenti:

- contratto per il servizio di verifica periodica degli ascensori e dei montacarichi; ha validità di 24 mesi a partire dal 19 Gennaio 2009 e prevede un uscita in 2 anni;
- contratto per la manutenzione dei 3 carriponte presenti all'interno del CNAO; ha validità annuale a partire da 19 Aprile 2010 e prevede 4 uscite all'anno;
- contratto per la manutenzione degli ascensori; ha validità annuale a partire dal 1 Gennaio 2010, e prevede 2 uscite di manutenzione ordinaria all'anno.

Ad oggi i responsabili del reparto di manutenzione ritengono di essere sufficientemente coperti dai contratti in essere; sarà in fase di stesura del budget per l'esercizio 2011 che si discuterà con il management l'opportunità di rinegoziare i contratti esistenti e/o di stipularne di nuovi.

Questa valutazione verrà effettuata principalmente sulla base di:

- guasti verificatesi nell'anno corrente, i quali sono stati ripristinati attraverso richieste di manutenzione straordinaria a ditte esterne il cui intervento ha comportato un esborso eccessivo di capitale;
- previsioni di funzionamento degli impianti per il prossimo anno.

**QUADRO COMPLETO DELLE FORNITURE:CONTRATTI DI MANUTENZIONE ATTUALMENTE IN ESSERE CON DITTE SPECIALIZZATE NEL SERVIZIO DI MANUTENZIONE**

Oggetto	Fornitore	Canone annuo di manutenzione ordinaria	Area tecnica interessata	Data di entrata in vigore del contratto	Data di scadenza del contratto
Manu. Ordinaria degli IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE	Ditta001	8.600 Euro/anno + IVA	Impianti Meccanici/Ter motecnici	1 Gennaio 2010	31 Dicembre 2010
Manut.ordinaria dei SISTEMI DI POMPAGGIO	Ditta002	2.400 Euro/anno + IVA	Impianti Meccanici/Ter motecnici	22 Marzo 2010	31 Dicembre 2010
Manut. ordinaria INGRESSI AUTOMATICI	Ditta003	860 Euro/anno + IVA	Impianti Elettrici e Speciali	10 gennaio 2010	9 Gennaio 2013
Manut.ordinaria GRUPPI STATICI DI CONTINUITÀ	Ditta004	12.000 Euro/anno	Impianti Elettrici e Speciali	15 Settembre 2010	14 settembre 2011
Manutenzione ordinaria degli IMPIANTI IN MEDIA E ALTA TENSIONE	Ditta005	20.160 Euro/anno + IVA	Impianti Elettrici e Speciali	2 Novembre 2009	1 Novembre 2010
Manut.ordinaria degli IMP.SUPERVISIONE IMPIANTI (DESIGO), SIST.ANTINTRUSIONE E RILEVAZIONE INCENDIO, SISTEMA TVCC E CONTROLLO ACCESSI	Ditta006	38.660 Euro/anno + IVA	Impianti Elettrici e Speciali	1 Maggio 2010	30 Aprile 2013
Manut.ordinaria CHIUSURE AUTOMATICHE	Ditta007	780 Euro/anno + IVA	Impianti Elettrici e Speciali	1 Luglio 2010	30 Giugno 2011
Manut. GRUPPI ELETTROGENI DI EMERGENZA E MOTOPOMPE	Ditta008	2.480 Euro/anno + IVA	Impianti Elettrici e Speciali	28 Aprile 2010	27 Aprile 2011
Verifica ASCENSORI E MONTACARICHI	Ditta009	475 Euro/anno + IVA	Impianti di Trasporto	19 Gennaio 2009	18 Gennaio 2011
Manutenzione ordinaria dei CARRIPONTE	Ditta010	/	Impianti di Trasporto	19 Aprile 2010	18 Aprile 2011
Manutenzione ordinaria ASCENSORI	Ditta011	2700 Euro/anno + IVA	Impianti di Trasporto	1 Gennaio 2010	31 Dicembre 2010

Figura 27: Il quadro completo dei contratti di manutenzione attualmente in essere con le ditte specializzate

## **2.4 WORKFLOW OPERATIVO E DOCUMENTAZIONE CHE ACCOMPAGNA IL PROCESSO DI MANUTENZIONE PROGRAMMATA**

In questo paragrafo descriveremo il workflow operativo e la documentazione che accompagna gli interventi di manutenzione programmata.

E' possibile suddividere il processo in tre fasi principali:

- fase di predisposizione di un programma di manutenzione mensile;
- fase di attuazione del programma;
- raccolta e analisi delle informazioni di ritorno dagli interventi.

Fase 1. Predisposizione di un programma di manutenzione mensile.

Come abbiamo già più volte sottolineato, il reparto di manutenzione interno alla Fondazione funge da Centrale di Governo del servizio.

Di conseguenza è suo compito coordinare e programmare le attività di manutenzione che devono essere eseguite periodicamente, sulla base delle frequenze indicate all'interno dei Piani di manutenzione impostati dalle ditte specializzate.

Pertanto i responsabili di reparto controllano settimanalmente lo scadenziario degli interventi, impostato su scala mensile all'inizio dell'anno; all'interno di esso è possibile rintracciare le operazioni che dovranno essere svolte nel mese oggetto della programmazione, per le quali non è ancora stata concordata la data esatta di inizio con le ditte specializzate nella loro esecuzione.

Una volta individuati gli interventi che dovranno essere svolti nel mese, i responsabili di reparto impostano un programma di manutenzione con orizzonte temporale mensile, il quale dovrà necessariamente tenere conto sia degli interventi di manutenzione programmata che dovranno essere eseguiti da ditte specializzate titolari di un contratto di manutenzione, sia delle attività che dovranno essere svolte nel mese dal personale interno.

Quindi, una volta impostato il programma, i responsabili di reparto contatteranno le ditte specializzate incaricate dell'esecuzione degli interventi come da contratto e concordano con esse la data esatta in cui dovranno iniziare gli interventi, cercando di evitare interferenze, ottimizzare l'utilizzo di risorse e perseguire criteri di economicità e di budget.

Fase 2. Attuazione del programma.

Una volta impostato il programma di manutenzione e stabilite le date esatte di inizio interventi, si passerà alla fase di attuazione del programma stesso contraddistinta dall'esecuzione e della successiva consuntivazione degli interventi.

E' compito del personale di reparto accogliere i tecnici delle ditte specializzate nell'esecuzione degli interventi e accompagnarli sul luogo di lavoro.

Per individuare la localizzazione dei componenti impiantistici oggetto degli interventi programmati sono necessarie le planimetrie dei progetti As Built, disponibili in formato cartaceo o pdf.

Anche in questo caso emerge la necessità di avere un'anagrafica completa che contenga al suo interno tutti i componenti impiantistici passibili di interventi di manutenzione con la relativa localizzazione.

Una volta giunti sul luogo di lavoro i tecnici specializzati eseguono gli interventi come da contratto, mentre il personale CNAO svolge l'attività di supervisione degli interventi stessi e verificherà a posteriori che siano stati eseguiti a regola d'arte tutti gli interventi programmati come da contratto.

A conclusione degli interventi, i tecnici specializzati dovranno necessariamente compilare i rapporti di intervento preimpostati che andranno consegnati personalmente ai responsabili di reparto.

All'interno di questi rapporti vengono riportate le seguenti informazioni riguardanti gli interventi effettuati:

- data di inizio dell'intervento;
- data di chiusura dell'intervento;
- nome cognome e firma dei tecnici che hanno eseguito gli interventi;
- componente oggetto dell'intervento;
- ubicazione;
- ore uomo lavorate;
- descrizione dei lavori eseguiti;
- eventuali segnalazioni di guasti o anomalie riscontrate durante gli interventi (se possibile interverrà il personale interno altrimenti verrà richiesto un preventivo di manutenzione straordinaria alle ditte specializzate).

Una volta compilati, i rapporti di intervento vanno consegnati di persona ai responsabili di manutenzione i quali fanno un confronto tra gli interventi programmati come da contratto e le operazioni realmente eseguite segnalando eventuali discrepanze tra il programmato e il realizzato.

### Fase 3. Raccolta e analisi delle informazioni di ritorno dagli interventi.

Una volta effettuata questa verifica i responsabili di reparto riporteranno le informazioni contenute nei rapporti di intervento, all'interno dell'archivio storico interventi, attualmente impostato in Microsoft Exel.

La raccolta e l'analisi delle informazioni di ritorno è un'attività fondamentale e funzionale al costante monitoraggio e controllo del servizio; inoltre le informazioni contenute all'interno dello storico costituiscono un supporto utile in fase di predisposizione dei successivi programmi di manutenzione.

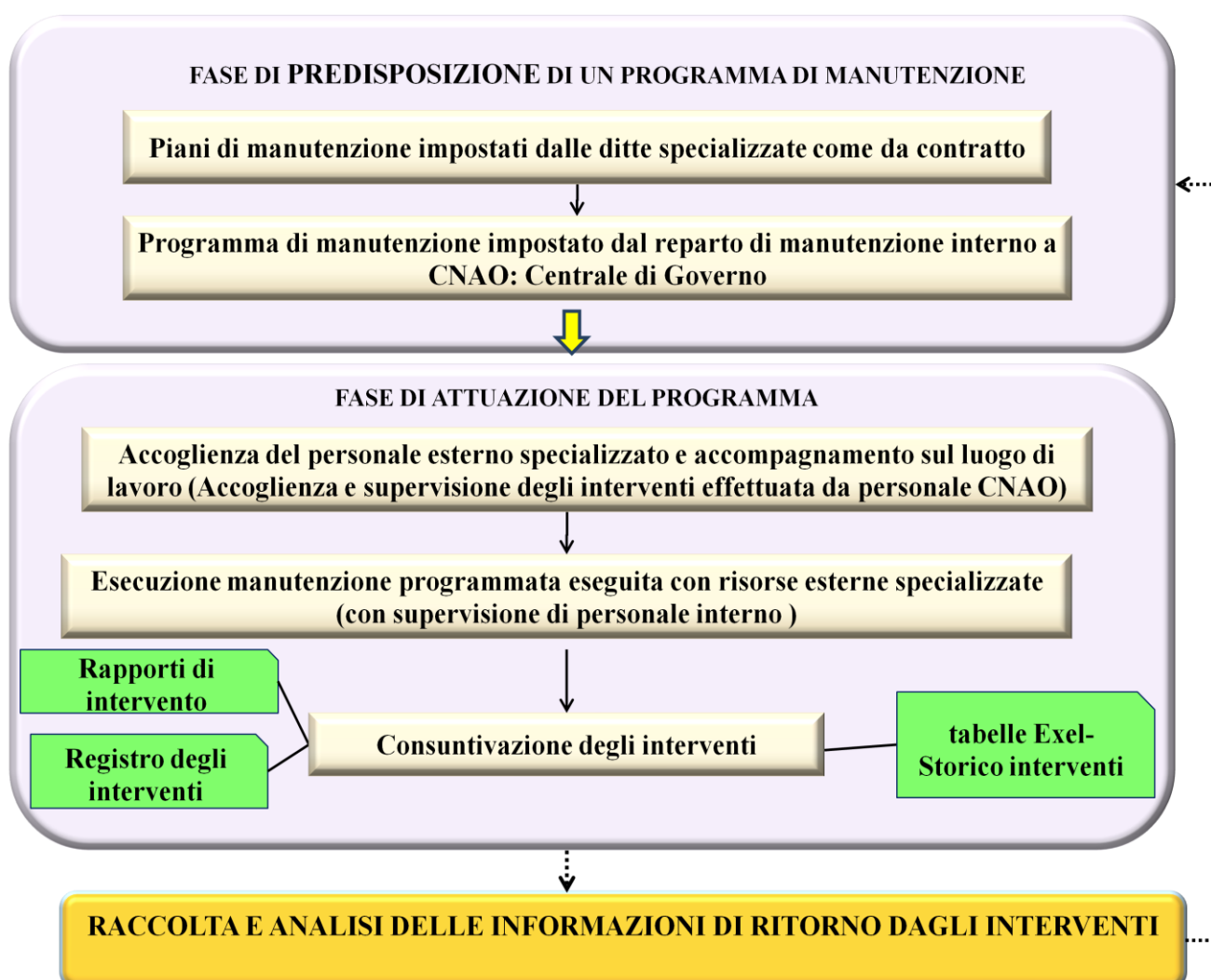


Figura 28: Le fasi principali del processo di manutenzione programmata

Nel prossimo paragrafo, invece, illustreremo il quadro completo delle forniture, riportando le informazioni più importanti dal punto di vista della gestione del servizio.



## **2.5 WORKFLOW OPERATIVO E DOCUMENTAZIONE CHE ACCOMPAGNA IL PROCESSO DI MANUTENZIONE CORRETTIVA/ A GUASTO**

Il reparto di manutenzione interno alla Fondazione deve essere in grado di gestire anche gli interventi di manutenzione correttiva, che si rendono necessari a seguito del rilevamento di un guasto non previsto.

E' possibile scomporre il processo di manutenzione correttiva nelle seguenti fasi:

- rilevamento del guasto e segnalazione al reparto di manutenzione;
- assegnazione dell'esecuzione degli interventi a personale specializzato (interno o esterno),
- esecuzione dell'intervento;
- consuntivazione e registrazione delle informazioni di ritorno nello storico interventi.

Fase 1. Rilevamento del guasto e segnalazione al reparto di manutenzione:

Il processo di manutenzione correttiva viene attivato a seguito del rilevamento di un guasto da parte del personale interno, il quale dovrà procedere immediatamente alla segnalazione e alla richiesta di intervento al reparto di manutenzione.

Se il guasto dovesse causare un'interruzione del funzionamento complessivo degli impianti e quindi un fermo macchina sarà necessario effettuare una richiesta di intervento urgente al reparto di manutenzione, altrimenti partirà una richiesta di intervento non urgente.

Nel caso in cui il guasto rilevato non comporti un fermo macchina, l'esecuzione dell'intervento potrà avvenire anche in un secondo momento, altrimenti andrà verificata l'esistenza di un sistema duale, il quale dovrà essere attivato dalle squadre di pronto intervento interne entro le 24 ore dal rilevamento del guasto.

Nel caso in cui il guasto comporti un fermo macchina e contemporaneamente riguardi un sistema non ridondante (situazione che non si dovrebbe mai verificare) si dovrà procedere alla sua risoluzione entro il limite di 24 ore imposto dall'attività di trattamento.

Fase 2. Assegnazione dell'esecuzione a personale specializzato:

Prima di procedere alla riparazione di un qualsiasi guasto rilevato sarà necessario effettuare una valutazione in merito alle competenze e specializzazioni richieste per la sua risoluzione. Nel caso in cui il reparto ritenga sufficienti le competenze del personale interno, si procederà all'assegnazione degli interventi necessari alle squadre di manutenzione interne al CNAO.

In caso contrario sarà necessario richiedere l'intervento di ditte specializzate; i responsabili del reparto di manutenzione dovranno, quindi, prima richiedere un preventivo di offerta alle ditte stesse e poi selezionare quella ditta che offre maggiori garanzie sia dal punto di vista prestazionale che economico.

Fase 3: Esecuzione dell'intervento.

Una volta individuati i candidati all'esecuzione degli interventi correttivi si passerà alla fase di esecuzione vera e propria.

Se il reparto di manutenzione ha ritenuto sufficienti le competenze interne, l'esecuzione spetterà al personale CNAO, altrimenti ci si affiderà a personale esterno specializzato, il quale andrà accolto dal personale CNAO e accompagnato sul luogo dell'intervento.

L'attività di supervisione rimarrà comunque a carico dei tecnici specializzati interni all'organizzazione, i quali dovranno verificare che gli interventi vengano eseguiti a regola d'arte.

Fase 4: Consuntivazione degli interventi e registrazione delle informazioni di ritorno all'interno dello storico.

A seguito dell'esecuzione delle operazioni di manutenzione i tecnici specializzati dovranno compilare il rapporto di intervento, che dovrà contenere le informazioni inerenti tutte le operazioni eseguite (data di esecuzione, nome cognome e firma dei tecnici esecutori, componenti oggetto dell'intervento, ubicazione, ore uomo lavorate, descrizione dei lavori eseguiti, eventuali segnalazioni di guasti o anomalie riscontrate durante gli interventi)

Sarà poi compito dei responsabili di reparto trasferire queste informazioni all'interno dell'archivio storico interventi, attualmente impostato in Microsoft Excel.

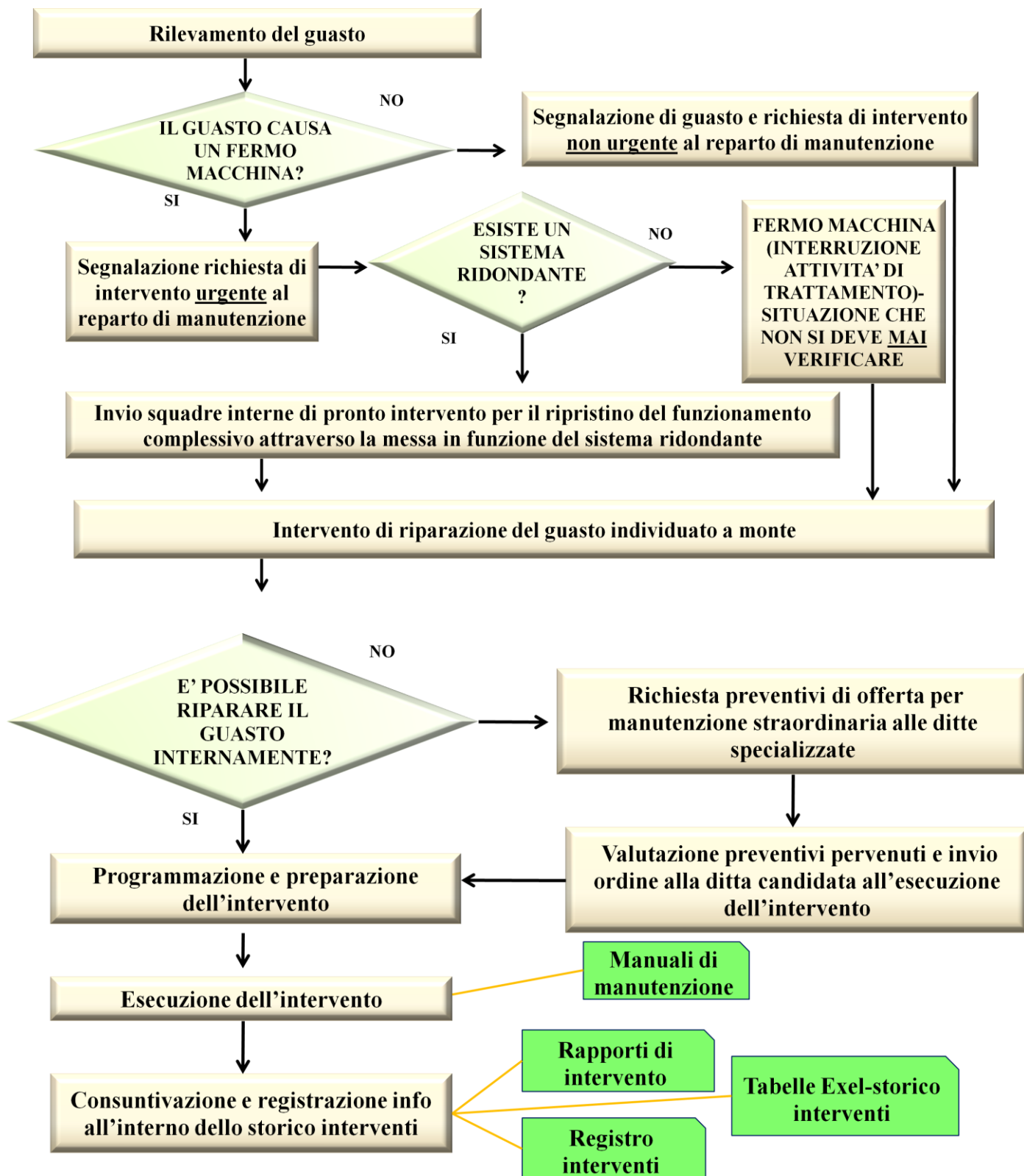


Figura 29: Le fasi principali del processo di manutenzione correttiva/a guasto

E', inoltre, opportuno fare un'ulteriore distinzione tra:

- manutenzione ordinaria;
- manutenzione straordinaria.

Rientrano nella manutenzione ordinaria tutti quegli interventi che devono essere eseguiti dalle ditte esterne specializzate secondo le specifiche indicate all'interno dei contratti (frequenza delle uscite programmate, elementi oggetto degli interventi, tempi di esecuzione previsti, ecc..) e le operazioni di manutenzione svolte all'interno dal personale CNAO.

La manutenzione straordinaria riguarda, invece tutti quegli interventi che scaturiscono da segnalazioni emerse durante interventi di manutenzione ordinaria e/o straordinaria e che necessitano del supporto tecnico-operativo delle ditte esterne: come abbiamo sottolineato in precedenza, a seguito di queste segnalazioni, effettuate dal reparto che rileva un guasto o un'anomalia su un determinato impianto, i responsabili valutano l'importanza e l'urgenza della situazione; se è possibile eseguire gli interventi richiesti internamente si avvia la procedura interna di intervento (e quindi si tratterebbe di manutenzione ordinaria) altrimenti, se la situazione è particolarmente critica, è necessario contattare ditte specializzate (quindi da contabilizzare come manutenzione straordinaria).

E' bene sottolineare il fatto che nella maggior parte dei casi, quando viene ravvisata la necessità di far intervenire ditte esterne, CNAO contatta prima di tutto le aziende con cui ha già un contratto di fornitura in essere; questo sia perché si è già a conoscenza del loro modo di operare sia perché all'interno dei contratti di manutenzione ordinaria vengono comunque sempre inserite delle specifiche che riguardano gli eventuali interventi di manutenzione straordinaria che potrebbero rendersi necessari durante il periodo di validità del contratto (ad esempio il costo orario straordinario della manodopera, i prezzi dei ricambi e materiali di consumo utilizzati nelle operazioni di manutenzione straordinaria, tempi di esecuzione degli interventi straordinari in base al livello di urgenza, ecc..).

Per completezza di informazione riportiamo di seguito il processo di acquisto ai fornitori dei materiali/ricambi utili per effettuare la manutenzione degli impianti convenzionali: è da sottolineare il fatto che attualmente CNAO non è in possesso di un magazzino di stoccaggio merci/materiali, esigenza questa che emerge costantemente dalle riunioni organizzate dai responsabili del reparto, alla quale il personale specializzato sta cercando di rispondere.

Di seguito riportiamo diagramma di flusso relativo al processo di acquisto materiali e ricambi Necessari alla manutenzione degli impianti Meccanici/Termotecnici.

# MANUTENZIONE IMPIANTI MECCANICI

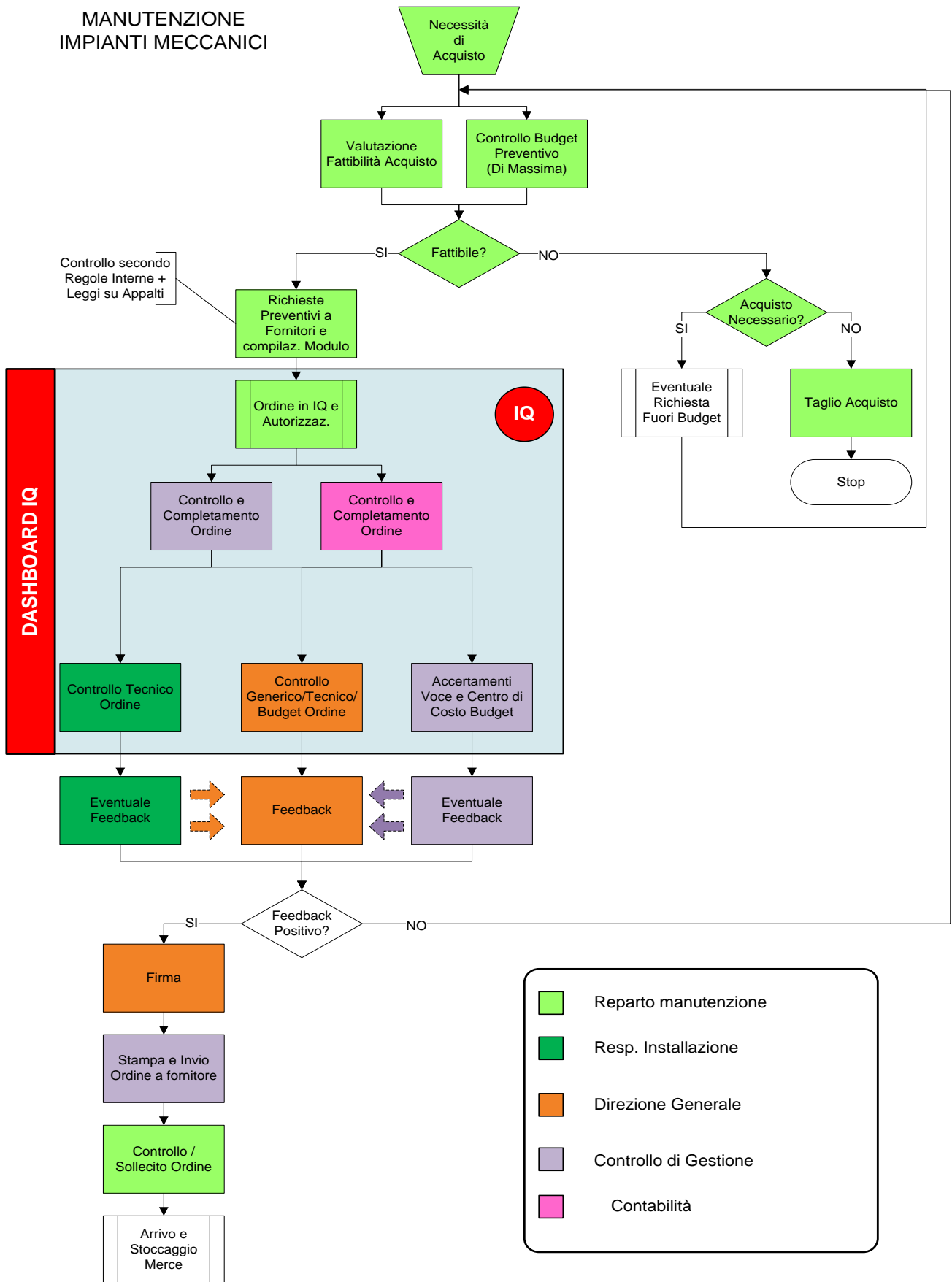


Figura 30: Il processo di acquisto ricambi e materiali per gli Impianti Meccanici Termotecnici

Concludendo possiamo affermare quanto segue:

Attualmente la manutenzione degli impianti convenzionali non è supportata ne' da un Piano di Manutenzione ne da un Sistema Informativo; le informazioni non sono trattate in formato digitale e quindi sono più difficili da gestire.

E' bene sottolineare come i responsabili del reparto e i tecnici competenti stiano facendo sforzi notevoli per gestire al meglio il servizio e fino ad oggi sono sempre riusciti a risolvere le diverse problematiche con successo.

Inoltre è necessario che la Fondazione si doti di un magazzino di stoccaggio delle merci e dei materiali necessari ad eseguire gli interventi di manutenzione e che questo sia organizzato in modo tale che gli operatori, una volta ravvisata la necessità di effettuare una sostituzione di un componente impiantistico, abbiano la possibilità di trovarlo facilmente all'interno del magazzino stesso e possano quindi procedere alla sostituzione del componente guasto.

La situazione attuale è comprensibile in quanto la struttura è in fase di avviamento e va detto che il personale addetto alla gestione del servizio di manutenzione sta lavorando molto duramente per arrivare ad una situazione in cui la manutenzione possa essere supportata da un Piano e da un programma degli interventi/controlli integrato il tutto supportato dall'utilizzo di un Sistema Informativo eventualmente integrato all'ERP aziendale, soprattutto perché man mano che ci si avvicina alla fase di piena operatività le condizioni e le esigenze legate alla manutenzione degli impianti si faranno molto più stringenti e come abbiamo detto precedentemente non sarà accettabile fermare l'attività principale a causa di eventi collegati ad una cattiva gestione del servizio di manutenzione.

## **Parte 2: La Sperimentazione**

### **3. PROPOSTE E SPERIMENTAZIONE: COSTRUZIONE DI UN SISTEMA DI ANAGRAFICA DI BASE PER LA GESTIONE DELLE INFORMAZIONI E IMPOSTAZIONE DI UN PIANO DI MANUTENZIONE PER GLI IMPIANTI CONVENZIONALI DI CNAO**

Nel presente capitolo individueremo le principali esigenze collegate all'attuale gestione del servizio di manutenzione degli impianti convenzionali di CNAO, e descriveremo il lavoro svolto finalizzato alla proposta di soluzioni progettate ad hoc in risposta alle esigenze emerse in fase di analisi.

#### **3.1 INDIVIDUAZIONE DELLE PRINCIPALI ESIGENZE INERENTI L'ATTUALE GESTIONE DEL SERVIZIO DI MANUTENZIONE**

Dall'analisi effettuata nel capitolo precedente in merito all'organizzazione e alla gestione attuale del servizio di manutenzione degli impianti convenzionali di CNAO, emergono le seguenti esigenze prioritarie:

- costruzione di un'anagrafica di base per la gestione del servizio di manutenzione degli impianti convenzionali a servizio dell'alta tecnologia di CNAO;
- impostazione di un Piano e di un programma annuale di manutenzione per gli impianti convenzionali di CNAO;
- progettazione, popolamento e implementazione di un Sistema Informativo di supporto alla gestione della manutenzione degli impianti convenzionali di CNAO;
- progettazione e realizzazione di un magazzino di stoccaggio dei ricambi e dei materiali strumentali al servizio di manutenzione.

## **ESIGENZE EMERSE DALL'ANALISI**

**1. COSTRUZIONE DI UN'ANAGRAFICA DI BASE PER LA GESTIONE DEL SERVIZIO DI MANUTENZIONE DEGLI IMPIANTI CONVENZIONALI**

**2. IMPOSTAZIONE DI UN PIANO DI MANUTENZIONE PER GLI IMPIANTI CONVENZIONALI**

**3. PROGETTAZIONE, POPOLAMENTO ED IMPLEMENTAZIONE DI UN SISTEMA INFORMATIVO DI SUPPORTO ALLA GESTIONE DELLA MANUTENZIONE (SIGeM)**

**4. PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE DI UN MAGAZZINO DI STOCCAGGIO DEI RICAMBI E DEI MATERIALI STRUMENTALI AL SERVIZIO DI MANUTENZIONE**

Figura 31: Le esigenze collegate alla gestione attuale del servizio di manutenzione

In questo capitolo descriverò il lavoro svolto, in collaborazione con il personale CNAO, durante il periodo di stage presso la Fondazione, finalizzato alla proposta di soluzioni adeguate in risposta alle esigenze individuate in fase di analisi.

Le fasi principali del lavoro effettuato in risposta alle esigenze individuate possono essere così schematizzate:

- classificazione e scomposizione del sistema edilizio: studio di una logica univoca di codifica delle informazioni;
- traduzione delle informazioni da formato cartaceo (progetti, contratti e rapporti di intervento) a formato digitale (fogli di lavoro in Microsoft Excel);
- impostazione di un Piano e di un programma di manutenzione per gli impianti convenzionali di CNAO;
- costruzione di un database di supporto alla gestione del servizio di manutenzione: trasferimento dati da Microsoft "Excel a Microsoft Access".



## **PROPOSTE DI SOLUZIONE: FASI PRICIPALI DEL LAVORO**

**CLASSIFICAZIONE E SCOMPOSIZIONE DEL SISTEMA EDILIZIO: STUDIO DI UNA LOGICA UNIVOCA DI CODIFICA DELLE INFORMAZIONI**



**TRADUZIONE DELLE INFORMAZIONI DA FORMATO CARTACEO (PROGETTI, CONTRATTI E RAPPORTI DI INTERVENTO) A FORMATO DIGITALE (FOGLI DI LAVORO EXEL)**



**IMPOSTAZIONE DI UN PIANO DI MANUTENZIONE PER GLI IMPIANTI CONVENZIONALI**



**COSTRUZIONE DI UN DATABASE DI SUPPORTO ALLA GESTIONE DEL SERVIZIO DI MANUTENZIONE: TRASFERIMENTO DATI DA MICROSOFT 'EXEL A MICROSOFT ACCESS'**

Figura 32: Le fasi principali del lavoro effettuato in risposta alle esigenze

### **3.2 CLASSIFICAZIONE E SCOMPOSIZIONE DEL SISTEMA EDILIZIO: STUDIO DI UNA LOGICA DI CODIFICA**

All'inizio del lavoro è stato necessario analizzare tutta la documentazione utile alla gestione del servizio di manutenzione, attualmente in possesso di CNAO.

La documentazione principale analizzata fa riferimento a:

- i progetti As Buil consegnati dalla ditta costruttrice del Centro (la DEC) al momento della presa in consegna della struttura da parte della Fondazione;
- i Piani di manutenzione impostati da DEC in fase di progettazione della struttura;
- i contratti di manutenzione in essere con le ditte specializzate nel servizio di manutenzione;
- i rapporti di intervento compilati dai tecnici manutentori al termine di ogni intervento effettuato.

Innanzitutto ho cominciato ad analizzare i documenti di progetto As Built, consegnati dalla ditta costruttrice del Centro (la DEC), all'interno della quale vengono riportati, per ognuna delle quattro macro categorie/aree tecniche in cui è stato logicamente scomposto il sistema edilizio già dalla fase di progettazione della struttura (impianti civili/edili, impianti meccanici, impianti di trasporto e impianti elettrici e speciali), i seguenti documenti:

- i Piani di manutenzione, che riportano per ogni "classe di elemento tecnico" gli interventi di manutenzione e controllo consigliati dai costruttori degli impianti stessi;
- il programma di manutenzione, articolato in sottoprogramma degli interventi, sottoprogramma dei controlli e sottoprogramma delle prestazioni;
- le planimetrie dei vari piani dell'edificio (piano interrato, piano terra, piano primo, piano secondo e coperture), all'interno delle quali vengono rappresentati, i vari componenti/elementi che costituiscono i vari impianti;
- le relazioni tecniche degli impianti;
- I Manuali d'uso;
- I Manuali di manutenzione;
- I Manuali di conduzione tecnica;
- I documenti di certificazione e collaudo.

A livello teorico i progetti As Built dovrebbero rispecchiare lo stato di fatto reale della struttura impiantistica, ma nella realtà non è stato proprio così; infatti, a seguito di alcune modifiche applicate alla struttura a seguito della consegna della documentazione As Built, la DEC non ha aggiornato i progetti consegnati al termine della fase di costruzione del Centro, nonostante sia stata più volte sollecitata a farlo.

E' lecito quindi affermare che la documentazione As Built attualmente in possesso di CNAO non rispecchia al cento per cento lo stato di fatto della struttura; essa costituisce, comunque, l'unica base informativa disponibile per costituire un quadro organico delle informazioni (anagrafica di base) che possa fungere da supporto all'attività di gestione del servizio di manutenzione.

Le discordanze principali tra i progetti e lo stato di fatto, che ho riscontrato durante il mio lavoro di analisi della documentazione, possono essere riassunte come segue:

- i singoli elementi tecnici, o "unità minime manutenibili", che vengono individuati dai Piani di Manutenzione di DEC non corrispondono perfettamente agli elementi impiantistici che si trovano all'interno del Centro; infatti mancano componenti che in realtà sono presenti e viceversa vengono individuati elementi tecnici che nella realtà non esistono;
- le planimetrie di progetto, che dovrebbero contenere raffigurati attraverso opportuni simboli, tutti i componenti/elementi tecnici che compongono i vari impianti, in realtà non sono aggiornate allo stato attuale; mancano infatti alcuni elementi che sono stati installati successivamente alla consegna dei progetti da parte di DEC.  
Inoltre la codifica dei locali/vani presenti non è univoca e ad alcune zone della struttura non è stato attribuito alcun codice.

Ci tengo a specificare quanto sia importante, per gestire al meglio la manutenzione degli impianti, essere in possesso di un'anagrafica completa che rispecchi, con il massimo grado di precisione possibile, la situazione reale della struttura.

Per raggiungere questo obiettivo, l'idea è stata quella di cominciare a costruire un'anagrafica tecnica, localizzativa e funzionale degli impianti e degli elementi tecnici che li compongono sulla base della documentazione progettuale in possesso di CNAO: alla fine di questo primo step di lavoro non saremo in possesso di un'anagrafica completa al cento per cento, a causa delle discordanze esistenti tra gli As Built e lo stato di fatto, ma potremo dire di avere costruito un quadro informativo che andrà successivamente completato attraverso un lavoro di affinamento e aggiornamento anagrafico.

Lo step successivo, che io chiamerei "raffinamento dell'anagrafica", dovrà consistere quindi, nel rintracciare, all'interno dei contratti e dei rapporti di intervento, gli elementi/tecniche oggetto degli interventi effettuati e metterli a confronto con le informazioni contenute all'interno dell'anagrafica costruita in precedenza sulla base delle informazioni contenute nei progetti As built.

E' necessario sottolineare, per correttezza di informazione, che i progetti As Built, i contratti di manutenzione con i fornitori e i rapporti di intervento riferiti all'anno 2010, rappresentano attualmente l'unica base informativa su cui poter cominciare a costruire un'anagrafica reale.

Veniamo ora alla descrizione delle singole fasi di lavoro.

Attraverso l'analisi iniziale dei progetti As Built mi è stato possibile comprendere sia la logica di scomposizione che quella di codifica adottata dall'impresa costruttrice del Centro (la DEC), in fase di progettazione della struttura.

Parallelamente ho confrontato la logica di scomposizione e di codifica adottata nei Piani di manutenzione DEC, con la logica di scomposizione, classificazione e codifica del sistema tecnologico suggerito dalla **NORMATIVA UNI 8290**.

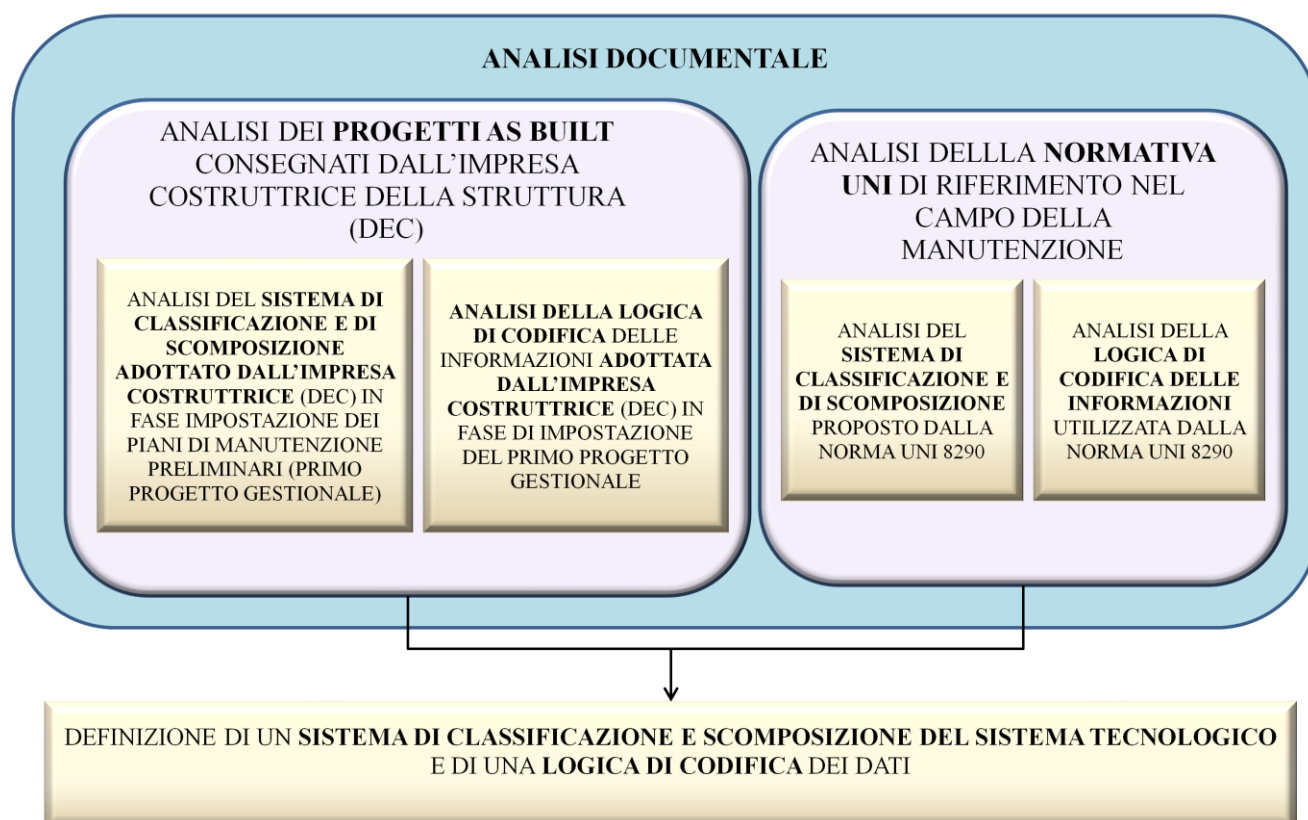


Figura 33: Analisi documentale: classificazione e scomposizione del sistema edilizio e studio di una logica di codifica

Prima di tutto è necessario sottolineare che all'interno dei progetti As Built sono rintracciabili quattro Piani di manutenzione, ovvero uno per ogni area tecnica (Impianti civili/edili, Impianti di trasporto, Impianti meccanici, Impianti elettrici e speciali).

Dall'analisi dei Piani di manutenzione contenuti all'interno dei progetti As Built, ho potuto comprendere che la classificazione del sistema edilizio adottata da DEC per ognuno di essi, è stata effettuata secondo una logica di scomposizione a "gerarchia aperta".

Ogni Piano di manutenzione individua al suo interno una serie di unità tecnologiche e di classi di elementi tecnici; ad ognuno delle singole classi di elementi tecnici individuate vengono definite le operazioni di manutenzione programmata da svolgere nel tempo con i relativi standard di servizio (frequenze, specializzazioni necessarie, ecc).

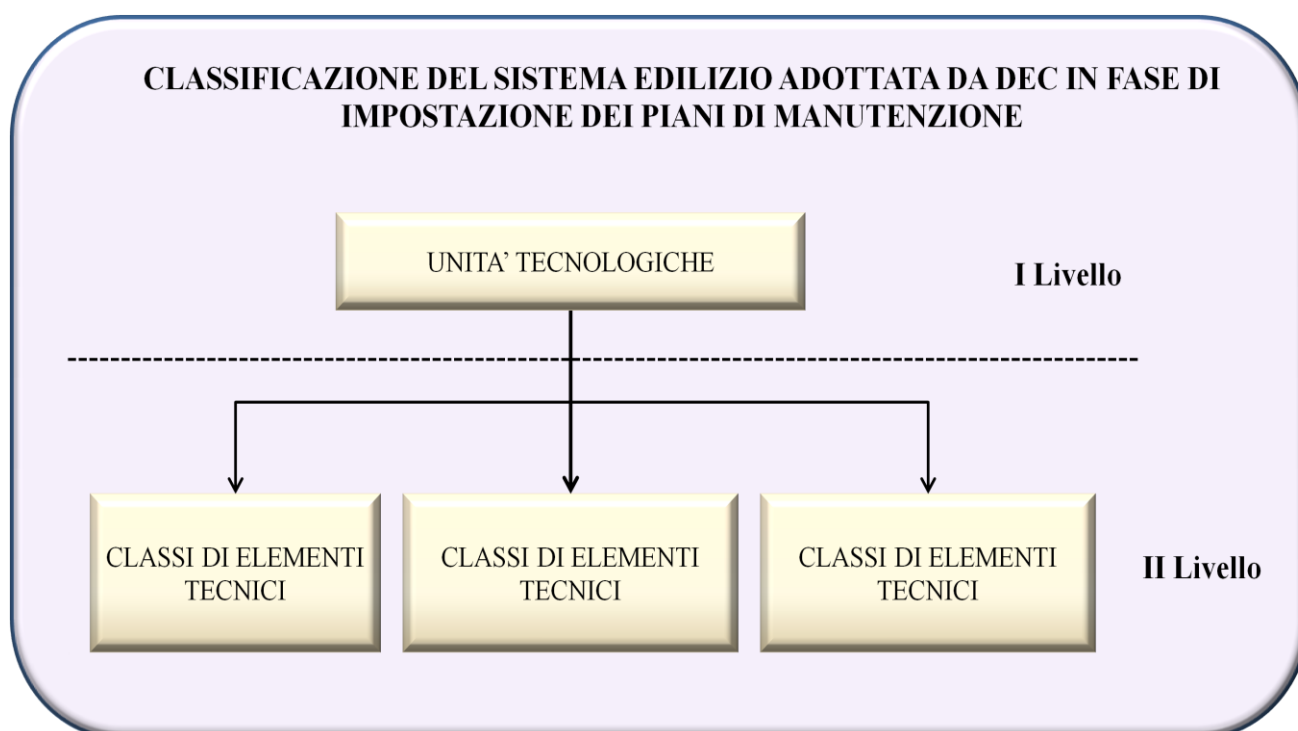


Figura 34: Classificazione del sistema edilizio adottata da DEC in fase di impostazione dei Piani di manutenzione

Questa logica di classificazione del sistema edilizio ricalca quasi perfettamente il criterio di scomposizione suggerito dalla **NORMATIVA UNI 8290**; la norma, però, individua un ulteriore livello che sta logicamente a monte di tutta la gerarchia, ovvero le "Classi di unità tecnologiche).

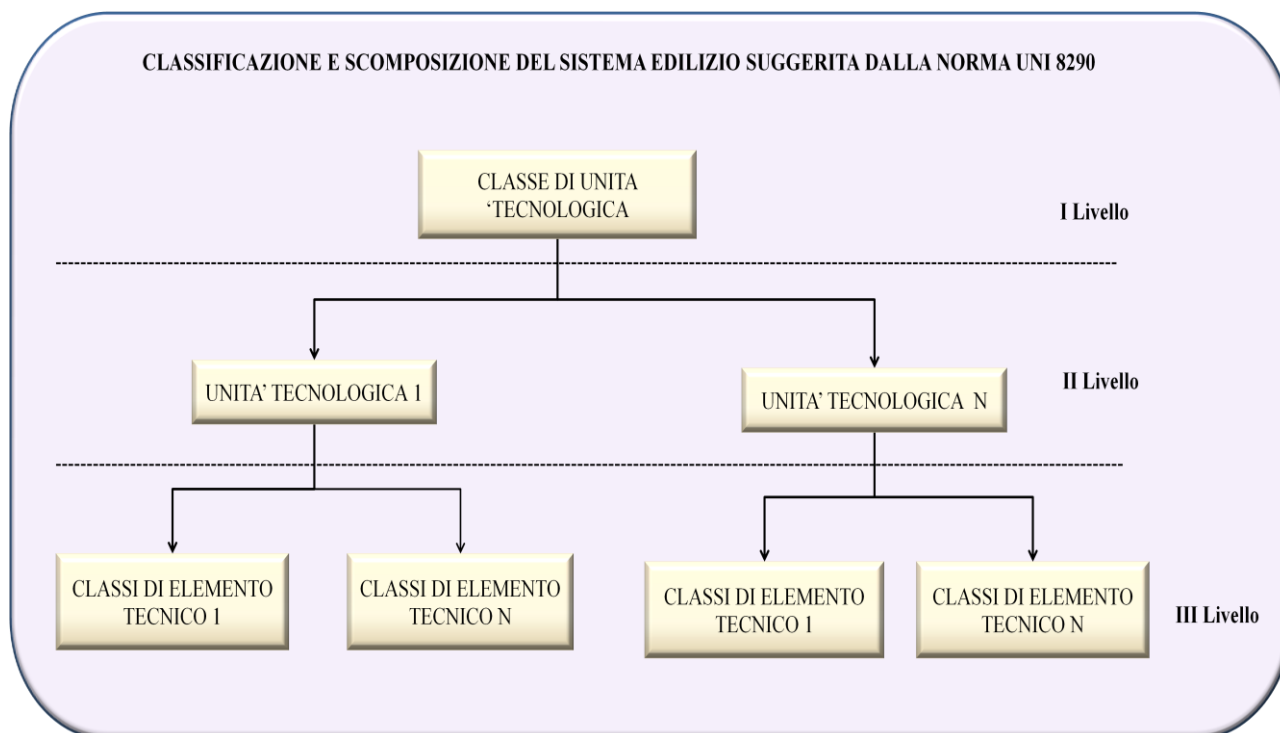


Figura 35: Classificazione e scomposizione del sistema edilizio secondo la NORMA UNI 8290

La scelta da me effettuata, in collaborazione con il personale CNAO, è stata quella di adottare la stessa logica di classificazione e scomposizione del sistema edilizio adottata in fase di progettazione all'interno dei Piani di manutenzione (Primo progetto gestionale); la differenza la fa il numero di livelli di dettaglio.

I quattro Piani di manutenzione impostati da DEC, presentano una scomposizione del sistema impiantistico oggetto del Piano stesso organizzata su due livelli gerarchici:

- le unità tecnologiche ( livello 1 );
- le classi di elementi tecnici ( livello 2 ).

Ogni classe di elemento tecnico è logicamente "contenuta" all'interno di un'unità tecnologica.

Inoltre le informazioni in merito alle operazioni di manutenzione programmata da effettuare e ai relativi standard di servizio vengono associate alle classi di elementi tecnici e non alle unità tecnologiche.

La mia idea è stata quella aggiungere alla gerarchia due ulteriori livelli: il primo a monte e il secondo a valle della scomposizione gerarchica adottata da DEC nei Piani di manutenzione. Di seguito descriverò brevemente i due livelli introdotti, spiegando le motivazioni che hanno portata a questa scelta.

Il primo livello aggiunto a monte introduce nella gerarchia quelle che possiamo chiamare le "aree tecniche", ovvero le quattro macro categorie impiantistiche in cui è stato logicamente scomposto il sistema impiantistico già dalla fase di progettazione e per ognuna delle quali è stato impostato un Primo progetto Gestionale (Piani di manutenzione DEC).

Il secondo livello aggiunto a valle, invece, introduce nello schema di classificazione i "singoli elementi tecnici" (o "singole unità mantenibili"), per ognuno dei quali ho successivamente riportato non solo le informazioni utili alla loro manutenzione ma anche informazioni di carattere identificativo, localizzativo e tecnico; questo livello rappresenta il massimo grado di dettaglio della scomposizione gerarchica.

Le motivazioni legate a questa scelta sono principalmente due:

- necessità di individuare ogni singolo elemento tecnico, associando ad ognuno informazioni riguardanti sia gli aspetti manutentivi, che identificativi, localizzativi, tecnici, ecc)
- necessità di impostare un Piano di manutenzione unico (e successivamente un programma), che racchiuda in un quadro organico tutte le operazioni di manutenzione pianificate per gli elementi tecnici che compongono le quattro aree tecniche principali.

Ci tengo a sottolineare il fatto che all'interno della NORMA UNI 8290 è chiaramente specificato che il sistema di classificazione gerarchica suggerito al suo interno può essere ulteriormente dettagliato a seconda delle diverse esigenze aziendali.

Ci siamo quindi conformati alla logica e al linguaggio Normativo rispettando a pieno i principi contenuti al suo interno.

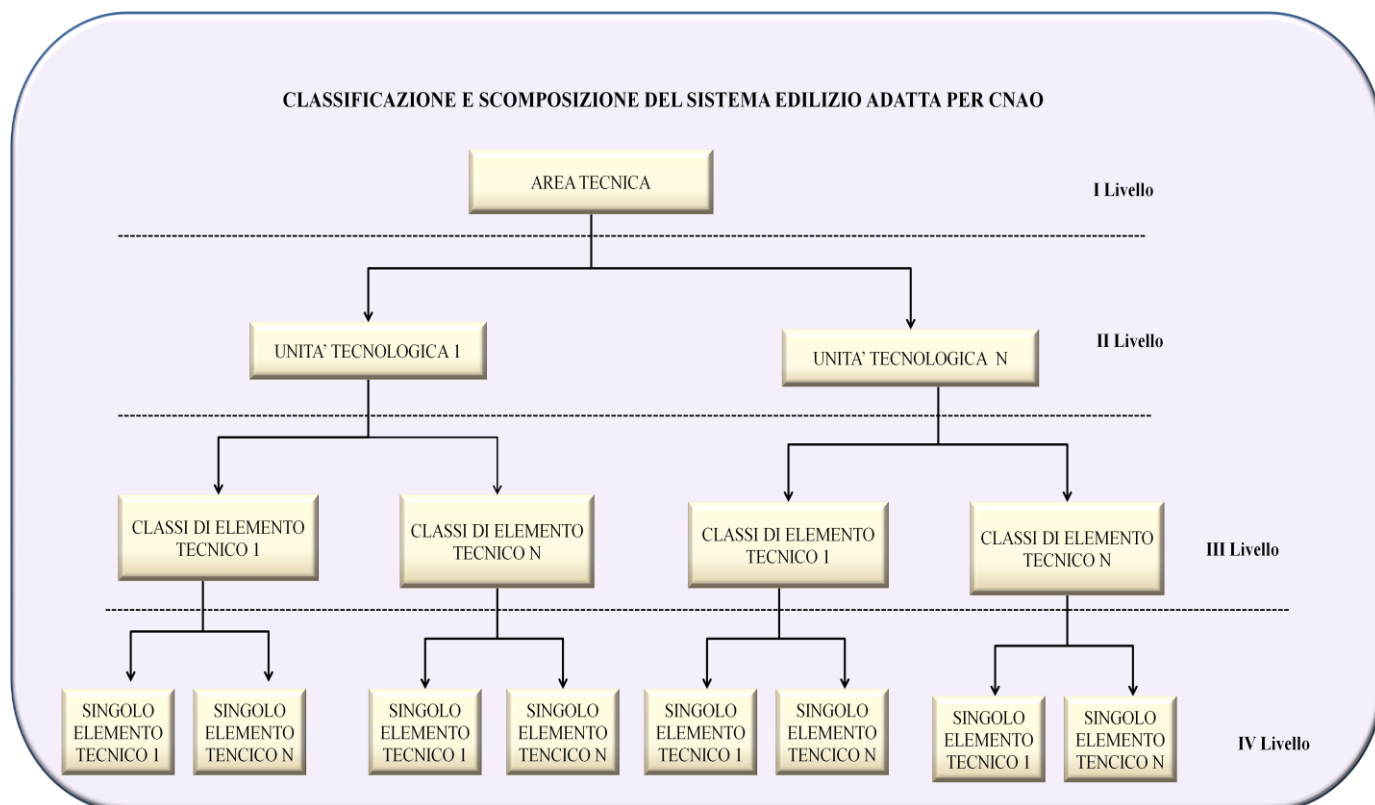


Figura 36: Classificazione e scomposizione del sistema edilizio proposta

Una volta stabilita la logica di classificazione e di scomposizione del sistema edilizio è stato necessario definire una logica di codifica univoca delle informazioni che dovranno essere inserite nella successiva fase di popolamento del sistema, in quanto l'obiettivo è quello di arrivare a gestirle attraverso l'utilizzo di software informatici, i quali per definizione operano su informazioni che devono essere necessariamente codificate per essere opportunamente trattate.

Anche in questo caso ho prima cercato di comprendere la logica di codifica del sistema tecnologico adottata da DEC in fase progettuale: da questa analisi ho potuto constatare quanto segue: la logica adottata per la codifica dei componenti impiantistici che costituiscono ciascuna delle quattro aree tecniche per le quali è stato impostato un Primo Progetto Gestionale, richiama anch'essa il concetto di gerarchia. Ognuna delle Unità Tecnologiche che compongono una determinata area tecnica viene identificata da un codice numerico progressivo: il codice delle classi di elementi tecnici è invece il risultato della composizione del codice dell'Unità Tecnologica di appartenenza e di un codice numerico progressivo.



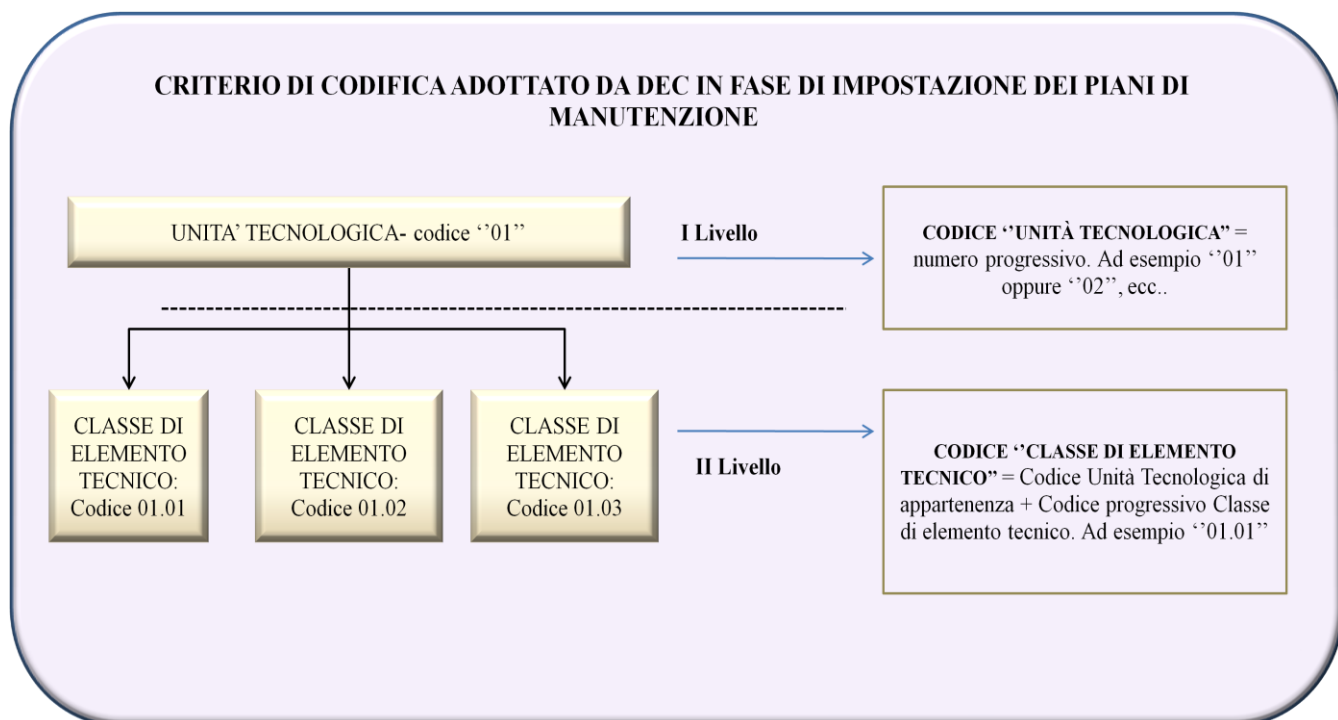


Figura 37: Il criterio di codifica del sistema edilizio adottato da DEC in fase impostazione del primo progetto gestionale

Dall'analisi effettuata è possibile fare la seguente considerazione: il codice associato alle singole classi di elementi, richiama l'Unità Tecnologica di appartenenza ma non l'Area Tecnica in quanto quest'ultima non è stata codificata all'interno dei Piani di manutenzione.

Il sistema di classificazione da me adottato, il quale racchiude al suo interno tutte e quattro le aree tecniche impone che si adotti una logica di codifica del sistema tecnologico che consenta di:

- identificare univocamente le Aree Tecniche, le Unità Tecnologiche, le Classi di Elementi Tecnici e le Singole Unità mantenibili;
- richiamare, per ogni componente codificato univocamente, i sistemi impiantistici di appartenenza che vengono identificati nei livelli superiori della gerarchia stessa.

Ho, quindi, definito un codice letterale per ogni Area Tecnica, mentre ai componenti impiantistici identificati dal secondo livello di scomposizione in poi, ho associato un codice numerico progressivo all'interno del quale vengono sempre riportati i codici dei livelli gerarchici superiori ai quali il componente appartiene logicamente.

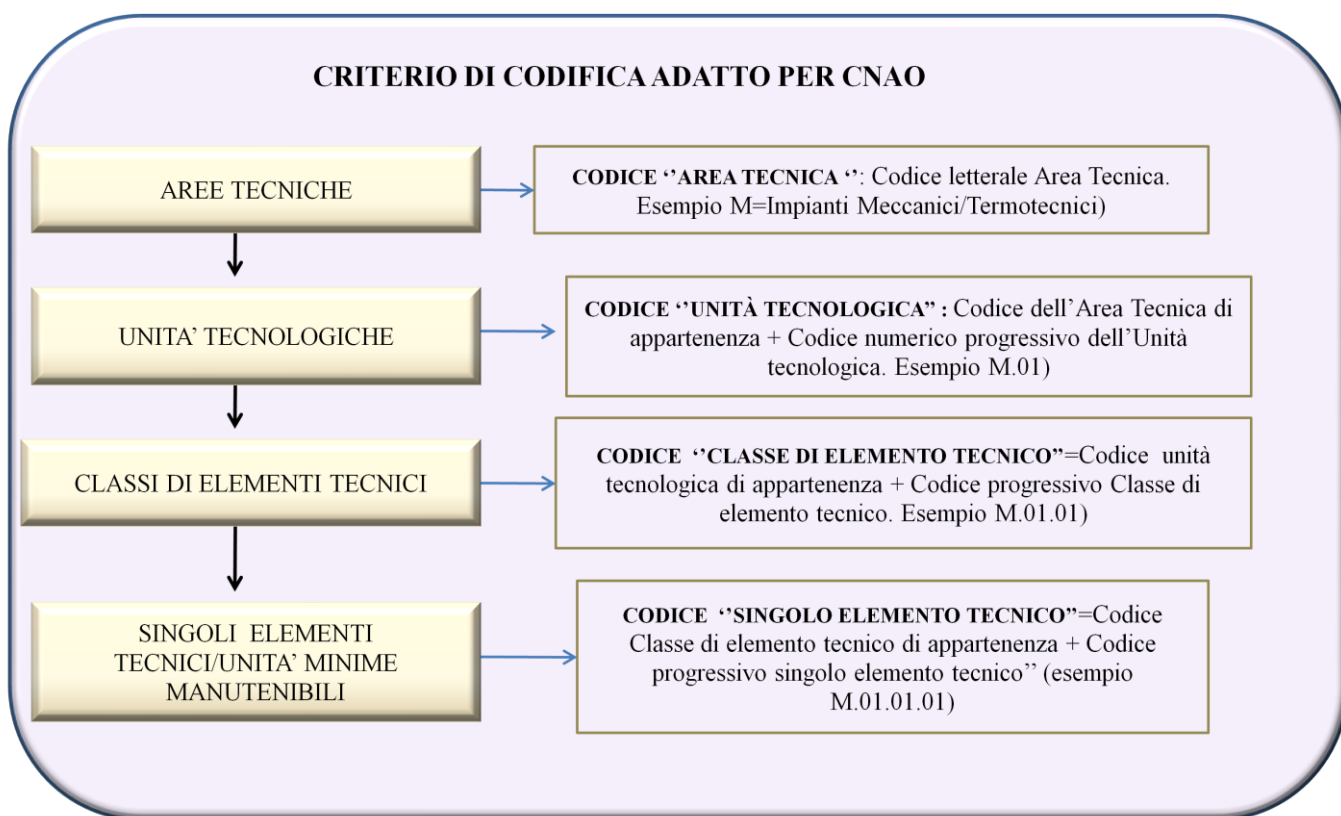


Figura 38: Criterio di codifica del sistema edilizio proposto

Una volta stabilita la logica di codifica delle informazioni che dovranno essere inserite all'interno del sistema di classificazione proposto, ci occuperemo della fase di popolamento dello stesso.

### 3.3 LA TRADUZIONE DELLE INFORMAZIONI DA FORMATO DESCRITTIVO (PROGETTI, PIANI DI MANUTENZIONE, CONTRATTI E RAPPORTI DI INTERVENTO) A FORMATO DIGITALE: RACCOLTA E INSERIMENTO DATI NELLA SCHEMA DI CLASSIFICAZIONE PROPOSTO

Arrivati a questo punto del lavoro possiamo affermare di aver costruito una struttura anagrafica di riferimento e di aver definito la logica di codifica delle informazioni che dovranno essere inserite al suo interno.

In questo paragrafo descriveremo il lavoro, da me svolto, finalizzato alla raccolta e all'inserimento delle informazioni all'interno dello schema di classificazione del sistema tecnologico proposto.

Visto e considerato l'elevatissimo numero degli elementi tecnici che compongono l'intero sistema impiantistico, ho deciso di effettuare un popolamento parziale di esso. La sperimentazione ha, quindi, riguardato la "sola" Area Tecnica degli Impianti Meccanici/Termotecnici.

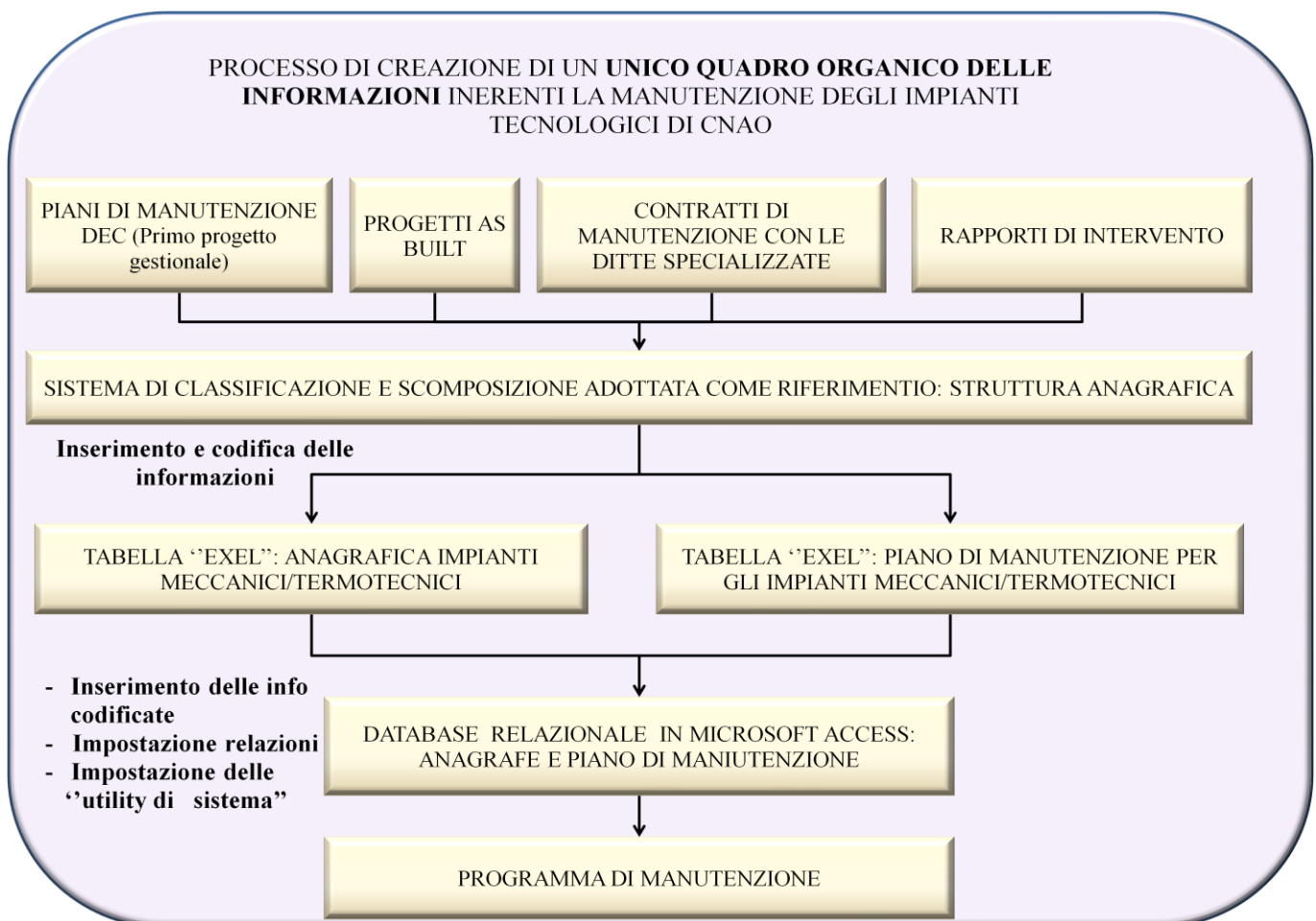


Figura 39: Il processo di traduzione delle informazioni da formato descrittivo a formato digitale

E' possibile suddividere il processo di costruzione e popolamento dell'anagrafica degli Impianti Meccanici/Termotecnici in quattro fasi principali:

- analisi dei progetti As Built (planimetrie, reazioni e schede tecniche);
- individuazione e raccolta delle informazioni;
- inserimento e codifica delle informazioni all'interno dello schema di classificazione proposto;
- aggiornamento dell'anagrafica sulla base dell'analisi delle informazioni di ritorno dagli interventi effettuati nel corso dell'anno 2010.

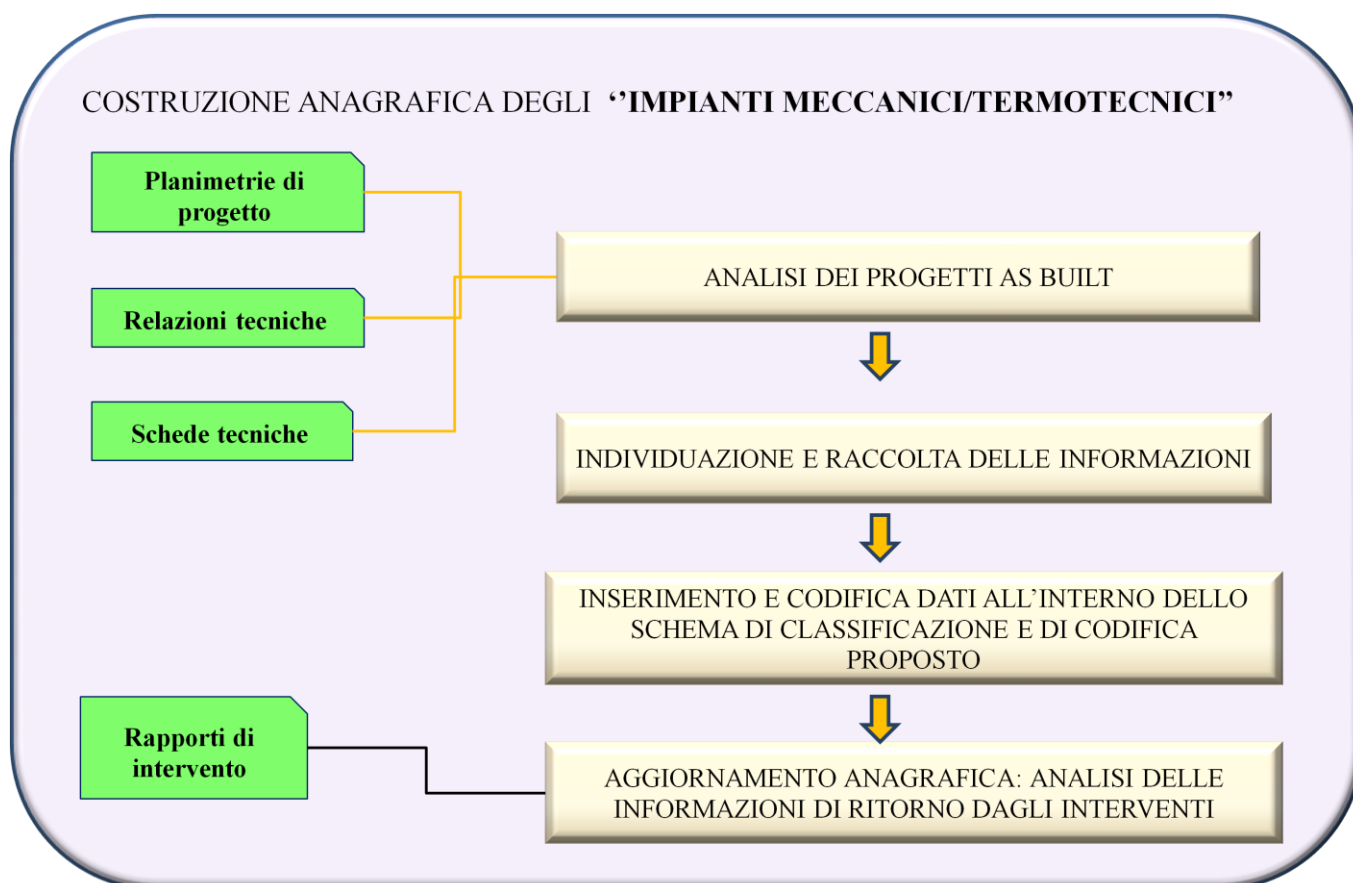


Figura 40: Le fasi principali del processo di costruzione dell'anagrafica Impianti Meccanici/Termotecnici

Attraverso l'analisi delle planimetrie contenute all'interno dei progetti As Built, è stato possibile quantificare e localizzare i Singoli Elementi Tecnici che costituiscono l'ultimo livello di dettaglio dello schema di classificazione proposto.

All'interno delle suddette planimetrie viene associato un codice univoco per ogni locale individuato, il quale richiama il piano di appartenenza dello stesso: ad esempio il locale presidiato presente al piano terra è identificato univocamente dal codice T.01, dove T sta per piano terra).

Durante questa fase di lavoro mi sono accorto del fatto che i progetti As Built consegnati da DEC a CNAO al momento della presa in consegna della struttura da parte della Fondazione non rispecchiano al cento per cento lo stato di fatto del Centro.

La presenza di alcune discrepanze tra la documentazione As Built e la consistenza reale degli impianti è spiegabile dal seguente fatto: la DEC non ha aggiornato le planimetrie di progetto a seguito di alcune modifiche effettuate dopo la consegna dei progetti As Built, nonostante sia stata più volte sollecitata a farlo dal personale interno alla fondazione.

Tenendo ben presente questo fatto la mia idea è stata quella di cominciare a costruire un'anagrafica degli Impianti Meccanici/termotecnici sulla base delle informazioni contenute all'interno dei progetti: un volta fatto questo, sarà necessario passare alla fase di aggiornamento del quadro informativo, attraverso l'analisi delle informazioni di ritorno contenute all'interno dei rapporti di intervento compilati dai tecnici a seguito delle operazioni di manutenzione effettuate durante il corso dell'anno 2010.

L'analisi delle planimetrie di progetto ha quindi portato alla localizzazione dei Singoli Elementi Tecnici individuati all'interno dello schema di classificazione adottato, ai quali ho associato:

- il codice e la descrizione del locale in cui sono ubicati gli Elementi Tecnici;
- sigla dell'Elemento Tecnico da As Built;
- tavola As Built di riferimento.

All'interno dei progetti sono presenti, oltre alle planimetrie dei vari piani anche le relazioni tecniche dei vari impianti e le schede costruttive dei singoli componenti; attraverso l'analisi di questo documenti ho potuto individuare le seguenti caratteristiche tecnico costruttive di ogni singolo Elemento Tecnico:

- marca;
- modello;
- costruttore;
- fornitore del servizio di manutenzione (se esiste);

A questo punto possiamo dire di essere in possesso di un quadro anagrafico degli impianti Meccanici/Termotecnici che però necessita di ulteriori aggiornamenti.

Per far questo mi sono servito delle informazioni di ritorno contenute all'interno dei rapporti di manutenzione compilati dai tecnici esecutori al termine degli interventi manutentivi effettuati nel corso dell'anno 2010 sugli impianti Meccanici/Termotecnici.

All'interno di questi rapporti vengono riportate le seguenti informazioni:

- componenti oggetto dell'intervento;
- ubicazione (locale di appartenenza);
- data dell'intervento;
- nome, cognome e firma del/i tecnico/i esecutore/i;
- descrizione dell'intervento;
- ore uomo lavorate;
- guasti/anomalie riscontrate;
- note aggiuntive.

Attraverso l'analisi delle informazioni inerenti i componenti oggetto degli interventi e la loro localizzazione, mi è stato possibile integrare il quadro anagrafico costruito in precedenza:

Il risultato di questo corposo e meticoloso lavoro di ricerca, è stata la produzione di un "mega" file Exel in cui ho inserito le informazioni quantitative, localizzative e tecnico-costruttive di ogni Elemento Tecnico individuato all'interno della struttura anagrafica proposta.

Unità minima mantenibile (descrizione)	Unità minima mantenibile (codice)	Ubicazione (codice)	Ubicazione (descrizione)	Sigla elemento da As Built	Tavola As Built di riferim.	Numero di matricola	costruttore	Fornitore del servizio	Scadenza del contratto
Centrale frigo-Gruppi Frigo RC GROUP S.p.A._02	M.02.08.02	S21	secondo piano-cantrale frigo	GF2	EMPT31-AB (I.termici-tubazioni)	06.06449	RC	CSC Bossetti	31.12.2010
Centrale frigo-Gruppi Frigo RC GROUP S.p.A._03	M.02.08.03	S21	secondo piano-cantrale frigo	GF3	EMPT31-AB (I.termici-tubazioni)	06.06450	RC	CSC Bossetti	31.12.2010

Tabella 1: Estratto del file Exel "Anagrafica Impianti meccanici Termotecnici". (Ho inserito solamente i campi più significativi. Per il file completo si veda l'allegato 1).

Possiamo dire, quindi, di aver costruito un'anagrafica di base degli Impianti Meccanici/Termotecnici, con il massimo della precisione possibile.

Nel prossimo paragrafo descriverà il lavoro effettuato, finalizzato all'impostazione di un primo Piano di Manutenzione, in formato digitale, per gli Impianti Meccanici/Termotecnici.

### 3.4 IMPOSTAZIONE DI UN PIANO DI MANUTENZIONE PER GLI IMPIANTI MECCANICI/TERMOTECNICI

Dopo aver costruito un'anagrafica per gli Impianti Meccanici/Termotecnici, passiamo alla fase di impostazione di un Piano di manutenzione in formato digitale.

Il processo di costruzione di un Piano di manutenzione per gli Impianti Meccanici/Termotecnici è passato attraverso le seguenti fasi principali:

- analisi del Piano di manutenzione impostato da DEC in fase progettuale;
- analisi dei contratti di manutenzione per gli impianti Meccanici/Termotecnici attualmente in essere con le ditte specializzate nel servizio;
- individuazione delle operazioni di manutenzione e dei relativi standard di servizio associati ad ogni classe di elemento tecnico;
- codifica delle operazioni e dei relativi standard di servizio associati ad ogni Classe di Elemento Tecnico;
- inserimento delle operazioni e dei relativi standard di servizio all'interno dello schema di classificazione proposto;
- aggiornamento del Piano attraverso l'analisi delle informazioni dagli interventi.

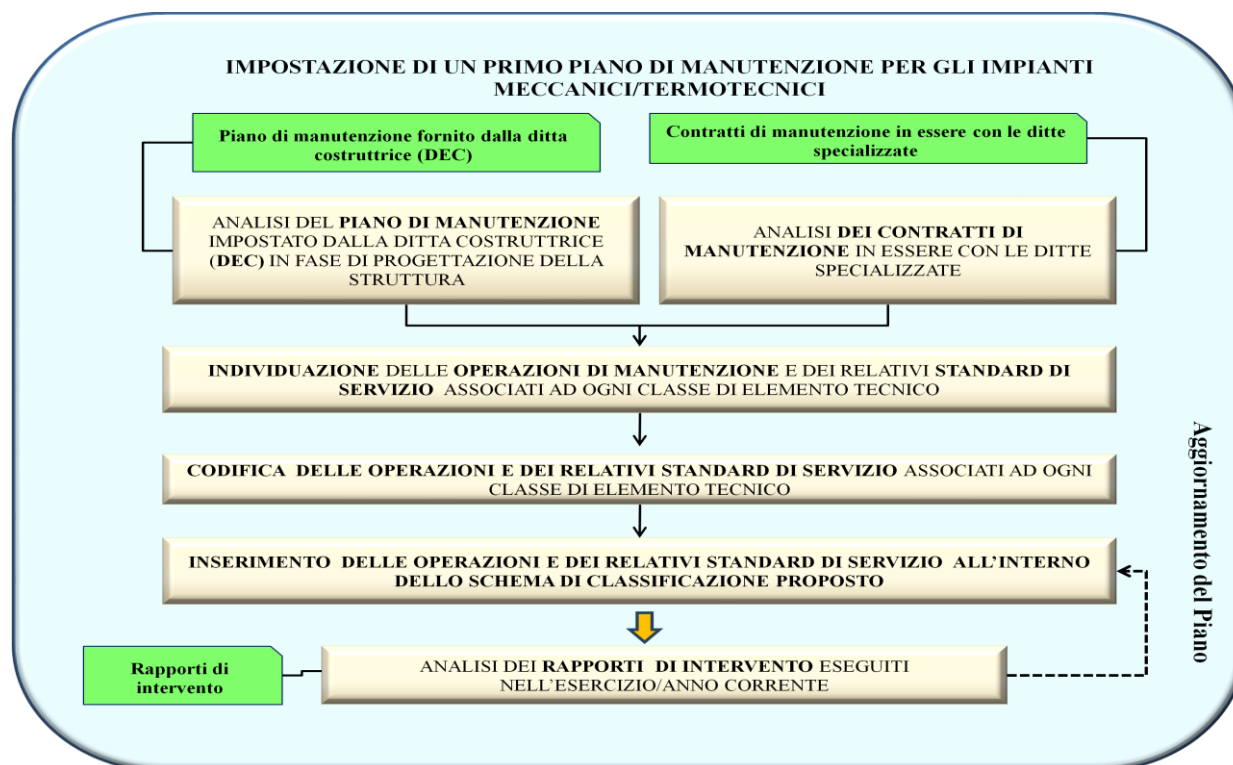


Figura 41: Le fasi principali del processo di costruzione del Piano di manutenzione per gli Impianti Meccanici/Termotecnici



Di seguito descriveremo più nel dettaglio le singole fasi di lavoro.

Dall'analisi del Piano di manutenzione per gli Impianti Meccanici/Termotecnici impostato da DEC, è stato possibile individuare, per ogni Classe di Elemento Tecnico, le operazioni di manutenzione consigliate dai costruttori e i relativi standard di servizio (frequenze, specializzazioni necessarie, descrizione degli interventi, ecc).

All'interno del Piano di manutenzione ho, quindi, rintracciato le informazioni riguardanti:

- la Classe di Elemento Tecnico oggetto dell'intervento;
- la tipologia generica di intervento (controllo o manutenzione);
- il tipo di intervento specifico (ispezione a vista, sostituzione, ecc.);
- la frequenza di intervento;
- le specializzazioni necessarie ad eseguire l'intervento.

Il Piano di manutenzione impostato dai costruttori in fase di progettazione della struttura non costituisce però l'unica base informativa, inerente la manutenzione degli Impianti meccanici, a disposizione di CNAO; infatti, come abbiamo già sottolineato nel capitolo precedente, la Fondazione è in possesso di diversi contratti di manutenzione con le ditte specializzate i quali costituiscono l'unico strumento sul quale fino ad ora l'organizzazione di gestione interna ha impostato la programmazione degli interventi da effettuare nel periodo di tempo di validità del contratto stesso.

All'interno dei contratti di manutenzione sono rintracciabili le informazioni riguardanti:

- i componenti impiantistici oggetto degli interventi;
- la localizzazione dei componenti;
- la descrizione degli interventi pianificati;
- le specializzazioni necessarie ad eseguire gli interventi.

Una volta individuate le operazioni e i relativi standard di servizio da associare ad ogni Classe di Elemento Tecnico ho dovuto studiare una logica di codifica attraverso la quale poterle inserire all'interno dello schema di classificazione proposto.

L'obiettivo principale che ho cercato di perseguire fin dall'inizio, è stato quello di arrivare a definire univocamente ogni singola operazione di manutenzione da associare alla rispettiva Classe di Elemento Tecnico.

Non ci resta, quindi, che studiare una logica di codifica che persegua l'obiettivo appena descritto, la quale deve essere funzionale ad una futura gestione delle informazioni inerenti la manutenzione degli Impianti Meccanici: la logica di codifica definita per gli Impianti Meccanici/Termotecnici, dovrà comunque rimanere valida anche per la definizione e l'inserimento all'interno dello schema proposto, delle operazioni di manutenzione inerenti gli Impianti Elettrici/Speciali, di Trasporto e gli Impianti Edili.

L'idea da me concepita è stata la seguente: associare ad ogni singola operazione un codice univoco che sia il risultato della composizione dei singoli codici attraverso i quali sono stati definiti gli standard di servizio.

Di conseguenza ho prima individuato tutti i possibili standard di servizio che è possibile associare alle singole operazioni. Dopo di che ho associato ad ognuno di essi un codice che li identificasse univocamente.

Una volta definiti e codificati gli standard di servizio che è possibile associare ad ogni singola operazione, sono passato alla codifica delle operazioni stesse.

L'idea è stata quella di definire univocamente ogni singola operazione attraverso un codice, che sia il risultato della composizione dei vari codici associati agli standard di servizio inerenti l'operazione stessa.

All'interno del codice della singola operazione dovranno, quindi, comparire i codici relativi a:

- la Classe di Elemento Tecnico oggetto dell'operazione (ad esempio: "M.03.10"= pompe di circolazione);
- la frequenza di intervento (ad esempio "FR07"= semestrale);
- il tipo di intervento specifico (ad esempio "C07"= ispezione strumentale);
- la specializzazione dell'owner che dovrà eseguire l'operazione (ad esempio OW11= tecnici specializzati);
- il numero progressivo della singola operazione (ad esempio "001").

Il risultato di questa combinazione, sarà il seguente:

Codice operazione: ‘M.03.10.FR07.C07:OW11.001’;

Descrizione operazione: ‘ispezione strumentale da eseguire con frequenza semestrale sulle pompe di circolazione, da parte di tecnici specializzati’.

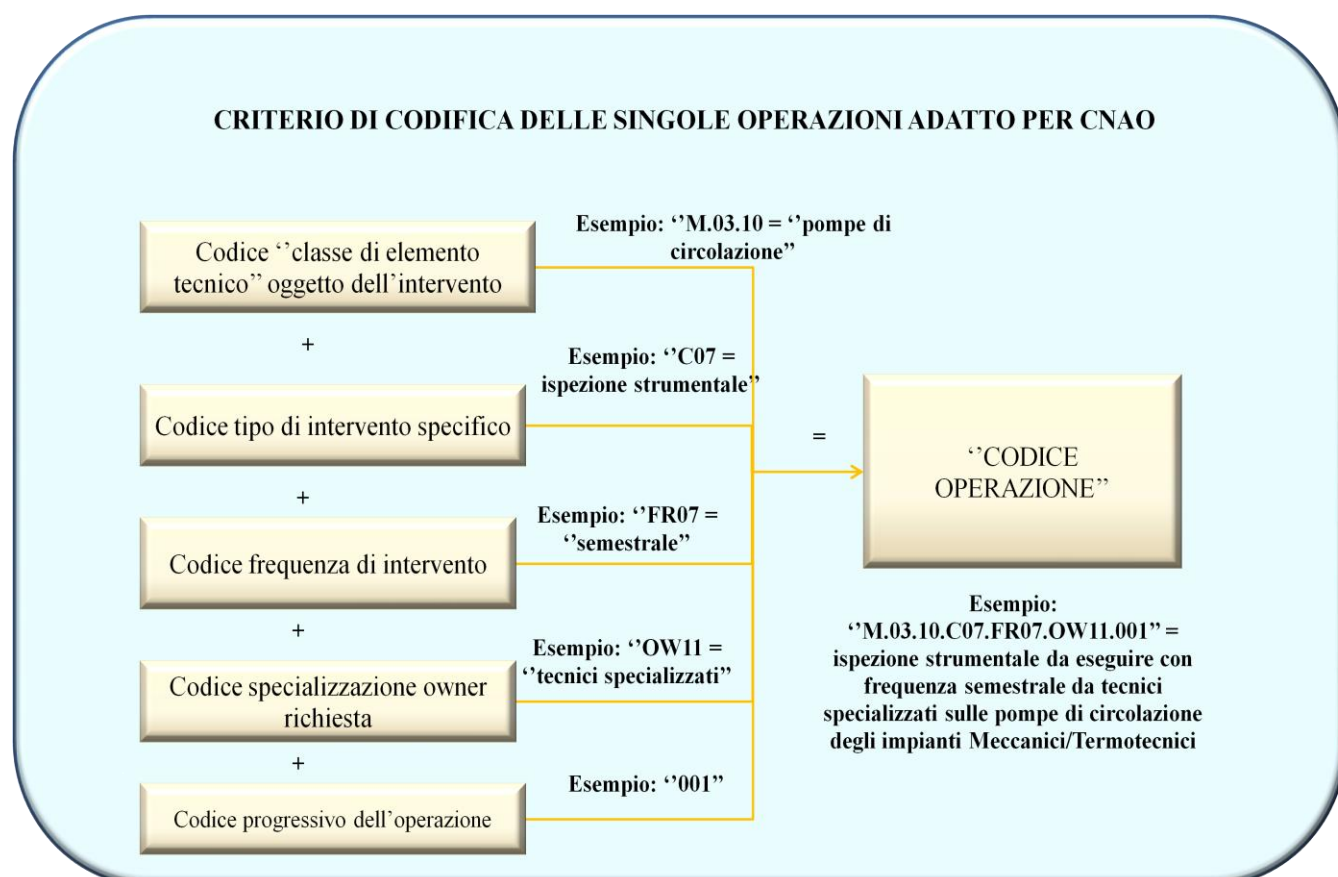


Figura 42: Criterio di codifica delle operazioni di manutenzione proposto

Dopo aver stabilito il criterio di codifica delle operazioni programmate il passo successivo è stato quello riguardante l’impostazione di una struttura di scomposizione che funga come riferimento di base per l’inserimento delle informazioni inerenti la manutenzione.

Il risultato di questa attività è stata l’impostazione di una ‘maxi’ tabella Exel costituita da tante righe quante sono le operazioni di manutenzione da associare ad ogni singola Classe di Elementi Tecnici appartenenti all’Area Tecnica degli Impianti Meccanici/Termotecnici, e da tante colonne quanti sono gli standard di servizio che è necessario associare ad ogni operazione.

Definita l'impostazione di base per l'inserimento delle operazioni codificate secondo la logica appena descritta, sono passato alla fase di inserimento dati all'interno della struttura stessa.

Il Piano di manutenzione così costruito si basa su informazioni di carattere progettuale (Primo progetto Gestionale).

Essendo, però, già trascorsi diversi mesi dalla presa in consegna della struttura da parte della Fondazione, alcune operazioni di manutenzione (programmata e a/o correttiva) degli Impianti Meccanici sono state già eseguite da personale interno e/o da ditte specializzate.

A seguito dell'esecuzione di queste operazioni sono stati compilati e consegnati al reparto di manutenzione interno i rapporti di intervento, all'interno dei quali sono state riportate le informazioni di ritorno dagli interventi stessi.

In particolare ho potuto rintracciare le operazioni di manutenzione eseguite nell'anno 2010, riferite ai componenti costituenti gli Impianti Meccanici/Termotecnici, e gli standard ad esse associati.

Di conseguenza ho potuto integrare il Piano di manutenzione impostato sulla base delle informazioni progettuali con i dati derivanti dall'esperienza pratica.

Il risultato di questo lavoro è stata la produzione di un file Exel, il quale costituisce un primo Piano di manutenzione per gli Impianti Meccanici/Termotecnici.

Classe di elemento tecnico (descrizione)	Classe di elemento tecnico (codice)	Tipologia generica di intervento (Codice)	Tipo di intervento specifico (Codice)	Frequenza di intervento (Codice)	Specializzazione owner (Codice)	Codice singola operazione	Descrizione operazione
Centrale frigo-Gruppi Frigo RC GROUP S.p.A._02	M.02.08	C	C07	FR06	OW09	M.02.08.C07.FR06.OW09.066	Ispezione strumentale Verificare che il livello di umidità segnato dagli indicatori sia quello previsto
Centrale frigo-Gruppi Frigo RC GROUP S.p.A._03	M.02.08	M	M28	FR04	OW10	M.02.08.M28.FR04.OW10.070	Registrazione: Verificare, ed eventualmente tarare, il regolare funzionamento delle principali apparecchiature di controllo e sicurezza quali pressostato olio, termostato antigelo, etc.

Tabella 2: Estratto del file Exel "Piano di manutenzione Impianti Meccanici/Termotecnici" (ho inserito solamente i campi più significativi. Per il file completo si veda l'allegato 2)

### **3.5 COSTRUZIONE DI UN DATABASE DI SUPPORTO ALLA GESTIONE DEL SERVIZIO DI MANUTENZIONE PER GLI IMPIANTI MECCANICI/TERMOTECNICI: TRASFERIMENTO DATI DA MICROSOFT EXEL A MICROSOFT ACCESS**

Arrivati a questo punto possiamo dire di aver raggruppato le informazioni contenute all'interno della documentazione in possesso di CNAO, in due "maxi" tabelle "Exel", le quali costituiscono rispettivamente:

- l'anagrafica degli Impianti Meccanici/Termotecnici;
- il Piano di manutenzione per gli Impianti Meccanici/Termotecnici.

Così come sono organizzate però le informazioni non possono ancora essere gestite da alcun sistema informatico, in quanto sono organizzate all'interno di due maxi tabelle "Exel" che contengono un numero elevatissimo di celle di lavoro.

Inoltre è necessario sottolineare che il livello di dettaglio della scomposizione del sistema tecnologico adottata nelle due tabelle è diverso.

Infatti la tabella dell'anagrafica arriva fino al livello dei "Singoli Elementi Tecnici" mentre la tabella del Piano di manutenzione arriva fino al livello delle "Classi di Elementi Tecnici".

I "Singoli Elementi Tecnici" sono però logicamente contenuti all'interno delle rispettive "Classi di Elementi Tecnici".

E' quindi necessario organizzare le informazioni presenti all'interno delle due tabelle "Exel" in un unico database impostando le opportune relazioni "logiche" tra di esse: il database così costruito dovrà permettere agli utenti che dovranno gestire il servizio di manutenzione di trattare i dati in modo intuitivo e automatizzato.

Quando il quadro informativo sarà trasferito in Access, esso potrà costituire un valido supporto operativo del Sistema Informativo che CNAO deciderà di adottare per supportare la gestione del servizio di manutenzione.

Di seguito descriveremo nel dettaglio il lavoro svolto finalizzato alla costruzione del database.

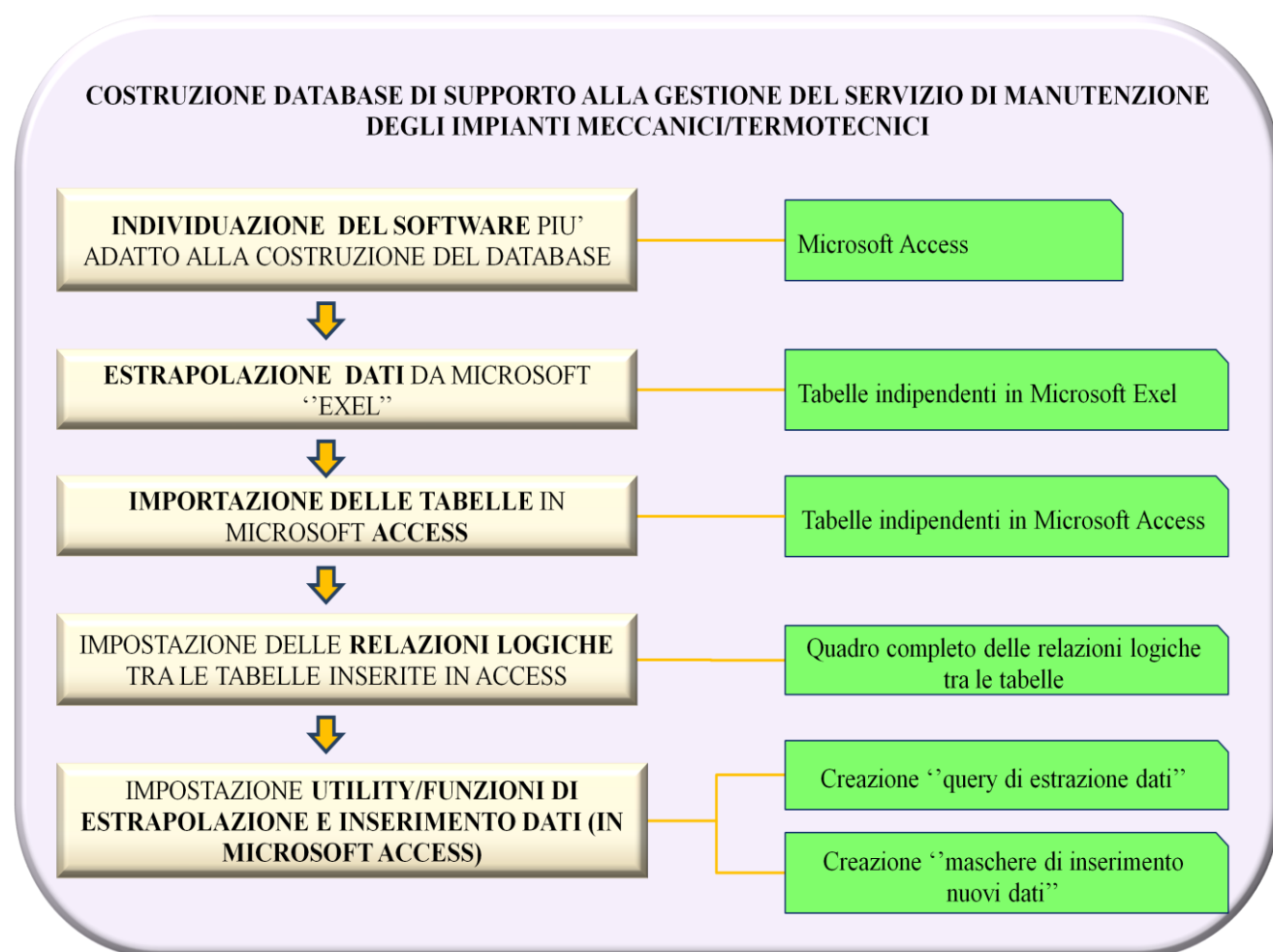


Figura 43: Il processo di costruzione di un database di supporto alla gestione del servizio di manutenzione

Innanzitutto è stato necessario individuare il software più adatto alla creazione e alla gestione del database.

La scelta da me effettuata, sulla base delle conoscenze maturate durante i miei studi universitari e dei suggerimenti provenienti dal personale dell'ufficio amministrazione e del reparto IT della Fondazione, è ricaduta su Microsoft Access.

Microsoft Access è un software specifico per la creazione e la gestione di database relazionali contenenti un numero elevato di dati.

La scelta di utilizzare Microsoft Access come software di creazione e gestione del database, è motivabile principalmente dal fatto che il programma si può perfettamente interfacciare con il sistema ERP attualmente in dotazione alla Fondazione (Oceano IQ).

Inoltre è bene sottolineare il fatto che CNAO, essendo già in possesso delle licenze Microsoft, si trova ad avere già in casa l'applicativo Access, in quanto esso è incluso nel pacchetto Microsoft Office.

Il software permette la creazione e la gestione di una serie di tabelle "fisicamente indipendenti" ma logicamente "dipendenti" tra di loro, le quali costituiscono la base informativa (anagrafica) dell'applicativo stesso.

Una volta costruite le tabelle di base, i dati contenuti al loro interno potranno essere trattati attraverso l'utilizzo delle principali "utility" offerte dal software.

Come vedremo più avanti le "utility" che ho impostato fanno riferimento alle operazioni di estrazione dati ("query"), di inserimento di nuovi dati ("maschere di inserimento") e di reportistica ("report").

Di seguito descriveremo nel dettaglio il lavoro da me effettuato finalizzato alla creazione del database.

Per prima cosa ho estrapolato dalle due maxi tabelle precedentemente costruite in "Exel" ("anagrafica Impianti Meccanici/Termotecnici e "Piano di manutenzione Impianti Meccanici/Termotecnici") una serie di tabelle "fisicamente", ma non logicamente, indipendenti tra di loro.

Le tabelle indipendenti estrapolate dai file "Exel" sono le seguenti.

1. la tabelle delle "Aree Tecniche" formata dai seguenti campi/colonne:

- codice Area Tecnica;
- descrizione Area Tecnica.

AREE TECNICHE	
Codice_CNAO_Area_Tecnica	Descrizione_CNAO_Areat_tecnica
A	Impianti Eili/Architettonici
M	Impianti Meccanici/Termotecnici
T	Impianti di Trasporto
E	Impianti Elettrici e Speciali

Tabella 3: Aree Tecniche

2. la tabella delle “Unità Tecnologiche” costituita dai seguenti campi:

- codice Unità Tecnologica;
- descrizione dell’Unità Tecnologica;
- codice dell’Area Tecnica di appartenenza (questo campo è fondamentale per relazionare questa tabella con quella riferita alle “Aree Tecniche”).

UNITA' TECNOLOGICHE		
Codice_CNAO_Unità_tecnologiche	Descrizione_CNAO_Unità_Tecnologiche	Codice_Area_Tecnica_di_appartenenza
M.01	Impianto di distribuzione acqua fredda e calda	M
M.02	Impianto di climatizzazione	M
M.03	Impianto di riscaldamento	M
M.04	Impianto acquedotto	M
M.05	Impianto fognario e di depurazione	M
M.06	Impianto Gas Medicali	M
M.07	Impianto acqua demineralizzata-AERAQUE	M
M.08	Impianto di distribuzione aria compressa	M
M.09	Impianto di irrigazione e lavaggio piramide	M
M.10	Impianto di distribuzione del gas	M
M.11	Impianti di smaltimento acque meteoriche	M
M.12	Generatori di vapore-Garioni Naval	M
M.13	SISTEMA DI CONTROLLO PER LABORATORI E AMBIENTI REPARTO P.E.T.	M
M.14	Impianto di supervisione SIEMENS	M
M.15	Impianto sicurezza e antincendio	M

Tabella 4: Estratto della tabella “Unità Tecnologiche”



3. la tabella delle “Classi di Elementi Tecnici” contenente i seguenti campi/colonne:

- codice della Classe di Elemento Tecnico;
- descrizione della Classe di Elemento Tecnico;
- codice dell’Unità Tecnologica di appartenenza (questo campo è fondamentale per relazionare questa tabella con quella riferita alle “Unità Tecnologiche”).

CLASSI DI ELEMENTI TECNICI		
Codice_CNAO_classi_di_elementi_tecnici	Descrizione_CNAO_classi_di_elementi_tecnici	Codice_Unità_tecnologica_di_appartenenza
M.01.01	Miscelatori meccanici	M.01
M.01.02	Miscelatori termostatici	M.01
M.01.03	Scambiatori di calore	M.01
M.01.04	Tubazioni multistrato	M.01
M.01.05	Tubi in acciaio zincato	M.01
M.01.06	Vasi igienici a sedile	M.01
M.01.07	Lavabi	M.01
M.01.08	Piatto doccia	M.01
M.02.01	Alimentazione e adduzione gas	M.02
M.02.02	Batterie di condensazione per macchine frigo	M.02
M.02.03	Cassette a portata variabile tipo VAV	M.02
M.02.04	Centrali di trattamento aria(U.T.A.)-SITES TECNOLOGICI SRL	M.02
M.02.05	Centrali frigo-Gruppi Frigo RC GROUP S.p.A.	M.02
M.02.06	Compressore per macchine frigo	M.02
M.02.07	Condensatori ad aria	M.02
M.02.08	Condizionatori ad armadio raffreddati ad acqua-RC GROUP S.p.A.-modello PEGASUS	M.02
M.02.09	Dry cooler-RC GROUP S.p.A.	M.02
M.02.10	Evaporatore (per macchine frigo)	M.02
M.02.11	Estrattori d'aria	M.02
M.02.12	Filtri assoluti per flussi laminari classe H14	M.02
M.02.13	Filtri a secco	M.02
M.02.14	Filtri multidiedri(a tasche rigide)	M.02

Tabella 5: Estratto delle tabella “Classi si elementi tecnici”

4. la tabella delle ‘‘Singole Unità Manutenibili’’ o ‘‘Singoli Elementi Tecnici’’ all’interno della quale ho inserito i seguenti campi/colonne:

- codice della Singola Unità Mantenibile o Singolo Elemento Tecnico;
- descrizione della Singola Unità Mantenibile o Singolo Elemento Tecnico’’;
- codice della Classe di Elementi Tecnici di appartenenza (questo campo è fondamentale per relazionare questa tabella con quella delle ‘‘Classi di Elementi Tecnici’’);
- codice Unità Tecnologica di appartenenza;
- codice Area Tecnica di appartenenza;
- codice dell’ubicazione-codice del locale.

UNITA' MINIME ,MANUTENIBILI/SINGOLI ELEMENTI TECNICI					
Codice_CNAO_singolo_elemento_tecnico	Descrizione_CN AO_singolo_elemento_tecnico	Codice_classe_di_appartenenza	Codice_unità_tecnologica_di_appartenenza	Codice_Area_Tecnica_di_appartenenza	Codice_locale
M.01.01.001	Miscelatore meccanico001	M.01.01	M.01	M	I80
M.01.01.002	Miscelatore meccanico002	M.01.01	M.01	M	I80
M.01.01.003	Miscelatore meccanico003	M.01.01	M.01	M	I86
M.01.01.004	Miscelatore meccanico004	M.01.01	M.01	M	I86
M.01.01.005	Miscelatore meccanico005	M.01.01	M.01	M	I77
M.01.01.006	Miscelatore meccanico006	M.01.01	M.01	M	I77
M.01.01.007	Miscelatore meccanico007	M.01.01	M.01	M	I77
M.01.01.008	Miscelatore meccanico008	M.01.01	M.01	M	I77
M.01.01.009	Miscelatore meccanico009	M.01.01	M.01	M	I77

Tabella 6: Estratto delle tabella ‘‘Unità minime manutenibili/singoli elementi tecnici’’

5. la tabella delle “Tipologie generiche di intervento” costituita dai seguenti campi:

- codice tipologia generica di intervento;
- descrizione tipologia generica di intervento.

TIPOLOGIE GENERICHE DI INTERVENTO	
Codice_tipologia_generica_di_intervento	Descrizione_tipologia_generica_di_intervento
C	controllo
M	manutenzione

Tabella 7: Tabella “Tipologie generiche di intervento”

6. la tabella dei “ Tipi di interventi specifici”, formata dai seguenti campi:

- codice del Tipo di intervento specifico;
- descrizione del Tipo di intervento specifico.
- codice della “Classe di tipologia generica di intervento” (campo fondamentale per stabilire una relazione con la tabella “tipologia generica di intervento” );

TIPO_DI_INTERVENTO_SPECIFICO		
Codice_intervento_specifico	Descrizione_intervento_specifico	Codice_tipologia_generica_di_intervento
C02	controllo	C
C03	controllo a vista	C
M01	sostituzione	M
M02	riparazione	M

Tabella 8: Estratto della tabella “Tipo di intervento specifico”

7. la tabella delle ‘‘Specializzazioni degli owner’’ costituita dai seguenti campi:

- codice specializzazione owner;
- descrizione specializzazione owner;

SPECIALIZZAZIONI_OWNER	
Codice_specializzazione_owner	Descrizione_specializzazione_owner
OW01	idraulico
OW02	termoidraulico
OW03	specializzati vari
OW04	utente
OW05	meccanico
OW06	elettricista

Tabella 9: Estratto della tabella ‘Specializzazioni owner’’

8. la tabella dei ‘‘Ruoli degli owner’’ con all’interno riportati i campi:

- codice ruolo owner;
- descrizione ruolo owner;

RUOLI_OWNER	
Codice_ruolo_owner	Descrizione_ruolo_owner
MAN	tecnico_manutentore
RESP	responsabile

Tabella 10: Estratto della tabella ‘‘Ruoli owner’’

9. la tabella dei ‘ ‘ Singoli soggetti’ ’ che si occupano di manutenzione, dai responsabili agli esecutori costituita dai seguenti campi:

- codice singolo soggetto;
- nome soggetto;
- cognome soggetto;
- codice specializzazione owner;
- codice ruolo soggetto (campo fondamentale per stabilire una relazione con la tabella dei ‘ ‘Ruoli owner’ ’).

SINGOLI_SOGGETTI				
Codice_singolo_soggetto	Nome	Cognome	Codice_specializzazione_owner	codice_ruolo_owner
1	Daniel	Fiocchi	OW03	MAN
2	Elio	Bollito	OW11	SUP
5	Antonella	Bertola	OW05	RESP

Tabella 11: Estratto della tabella ‘ ‘Singoli soggetti’ ’

10. la tabella delle ‘Frequenze di intervento’ costituita dai seguenti campi;

- codice frequenza di intervento;
- descrizione frequenza di intervento;
- frequenza giorni (all’interno di questo campo ho riportato le frequenze di intervento espresse però in numero di giorni in modo tale ch il sistema possa calcolare automaticamente le date degli interventi programmati sommando alla data di ultimo intervento la frequenza espressa in giorni).

FREQUENZE_DI_INTERVENTO		
Codice_frequenza	Descrizione_frequenza	Frequenza_giorni
FR01	giornaliera	1
FR02	settimanale	7
FR03	bisettimanale	14

Tabella 12: Estratto della tabella ‘Frequenze di intervento’

11. la tabella dei ‘Piani’ costituita dai seguenti campi/colonne;

- codice del piano;
- descrizione piano;

PIANI	
Codice_piano	Descrizione_piano
I	piano interrato
T	piano terra
P	piano primo
S	piano secondo
C	piano coperture

Tabella 13: Tabella dei ‘Piani’

12. la tabella dei “locali”, contenente i seguenti campi/colonne;

- codice del locale;
- descrizione locale;
- codice piano di appartenenza (questo campo è fondamentale per stabilire una relazione con la tabella dei “Piani”).

LOCALI		
Codice_vano	Descrizione_vano	Codice_piano_di_appartenenza
CA1-I	cavedio impianti (1) piano interrato	I
CA1-T	cavedio impianti (1) piano terra	T
CA1-P	cavedio impianti (1) piano primo	P

Tabella 14: Estratto della tabella “locali”

13. la tabella dei contratti di manutenzione in essere con le ditte specializzate all'interno della quale ho inserito i seguenti campi;

- codice contratto;
- oggetto del contratto;
- codice dell'Area tecnica oggetto del contratto (questo campo è fondamentale per stabilire una relazione con la tabella delle "Aree Tecniche");
- canone annuo di manutenzione ordinaria;
- fornitore del servizio di manutenzione;
- data di entrata in vigore del contratto;
- data di scadenza del contratto.

CONTRATTI DI MANUTENZIONE						
CODICE CONTRATTO	OGGETTO DEL CONTRATTO	CODICE AREA TECNICA INTERESSATA	CANONE ANNUO DEL CONTRATTO	FORNITORE DEL SERVIZIO-DITTA SPECIALIZZATA	DATA DI ENTRATA IN VIGORE DEL CONTRATTO	DATA DI SCADENZA
1	Servizio di manutenzione ordinaria e straordinaria degli impianti di climatizzazione di CNAO	M	8.600 Euro/anno + IVA	Ditta001	1 gennaio 2010	31 dicembre 2010
2	Servizio di manutenzione ordinaria e straordinaria dei sistemi di pompaggio di CNAO	M	2.400 Euro/anno + IVA	Ditta002	22 marzo 2010	31 dicembre 2010
3	Servizio di manutenzione ordinaria e straordinaria degli ingressi automatici	E	860 Euro/anno + IVA	Ditta003	10 gennaio 2010	9 gennaio 2013

Tabella 15: Estratto della tabella "Contratti di manutenzione"



14. la tabella dei tipi di guasti/anomalie riscontrabili per ogni "Classe di Elemento Tecnico" costituita dai seguenti campi:

- codice tipo di guasto/anomalia;
- descrizione tipo di guasto/anomalia;
- codice "Classe di Elemento Tecnico" su cui è possibile riscontrare l'anomalia (questo campo è fondamentale per stabilire una relazione con la tabella delle "lassi di Elementi Tecnici")

GUASTI/ANOMALIE RISCONTRABILI		
Codice anomalia/guasto riscontrabile	Descrizione dell'anomalia/guasto riscontrabile	Codice della classe di elemento tecnico interessato
1	corrosione	M.01.01
2	difetti	M.01.01
3	incrostazioni	M.01.01
4	perdite	M.01.01

Tabella 16: Estratto della tabella "Guasti/anomalie riscontrabili"

15. la tabella delle “Operazioni programmate” costituita dai seguenti campi/colonne:

- codice singola operazione;
- descrizione singola operazione;
- codice della Classe di Elemento Tecnico a cui è riferita l’operazione (campo fondamentale per stabilire una relazione con la tabella delle “Classi di Elementi Tecnici”);
- codice del Tipo di intervento specifico (campo necessario per impostare una relazione con la tabella dei “Tipi di interventi specifici”);
- codice della Frequenza di intervento (campo fondamentale per costituire una relazione con la tabella delle “Frequenze”);
- codice della Specializzazione owner che si dovrà occupare di eseguire l’intervento (campo fondamentale per stabilire una relazione con la tabella delle “Specializzazioni owner”).

OPERAZIONI PROGRAMMATE					
Codice operazione	Descrizione operazione	Codice classe di elemento tecnico interessato	Codice tipo di intervento specifico	Codice frequenza	Codice specializzazione owner
M.01.02.M01.FR09.OW01.003	Sostituire i miscelatori quando usurati e non più rispondenti alla normativa di settore.	M.01.02	M01	FR09	OW01
M.01.03.C06.FR06.OW01.004	Ispezione a vista: Effettuare un controllo della funzionalità del miscelatore eseguendo una serie di aperture e chiusure. Verificare l'integrità dei dischi metallici di dilatazione.	M.01.03	C06	FR06	OW01
M.01.03.M03.FR06.OW01.005	Eeguire la pulizia della cartuccia termostatica controllando l'integrità dei dischi metallici di dilatazione.	M.01.03	M03	FR06	OW01

Tabella 17: Estratto della tabella “Operazioni programmate”

16. la tabella dello storico degli interventi contenente i seguenti campi/colonne:

- ‘ID\_operazione’, che identifica *univocamente* la singola operazione specifica eseguita; l’ ID dell’operazione è un numero progressivo che il sistema assegna automaticamente ad ogni ‘record’ della tabella ‘Archivio\_storico\_interventi (un record non è altro che una riga di una tabella; in questo caso ogni operazione è rappresentata da un ‘record’ o riga tabellare );
- codice del Singolo Elemento Tecnico oggetto dell’intervento (questo campo è indispensabile per stabilire una relazione con la tabella dei ‘Singoli Elementi Tecnici’);
- descrizione del Singolo Elemento Tecnico oggetto dell’intervento;
- codice dell’ Operazione (campo essenziale per stabilire una relazione con la tabella delle ‘Operazioni programmate’);
- descrizione dell’ operazione eseguita;
- soggetto esecutore;
- codice Soggetto (campo fondamentale per relazionare questa tabella con quella dei Soggetti)
- Tipo di intervento specifico;
- Codice Tipo di Intervento specifico (campo fondamentale per relazionare questa tabella con quella dei ‘Tipi di interventi specifici’);
- data di inizio intervento;
- data di chiusura intervento;
- ore uomo lavorate;
- note.

La tabella ‘Archivio storico interventi’ contiene numerosi campi : di conseguenza si consiglia di vedere l’allegato 3.

Dopo aver estrapolato dai due file 'Exel' le tabelle sopra descritte, le ho importate all'interno del software Microsoft Access.

Quindi mi sono servito di una particolare 'utility' di Access, chiamata 'crea relazioni' impostare un sistema completo di relazioni logiche tra le diverse tabelle.

Per stabilire una relazione logica tra due tabelle, risulta fondamentale la presenza di un campo comune ad entrambe.

Facciamo un esempio: prendiamo in considerazione le seguenti due tabelle:

- "Operazioni programmate";
- "Classi di elementi tecnici".

Per stabilire una relazione logica tra di esse in modo che il programma possa riconoscere il collegamento tra tutte le operazioni programmate e le classi di elementi tecnici oggetto dei diversi interventi, risulta fondamentale la presenza del campo 'codice della classe di elemento tecnico' a cui è riferita la singola operazione sia all'interno della tabella delle 'operazioni programmate' sia all'interno della tabella 'classi di elementi tecnici'.

Per far sì che il sistema sia in grado di riconoscere il collegamento tra le operazioni programmate e la relativa classe di elemento a cui è associata ogni operazione, è sufficiente collegare, attraverso l'utility specifica di Microsoft Access chiamata 'crea relazioni tra le tabelle', il campo 'codice della Classe di Elemento Tecnico' contenuto all'interno della tabella 'Operazioni programmate' con lo stesso campo presente nella seconda tabella, ovvero quella delle 'Classi di Elementi Tecnici'.

Il software è così in grado di associare ad ogni Classe di Elemento Tecnico le rispettive operazioni di manutenzione programmata.

Di conseguenza possiamo affermare di aver creato un database relazionale, all'interno del quale sono presenti le informazioni più significative inerenti la manutenzione degli Impianti meccanici/Termotecnici.

Una volta create le tabelle dell'anagrafica di base e il quadro completo delle relazioni, non rimane che impostare opportune funzioni attraverso le quali potranno essere gestiti i dati contenuti all'interno del database.

Le principali 'utility' offerte da Access, che ho ritenuto opportuno utilizzare sono le seguenti:

- "query" di estrapolazione dati;
- "maschere di inserimento dati";
- "report"

Prima di entrare nel dettaglio delle "utility" da me create, cercherò di chiarire meglio cosa si intende per "query" e per "maschera".

In generale attraverso l'utilizzo delle "query" è possibile:

- applicare delle interrogazioni sul database sulla base di parametri che devono essere specificati prima dell'esecuzione delle query stesse (questo tipo di interrogazioni vengono chiamate "query parametriche di selezione/estrazione dati"); il risultato di questo tipo di query è la visualizzazione di un "foglio dati" contenente solamente le informazioni che rispondono ai parametri richiesti;
- estrapolare dalle tabelle presenti nel database alcuni dati specifici, in base a parametri individuati in fase di impostazione della query, e inserirli in una nuova tabella ("query di inserimento dati") o in una tabella già esistente ("query di accodamento dati");
- aggiornare dati contenuti in specifiche tabelle già presenti all'interno del database ("query di aggiornamento");
- eliminare dati, che non si ritengono più necessari, da determinate tabelle già esistenti nel database ("query di eliminazione").

Per quanto riguarda le maschere (o sottomaschere), riportiamo di seguito le due principali tipologie descrivendone le funzionalità:

- "maschere di visualizzazione dati": si tratta di maschere collegate a determinate "query" e consentono all'utente di visualizzare i dati estratti nel modo desiderato.
- "maschere di inserimento dati": esse consentono all'utente di inserire nel database nuovi dati attraverso l'utilizzo di una maschera impostata in fase di progettazione del sistema.

Durante il lavoro ho utilizzato:

- "query parametriche di selezione/estrazione dati";
- "query di accodamento";
- "maschere di visualizzazione dati";
- "maschere di selezione e inserimento dati.

La prima query che ho creato, chiamata “Estrazione elementi tecnici”, permette all’utente utilizzatore di estrarre dalla tabella dei “Singoli elementi tecnici”, i soli “elementi tecnici” che hanno un certo tipo di caratteristiche, le quali devono essere specificate dall’utente prima dell’esecuzione della query stessa.

Ad esempio è possibile estrarre gli elementi tecnici che appartengono ad una specifica Classe, e che si trovano in un determinato locale semplicemente selezionando, attraverso un menù a tendina, inserito nella maschera che “punta” alla query, la Classe di appartenenza e il locale interessato.

ID	Codice_singolo	Descrizione_singolo	Descrizione_classe	Codice_c	Codice_unità_tecnologica_c	Codice_area_tec	Codice_loc
38	M.01.02.029	Miscelatore meccanico029	Miscelatori meccanici	M.01.02	M.01	M	I03
39	M.01.02.030	Miscelatore meccanico030	Miscelatori meccanici	M.01.02	M.01	M	I03
40	M.01.02.031	Miscelatore meccanico031	Miscelatori meccanici	M.01.02	M.01	M	I03
41	M.01.02.032	Miscelatore meccanico032	Miscelatori meccanici	M.01.02	M.01	M	I03
42	M.01.02.033	Miscelatore meccanico033	Miscelatori meccanici	M.01.02	M.01	M	I03
*	(Nuovo)						

Figura 44: esempio di query “estrazione elementi tecnici”

Attraverso la seconda query, invece, che ho chiamato “Estrazione operazioni”, è possibile estrarre dalla tabella specifica (“operazioni programmate”), le operazioni programmate con le relative caratteristiche desiderate che devono essere specificate dall’utente prima dell’esecuzione della query stessa.

Ad esempio è possibile estrarre le operazioni programmate da eseguire sui miscelatori meccanici (che rappresentano la “Classe di elemento tecnico”), presenti nel locale T28 (piano terra-locale 28), da eseguire con frequenza trimestrale, applicando la stessa procedura descritta per la query precedentemente descritta.

The screenshot shows a software interface with a menu bar at the top containing 'Visualizzazioni', 'Appunti', 'Carattere', 'Formato RTF', 'Record', 'Ordina e filtra', and 'Trova'. Below the menu bar, there is a window titled 'Main' with a sub-window 'Query\_estrazione\_operazioni'. The main content is a table with the following columns: 'Descrizione\_operazione', 'Codice\_oper', 'Descrizio', 'Descrizione\_t', 'Descrizio', 'Frequenza', 'Frequenza\_g', 'Codice', 'Codice', 'Codice', 'Codice', and 'Descrizione'. The table contains three rows of data. The first row describes a visual inspection of a mixer. The second row describes replacing worn mixers. The third row describes cleaning the thermostat cartridge. A vertical label 'Riquadro di spostamento' is on the left side of the table. A yellow asterisk is in the bottom-left corner of the table area.

Descrizione_operazione	Codice_oper	Descrizio	Descrizione_t	Descrizio	Frequenza	Frequenza_g	Codice	Codice	Codice	Codice	Descrizione
Ispezione a vista Effettuare un controllo della funzionalità del miscelatore eseguendo una serie di aperture e chiusure. Verificare	M.01.02.C06.FR06.OW01.01	Miscelatori meccanici	controllo	ispezione a vista	trimestrale	90	C	C06	FR06	OW01	idraulico
Sostituire i miscelatori quando usurati e non più rispondenti alla normativa di settore.	M.01.02.M01.FR09.OW01.03	Miscelatori meccanici	manutenzione	sostituzione	all'occorrenza/a guasto	1000000	M	M01	FR09	OW01	idraulico
Eeguire la pulizia della cartuccia termostatica controllando l'integrità dei dischi metallici di dilatazione.	M.01.02.M03.FR06.OW01.02	Miscelatori meccanici	manutenzione	pulizia	trimestrale	90	M	M03	FR06	OW01	idraulico

Figura 45: esempio di query “estrazione operazioni”

La terza, e ultima query, che ho costruito e chiamato “Programma degli interventi alla data”, permette di estrarre dal database le operazioni programmate associate alla relativa “classe di elemento tecnico” da eseguire nella data o nel periodo di tempo desiderato.

Questa utility fa sempre parte della categoria delle query “parametriche” e il parametro da inserire prima della sua esecuzione è proprio la data o il periodo di tempo in cui si dovranno eseguire determinate operazioni programmate; il campo denominato “data prossimo intervento” viene calcolato automaticamente attraverso la somma dei valori presenti nel campo “data ultimo intervento” e nel campo “frequenza giorni” della tabella “operazioni programmate”.

ID_operazi	Singolo_elemento_t	Codice_sini	Descrizione_operazione	Codice_operazioni	specializz	frequenza_ir	frequenza_giorn	ore_uomc	Note	Data_prossimo
1	Miscelatore meccanico029	M.FS.01.02	Ispezione a vista Effettuare un controllo della funzionalità del miscelatore eseguendo una serie di	M.FS.01.02.C06.FR06.OW01.001	idraulico	trimestrale	90	1		01/04/11
2	Miscelatori meccanici	M.FS.01.02	Eseguire la pulizia della cartuccia termostatica controllando l'integrità dei dischi metallici di	M.FS.01.02.M03.FR06.OW01.002	idraulico	trimestrale	90	2		01/04/11
3	Miscelatori meccanici	M.FS.01.02	Sostituire i miscelatori quando usurati e non più rispondenti alla normativa di settore.	M.FS.01.02.M01.FR09.OW01.003	idraulico	all'occorrenza/a guasto	1000000	1		28/11/4748
4	Miscelatori termostatici	M.FS.01.03	Ispezione a vista:Effettuare un controllo della funzionalità del miscelatore eseguendo una serie di	M.FS.01.03.C06.FR06.OW01.004	idraulico	trimestrale	90	1		01/04/11
5	Miscelatori termostatici	M.FS.01.03	Eseguire la pulizia della cartuccia termostatica controllando l'integrità dei dischi metallici di	M.FS.01.03.M03.FR06.OW01.005	idraulico	trimestrale	90			01/04/11

Figura 46: esempio di query “estrazione operazioni alla data”



Dopo aver creato le tre query sopra descritte, ho impostato una maschera chiamata "Main" all'interno della quale ho inserito le seguenti tre sottomaschere con le relative funzioni associate:

- la sottomaschera di visualizzazione dati chiamata "Estrazione elementi tecnici", che permette all'utente di selezionare e visualizzare i dati estratti dalla query di riferimento ovvero la "query\_estrazione\_elementi\_tecnici");

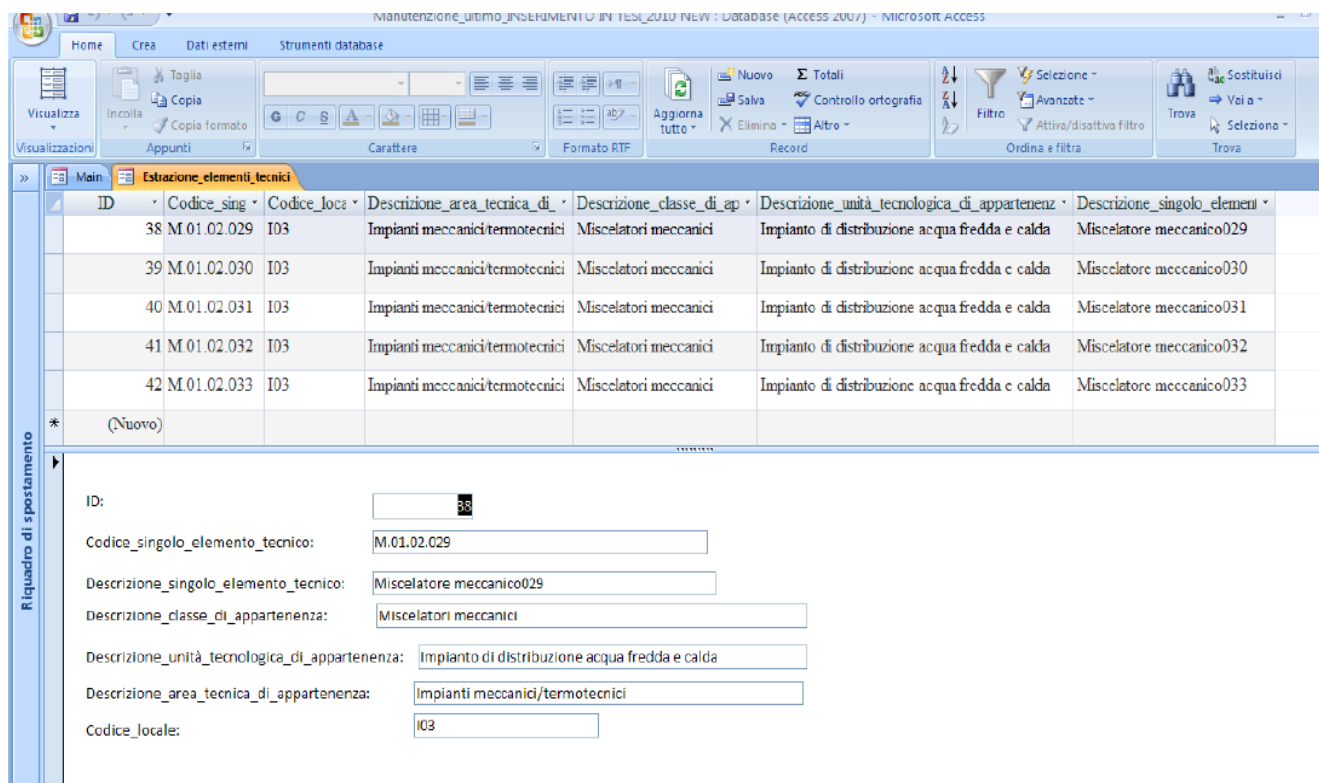


Figura 47: sottomaschera "estrazione elementi tecnici"

- la sottomaschera di visualizzazione dati, chiamata ‘estrazione operazioni’, che permette all’utente di selezionare e visualizzare i dati estratti dalla query di riferimento ovvero ‘query\_estrazione\_operazioni’);

The screenshot shows a software interface with a menu bar at the top and a data table below it. The table has the following columns: Codice\_operazione, Descrizione\_operazione, Descrizione\_classe\_di\_elemento, Descrizione, Descrizione\_tipologia\_generica\_di\_intervento, Descrizione\_tipologia\_specifica\_di\_intervento, Codice\_ow, and Descrizione. The selected row is M.01.02.M01.FR09.OW01.003, with the description 'Sostituire i miscelatori quando usurati e non più rispondenti alla normativa di settore.' Below the table is a form titled 'Estrazione operazioni' with input fields for each column header, containing the corresponding data from the selected row.

Codice_operazione	Descrizione_operazione	Descrizione_classe_di_elemento	Descrizione	Descrizione_tipologia_generica_di_intervento	Descrizione_tipologia_specifica_di_intervento	Codice_ow	Descrizione
M.01.02.C06.FR06.OW01.001	Ispezione a vista Effettuare un controllo della funzionalità del miscelatore	Miscelatori meccanici	controllo	ispezione a vista		OW01	idraulico
M.01.02.M01.FR09.OW01.003	Sostituire i miscelatori quando usurati e non più rispondenti alla normativa di settore.	Miscelatori meccanici	manutenzione	sostituzione		OW01	idraulico
M.01.02.M03.FR06.OW01.002	Eeguire la pulizia della cartuccia termostatica controllando l'integrità dei	Miscelatori meccanici	manutenzione	pulizia		OW01	idraulico

Form fields and values:

- Codice\_operazione: M.01.02.M01.FR09.OW01.003
- Descrizione\_operazione: Sostituire i miscelatori quando usurati e non più rispondenti alla normativa di settore.
- Codice\_owner: OW01
- Descrizione\_owner: idraulico
- Descrizione\_classe\_di\_elemento\_tecnico\_interessato: Miscelatori meccanici
- Descrizione\_tipologia\_generica\_di\_intervento: manutenzione
- Descrizione\_tipologia\_specifica\_di\_intervento: sostituzione

Figura 48: sottomaschera ‘estrazione operazioni’

- la sottomaschera di selezione e inserimento dati, chiamata "Inserimento\_singola\_operazione" che è basata sulle due sottomaschere sopra descritte, la cui combinazione permette di associare a ogni "singolo elemento tecnico/unità minima mantenibile" le operazioni da eseguire su di esso come da programma; questa sottomaschera, permette all'utente di inserire, dopo aver selezionato i parametri opportuni, le operazioni che sono state eseguite come da programma all'interno della tabella "Archivio\_storico\_interventi".

The screenshot shows a software interface with a ribbon menu at the top containing 'Home', 'Crea', 'Dati esterni', and 'Strumenti database'. Below the ribbon are several toolbars with icons for actions like 'Visualizza', 'Incolla', 'Taglia', 'Copia', 'Copia formato', 'Carattere', 'Formato RTF', 'Aggiorna tutto', 'Nuovo', 'Salva', 'Elimina', 'Totali', 'Controllo ortografia', and 'Altro'. The main window has two tabs: 'Main' and 'Inserimento\_singola\_operazione'. On the left side, there is a vertical sidebar labeled 'Riquadro di spostamento'. The 'Inserimento\_singola\_operazione' form contains the following fields:

- ID\_operazione:
- descrizione\_singolo\_elemento:
- codice elemento tecnico:
- descrizione\_singola\_operazione:
- codice\_singola\_operazione:
- frequenza\_intervento:
- frequenza\_giorni:
- soggetto\_esecutore:
- specializzazione\_owr:
- Data\_di\_inizio\_intervento:
- Data\_di\_chiusura\_intervento:
- ore\_uomo\_lavorate:
- Note:

Figura 49: sottomaschera "inserimento singola operazione"

Di seguito illustriamo la maschera principale "Main" costituita da una sottomaschera iniziale di selezione dati, e dalle tre sottomaschere sopra descritte.

The screenshot displays the 'Main' interface with a sidebar on the left containing the text 'postamento' and 'Riquadro di spostamento'. The main content area is divided into three sections:

**ESTRAZIONE ELEMENTI TECNICI E OPERAZIONI**

Area tecnica: Impianti meccanici/termotecnici  
Unità tecnologica: impianto di distribuzione acqua calda e fredda  
Classe di elemento tecnico: Miscelatori meccanici  
Piano: piano interrato  
Locale: I03

**Estrazione\_elementi\_tecnici**

ID: 38  
Codice\_singolo\_elemento\_tecnico: M.01.02.029  
Descrizione\_singolo\_elemento\_tecnico: Miscelatore meccanico029  
Descrizione\_classe\_di\_appartenenza: Miscelatori meccanici  
Descrizione\_unità\_tecnologica\_di\_appartenenza: Impianto di distribuzione acqua fredda e calda  
Descrizione\_area\_tecnica\_di\_appartenenza: Impianti meccanici/termotecnici  
Codice\_locale: I03

Record: 1 di 5 Nessun filtro Cerca

**Estrazione\_operazioni**

Codice\_operazione: M.01.02.C06.FR06.OW01.001  
Descrizione\_operazione: Ispezione a vista Effettuare un controllo della funzionalità del miscelatore eseguendo una serie di aperture e chiusure. Verificare l'integrità dei dischi metallici di dilatazione  
Codice\_owner: OW01  
Descrizione\_owner: idraulico  
Descrizione\_classe\_di\_elemento\_tecnico\_interessato: Miscelatori meccanici  
Descrizione\_tipologia\_generica\_di\_intervento: controllo  
Descrizione\_tipologia\_specifica\_di\_intervento: ispezione a vista

INSERIMENTO SINGOLA OPERAZIONE

Riquadro di spostamento

ID\_operazione:

descrizione\_singolo\_elemento:

codice elemento tecnico:

descrizione\_singola\_operazione:

codice\_singola\_operazione:

frequenza\_intervento:

frequenza\_giorni:

soggetto\_esecutore:

specializzazione\_owr:

Data\_di\_inizio\_intervento:

Data\_di\_chiusura\_intervento:

ore\_uomo\_lavorate:

Note:

Figura 50: maschera "maschera "Main"

I parametri che l'utente dovrà specificare, attraverso una selezione guidata, sono seguenti:

- "codice del singolo elemento tecnico/unità minima manutenibile" oggetto dell'intervento; la descrizione dell'elemento associata al codice selezionato comparirà automaticamente all'interno della tabella "Archivio\_storico\_interventi".
- "descrizione operazione"; il codice dell'operazione associato alla descrizione selezionata comparirà automaticamente della tabella "Archivio\_storico\_interventi".
- "soggetto esecutore";
- "specializzazione owner";
- "data di inizio intervento"; questo parametro non è selezionabile da un menù a tendina ma deve essere inserito manualmente dall'utente;
- "data di chiusura intervento"; questo parametro non è selezionabile da un menù a tendina ma deve essere inserito manualmente dall'utente;
- "ore uomo lavorate"; questo parametro non è selezionabile da un menù a tendina ma deve essere inserito manualmente dall'utente;
- "note": questo parametro non è selezionabile da un menù a tendina ma deve essere inserito manualmente dall'utente.

Arrivati a questo punto possiamo dire di aver costruito un database, contenente:

- informazioni digitali e quindi gestibili, utili alla gestione della manutenzione degli Impianti meccanici/Termotecnici;
- funzioni di trattamento dati, impostate sulla base delle esigenze di chi dovrà utilizzare il database costruito.

Esso costituisce un primo step di progettazione di un Sistema Informativo di supporto alla gestione della manutenzione degli impianti convenzionali di CNAO.

Per completezza di informazione è bene sottolineare che ad oggi il Sistema Informativo che CNAO utilizzerà come supporto alla gestione del servizio di manutenzione è ancora in progettazione.

Nel prossimo capitolo descriverò le idee che sto contribuendo a sviluppare insieme al personale CNAO, per cercare di rispondere alla terza esigenza emersa in fase di analisi, ovvero la progettazione e l'implementazione di un Sistema Informativo di supporto alla gestione della manutenzione degli impianti tecnologici di CNAO.

## **4. PROPOSTE PER POSSIBILI SVILUPPI**

In questo capitolo approfondiremo le idee che sto contribuendo a sviluppare insieme al personale CNAO, per cercare di rispondere al meglio alle seguenti esigenze emerse in fase di analisi:

- la progettazione e l'implementazione di un Sistema Informativo di supporto alla gestione della manutenzione degli impianti tecnologici di CNAO ( SIGeM );
- la progettazione di un magazzino ricambi e materiali.

### **4.1 LA PROGETTAZIONE DI UN SISTEMA INFORMATIVO DI SUPPORTO ALLA GESTIONE DEL SERVIZIO DI MANUTENZIONE**

A conclusione del lavoro, dettagliatamente descritto nel capitolo precedente, possiamo affermare di avere organizzato e codificato in un unico quadro organico in formato digitale, e quindi gestibile, le informazioni inerenti la manutenzione degli Impianti Meccanici/Termotecnici, secondo una logica funzionale al loro trattamento.

A questo punto, quindi, siamo in possesso dei seguenti strumenti di supporto alla gestione del servizio di manutenzione:

- l'anagrafica manutentiva completa, che rispecchia lo stato di fatto degli Impianti Meccanici/Termotecnici di CNAO con il massimo grado di precisione possibile.
- il Piano di manutenzione per gli Impianti Meccanici/Termotecnici.

Inoltre, è bene sottolineare che la struttura di classificazione del sistema impiantistico e la logica di codifica adottate per gli Impianti Meccanici/Termotecnici rimangono valide anche per le altre tre Aree Tecniche che compongono il sistema edilizio (Imp. Edili, Impianti di Trasporto e Imp. Elettrici e Speciali).

Le informazioni contenute all'interno del database creato devono però essere trattate dagli attori che fanno parte del processo di manutenzione, attraverso l'utilizzo di opportuni software informatici.

E' stato quindi necessario:

- individuare i software candidati a supportare la futura gestione del servizio di manutenzione;
- progettare un Sistema Informativo di supporto alla gestione del servizio;
- effettuare i test sul sistema.

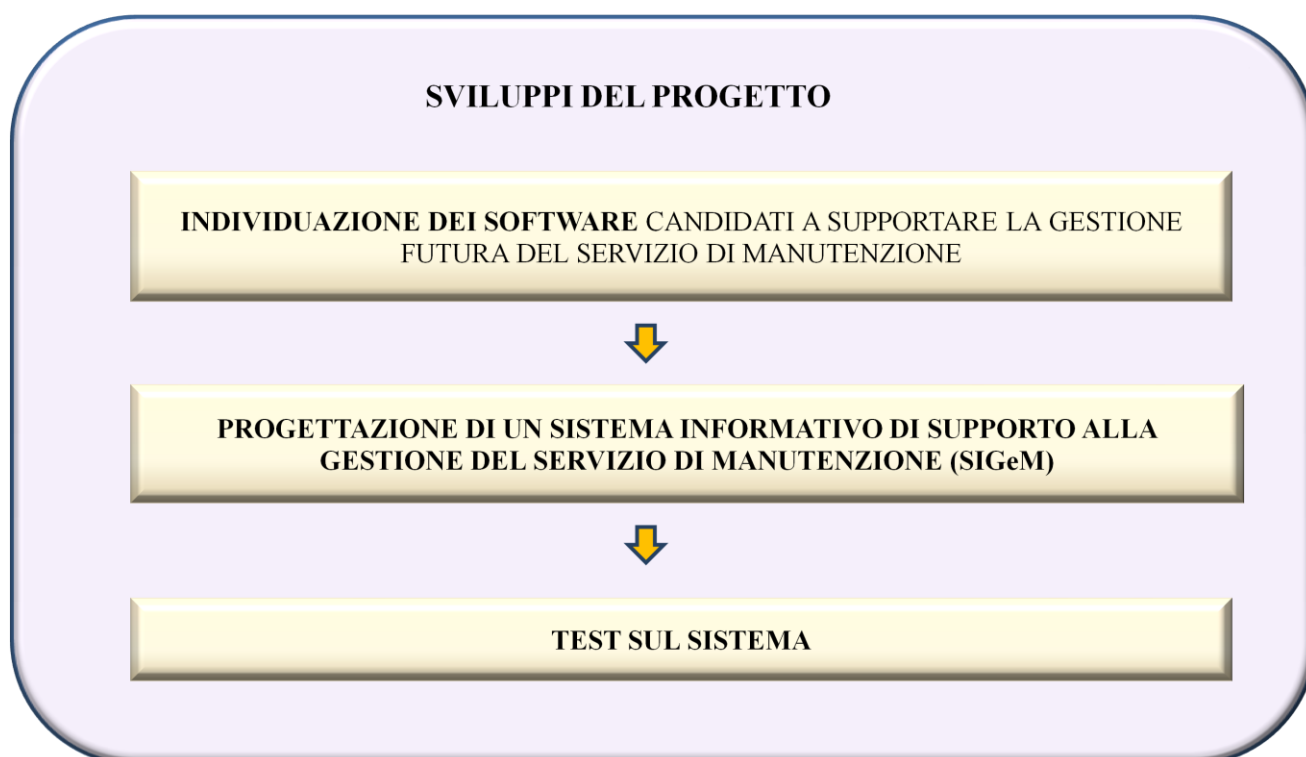


Figura 51: Sviluppi del progetto

Nel presente paragrafo descriveremo le idee che sono attualmente in sviluppo, in merito alla progettazione di un Sistema Informativo di supporto alla gestione della manutenzione che risulti adatto per la realtà di CNAO.

Prima di entrare nel merito della progettazione stessa cerchiamo di identificare le fasi/attività principali che compongono il processo di manutenzione, le quali andranno gestite attraverso l'utilizzo di software progettati ad hoc.



Le fasi/attività principali del processo di manutenzione che è necessario gestire attraverso l'utilizzo di sistemi informatici possono essere così schematizzate:

- gestione delle richieste di intervento (R.d.L.): le richieste di intervento scaturite da guasti imprevisti, devono essere effettuate manualmente dagli utenti abilitati appartenenti ai vari reparti dell'organizzazione; le richieste di intervento, invece, relative a operazioni di manutenzione programmata individuate dal Piano di manutenzione inserito a sistema, devono poter essere generate automaticamente sulla base delle frequenze di intervento definite.
- assegnazione degli interventi richiesti agli operatori specializzati che dovranno occuparsi della loro esecuzione;
- apertura di un O.d.L. generato dalle richieste di intervento;
- chiusura e consuntivazione dell'ordine di lavoro, a seguito dell'esecuzione dell'intervento;
- registrazione dei dati più significativi inerenti gli interventi eseguiti, all'interno dell'Archivio storico interventi; questi dati rappresentano quelle che vengono chiamate "informazioni di ritorno" le quali possono essere sfruttate sia per aggiornare gradualmente l'anagrafica di base del sistema che per effettuare delle analisi statistiche finalizzate al miglioramento continuo del servizio di manutenzione.

L'idea di base attualmente in fase di implementazione, è quella di gestire l'intero processo attraverso l'utilizzo:

- di un Help Desk, specifico per la gestione del servizio di manutenzione chiamato Facilities Desk Maintenance Management, che sia in grado di supportare la gestione delle prime due attività individuate, ovvero la gestione delle richieste di intervento/lavoro (R.d.L.) di manutenzione (sia programmata che a guasto) e l'assegnazione dei lavori a personale specializzato;
- database contenente le informazioni inerenti lo stato di consistenza e le operazioni di manutenzione programmata degli Impianti Meccanici/Termotecnici in Microsoft Access (anagrafica e Piano di manutenzione).
- del Sistema ERP, attualmente in gestione all'azienda ("Oceano IQ"), attraverso il quale poter gestire gli ordini di lavoro generati dalle richieste di intervento ( R.d.L. ).

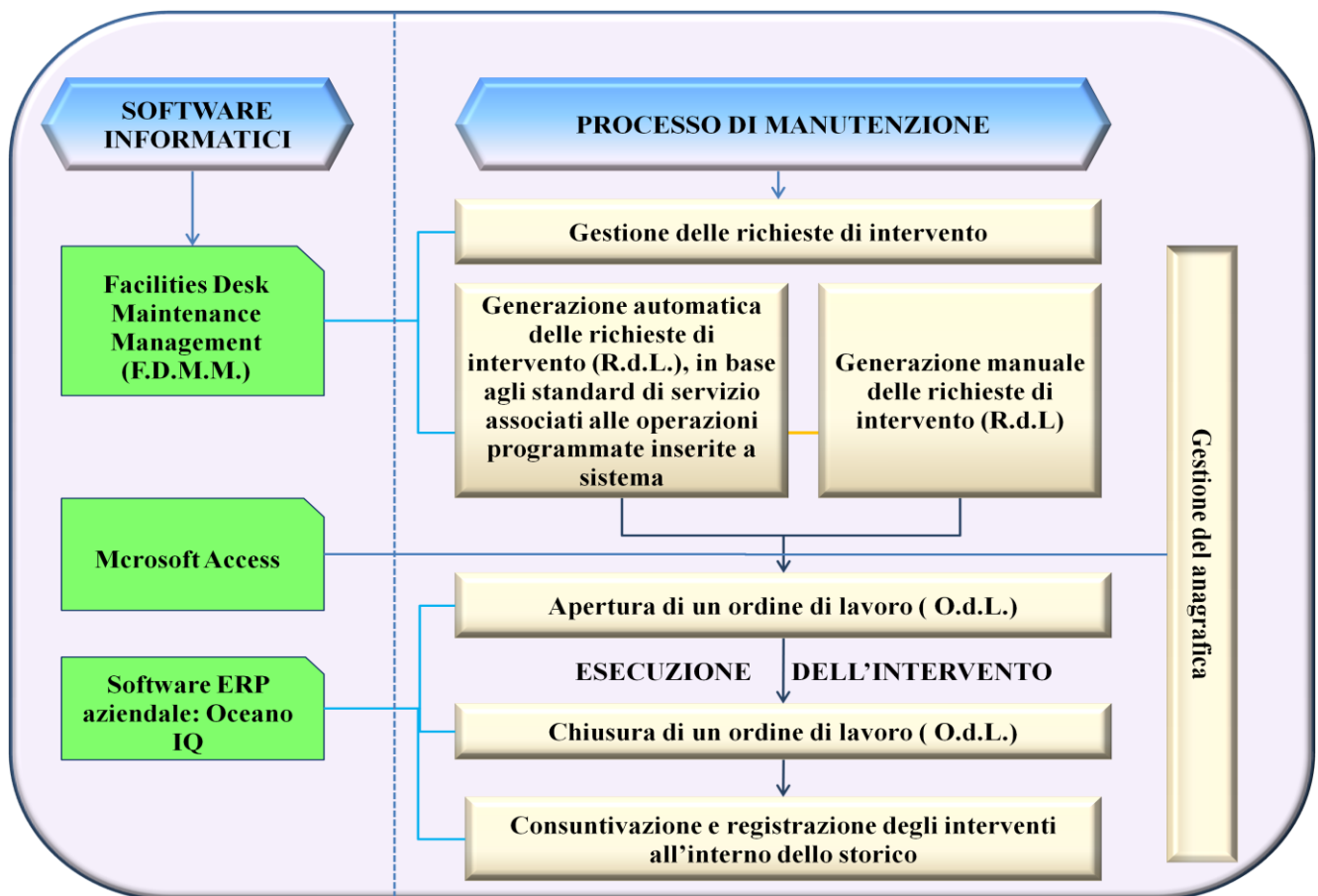


Figura 52: La gestione informatizzata del processo di manutenzione

## **4.2 IL FACILITIES DESK MAINTENANCE MANAGEMENT (F.D.M.M.) PER LA GESTIONE DELLE RICHIESTE DI INTERVENTO (R.D.L.)**

Il “Facilities Desk Maintenance Management” (F.D.M.M.) è una “verticalizzazione/personalizzazione” di un generico help desk, che oltre a possedere le funzionalità presenti in un help desk tradizionale, presenta alcune funzioni specifiche per gestire le fasi di richiesta di intervento e assegnazione dell’esecuzione al personale specializzato che si dovrà occupare dell’esecuzione dei lavori.

Innanzitutto cerchiamo di chiarire che cos’è e quali sono le funzionalità principali di un Help Desk generico, per poi entrare nel merito delle funzionalità offerte dal F.D.M.M.

Un Help Desk generico è un servizio di assistenza tecnica che si rivolge sia agli utilizzatori interni delle infrastrutture di un’azienda, che ad una “clientela” esterna: esso è in grado di gestire domande, segnalazioni di problemi e richieste di intervento di qualsiasi tipo con dei livelli di trattamento dati che dipendono dalle condizioni stabilite in fase di progettazione.

E’ possibile accedere ad un Help Desk attraverso diverse modalità, in relazione al ruolo che l’utente è destinato a ricoprire all’interno dell’organizzazione di gestione.

In base al tipo di accesso effettuato dall’utente vengono automaticamente abilitate e/o disabilitate specifiche funzionalità; ad esempio l’utente “administrator” sarà abilitato a gestire complessivamente il sito e l’applicativo del programma, mentre l’utente “craft person” (“operatore specializzato”) potrà solamente visualizzare le richieste a lui pervenute ed eventualmente effettuare una nuova richiesta di intervento (R.d.L.).

Un tipico Help Desk ha molte funzioni; esso fornisce agli utenti un punto in cui ricevere aiuto su vari temi; solitamente, esso gestisce le richieste tramite un software, che permette di monitorare le richieste stesse degli utenti (“ticket”) tramite un codice univoco.

Se il primo livello è in grado di risolvere il problema, il ticket verrà chiuso immediatamente e contemporaneamente verrà aggiornata la documentazione per consentire agli altri tecnici di consultare le soluzioni già individuate; viceversa, ove il problema non fosse di immediata risoluzione, esso verrà delegato ad un secondo livello, coinvolgendo il personale che ha le competenze e le risorse necessarie per risolverlo.

Esistono numerosi applicativi software per aiutare la funzione di help desk; è possibile affermare che il “valore reale” dei servizi di help desk di un’azienda deriva non solamente dalla loro pronta risposta alle richieste degli utenti ma anche dalla posizione unica che l’help desk stesso ricopre e con il quale gli impiegati possono interfacciarsi quotidianamente.

Questo conferisce all’help desk l’abilità di monitorare l’ambiente in cui operano gli utenti, assegnando le priorità alle diverse richieste.

Gli help desk più evoluti consentono di gestire le richieste a diversi livelli; l'help desk di primo livello è preparato a rispondere alle più comuni domande/richieste.

Solitamente viene implementato un sistema di monitoraggio dei problemi che a fronte di una chiamata permette di connettersi e di registrare un intervento; se la richiesta non viene evasa al primo livello a causa della complessità del problema, il ticket viene passato al livello successivo.

A seconda del tipo di problema, la richiesta dovrà essere assegnata ad un operatore specializzato, il quale dovrà essere in possesso delle risorse e delle competenze necessarie per gestire i problemi più difficili.

Inoltre è necessario che vi sia un responsabile (o amministratore) che abbia la possibilità di gestire gli interventi, a seconda delle priorità, e che possa quindi effettuare l'accodamento dei ticket.

L'help desk permette anche di tenere uno storico aggiornato delle segnalazioni/richieste e delle soluzioni adottate per risolverle, in modo tale da velocizzare l'evasione delle future richieste di intervento riguardanti problematiche già riscontrate in passato.

Per attivare un servizio di help desk è necessario innanzitutto stabilire le regole e le procedure standard da rispettare, attività questa che spetta al responsabile del servizio.

Vanno quindi definite:

- le modalità di accesso;
- il tipo di software da utilizzare;
- le procedure da seguire per ogni attività (ad esempio la procedura di creazione di una nuova richiesta di intervento, o la procedura di assegnazione della richiesta ad un operatore specializzato);
- le priorità da assegnare alle richieste di intervento;
- le modalità di passaggio delle chiamate al secondo livello;

La normale attività del servizio può essere suddivisa nelle seguenti fasi:

- ricezione e raccolta delle richieste di intervento;
- assegnazione delle richieste agli operatori specializzati;
- evasione delle richieste;
- archiviazione delle richieste, a seguito della loro evasione.

L'utente che ha un problema accede dalla propria postazione al sistema tramite un "nome utente" e una "password" e invia una mail all'help desk attraverso la quale effettua una specifica richiesta di intervento, assegnandoli uno dei possibili livelli di priorità proposti dal sistema.

L'amministratore vede la richiesta dalla propria postazione e, sulla base della priorità assegnata dal richiedente, la assegna alla persona che se ne dovrà occupare.

Di conseguenza la richiesta potrà essere visualizzata anche da colui che la dovrà gestire; una volta risolta la problematica, si dovrà procedere all'aggiornamento del suo stato.

Una volta chiusa, la richiesta e la soluzione adottata per risolvere il problema verranno registrate all'interno dello storico; in questo modo è possibile in qualsiasi momento sia avere una visuale completa dello storico delle richieste e delle soluzioni adottate per risolvere le problematiche associate, sia effettuare specifiche analisi sui dati storici, come ad esempio le problematiche che vengono rilevate più di frequente e quindi prendere provvedimenti adeguati per far sì che esse non si ripresentino in futuro o per lo meno diminuirne la frequenza.

Il software di Help Desk può spesso risultare molto utile anche quando viene utilizzato per trovare, analizzare ed eliminare comuni problemi di una organizzazione.

Il servizio si presta a raccogliere informazioni su quanto sta succedendo all'interno dell'organizzazione, dai macro-problemi ai segnali deboli che inviano i vari reparti o le unità più remote dell'azienda.

Analizzando le chiamate effettuate dagli utenti è possibile, per esempio, stabilire quali reparti hanno più problemi (e di che tipo), oppure quali procedure necessitano di un veloce adeguamento.

L'analisi migliorativa è uno strumento indispensabile per far diventare il servizio di help desk un importante valore aggiunto per l'azienda che lo utilizza; essa deve essere svolta almeno mensilmente e deve essere necessariamente preceduta da una fase preparativa, in cui vanno preparati i dati necessari, aggregati e di dettaglio, che saranno oggetto di analisi.

Possiamo, quindi, affermare che l'help desk è il punto strategico in cui percepire come si sta muovendo l'ambiente operativo aziendale e quali sono le aree da migliorare; le energie profuse in quest'ambito sono quindi ampiamente ripagate.

Ora che abbiamo chiarito che cos'è, a cosa serve e come funziona un help desk tradizionale/generico, entriamo più nello specifico della realtà di CNAO.

Il reparto di Information Technology ( IT ) della Fondazione ha messo in piedi un help desk, attraverso il quale è possibile gestire le richieste relative, per il momento, alle sole problematiche di natura informatica che non siano causa di interruzione delle attività principali dei reparti.

Le richieste urgenti, ovvero legate a problematiche IT che rendono impossibile lo svolgersi delle normali attività dei reparti, vengono per ora gestite in altro modo, ovvero telefonicamente.

Rientrano in questa categoria di problematiche ad esempio i " guasti o malfunzionamento di un PC ", per cui risulta impossibile, per il personale che lo deve utilizzare, continuare a lavorare; ad oggi, quando un dipendente rileva un problema di questo tipo, non utilizza l'help desk aziendale, ma chiama direttamente l'ufficio IT il quale invia sul posto un incaricato speciale per cercare di risolvere il problema il più velocemente possibile.

Il sistema non è quindi a regime, ma in implementazione; l'obiettivo è quello di arrivare a gestire tutti i tipi di richiesta attraverso lo strumento di help desk.

Come abbiamo già sottolineato l'idea attualmente in implementazione è quella di gestire le fasi del processo di manutenzione degli impianti "convenzionali", inerenti la gestione delle richieste di lavoro e l'assegnazione dei lavori a personale specializzato, attraverso l'utilizzo di un software di help desk chiamato Facilities Desk Maintenance Management (F.D.M.M.).

Il F.D.M.M. è un particolare tipo di help desk, che molte aziende utilizzano per gestione delle richieste di intervento di manutenzione sia programmata che di emergenza/a guasto.

Per cercare di capire meglio le principali funzionalità e potenzialità di un software di questo tipo, analizzeremo la versione demo che il personale del reparto di Information Technology (IT) di CNAO ha installato su una piattaforma web alla quale chiunque può accedere attraverso l'inserimento di un nome utente e di una password.

Attraverso questa "demo" è stato possibile fare dei "test" per cercare di comprendere a fondo quali siano le reali potenzialità del software.

L'abilitazione o la disabilitazione delle varie funzionalità presenti all'interno del F.D.M.M. è basata sul tipo di accesso effettuato dall'utente; ad oggi è possibile accedere alla versione demo del software solamente come "guest" ("ospite-utente generico") oppure come "administrator" ("amministratore del sistema").

Vediamo quali sono le funzionalità che vengono automaticamente abilitate a seconda del tipo di accesso effettuato.

Per l'utente che accede alla piattaforma come "guest" sono attualmente abilitati i seguenti moduli:

- " Home/Guest Dashboard ";
- " My Details ";
- " Asset ";
- " Kbase ( Knowledge base )"“”;
- " Work Request " ( o richiesta di intervento/collaborazione ).

Attraverso il primo dei cinque moduli appena elencati, denominato ‘Home/Guest Dashboard’, l’utente identificato come ‘guest’, può:

- visualizzare il sommario delle richieste di manutenzione all’interno del quale può rintracciare tutti i ticket aperti e i rispettivi richiedenti;
- visualizzare lo stato delle prenotazioni giornaliere e/o settimanali degli asset ( ovvero quelle che finora abbiamo chiamato ‘macro-arre tecniche ) e/o dei loro principali componenti; per ogni asset viene visualizzata la data e l’ora della prenotazione oltre al soggetto che l’ha effettuata.

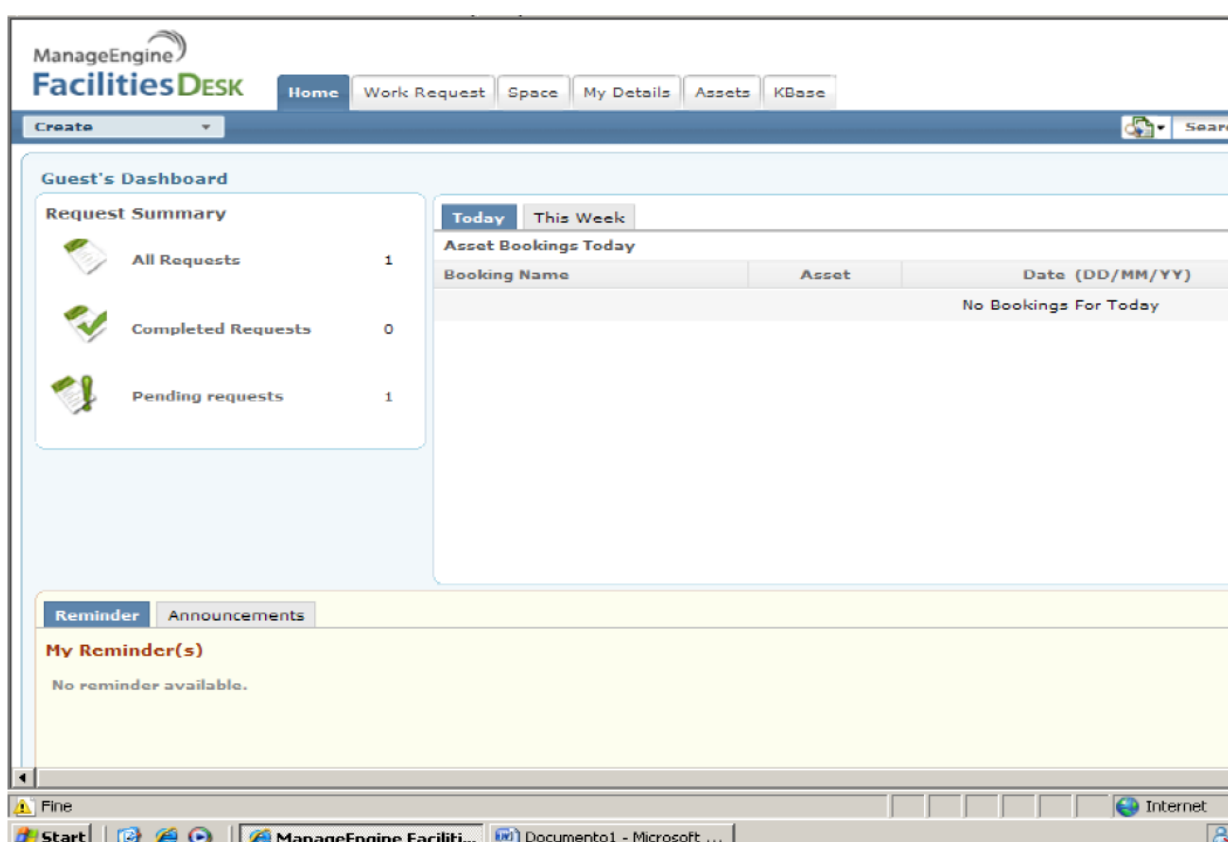


Figura 53: Il modulo ‘Home’ del F.D.M.M-modalità di accesso ‘guest’



All'interno del modulo chiamato "My Details" è, invece, possibile rintracciare le informazioni riguardanti il dipendente (nome, ID\_dipendente, cellulare, mail, nome del reparto di appartenenza, mansione) e le risorse a sua disposizione (nome risorsa, data acquisizione, data di scadenza, data garanzia, nome componente);

ManageEngine  
**FacilitiesDesk**

Home Work Request **My Details** Assets KBase

Create Guest

**Employee Details** Edit View Requests By Guest

Name **Guest**

Employee ID **888**

**Contact Details**

Mobile **1234567890**

Phone **8888**

E-Mail **-**

SMS MailID **guest@sms.com**

**Employee Location**

[Add Location](#)

**Department Details**

Department Name **-**

Job title **-**

**Asset Details**

Total results : 0 0 of 0 Show 25 per p

<input type="checkbox"/>	Asset Name	Acquisition Date	Expiry Date	Warranty Date	Component Name
No resource found in this view.					

No Employee Image  
No Image

Figura 54: Il modulo "My details" del F.D.M.M-modalità di accesso "guest"

Il modulo “Assets” permette di visualizzare gli asset a disposizione dell’utente per ognuna delle quali vengono specificati;

- “ nome asset “;
- “ stato di proprietà “ ( leasing, risorsa propria );
- “ stato “ ( impegnata, disponibile );
- “ utente “;
- “ reparto ”;
- “ sede “.

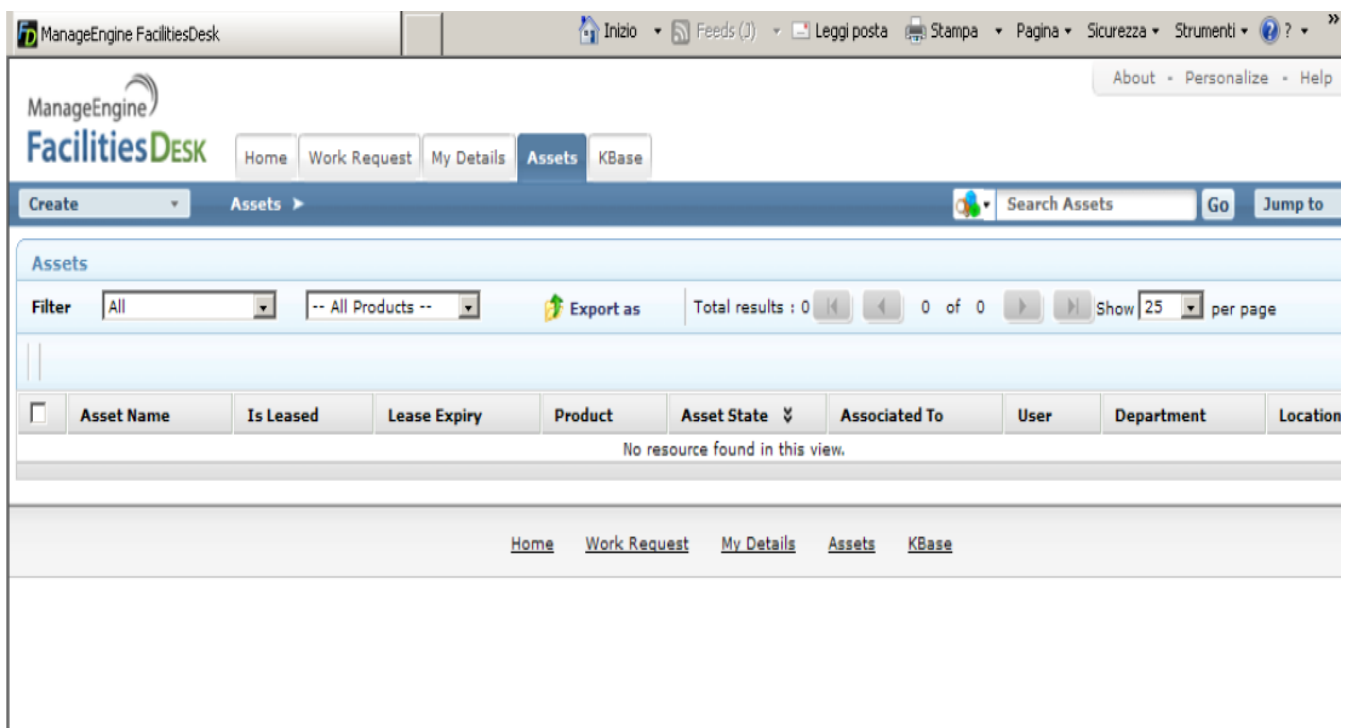


Figura 55: Il modulo “Assets” del F.D.M.M-modalità di accesso “guest”

Inoltre viene data la possibilità all'utente di applicare dei filtri alla visualizzazione delle risorse; possono essere quindi visualizzate tutti gli asset, oppure solamente quelli in riparazione, noleggiati, di scorta, ecc..

Il modulo chiamato "Kbase" (Knowledge base) da' la possibilità all'utente "guest" di:

- visualizzare il quadro completo della documentazione riguardante gli asset aziendali;
- modificare informazioni contenute nella documentazione riferita agli asset ("Knowledge base").

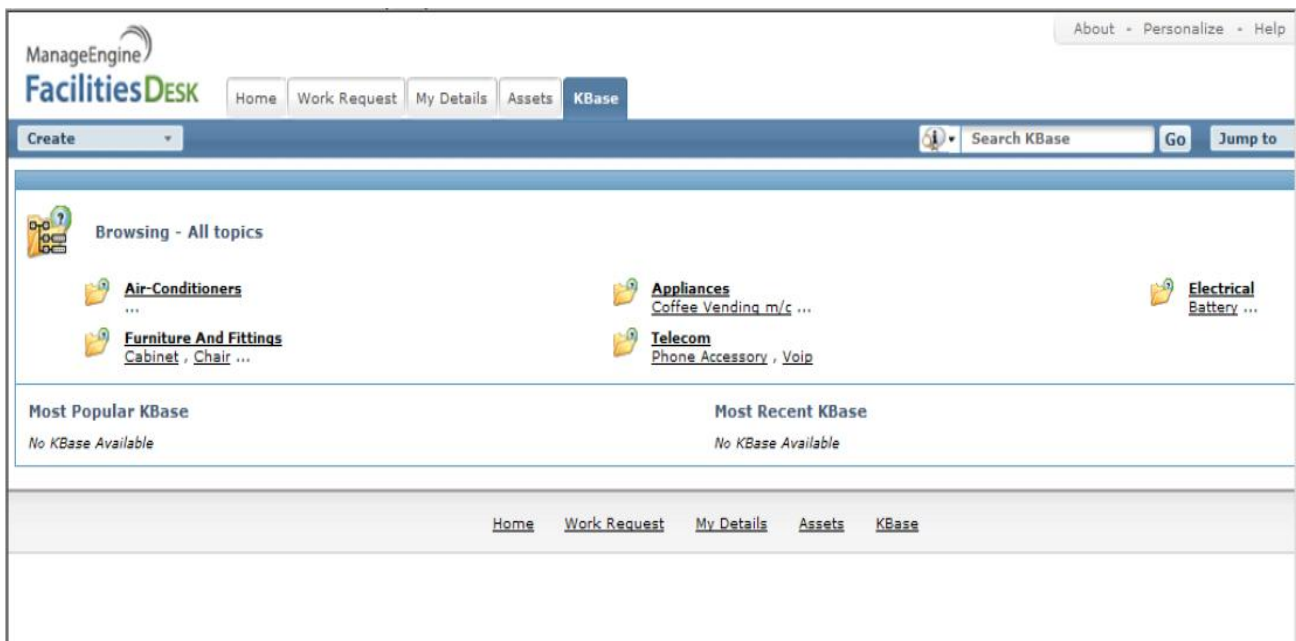


Figura 56: Il modulo "kBase" del F.D.M.M-modalità di accesso "guest"

Infine veniamo al modulo più operativo, chiamato “Work Request” ( o “richiesta di intervento/collaborazione” ); esso consente all’utente identificato come “guest”:

- di visualizzare le richieste a lui pervenute con le seguenti informazioni associate ad ognuna di esse: descrizione della richiesta, stato, livello di priorità, elemento interessato, nome richiedente, reparto richiedente, data di creazione della richiesta, supervisore, risorse da impegnare.
- di creare una nuova richiesta relativamente alla quale devono essere compilati i campi che abbiamo appena elencato.
- di rispondere alle richieste pervenute/chiudere richieste aperte.

Anche questo modulo da’ la possibilità di applicare dei filtri alla visualizzazione delle richieste pervenute; è possibile visualizzare tutte le richieste, oppure solamente quelle aperte, in fase, completate, chiuse oppure in attesa.

Ritengo importante sottolineare che la maggior parte delle informazioni da associare alle richieste generate, possono essere selezionate e pescate dall’anagrafica di base, attraverso l’utilizzo di un menù a tendina.

L’anagrafica dovrà essere gestita dall’amministratore del sistema attraverso il modulo di configurazione del software, chiamato “Admin”, che descriveremo più avanti.

Andranno quindi selezionate le informazioni opportune da inserire all’interno dell’anagrafica, l’aggiornamento della quale viene anche effettuato in automatico dal sistema, a seguito della creazione di una nuova richiesta di intervento (ad esempio viene aggiornato lo stato delle risorse).

ManageEngine  
**FacilitiesDESK**

About · Personalize · Help

Home Work Request My Details Assets KBase

Create Requests > My Open Requests Search Work Request Go Jump to

Filter My Open Requests Export as Total results : 1 1 of 1 Show 2

? New Request

Subject	Requester Name	Assigned To	Due By	Status	Created Date
<a href="#">prova1</a>	Guest	Unassigned	Oct 14, 2010 04:44 PM	Open	Oct 14, 2010 03:44 PM

Home Work Request My Details Assets KBase

Figura 57: Il modulo “Work Request” del F.D.M.M-modalità di accesso “guest”

Veniamo ora alla descrizione delle funzionalità del Facilities Desk Maintenance Management che vengono automaticamente attivate per l'utente che accede al sistema come "administrator".

I moduli attivati per questa tipologia di utenti sono i seguenti:

- " Dashboard";
- " Home ";
- " Work Request "
- " Preventive Maintenance ";
- " Asset ";
- " Purchase ";
- " Contracts ";
- " Kbase ";
- " Reports ";
- " Admin ".

Il modulo “ Dashboard ” permette all’utente loggato come “administrator” di:

- visualizzare il quadro completo delle richieste di intervento ( “ Request Summary “) all’interno del quale è possibile rintracciare le richieste scadute, in sospeso oppure da evadere in data corrente;
- visualizzare il riepilogo degli acquisti ( “ Purchase Summary “ ) in cui è possibile individuare gli ordini di acquisto scaduti, quelli che scadranno fra 7 giorni e gli ordini scadenza a distanza di un mese dalla data corrente;
- visualizzare il sommario dei contratti ( “ Contract summary “ ) all’interno del quale è possibile rintracciare i contratti scaduti recentemente e quelli che scadranno a distanza di 7 e di 30 giorni dalla data corrente;

Il modulo “ Home ” consente all’utente di:

- visualizzare le richieste in arrivo ( “request inbound “);
- visualizzare il quadro completo delle prenotazioni degli asset, con relativa data, tempo e soggetto che ha effettuato la prenotazione;
- visualizzare l’elenco di tutti i componenti ( “all components”) oppure solo di quelli sotto il livello di riordino ( “ components below reorder level “), per ognuno dei quali vengono specificati nome, categoria di appartenenza, quantità e livello di riordino.

ManageEngine  
FacilitiesDesk

About - Feedback - License - Support - Personalize - Help

Home Work Request Preventive Maintenance Property Space Moves Assets Purchase Contracts KBase Admin Reports

Create Search Work Request Go Jump to

### Administrator's Dashboard

#### Request Summary

Overdue Requests	0
Due Today Requests	0
All Pending Requests	0

#### Sommario Acquisto

Over due POs	0
POs Due For 7 days	0
POs Due For 30 days	0

#### Sommario contratto

#### Sommario Team

Richieste in entrata

Sommario del mio Team

Name	Open	Onhold	OverDue
My Work Requests Without Craft Person	0	0	0
Unassigned Work Requests - In Site	0	0	0

#### Components Below Reorder Level

All Components

Component Name	Product Category	Quantity
No Components Found		

#### Asset Bookings Today

Today This Week

Booking Name	Asset	Date (DD/MM/YY)	Time	Boo
No Bookings For Today				

Figura 58: Il modulo “Home” del F.D.M.M-modalità di accesso “administrator”



Il modulo “ Work Request ” consente di:

- visualizzare tutte le richieste di intervento oppure solamente quelle aperte, in scadenza, scadute, chiuse, ecc..., per ognuna delle quali va specificato un ID\_univoco, la descrizione, il nome del richiedente, il nome di colui al quale è stata assegnata la richiesta, gli elementi/componenti impiantistici oggetto della richiesta di intervento (asset), la data entro la quale è necessario chiudere la richiesta, lo stato, la data di creazione, la specializzazione necessarie richieste agli operatori, il livello di priorità;
- creare una nuova richiesta compilando i campi che abbiamo appena elencato;
- modificare o cancellare una o più richieste esistenti (“edit-delete request”);
- chiudere una o più richieste aperte (“close request”);
- accorpate più richieste in una sola (“merge requests”);
- assegnare una o più richieste ad un supervisore (“supervisor”) e/o ad un operatore specializzato (“craft person”).

	Id	Subject	Requester Name	Assigned To	Group	Due By	Status
<input type="checkbox"/>	8	condizionatore	Elio bollito	Unassigned	-	Oct 21, 2010 03:00 PM	Open
<input type="checkbox"/>	7	condizionatore	Elio bollito	Unassigned	-	Oct 15, 2010 12:42 PM	Open
<input type="checkbox"/>	6	prova1	Guest	Unassigned	-	Oct 14, 2010 04:44 PM	Open
<input type="checkbox"/>	5	Prova Completa Sora		Unassigned	Furniture Probl ...	Oct 7, 2010 05:32 PM	Open
<input type="checkbox"/>	4	condizionatore	Elio bollito	Unassigned	-	Oct 6, 2010 01:00 PM	Open
<input type="checkbox"/>	3	condizionatore	Elio bollito	Unassigned	-	Oct 6, 2010 01:00 PM	Open

Figura 59: Il modulo “Work Request” del F.D.M.M-modalità di accesso “administrator”

Inoltre cliccando su una richiesta specifica è possibile visualizzare le possibili soluzioni da adottare per risolverla.

Il modulo “ Preventive Maintenance “ permette all’amministratore del sistema di:

- visualizzare la lista delle attività/task ( PM List ) di manutenzione programmata per ognuna delle quali è necessario che vengano definiti l’oggetto dell’intervento, la descrizione della/e operazioni da eseguire, il nome del richiedente, la data di creazione, e la frequenza; quest’ultimo parametro è fondamentale per far sì che venga generata automaticamente la richiesta di intervento associata alla “task”;
- creare una nuova attività/task;
- modificare e/o cancellare task esistenti;
- schedulare le attività e visualizzare il calendario degli interventi programmati ( PM Schedule );

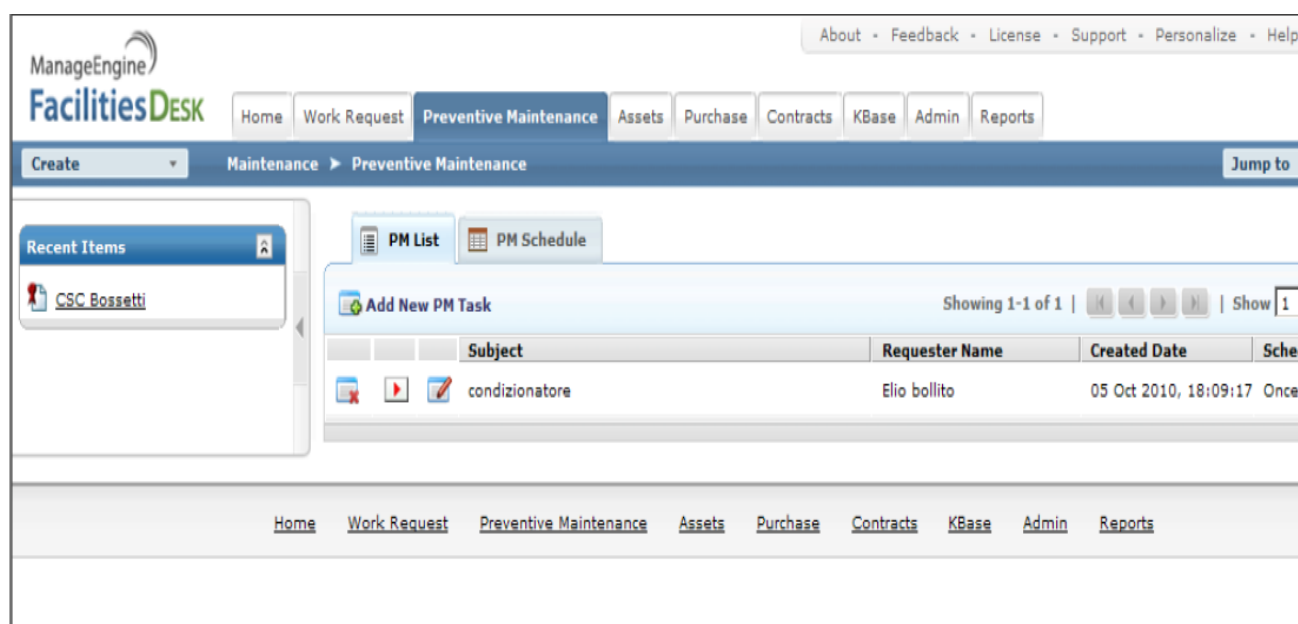


Figura 59: Il modulo “Preventive Management” del F.D.M.M-modalità di accesso “administrator”

Il modulo "Asset" consente all'amministratore del sistema di:

- avere la visuale completa degli "asset/impianti" dell'azienda, la cui classificazione/scomposizione è stata già ampiamente trattata, in fase costruzione dell'anagrafica. Per ognuno di essi è possibile visualizzarne il nome, lo stato di proprietà, la localizzazione, l'utilizzatore e il reparto a cui è assegnato.

E', inoltre, possibile applicare dei filtri alla visualizzazione; ad esempio è possibile visualizzare tutti gli asset oppure solamente quelli a noleggio, in riparazione, scaduti, ecc..

- creare, modificare e cancellare uno o più asset;
- assegnare uno o più asset ad un dipartimento specifico;
- aggiungere uno o più asset ad un "gruppo" già esistente.
- Inserire nuovi "siti/ubicazioni" tramite la funzione "create new site".

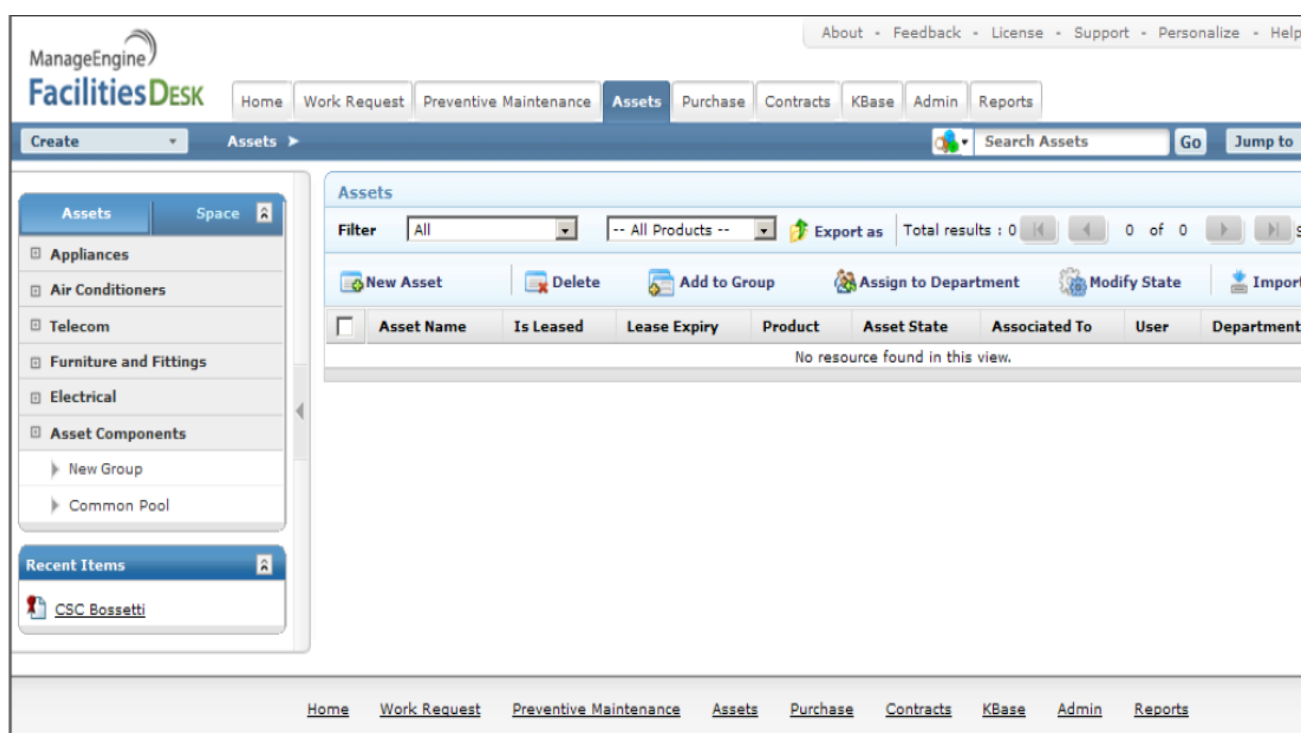


Figura 60: Il modulo "Assets" del F.D.M.M-modalità di accesso "administrator"

Il modulo "Purchase" consente all'amministratore di:

- visualizzare tutti gli ordini di acquisto a fornitore, per ognuno dei quali vengono specificati ID\_ordine, nome, persona che l'ha effettuato, venditore/fornitore e data di effettuazione e costi.
- creare e/o cancellare uno o più ordini a fornitore;

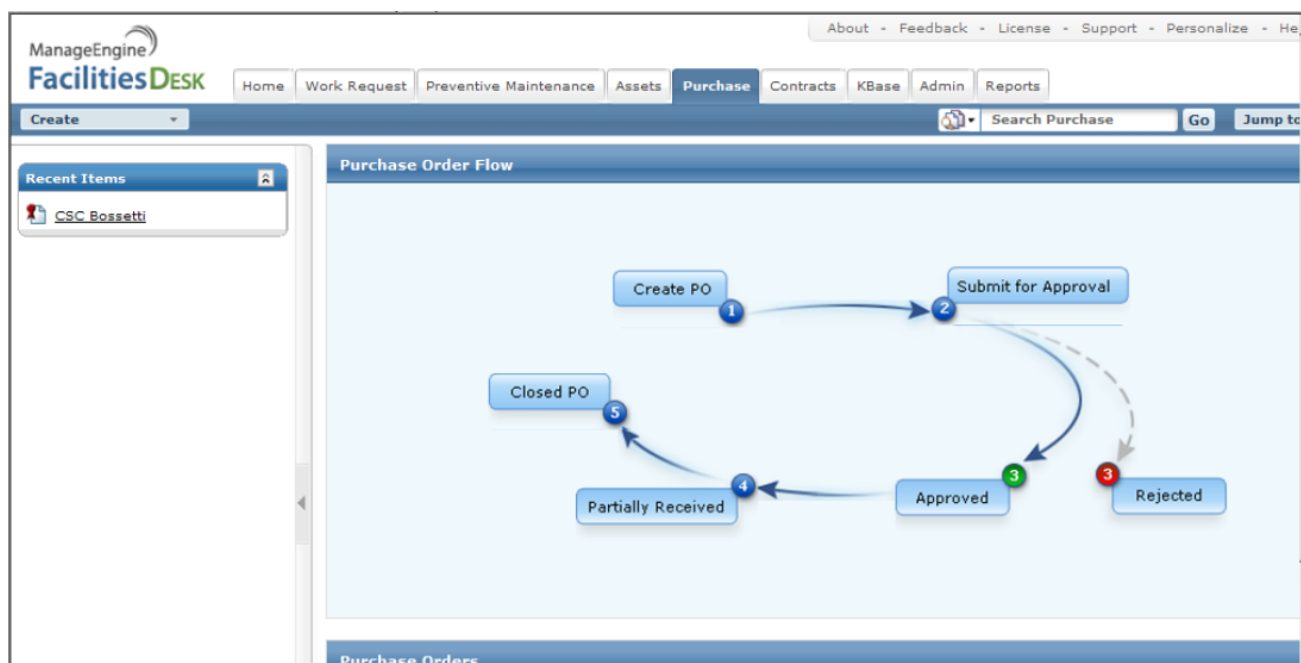


Figura 61: Il modulo "Purchase" del F.D.M.M-modalità di accesso "administrator"

Il modulo “Contracts” permette all’amministratore del sistema di:

- avere la visuale completa dei contratti stipulati con i fornitori, per ognuno dei quali vengono specificati, ID\_contratto, nome, descrizione dei servizi oggetto del contratto, asset interessati, data di entrata in vigore, data di scadenza, stato, fornitore del servizio e costi.

Anche in questo modulo è possibile filtrare la visualizzazione a seconda delle necessità informative dell’utente; ad esempio è possibile visualizzare tutti i contratti, solamente quelli scaduti, o in scadenza a distanza di 7 giorni, ecc.

- creare e/o cancellare uno o più contratti.

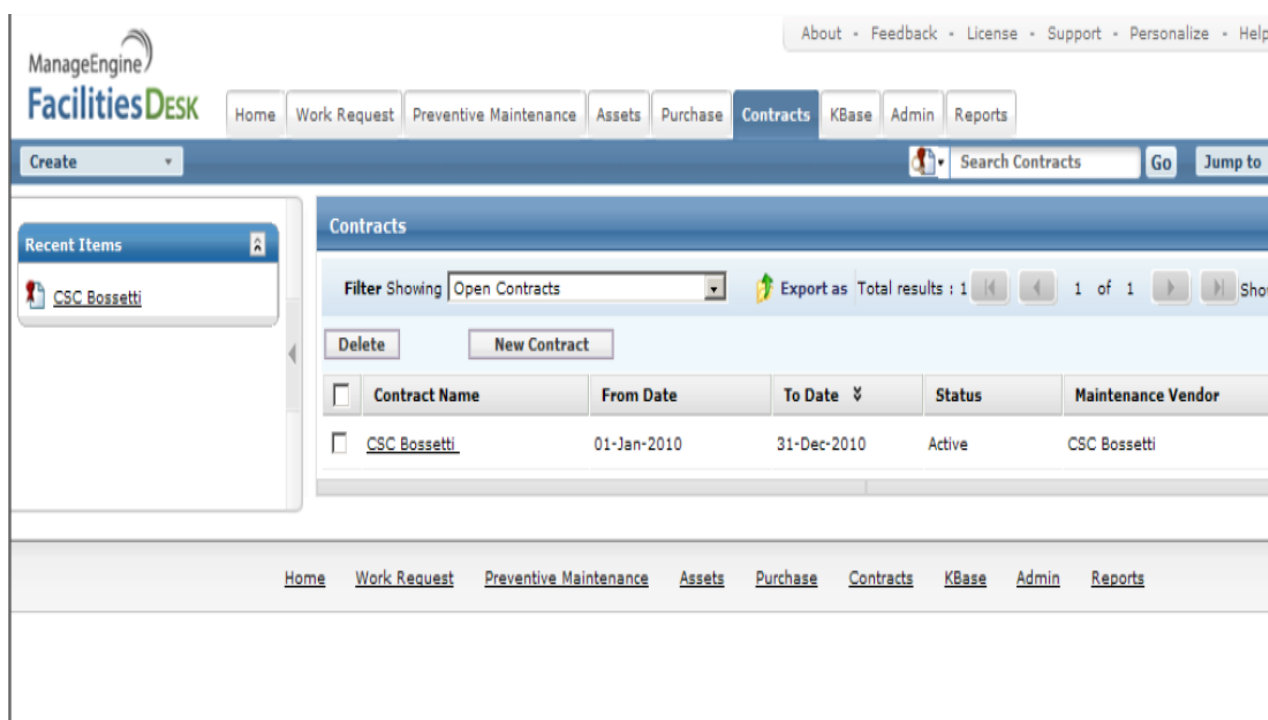


Figura 62: Il modulo “Contracts” del F.D.M.M-modalità di accesso “administrator”

Il modulo chiamato “Kbase” (Knowledge base) da’ la possibilità all’amministratore del sistema di:

- visualizzare il quadro completo della documentazione riguardanti gli assets aziendali;
- modificare informazioni contenute nella documentazione riferita agli assets (“Knowledge base”).

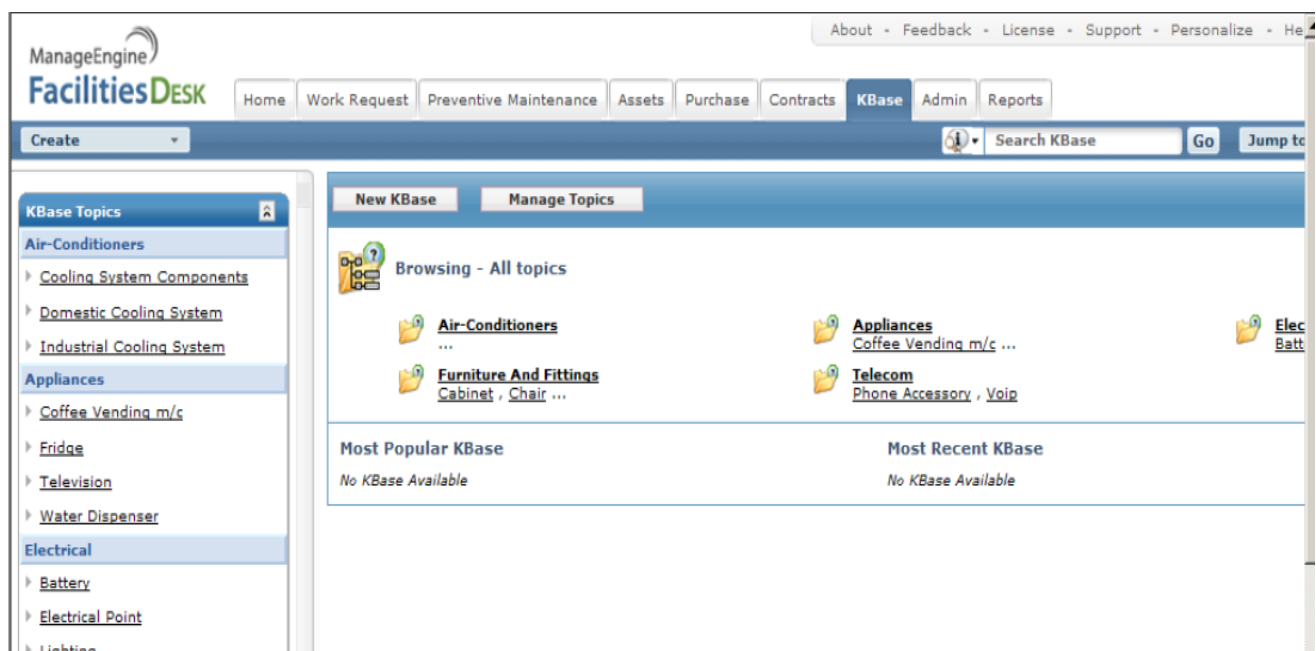


Figura 63: Il modulo “kBase” del F.D.M.M-modalità di accesso “administrator”

Il modulo "Reports" consente all'amministratore di:

- generare report già reimpostati (che puntano a una o più query specifiche );
- generare nuovi report sulla base delle informazioni necessarie.

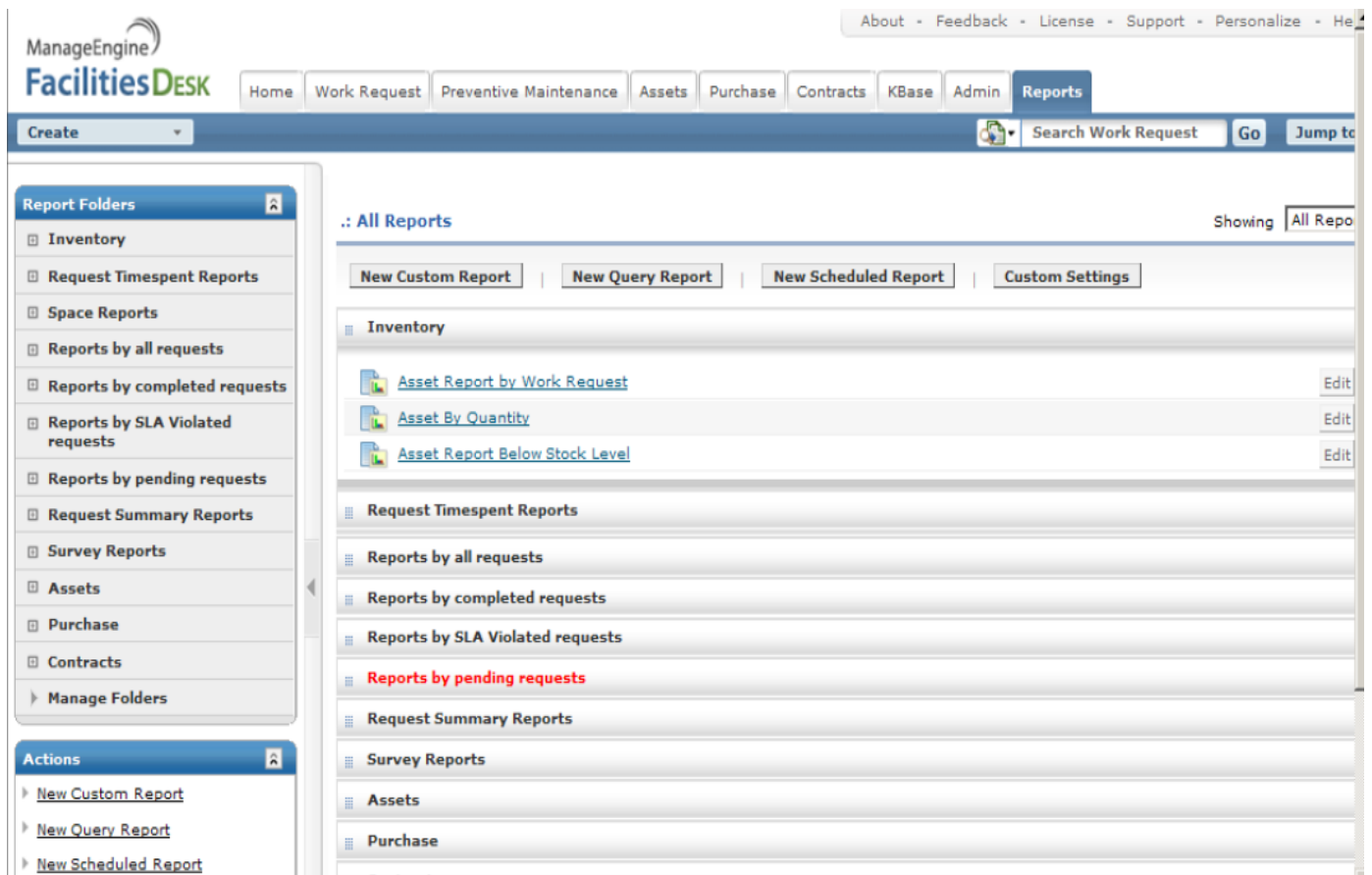


Figura 64: Il modulo "Reports" del F.D.M.M-modalità di accesso "administrator"

Infine, ma non meno importante, abbiamo il modulo di configurazione del sistema, chiamato "Admin", il quale permette all'amministratore del sistema di gestire l'applicativo del software e il sito nel suo complesso ( anagrafica e funzioni ); il modulo è stato suddiviso nelle seguenti aree:

- Space ( gestione degli spazi );
- Work Request ( gestione delle richieste di intervento );
- Asset Management ( gestione degli asset aziendali );
- Users ( gestione degli attori del processo di manutenzione );
- General ( gestione dei servizi generali offerti dal software );
- Preventive Maintenance ( gestione della programmazione degli interventi );
- Purchase ( gestione degli ordini di acquisto a fornitore );
- Contracts ( gestione dei contratti di manutenzione le ditte specializzate ).

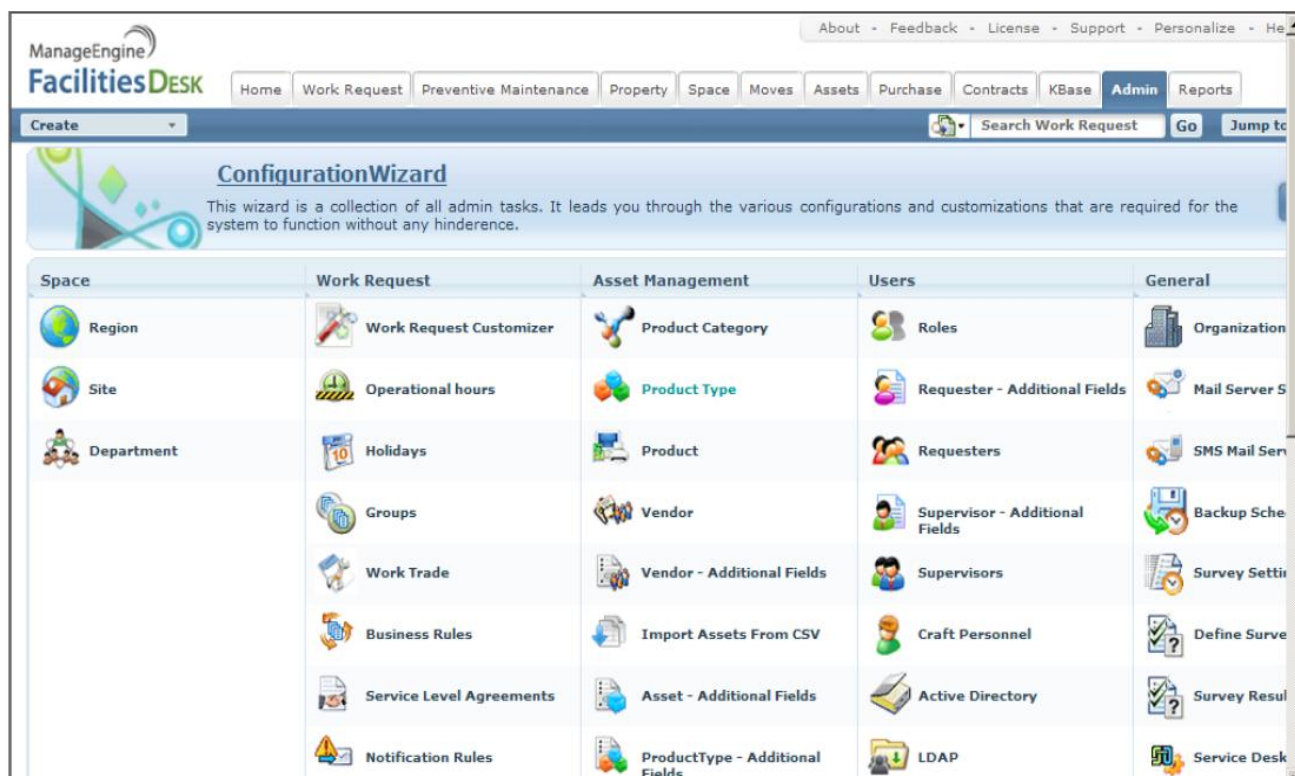


Figura 65: Il modulo "Admin" del F.D.M.M-modalità di accesso "administrator"



Poiché, ad oggi la progettazione del Facilities Desk Maintenance Management sopra descritto, non è ancora terminata è lecito pensare che prima che questo strumento diventi operativo al 100%, vengano apportate alcune modifiche di raffinamento; ad esempio è possibile che si decida di abilitare/disabilitare alcune funzioni a seconda del tipo di accesso effettuato.

La logica de gestione complessiva, che abbiamo descritto in questo paragrafo, rimarrà comunque valida.

Inoltre, è bene sottolineare, che prima di presentare il progetto alla direzione, andranno valutati costi e benefici derivanti dall'adozione del Facilities Desk Maintenance Management, attraverso il quale potranno essere gestite le prime due fasi del processo di manutenzione individuate (gestione delle R.d.L. e assegnazione dei lavori a personale specializzato).

Nel paragrafo successivo cercheremo di approfondire le idee che il personale del reparto di manutenzione e del reparto di Information Technology stanno cercando di implementare, in merito alla terza e ultima fase del processo di manutenzione, ovvero quella riferita alla gestione degli Ordini di Lavoro (O.d.L.).

### **4.3 LA PERSONALIZZAZIONE DELL'ERP AZIENDALE FINALIZZATA ALLA GESTIONE DEGLI ORDINI DI LAVORO DI MANUTENZIONE (O.d.L.)**

Dopo aver effettuato le richieste di lavoro tramite il Facilities Desk Maintenance management, sarà necessario far "colloquiare" la piattaforma del software con il sistema ERP aziendale, tramite il quale andranno potranno poi essere gestiti gli ordini di lavoro relativi alle richieste di intervento.

Le principali attività che devono essere "disciplinate" nella procedura di "Gestione dell'Ordine di Lavoro" sono:

- analisi delle segnalazioni e richieste di anomalie;
- preparazione dei lavori;
- approvazione dei lavori;
- emissione dell'O.d.L.
- avanzamento dei lavori;
- verifica e accettazione dei lavori;
- chiusura dell'O.d.L. (compilazione del rapporto finale di esecuzione e archiviazione dei dati).

La gestione di queste attività verrà presumibilmente affidata al sistema ERP aziendale ("Oceano IQ") attualmente in dotazione alla Fondazione, il quale utilizzerà come supporto anagrafico le informazioni contenute all'interno del database costruito in Microsoft Access, la cui costruzione è stata già ampiamente approfondita nel capitolo precedente.

E' bene sottolineare il fatto che Microsoft Access è uno strumento "Office" che si può facilmente interfacciare sia con il Facilities Desk Maintenance Management che con il sistema ERP utilizzato dalla Fondazione (Oceano IQ), in quanto i tre software informatici si basano sullo stesso linguaggio di programmazione, ovvero SQL.

Attualmente l'idea di gestire gli O.d.L. attraverso l'utilizzo di un modulo proprio dell'ERP aziendale, personalizzato ad hoc è ancora nella fase di concezione.

A seguito della generazione di una nuova richiesta di intervento, il Facilities Desk Maintenance Management si occuperà di "passare" le informazioni al sistema ERP aziendale. L'utente che dovrà occuparsi della gestione degli ordini di lavoro vedrà nella dashboard dell'ERP a lui dedicata, tutte le richieste di intervento che arrivano dal F.D.M.M.

A questo punto l'utente dovrà generare un O.d.L. che racchiuda al suo interno tutte le informazioni relative agli interventi da effettuare.

L'ordine di lavoro dovrà contenere almeno i seguenti campi:

- numero (ID);
- richiedente;
- data di registrazione, apertura e chiusura;
- codice e ubicazione degli elementi oggetto degli interventi;
- tipi e descrizione degli interventi da effettuare;
- frequenza degli interventi;
- data dell'ultimo intervento;
- regolamentazioni di sicurezza e ambientali da osservare;
- risorse necessarie (attrezzature, manodopera, ecc.);
- causa dei guasti che hanno causato gli interventi ( solo per manutenzione di emergenza/a guasto).

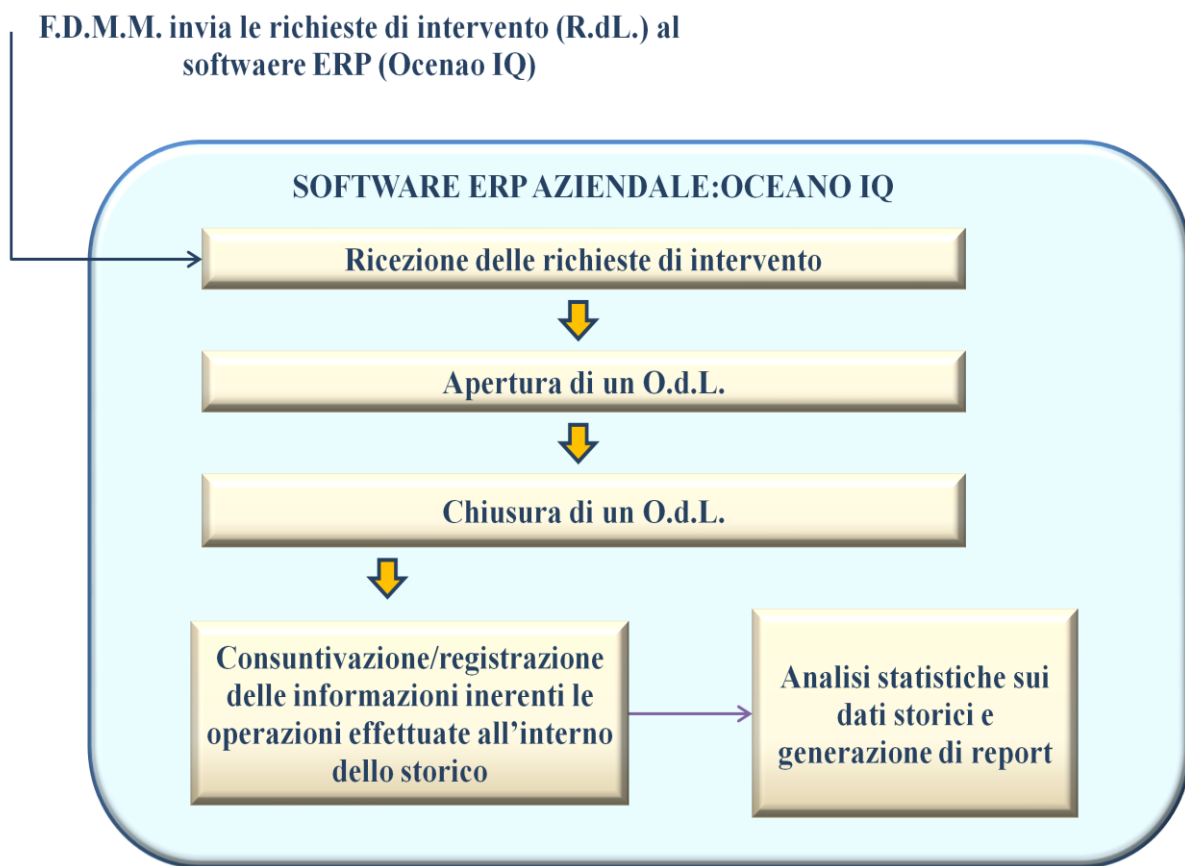


Figura 66: Il software ERP aziendale (Ocena IQ) per la gestione degli O.D.L.

Una volta che gli interventi relativi ad un ordine di lavoro sono stati effettuati a regola d'arte, l'utente che candidato a occuparsi della loro gestione, dovrà chiudere l'O.d.L., registrare le informazioni all'interno dello storico, e trasmettere al F.D.M.M. una segnalazione di avvenuta evasione di una specifica richiesta di intervento.

Più di questo attualmente non posso dire, in quanto come abbiamo già sottolineato, per il momento si tratta solamente di un'idea: quello che posso affermare con certezza è che avendo conosciuto durante il periodo di stage, il modo di operare del personale che si sta occupando di sviluppare questa idea, sono certo che nel prossimo futuro essa potrà avere ottimi sviluppi.

#### **4.4 LA PROGETTAZIONE E LA COSTRUZIONE DI UN MAGAZZINO RICAMBI E MATERIALI**

L'ultima esigenza individuata durante la fase di analisi della gestione attuale del servizio di manutenzione degli impianti tecnologici di CNAO, fa riferimento alla progettazione e alla costruzione di un magazzino di stoccaggio dei materiali e dei ricambi necessari ad eseguire la manutenzione degli impianti tecnologici convenzionali e di Alta Tecnologia.

Questo tipo di esigenza è stata più volte sollevata e affrontata durante le riunioni indette periodicamente dai responsabili del reparto di manutenzione.

Anche se il lavoro da me effettuato durante il periodo di stage non ha riguardato la progettazione del magazzino, ho ritenuto comunque importante evidenziare questa esigenza in quanto il magazzino di stoccaggio dei ricambi e dei materiali riveste un ruolo strategico all'interno del processo di manutenzione.

Il management di CNAO ha deciso di far progettare il magazzino alla Direzione Lavori della ditta costruttrice del Centro (DEC), fornendo ad essa input inerenti la dimensione (mq) desiderata.

Il dimensionamento ottimale del magazzino di manutenzione è alla base di un elevato livello del servizio stesso che deve essere raggiunto attraverso la minimizzazione del capitale immobilizzato in scorte.

Ogni spazio del magazzino ha un valore economico quantificabile in termini monetari. Per risolvere il picking, cioè il problema di gestione di magazzino derivante dal fatto che devono essere messe a disposizione merci diverse ed in diverse quantità creando un pesante lavoro per il personale, bisogna creare una mappatura dei beni presenti in magazzino.

Il magazzino sarà destinato a ospitare quei ricambi e materiali inerenti gli interventi di manutenzione degli impianti tecnologici il cui approvvigionamento è stato ritenuto critico dal punto di vista dei tempi e dei costi.

La tipologia degli elementi da tenere a scorta e il livello minimo di giacenza hanno guidato la fase di definizione dimensionale del magazzino, attività che è stata effettuata dal personale CNAO.

Il progetto di un nuovo magazzino ricambi deve necessariamente tenere conto dei seguenti obiettivi:

- *ottimizzazione degli acquisti*: standardizzare i materiali di magazzino sulla base di precise scelte tecniche per contenere la numerosità dei codici;
- *ottimizzazione della logistica*: definire le politiche di gestione delle scorte ottimali e monitorare l'immobilizzo di capitale in scorte di ricambi;
- *ottimizzazione manutentiva*: minimizzare l'impatto di un guasto riducendo drasticamente il tempo di fermo di un impianto critico disponendo dei ricambi necessari.

Durante la fase di progettazione sarà quindi necessario:

- standardizzare i materiali tecnici;
- classificazione dei materiali tecnici in accordo con la definizione delle politiche di gestione dei ricambi per ogni famiglia identificata.

La scelta costruttiva è ricaduta su una soluzione prefabbricata smontabile, in modo tale che se un domani si presentasse la necessità di applicare delle modifiche dimensionali al magazzino stesso, esse possano essere agevolate dalla scelta adottata in fase di progetto.

La zona dedicata ad ospitare il magazzino coincide l'area adiacente alla sala sincrotrone, in maniera tale da ridurre al massimo i tempi di approvvigionamento dei materiali e dei ricambi necessari alla manutenzione del sincrotrone stesso.

Una efficiente ed efficace gestione del magazzino risulterà essere un valore aggiunto per l'organizzazione di gestione in quanto incide in maniera significativa sia sulle prestazioni che sui costi legati al processo di manutenzione.

La gestione delle scorte di magazzino comporta scelte di fondamentale importanza, che possono avere riflessi positivi sia sul piano tecnico-produttivo sia sul piano funzionale, sia, soprattutto, sul piano economico-reddituale.

La presenza di una certa quantità di materiali a magazzino è indispensabile malgrado alcuni inconvenienti che essa comporta.

Il loro mantenimento è infatti costoso: è necessaria una oculata gestione che ne garantisca il migliore uso. Una quantità eccessiva di scorte rispetto al fabbisogno comporta maggiori oneri finanziari che vanno ad influenzare il risultato economico; una quantità troppo ridotta può portare, per contro, a disequilibri nel processo di manutenzione collegati all'impossibilità di soddisfare in modo tempestivo le richieste di materiali e ricambi.

Appare perciò chiaro che deve essere effettuata una sana gestione degli approvvigionamenti e degli stock; le tecniche da adottare possono essere concettualmente semplici e poco costose dal punto di vista realizzativo, ma idonei a ridurre i costi logistici.

Le principali finalità di un buon sistema di gestione delle scorte sono essenzialmente due:

- assicurare l'esistenza a magazzino dei materiali necessari all'attività aziendale nel momento in cui essi necessitano;
- contenere al minimo gli oneri di gestione del magazzino ed i costi di approvvigionamento.

In particolare, la progettazione deve essere funzionale alla minimizzazione dei costi di manutenzione ad esso associati, identificabili con la somma delle seguenti classi di costo:

- *costi di mancanza*, spesso difficili da quantificare, dovuti alla mancanza di un componente a magazzino nel momento in cui si rende necessario per la riparazione di un guasto;
- *costi di stoccaggio*, da sostenere per il mantenimento a scorta dei ricambi; comprendono il costo derivante dall'immobilizzo del capitale destinato all'acquisto dei componenti e il rischio di obsolescenza ad essi associato.

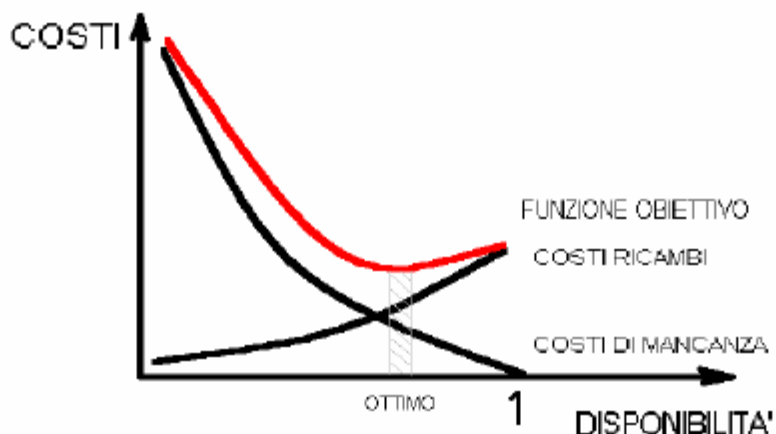


Figura 66: Correlazione tra costi gestione dei ricambi e disponibilità impiantistica

Dal punto di vista teorico la scelta ottima rappresenta quella che minimizza la funzione di costo rappresentata dalla somma dei costi di mancanza (inversamente proporzionali alla disponibilità) e dei costi di stoccaggio (proporzionali alla disponibilità): nell'applicazione pratica, però, la scelta possibile consiste nell'acquistare i ricambi a priori, con conseguenti costi di giacenza a magazzino, o a posteriori, ovvero a guasto avvenuto.

Inoltre è doveroso sottolineare il fatto che il servizio svolto dal personale di magazzino incide sulla sull'efficienza e sull'efficacia del processo di manutenzione; per questi motivi la precisione è di fondamentale importanza. Le mansioni del personale di magazzino, richiedono particolare attenzione: si pensi al controllo dei pezzi in entrata, al loro inserimento nelle scaffalature, alla conservazione e manutenzione e al loro carico o scarico a mezzo terminale. Infine il personale si deve occupare delle fasi che riguardano la movimentazione dei materiali e dei ricambi.

L'utilizzo di un efficiente sistema informativo e l'applicazione di procedure informatiche alla gestione delle scorte è il miglior supporto alla gestione di magazzino. La rete informativa dell'impresa infatti, deve consentire di tenere sotto controllo in tempo reale le scorte del magazzino, di verificare per quale ordini di lavoro sono stati utilizzati determinati pezzi, di effettuare statistiche sui consumi, di ipotizzare il futuro andamento del mercato. Da tutte queste informazioni dipendono:

- la programmazione del processo di manutenzione;
- il coordinamento tra l'approvvigionamento e la fase di installazione/sostituzione;
- l'attendibilità delle risposte e dei tempi;
- la contabilità generale deve essere collegata al magazzino.



## CONCLUSIONI

Il lavoro di tesi ha riguardato l'analisi della gestione attuale del servizio di manutenzione degli impianti tecnologici del Centro Nazionale di Adroterapia Oncologica (CNAO) e la proposta di soluzioni progettate ad hoc in risposta alle esigenze emerse dalla fase di analisi.

La manutenzione riveste un ruolo strategico per la Fondazione in quanto è necessario garantire la massima affidabilità e disponibilità degli impianti durante i periodi in cui sarà pianificata l'attività di trattamento.

La continuità del trattamento adroterapico sul singolo paziente costituisce, infatti, una condizione imprescindibile per la buona riuscita della terapia.

La scelta della politica di manutenzione adottata dal management di CNAO è ricaduta su un modello di gestione mista del servizio: questo significa che alcune attività sono state affidate a ditte specializzate ("outsourcing") mentre alcune altre sono di competenza del personale interno all'organizzazione ("in house").

Di conseguenza il reparto di manutenzione interno a CNAO è candidato a svolgere le funzioni proprie di una Centrale di Governo; tali funzioni fanno riferimento al coordinamento e alla programmazione delle attività operative, alla gestione delle anagrafi e al monitoraggio e controllo (prestazionale ed economico) del servizio.

E' proprio in questo contesto che si è sviluppata la fase di sperimentazione.

Il lavoro effettuato è arrivato a progettare e a popolare parzialmente un database di manutenzione per gli impianti convenzionali a servizio dell'alta tecnologica di CNAO; la logica di classificazione del sistema tecnologico e la logica di codifica delle informazioni riportate al suo interno rimarranno, comunque, valide per tutti gli impianti qualsiasi soluzione informatica si decida di adottare.

Innanzitutto si è dovuta studiare una logica di classificazione e scomposizione del sistema tecnologico di CNAO.

Dall'analisi dei piani di manutenzione impostati dalla ditta costruttrice del Centro, è stato possibile individuare la logica di classificazione e codifica del sistema tecnologico adottata in fase di progettazione.

Contemporaneamente è stata esaminata la logica di codifica e di classificazione suggerita dalla Norma UNI 8290, la quale costituisce un valido riferimento normativo in materia di manutenzione.

Tenendo in stretta considerazione i suggerimenti della normativa vigente in materia e logiche adottate in fase di progettazione della struttura, è stato possibile proporre un sistema di classificazione e di codifica delle informazioni adatto per CNAO, il quale rimarrà valido per tutti gli impianti, qualsiasi soluzione informatica si decida di adottare.

Una volta costruita la struttura anagrafica, sono state riportate al suo interno le informazioni quantitative, localizzative e tecnico-costruttive inerenti le unità minime manutentive degli impianti meccanici/termotecnici, le quali costituiscono l'ultimo livello di dettaglio del sistema di classificazione proposto.

Dopo aver costruito l'anagrafica manutentiva degli impianti meccanici/termotecnici ho impostato un piano di manutenzione; per far questo mi sono servito delle informazioni contenute all'interno dei piani di manutenzione (primo progetto gestionale), dei contratti attualmente in essere con i fornitori dei servizi di manutenzione e dei rapporti degli interventi eseguiti durante l'anno 2010.

Le informazioni anagrafiche e manutentive rintracciate all'interno della documentazione in possesso di CNAO sono state così organizzate e codificate in un unico quadro organico (in Microsoft Access) e sono ora gestibili da qualsiasi soluzione informatica.

Possiamo quindi affermare con soddisfazione di aver raggiunto l'obiettivo principale del progetto di tesi.

## BIBLIOGRAFIA

### *Libri:*

- Bellintani Stefano (2007), *Dalla manutenzione alla gestione degli edifici*, Aracne;
- Ciaramella Andrea, Pisani Barbara, Tronconi Andrea (2002), *La gestione degli edifici e dei patrimoni immobiliari*, Pirola Sole 24Ore,
- Molinari Claudio (2002), *Procedimenti e metodi della manutenzione edilizia*, Sistemi Editoriali;
- Paganin Giancarlo (2005), *L'acquisizione delle informazioni per la manutenzione dei patrimoni immobiliari*, Sistemi Editoriali;
- Talamo Cinzia (2003), *Il sistema informativo immobiliare*, Sistemi Editoriali;
- Tronconi Oliviero (2007) , *Metodi e strumenti del property management*, Il Sole 24Ore.
- Tripoli Marco, Piriou Georges (2007), *Manuale di Microsoft Access*, Apogeo

### *Contributi su libri scientifici:*

- Caterina G., Curcio S., Molinari C, Paganin G., Talamo C., *L'innovazione nella normativa tecnica per i patrimoni immobiliari.Dai piani di manutenzione al Global Service*, Lettera ventidue Edizioni;
- Caterina G.,Curcio S., Molinari C., Paganin G., Talamo C., *Il progetto e la gestione della qualità nei processi di Global Service* , Lettera ventidue Edizioni;
- Cigolini Roberto, *Facility Management Outsourcing and contracting overview*, Springer
- Molinari Claudio, *Linee di tendenza per la manutenzione edilizia*, Lettera ventidue Edizioni;
- Molinari C., Paganin G. , Talamo C., *Manutenzione. Costruire le regole di un processo virtuoso*, Lettera Ventidue Edizioni;

- Talamo C., Molinari C., Paganin G., Minati G., Proverbio E., *Strategie per la gestione: criteri e metodi per la definizione della criticità nella pianificazione della manutenzione*, Lettera ventidue edizioni;
- Talamo Cinzia, *Conoscere per gestire: il contributo delle basi di dati nella pianificazione della manutenzione*, Esselibri Simone.

### *Normative*

- Norma UNI 8290 (1981), *Edilizia residenziale, Sistema Tecnologico, Terminologia*;
- Norma UNI 10604 (1997), *Criteri di progettazione, gestione e controllo dei servizi di manutenzione di immobili*;
- Norma UNI 10831 (1999), *Documentazione ed informazioni di base per il servizio di manutenzione da produrre per i progetti dichiarati eseguibili ed eseguiti: Struttura, contenuti e livelli della documentazione*;
- Norma UNI 10874 (2000), *Criteri di stesura dei manuali d'uso e di manutenzione*;
- Norma UNI 11257 (2007), *Stesura del piano e del programma di manutenzione dei beni edilizi. Linee guida*;
- Norma UNI 10951 (2001), *Sistemi informativi per la gestione della manutenzione dei patrimoni immobiliari. Linee guida*.

