

 <b>Anova</b>	<b>RELAZIONE TECNICO SCIENTIFICA DI PROGETTO</b>	Data: 08/10/2007	Pag. 1
---	--	---------------------	--------

## INDICE

### PREFAZIONE

#### 1. REQUISITI FUNZIONALI DI SISTEMA

- 1.1 QUADRO DI RIFERIMENTO
- 1.2 ANALISI FUNZIONALE DEL PROGETTO
- 1.3 ALLEGATI A CORREDO

#### 2. SPECIFICA GENERALE DEL SISTEMA ESPERTO DI MONITORAGGIO

- 2.1. MODELLO TEORICO DI RIFERIMENTO
  - 2.1.1 Approccio sistemico
  - 2.1.2 Logica FuzzyMQC
- 2.2. APPLICAZIONE DEL MODELLO AL CASO IN ESAME
  - 2.2.1 La Base di Conoscenza secondo modelli FuzzyMQC

#### 3. STATO DELL'ARTE E GRADO DI INNOVAZIONE INTRODOTTO

#### 4. SPECIFICA TECNICA DEL PROTOTIPO DIMOSTRATORE

#### 5. SPECIFICA DI TESTING E DI SIMULAZIONE DEI CICLI DI ESERCIZIO

- 5.1. IL SIMULATORE
- 5.2. VANTAGGI DEL SIMULATORE

#### 6. GESTIONE OPERATIVA E TIMING DI PROGETTO

	<p align="center"><b>RELAZIONE TECNICO SCIENTIFICA DI PROGETTO</b></p>	<p>Data: 08/10/2007</p>	<p>Pag. 2</p>
---	--	-----------------------------	---------------

## **PREFAZIONE**

In questo documento sono discusse le caratteristiche di un sistema esperto Fuzzy (in versione prototipale) per la diagnosi e la prevenzione di anomalie di sistemi ascensore. Tale sistema esperto fa parte di un progetto più ampio all'interno del quale esso rappresenta la parte di innovazione e ricerca. Nello specifico ci riferiamo al progetto "TELESECURITY" coordinato da TKM S.r.l che ha commissionato ad Anova lo sviluppo del prototipo del sistema esperto suddetto con ordine n. 100/00 07/08/2007 del 20/09/2007.

Nel documento saranno discussi anche i principi della logica fuzzy, nello specifico la teoria FuzzyMQC, dell'approccio sistemico e del loro utilizzo nello sviluppo del sistema esperto.

	<b>RELAZIONE TECNICO SCIENTIFICA DI PROGETTO</b>	Data: 08/10/2007	Pag. 3
---	--	---------------------	--------

## 1. REQUISITI FUNZIONALI DI SISTEMA

Anova deve realizzare un prototipo dimostratore di un sistema esperto, basato su logica FUZZY e tecniche di intelligenza artificiale, per la gestione operativa e manutentiva degli ascensori, con particolare riferimento ai seguenti aspetti:

1. **Sicurezza funzionamento** (rilevazione Early Warning), in relazione ai possibili eventi critici derivanti dal funzionamento degli impianti.
2. **Gestione ottimale del servizio manutenzione**, ovvero organizzazione degli interventi di manutenzione preventiva rispetto a quella programmata, finalizzata all'ottimizzazione dei tempi e dei costi degli interventi, corredata dalle analisi sui guasti e dalla programmazione dei pezzi di ricambio necessari.

Assieme al prototipo Anova sviluppa anche un software di simulazione di cicli di esercizio onde poter effettuare test e validazione del prototipo stesso.

Il sistema esperto si colloca nell'ambito di un progetto più ampio che prevede già l'acquisizione automatica e la relativa remotizzazione ad un DataBase dei dati operativi di esercizio degli impianti ascensore. In questo contesto, il sistema esperto, si interfaccia con tale database, che rappresenta anche il limite di batteria tra il sistema esperto ed il resto del sistema, da cui ottiene dati relativi a caratteristiche degli impianti, dati di manutenzione, valori fisici e qualitativi *real time*.

	<b>RELAZIONE TECNICO SCIENTIFICA DI PROGETTO</b>	Data: 08/10/2007	Pag. 4
---	--	---------------------	--------

## 1.1 QUADRO DI RIFERIMENTO

Lo studio della documentazione fornita dal cliente (vedi allegati a corredo) chiarisce le caratteristiche degli impianti che prendiamo in esame. Si tratta di impianti appartenenti alle macro-categorie classiche: ascensori elettrici tradizionali, ascensori elettrici senza sala macchine e ascensori oleodinamici.

Negli impianti elettrici tradizionali il movimento della cabina avviene attraverso un argano azionato da un motore elettrico. Possono essere collocati in edifici alti fino a decine di piani, possono avere portate massima dell'ordine di decine di persone, possono raggiungere velocità comprese tra 0.5 e 2.5 m/s. Generalmente l'impianto è costituito da un basamento, un motore, un limitatore di velocità, un freno ed una puleggia di frizione. Nella trazione a semplice frizione, il motore mette in moto la puleggia e le funi di sospensione della cabina si muovono per attrito. La presenza del contrappeso (posteriore o laterale con corretto dimensionamento del vano corsa) consente di non dover sollevare il peso della cabina completamente. Il locale macchine è sostanzialmente sempre messo al di sopra del vano corsa.

La differenza tra gli impianti elettrici tradizionali e gli impianti elettrici senza sala macchina sta nell'assenza, in questi ultimi, di un locale macchine; per questa tipologia di ascensori il movimento è garantito da argano elettrico collegato a una delle guide all'interno di un vano corsa; il quadro elettrico di controllo è posizionato lateralmente alla porta dell'ultimo piano, è adatto per corse fino a 40 m e per portate da 4 a 13 persone.

Negli ascensori oleodinamici lo spostamento verticale della cabina è azionato mediante un pistone il cui movimento è regolato da un olio minerale. Possono essere collocati in edifici di modeste altezze e possono raggiungere velocità di esercizio media pari a 0.6 m/s. Rispetto all'impianto elettrico l'impiantistica deve essere concentrata ai piedi del vano corsa, ma può essere anche ad alcuni metri di distanza dallo stesso vano. Per tale tipo di impianto distinguiamo tre differenti tipi di azionamento:

- a) azionamento idraulico diretto
- b) azionamento idraulico diretto laterale (rarissimo)
- c) azionamento idraulico indiretto

La differenza tra i primi due sta essenzialmente nel posizionamento del pistone; la differenza tra le due modalità di azionamento diretto e l'azionamento indiretto riguarda il compito del pistone: nei primi due casi il pistone telescopico, con il suo movimento verticale, spinge la

	<b>RELAZIONE TECNICO SCIENTIFICA DI PROGETTO</b>	Data: 08/10/2007	Pag. 5
---	--	---------------------	--------

cabina dell'ascensore; nell'azionamento indiretto, invece, il movimento verticale del pistone telescopico allontana o avvicina delle pulegge alle quali sono connesse delle funi che trainano la cabina (come in un impianto elettrico).

A ciascuna categoria possono appartenere diverse famiglie di impianti a loro volta suddivisibili in sotto-famiglie e così via; le distinzioni tipiche che vengono prese in considerazione, al momento, riguardano essenzialmente il meccanismo di azionamento degli ascensori oleodinamici (già analizzato) e il meccanismo di apertura/chiusura delle porte, che può avvenire in maniera automatica, semi-automatica o manuale. Ciascuna famiglia (o sotto-famiglia) differisce dalle altre sia per le dinamiche generali sia per il funzionamento degli specifici componenti degli impianti appartenenti alla famiglia (o sotto-famiglia): ciò implica numerose differenze riguardanti l'esame delle prestazioni, l'individuazione delle anomalie e le analisi finalizzate alla ricerca di eventuali criticità.

Attualmente la manutenzione degli impianti non prevede l'ausilio di strumenti di decisione e pianificazione automatici; ciascun intervento ha come risultato una scheda tecnica di impianto contenente le osservazioni "visive" del responsabile dell'intervento stesso (figura 1.1): tale scheda presenta una stima sullo stato dell'ascensore fatta in base all'esperienza pratica del tecnico.

16.565

GRIEC.A.M.	SCHEDA TECNICA IMPIANTO		C.T.R. 1502
Cliente <u>Pentax S. Ciro</u>			Imp. Matr. <u>968/99</u>
Indirizzo <u>Via E. Mattei 15</u>			
<b>Caratteristiche impianto</b>			
Tipo Impianto: ( ) Funi (X) Oleo; Marca <u>GRIEC</u> ( ) Manuale ( ) Semiautomatico. (X) Automatico Portata <u>1100</u> Kg; Persone N° <u>14</u> ; Freni/acc. <u>2</u> / <u>1</u> ; Veloc. _____ m/s; ( ) 1 Vel. (X) 2 Veloc. Corsa _____ mt; N° Funi <u>5</u> ; O <u>11</u> ; Lung. _____ mt; Guide Cab. _____; C/Peso-Pistone _____ Motore _____ KW; Argano R.R. _____; Giri al min. _____ HP <u>20</u> ; Int. <u>50</u> Puleggia trazione O _____ mm; Pul. rinvio O _____ mm; Loc. Macc. ( ) Alto (X) Basso Portata centralina <u>120</u> l/min; Pos. Pistone _____; O Pistone _____ mm Quadro di manovra: ( ) a Relè (X) microprocessore ( ) Selettore; Tipo di manovra _____ Tensioni: Motore <u>380</u> ; Manovra <u>110</u> ; Illumin. <u>220</u> ; Porte <u>125</u> ; Segn. <u>24</u> ; Allarme <u>6</u>			
<b>Condizioni Impianto</b> (A: Buone; B: Sufficienti; C: Sostituire/intervenire; D: Critiche)			
D.P.R. 567/87 EN81	A B C D		A B C D
Legge 46/90	A B C D	Pattini Cabina	A B C D
Legge 48/95	A B C D	Pattini Cont.so	A B C D
Argano	A B C D	Invertitori	A B C D
Puleggia Frizione	A B C D	Impulsori	A B C D
Puleggia Rinvio	A B C D	Cavi Flessibili	A B C D
Freno	A B C D	Porte Plani	A B C D
Motore	A B C D	Serrature	A B C D
Lim. Velocità	A B C D	Bottoniere	A B C D
Funi Trazione	A B C D	Oper. Porte/Ante C.	A B C D
Funi Limitatore	A B C D	Centralina kdr.	A B C D
Quadro Manovra	A B C D	Gruppo Valvole	A B C D
Cabina	A B C D	Pompe	A B C D
Armatura Cabina	A B C D	Guarn. Pistone	A B C D
Parametri da	A B C D	Tub. Flessibile	A B C D
Considerazioni / varie:			
Data _____ Firma Tecnico _____			

Figura 1.1: Scheda tecnica di impianto

 <b>Anova</b>	<b>RELAZIONE TECNICO SCIENTIFICA DI PROGETTO</b>	Data: 08/10/2007	Pag. 7
---	--	---------------------	--------

Come si è accennato, nell'ambito del progetto TELESECURITY, è previsto il monitoraggio di ciascun impianto attraverso una serie di sensori specifici. I dati raccolti da tali sensori vengono analizzati dalla scheda TCPU realizzata da TKM che ha essenzialmente il compito di segnalare le situazioni di allarme e/o di warning, dovute a valori fuori range, e di inviare periodicamente ad un server un file di log contenente tali informazioni. I dati citati sono riassunti nella tabella 1.2

<b>Tabella 1.2</b>	
<b>Nome</b>	<b>Significato</b>
Impianto	Identificativo dell'impianto
Data e ora invio log file	Data e ora relativi all'invio del file di log
Tipologia impianto	Identificativo della tipologia di impianto (funne, oleodinamico,..)
Corse in salita	Numero di corse effettuate dall'impianto in salita (il conteggio tiene conto del numero di fermate)
Corse in discesa	Numero di corse effettuate dall'impianto in discesa (il conteggio tiene conto del numero di fermate)
Aperture porte	Numero di volte in cui vengono aperte le porte
Chiusure porte	Numero di volte in cui vengono chiuse le porte
Peso medio cabina	Carico medio della cabina (a persone presenti); tale parametro assume valori discreti (ascensore vuoto, almeno una persona presente in cabina, ascensore pieno), ma negli impianti più moderni potrebbe assumere valori continui
Temperatura TCPU	Temperatura media della centralina
Temperatura locale macchine	Temperatura media del locale macchine (tale locale può contenere diversi componenti a seconda della particolare configurazione del palazzo; quasi sempre contiene il motore e il quadro elettrico)
Corrente media motore ascensore	Assorbimento elettrico medio del motore
Corrente media motore porte	Assorbimento elettrico medio del motore delle porte
Corrente luce vano	Assorbimento elettrico medio relativo alla luce nel vano che contiene la cabina e i meccanismi di movimentazione (sistema idraulico o a fune)
Corrente luce cabina	Assorbimento elettrico medio relativo alla luce nel vano cabina
Temperatura olio idraulico	Temperatura dell'olio (relativo ad ascensori di tipo idraulico)
Pressione olio idraulico	Pressione dell'olio (relativo ad ascensori di tipo idraulico)
Temperatura argano	Temperatura dell'argano responsabile della movimentazione delle funi (relativo agli ascensori a fune)
Usura freni	Indice di usura dei freni (percentuale di consumo su una scala predefinita)
Usura pattini	Indice di usura dei pattini relativi alle guide della cabina
Tensione funi	Indice di tensione delle funi: è un valore continuo calcolato misurando il diverso spessore delle funi nei diversi punti in cui sono piazzati i sensori
Vibrazioni in cabina	Stima delle vibrazioni della cabina su 2 o 3 assi: è un valore continuo derivante da sensori inerziali che misurano le oscillazioni della cabina
Manutentore – data e ora inizio – data e ora fine	La centralina è in gradi di individuare stati di emergenza o allarme: in questi casi la centralina stessa attiva la procedura di manutenzione e di tale procedura registra l'identificativo della persona che ha effettuato la

	manutenzione e data e ora di inizio e di fine dell'operazione di manutenzione
Stato sistema 1 Stato sistema 2 Stato sistema 3 Stato sistema 4	La centralina può trovarsi in 4 stati: movimentazione (1 – l'ascensore è in movimento e funziona correttamente), manutenzione (2 – la centralina ha attivato la procedura di manutenzione automatica), emergenza (3 – l'ascensore ha riscontrato un guasto elettrico), allarme (4 – l'ascensore è bloccato). La centralina stessa registra gli ultimi 4 stati in cui si è trovata e per ciascuno registra il valore dello stato e data e ora in cui è avvenuto il passaggio a tale stato
Codice errore 1 Codice errore 2 ... Codice errore n	La centralina è in grado di rilevare delle situazioni di errore ( a ciascun errore è associato un codice, un livello (I=info, W=Warning, A=Alarm, D=Ranger) e un'analisi del possibile ripristino del sistema (A=Automatico, M=Manuale, X=Sconosciuto). La centralina stessa dispone di un buffer circolare nel quale registra gli ultimi n errori verificatisi (fino ad un massimo di 20 occorrenze) e per ciascuno registra il codice dell'errore e data e ora in cui l'errore stesso si è verificato

Sia i dati provenienti dal log file che quelli relativi agli interventi di manutenzione (schede tecniche di impianto) saranno memorizzate su un opportuno database.

## 1.2 ANALISI FUNZIONALE DEL PROGETTO

Il progetto in esame, quindi, prevede l'analisi, la progettazione e lo sviluppo da parte di Anova di un prototipo dimostratore di un sistema esperto che abbia alla base il database contenente alcuni dati caratteristici dello specifico impianto in analisi e i dati provenienti dalle schede tecniche e dai log file; tale sistema conterrà una base di conoscenza finalizzata a modellare i processi di analisi, monitoraggio, diagnostica e previsione di cui si è parlato. Si tratta di realizzare un sistema in grado di effettuare un controllo "consapevole", ovvero in grado di "interpretare" i dati in input eterogenei acquisiti e di classificare ed inferenziare i processi cognitivi di "causa/effetto". Esso dovrà essere sufficientemente flessibile e trasparente da consentire l'aggiunta dinamica di inferenze e dovrà essere pensato in modo tale da poter gestire dati di tipo, fonte e qualità diversi.

Il sistema che si sta analizzando è schematizzato nella figura 1.2, nella quale si precisano ulteriormente gli input stabiliti e gli output richiesti:

- ♦ **Input** – vengono letti da un opportuno database e comprendono
  - Dati real-time (provenienti dai log file prodotti dalla scheda TKM)
  - Dati off-line (provenienti dalle schede tecniche e relative agli interventi di manutenzione)



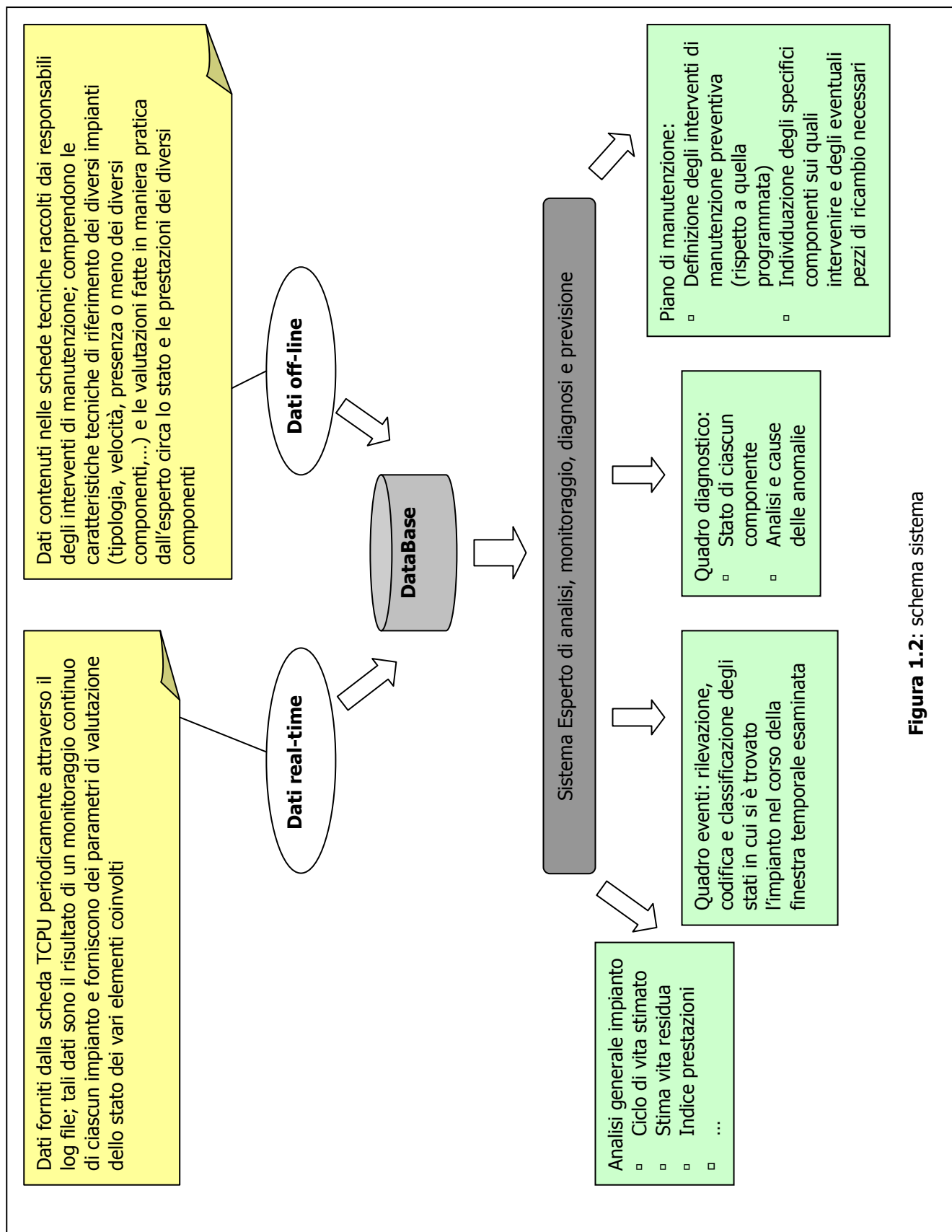
 <b>Anova</b>	<b>RELAZIONE TECNICO SCIENTIFICA DI PROGETTO</b>	Data: 08/10/2007	Pag. 9
---	--	---------------------	--------

- ♦ **Output** – viene codificato e memorizzato su un opportuno database e comprende
  - Analisi generale dell’impianto: riguarda le stime circa il ciclo di vita, l’indice di prestazioni e la vita residua dei diversi componenti e dell’impianto nel suo complesso
  - Quadro eventi: riguarda la rilevazione, la codifica e la classificazione degli stati in cui si è trovato ciascun componente dell’impianto nel corso della finestra temporale esaminata
  - Quadro diagnostico: riguarda la stima dello stato di ciascun componente dell’impianto e l’analisi delle eventuali anomalie e delle relative cause
  - Piano di manutenzione: riguarda la definizione degli interventi di manutenzione preventiva rispetto a quella programmata e l’individuazione degli specifici componenti sui quali intervenire e degli eventuali pezzi di ricambio necessari

### **1.3 ALLEGATI A CORREDO**

La stesura dei requisiti utente è scaturita dall’analisi dei seguenti documenti:

- Esempio di scheda tecnica di impianto (documento fornito da GRIEC.A.M.)
- Struttura impianto elettrico a fune (documento fornito da GRIEC.A.M.)
- Struttura impianto oleodinamico (documento fornito da GRIEC.A.M.)
- Descrizione tipologie e impianti ascensore (documento fornito da GRIEC.A.M.)
- Analisi guasti impianti ascensore (documento fornito da GRIEC.A.M.)
- Struttura log file (documento fornito da TKM)



**Figura 1.2:** schema sistema

	<b>RELAZIONE TECNICO SCIENTIFICA DI PROGETTO</b>	Data: 08/10/2007	Pag. 11
---	--	---------------------	---------

## 2. SPECIFICA GENERALE DEL SISTEMA ESPERTO DI MONITORAGGIO

Per quanto detto, siamo alla ricerca di un sistema in grado di effettuare inferenze e ragionamenti su dati di tipo, fonte e qualità diversi.

Il sistema che proponiamo sarà implementato attraverso la realizzazione di una rete cognitiva basata sull'approccio sistemico/olistico del modello incrementale e multicriteriale "FuzzyMQC" (modello Fuzzy a Matrici di Quantificazione della Certezza), (G.Mappa,1993).

Il principi di base dell'approccio proposto possono essere riassunti nei seguenti punti:

- I) ogni sistema di conoscenza, per quanto esteso e complesso, può essere strutturato e "modellizzato" secondo un approccio di tipo sistemico;
- II) all'aumentare del numero di dati disponibili che la mente umana deve elaborare per individuare e definire un evento (diagnosi) o per prendere una decisione, diminuisce il grado di utilizzo specifico di ciascun dato e, quindi, l'efficienza del processo cognitivo. Una "macchina" di computazione (elaboratore elettronico) non ha in genere problemi di quantità di dati e di elaborazioni elementari da compiere e, pertanto, utilizza il 100% del contenuto informativo presente negli stessi dati, con sempre maggiore efficienza (e tempestività), a parità di processo cognitivo;
- III) il sottoinsieme intersezione di sottosistemi di conoscenza, presenta un grado di affinamento (precisione) maggiore di ciascun altro sottosistema partecipante all'unione.

Ciò premesso, come si vedrà meglio nei paragrafi successivi, qualsiasi sia l'estensione e la complessità di un dominio di conoscenza  $\Omega$ , è sempre possibile trovare una scomposizione in sottoinsiemi omogenei di conoscenza  $D_k$  tali che:

$$\Omega = D1 \cup D2 \cup ..... \cup Dk$$

	<b>RELAZIONE TECNICO SCIENTIFICA DI PROGETTO</b>	Data: 08/10/2007	Pag. 12
---	--	---------------------	---------

## **2.1 MODELLO TEORICO DI RIFERIMENTO**

### **2.1.1 Approccio sistemico**

Nello sviluppo di un sistema basato sulla conoscenza (Sistema Esperto), la fase preliminare di acquisizione, di rappresentazione, di formalizzazione della conoscenza, soprattutto nel caso di differenti domini interdisciplinari, complessi e/o estesi, può essere efficacemente affrontato, mediante l'utilizzo dell'approccio sistemico, assumendo:

**[Conoscenza  $\equiv$  Sistema]**

L'approccio sistemico rappresenta, per definizione, il tentativo di studiare l'organizzazione dei sistemi, piuttosto che i loro dettagli specifici, con i seguenti vantaggi fondamentali:

- permette di affrontare problemi complessi con maggior consapevolezza, senza dover entrare nei dettagli tecnici della materia;
- svela strutture e comportamenti ad un livello di astrazione elevato, del tutto indipendente dal particolare campo di indagine. Così ciò che si impara in un tipo di sistema si può poi applicare ad un altro, anche molto diverso: il quadro mentale di riferimento è il medesimo, siano i sistemi biologici, sociali, politici, ambientali, ecc.
- permette di individuare strategie d'azione più efficaci, in ambiti complessi dove altrimenti risulta difficile avere anche solo una idea qualitativa del risultato delle nostre azioni.

Un qualsiasi sistema di conoscenza (più o meno complesso), può essere rappresentato e formalizzato seguendo alcuni passi fondamentali:

1. Definizione del Problema (diagnostico) e le Funzionalità Richieste (The User Requirements): si individua il problema diagnostico reale da studiare e il sistema di conoscenze coinvolte, e si valuta il tutto è trattabile in termini di analisi dinamica dei sistemi. Se lo è, la prima cosa da fare è individuare:
  - Eventuale scomposizione in sottosistemi più piccoli e omogenei interagenti;
  - Le relazioni causali esistenti: quali sono i legami causa-effetto interni al sistema;
  - I confini del sistema globale: cosa è necessario includervi e cosa può essere tralasciato.

	<b>RELAZIONE TECNICO SCIENTIFICA DI PROGETTO</b>	Data: 08/10/2007	Pag. 13
---	--	---------------------	---------

- L'architettura funzionale del sistema "Conoscenza".
- 2. Concettualizzazione della Conoscenza: la seconda fase consiste in una stesura sommaria, su carta, delle relazioni inferenziali principali che si sono individuate nel sistema e in ciascun sottosistema. Alcuni modi di rappresentare su carta queste relazioni sono:
  - I diagrammi causali;
  - I grafici dell'andamento nel tempo delle variabili;
  - I diagrammi di flusso.
- 3. Si realizza un modello comportamentale in grado di emulare le funzionalità del sistema oggetto di interesse.
- 4. Rappresentazione del Modello Diagnostico (Prototipo): a questo punto, il modello su carta viene tradotto o formalizzato in algoritmi logici adatti per poter essere trasferiti ad un elaboratore elettronico
- 5. Comportamento e Valutazione del Modello: in questa quarta fase si simula il funzionamento del modello prototipale e si vede se il suo comportamento è coerente con quello del sistema reale. Meglio ancora, se si conosce la storia del sistema reale si può verificare se il modello ha lo stesso tipo di evoluzione. Si possono fare vari tipi di controlli: dalla consistenza logica del sistema, fino ai più raffinati test statistici dei parametri utilizzati nella simulazione.
- 6. Uso del Modello e Analisi di Possibili Strategie: nell'ultima fase, si usa il modello per provare delle strategie da mettere eventualmente in atto nella realtà. Esso diventa un banco di prova, un ausilio per prendere decisioni. Ovviamente non si tratta mai di un processo così lineare: questi cinque passi vengono continuamente ripercorsi in un processo di messa a punto, di verifica, di prova, ecc.

Tralasciando gli approfondimenti sulla storia controversa sull'evoluzione tecnologica dei Sistemi Esperti, ciò che ancora oggi contraddistingue una applicazione software realizzata secondo l'architettura dei sistemi basati sulla conoscenza da quelle, pur complesse, realizzati con architetture "tradizionali", è fondamentalmente la possibilità di incrementare e far evolvere la

	<b>RELAZIONE TECNICO SCIENTIFICA DI PROGETTO</b>	Data: 08/10/2007	Pag. 14
---	--	---------------------	---------

base di conoscenza dell'applicazione, indipendentemente dalle logiche di inferenza (Motore Inferenziale) tra dati e informazioni, in ingresso e in uscita.

### **2.1.2 Logica Fuzzy MQC**

Il Metodo "FuzzyMQC" (v. Rif. - G.Mappa, 1993) proposto, si basa fundamentalmente sulla scomposizione del sistema (o dominio) di conoscenza (oggetto di interesse), in più sottosistemi componenti e omogenei di conoscenza, sulla base del tipo di dati di input disponibili (on-line, off-line, quali-quantitativi, ecc.) e del tipo di output "Target" richiesto.

Per ciascun sottosistema omogeneo di conoscenza è possibile definire degli elementi denominati "Informazioni Elementari", che rappresentano un modello di unità di conoscenza, con la proprietà caratteristica di essere sempre rintracciabili, implementabili, incrementabili e sempre migliorabili rispetto alla (micro)realtà che ciascuna di esse descrive.

In altri termini, le Informazioni Elementari costituiscono elementi definiti indicizzati di ciascun sottosistema omogeneo di conoscenza e, quindi, sempre rintracciabili attraverso le proprie coordinate nella Base di Conoscenza; sono elementi che possono essere anche "vuoti" (specialmente all'inizio del ciclo di vita dell'applicazione), ma che sono sempre implementabili in qualsiasi momento, quando è disponibile l'unità di conoscenza che compete loro. La conoscenza contenuta nelle Informazioni Elementari può essere sempre incrementata e migliorata, man mano che aumenta l'esperienza, ovvero la maturità dell'applicazione.

In questo documento, ci si soffermerà soprattutto sulla scomposizione della conoscenza in sottodomini, nella individuazione e organizzazione strutturata delle Informazioni Elementari, tralasciando per semplicità, in prima approssimazione, le metodologie di individuazione delle relazioni inferenziali tra input e output, nonché l'applicazione finale del Modello Decisionale Multicriteriale "FuzzyMQC".

Sono fornite altresì fornite le giustificazioni teoriche per la utilizzazione del Modello, già utilizzato con successo in applicazioni reali, nella realizzazione di sistemi esperti e di supporto alle decisioni.

	<b>RELAZIONE TECNICO SCIENTIFICA DI PROGETTO</b>	Data: 08/10/2007	Pag. 15
---	--	---------------------	---------

## 2.2 APPLICAZIONE DEL MODELLO AL CASO IN ESAME

Come abbiamo visto, l'approccio FuzzyMQC per la rappresentazione della conoscenza, utilizza una metodologia "bottom-up" di alcuni modelli "connessionistici" (reti neurali) e considera la conoscenza come costituita da nuclei elementari o "neuroni" (ove risiedono le "informazioni elementari"), i quali, venendo a creare una rete di legami o di "sinapsi" gli uni con gli altri, vengono a inferenziare processi cognitivi sempre più complessi, su basi di conoscenza sempre più estese. Pertanto, da numerosissimi nuclei elementari di conoscenza, si arriva man mano a formare dinamicamente stadi o livelli (di sintesi) più evoluti di conoscenza, fino ad uno stadio finale di utilizzo della stessa, attraverso la formulazione di istruzioni o di azioni. Se i risultati ottenuti in un primo livello di sintesi di conoscenza, diventano nuovi input per un secondo livello di sintesi di conoscenza, man mano che si procede con sintesi mirate successive, diminuisce l'entropia ovvero la "quantità" di conoscenza di cui è necessario disporre o utilizzare. In altri termini, sussiste paradossalmente il seguente:

$$\lim_{n^{\circ} \text{ livelli di sintesi} \rightarrow \infty} [\textit{Conoscenza}] \approx 0$$

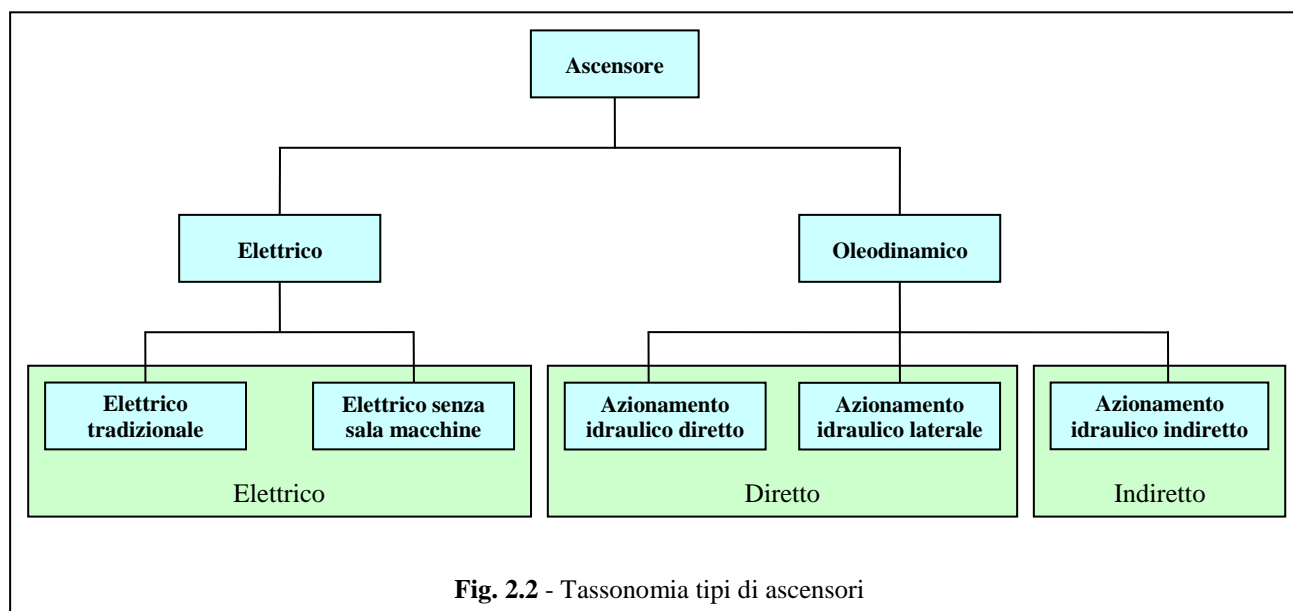
Nel nostro caso si deve affrontare una problematica i cui dati di input si riferiscono in parte a differenti discipline (fisica, meccanica, fluidodinamica), in parte a dati qualitativi (indagini visive) e di esperienza operativa (indicatori di processo, ecc.), che riguardano la diagnosi (classificazione) di una possibile anomalia o uno stato critico in divenire dell'impianto ascensore. Per capire i vantaggi del modello proposto, possiamo immaginare una prima approssimazione di una soluzione al problema esposto che sfrutti il modello stesso; tale soluzione potrebbe essere una rete in cui un primo livello dei neuroni-matrice di input sia composto da un nodo associato a ciascuno dei sottodomini omogenei di conoscenza (fisica, indagini visive, ecc.) o a macrosistemi funzionali dell'impianto e prevedere dei livelli intermedi di neuroni-matrice in cui effettuare la sintesi delle informazioni validate (meta-informazioni) per ciascun tipo di anomalia, nonché un livello finale in cui i neuroni-matrici di output producano la soluzione al problema posto.

Quindi l'approccio basato su rete a neuroni esperti permette di affrontare e risolvere il problema della disomogeneità dei dati da analizzare ed offre un grado di flessibilità alto nel modificare il comportamento della rete, prevedendo l'aggiunta o la modifica di informazioni (nodi), poiché essa è strutturata in sottodomini di conoscenza indipendenti.

### 2.2.1 La Base di conoscenza secondo modelli FuzzyMQC

In questo paragrafo viene illustrato parte del processo di estrazione della base di conoscenza secondo modelli inferenziali, a partire dalle informazioni presenti nei documenti inviati dal cliente, riguardante il prototipo dimostratore.

Per prima cosa è stata ricavata la "tassonomia" (fig. 2.2), dei tipi di impianti che secondo il cliente sono significativi per un prototipo dimostratore, al fine di generalizzare alcuni concetti della base di conoscenza stessa.



Nella figura precedente si nota che gli impianti elettrici sia con locale macchine che senza possono essere considerati in generale appartenenti ad una stessa classe di funzionamento (Elettrico) in quanto le differenze riguardano la posizione fisica dei componenti ma non la loro funzionalità. Per quanto riguarda gli impianti oleodinamici la classificazione (Diretto, Indiretto)



	<p align="center"><b>RELAZIONE TECNICO SCIENTIFICA DI PROGETTO</b></p>	<p>Data: 08/10/2007</p>	<p>Pag. 17</p>
---	--	-----------------------------	----------------

riguarda l'utilizzo da parte dell'impianto di organi di trazione a fune (usati nell'indiretto) oltre al pistone.

Una volta trovate le classi che generalizzano i vari impianti possiamo costruire la struttura degli stessi in termini di sistemi e sottosistemi.

Le figura 2.3, 2.4 e 2.5 mostrano tale scomposizione.

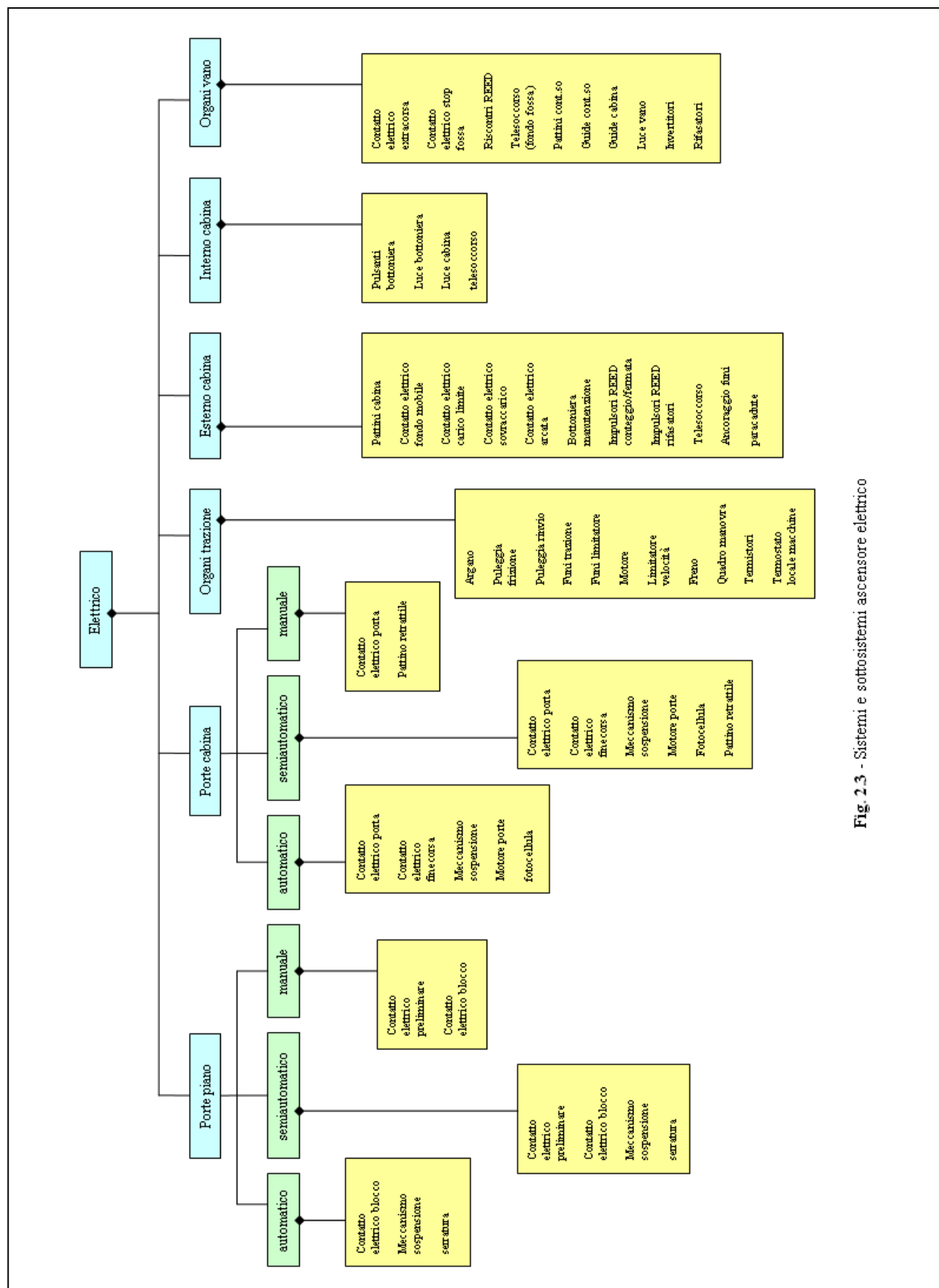


Fig. 2.3 - Sistemi e sottosistemi ascensore elettrico

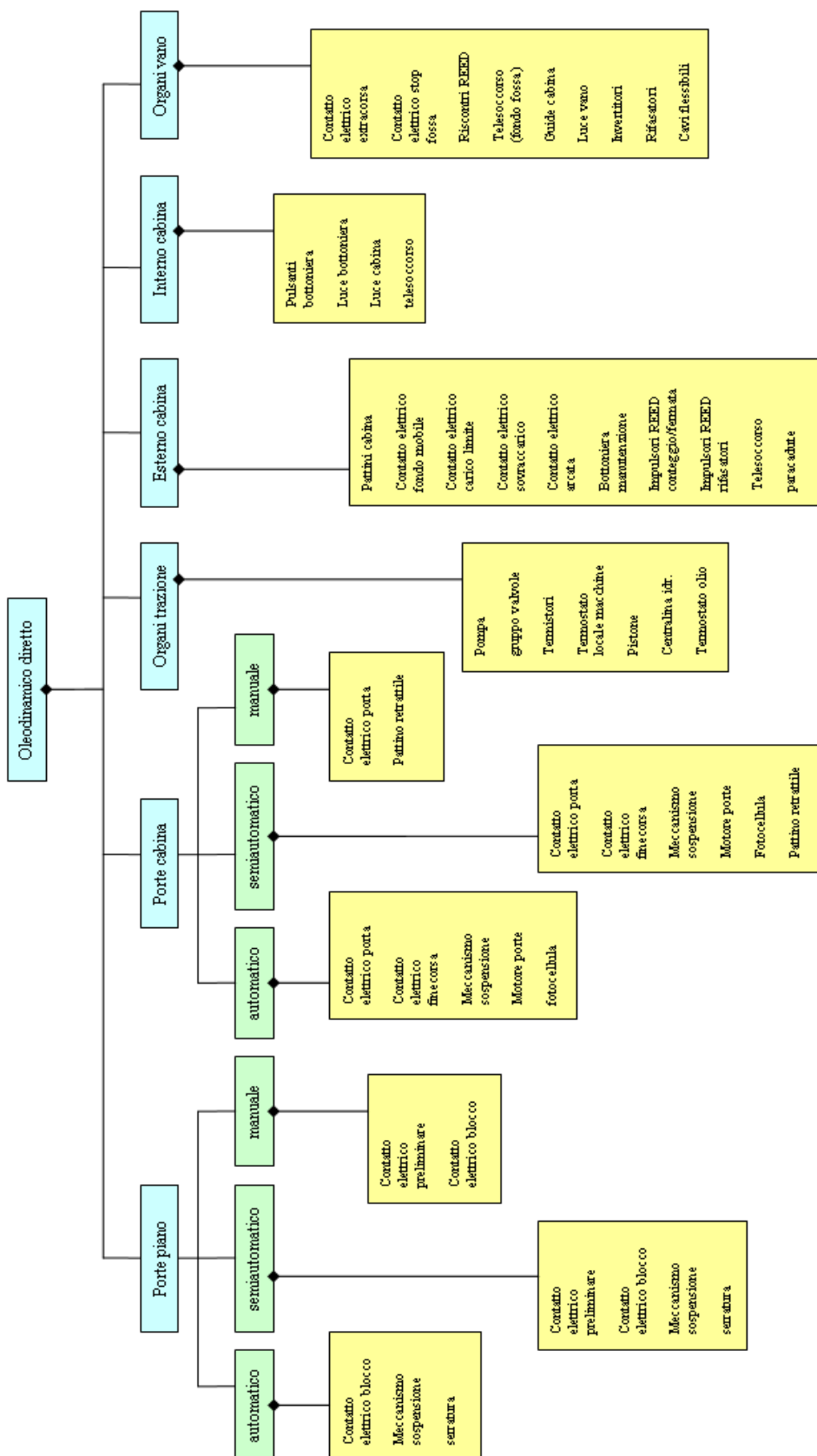


Fig. 2.4 - Sistemi e sottosistemi ascensore oleodinamico diretto

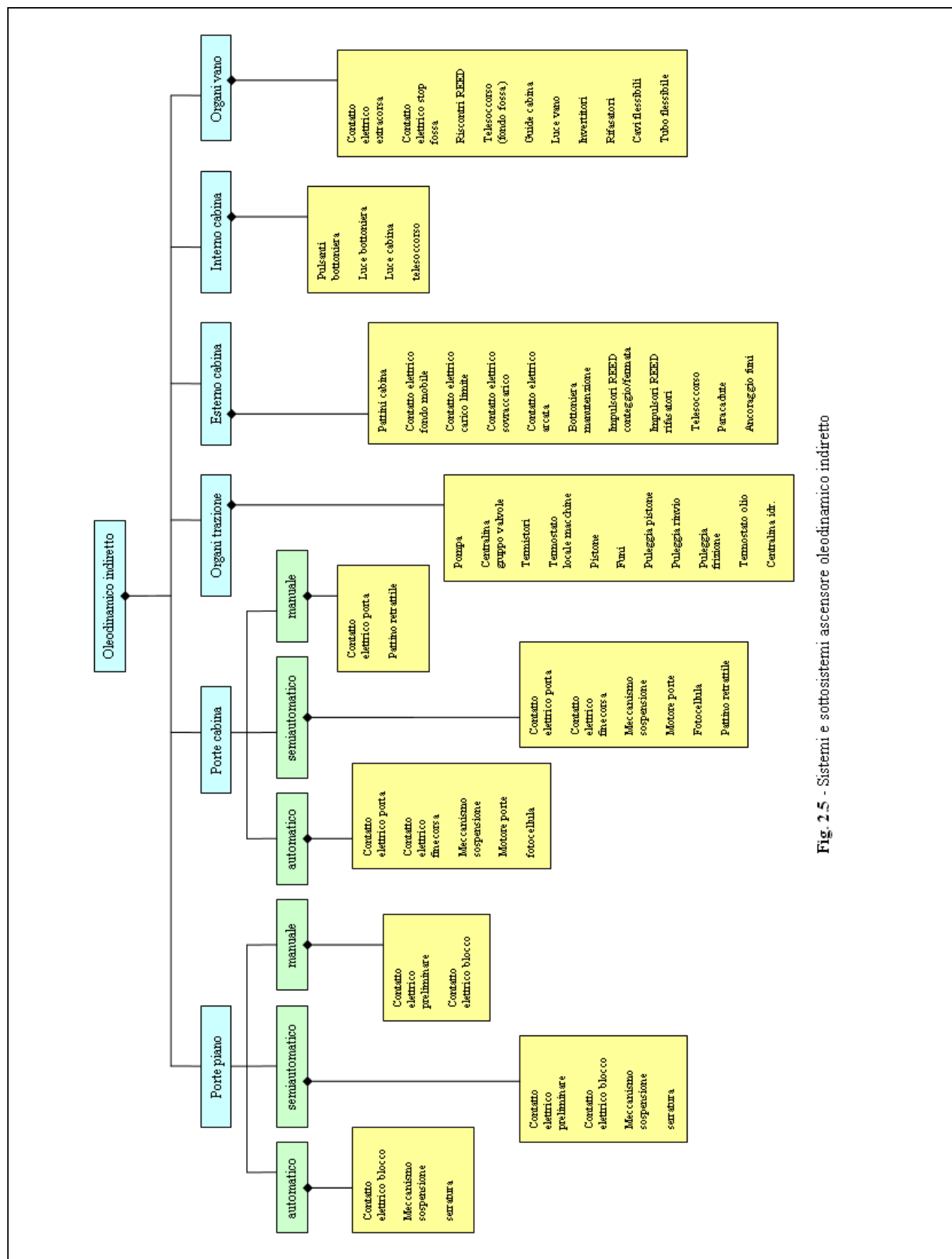
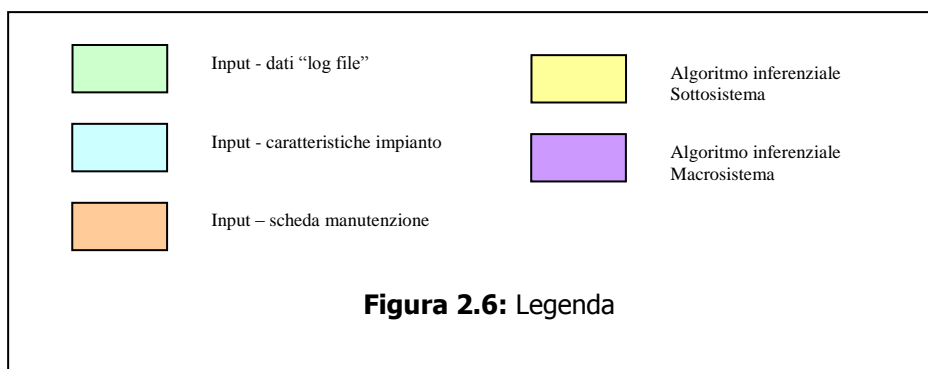
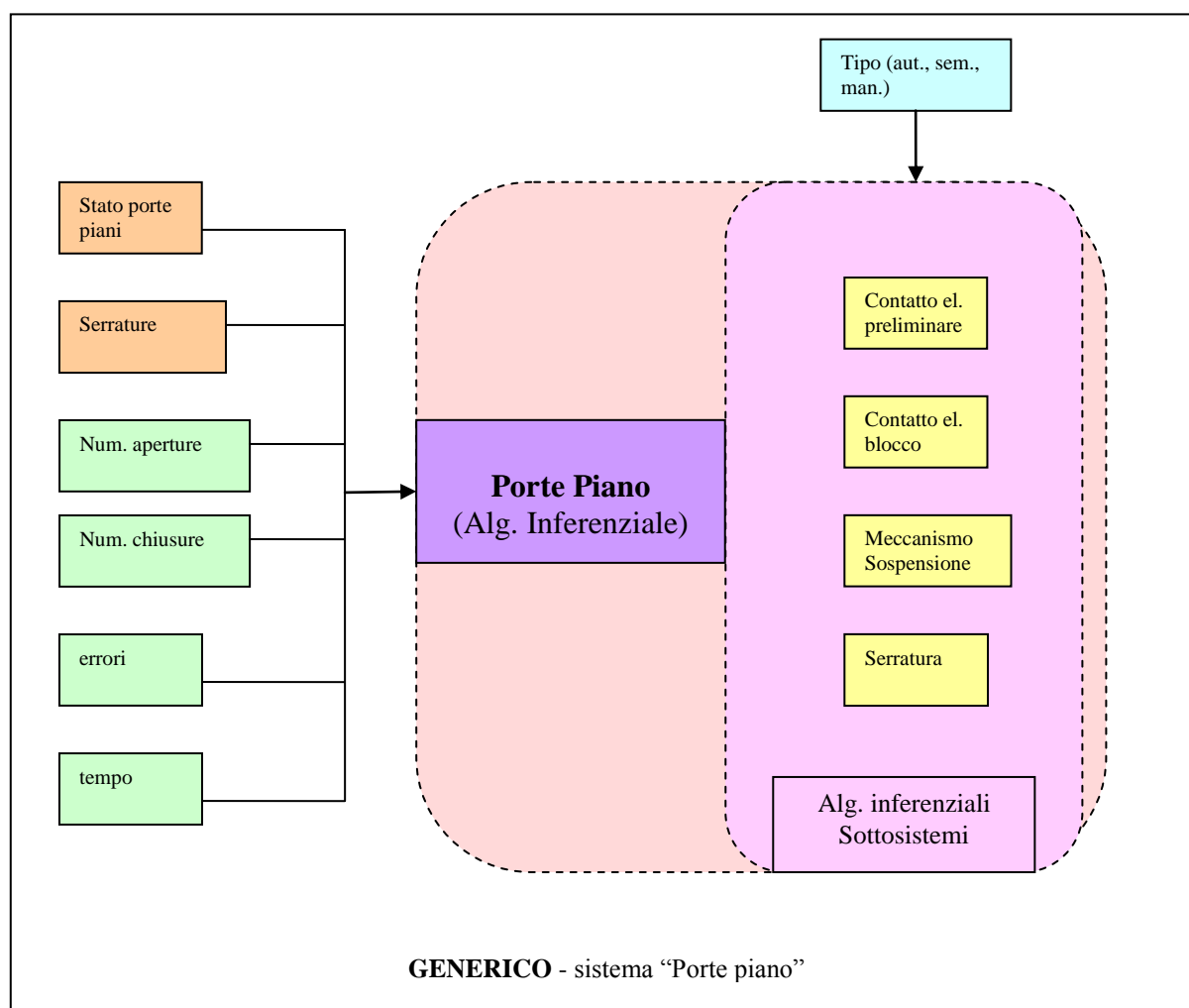


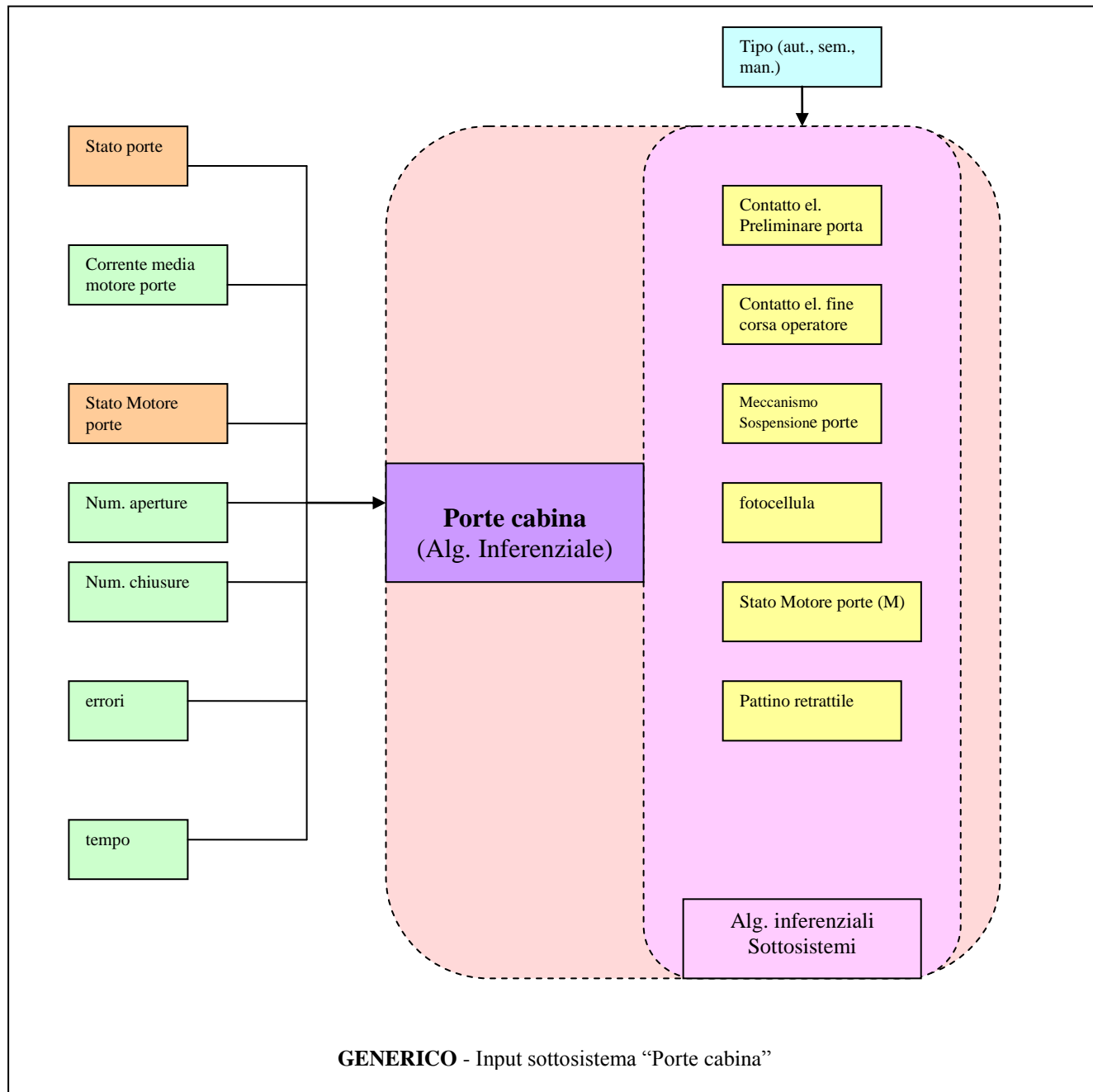
Fig. 2.5 - Sistemi e sottosistemi ascensore oleodinamico indiretto

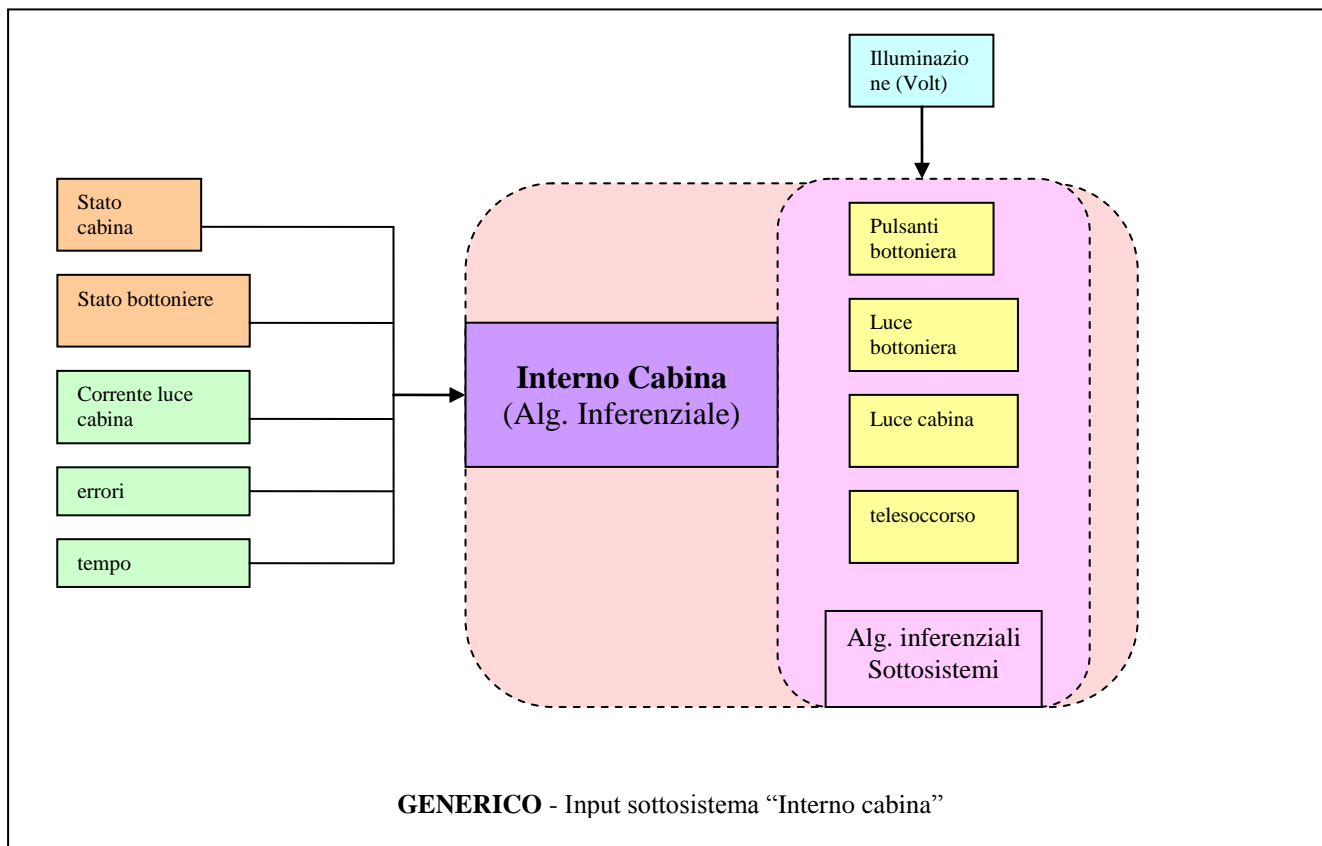
### ***Relazioni inferenziali dei modelli di conoscenza***

La base di conoscenza contiene le relazioni inferenziali sussistenti tra i vari input del sistema esperto (scheda manutentore, log file, caratteristiche dell'impianto) e i singoli sottosistemi identificati secondo il modello FuzzyMQC. Il primo passo da compiere, per raggiungere tale risultato, è la distribuzione ed assegnazione di tali input ai modelli inferenziali, per la diagnosi, che associamo ai sistemi e sottosistemi. Nelle seguenti figure vengono mostrate schematicamente tali organizzazioni. I colori diversi rappresentano la diversa fonte dell'informazione secondo il criterio schematizzato nella figura 2.6. Le relazioni menzionate sono schematizzate nelle immagini che occupano il resto del paragrafo: alcuni macrosistemi sono uguali in tutte le classi e non vengono pertanto ripetuti nei diversi schemi, ma vengono presentati negli schemi iniziali ("GENERICO"); altri contengono sottosistemi diversi a seconda della classe e sono stati pertanto dedicati schemi specifici alle diverse classi.

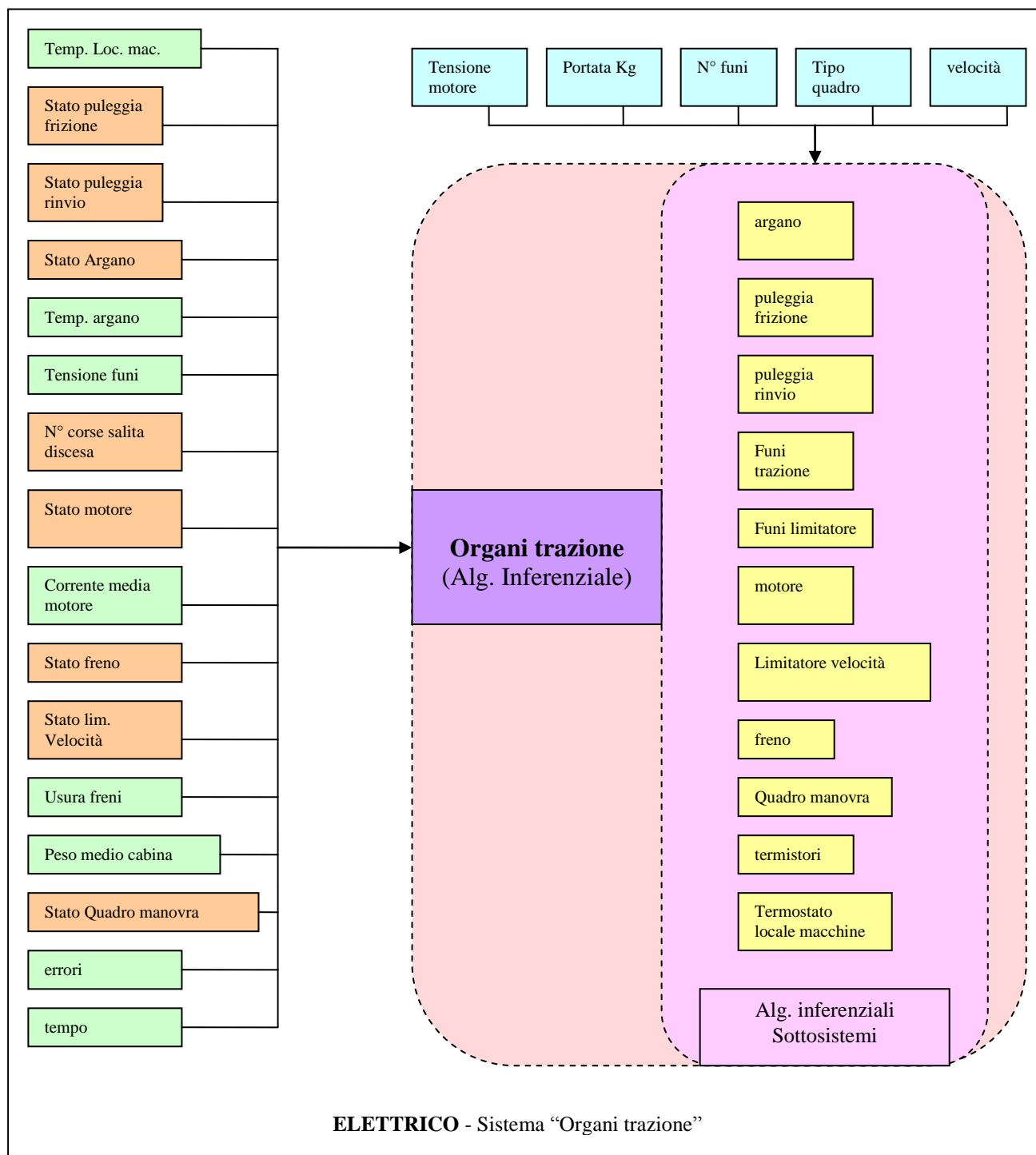


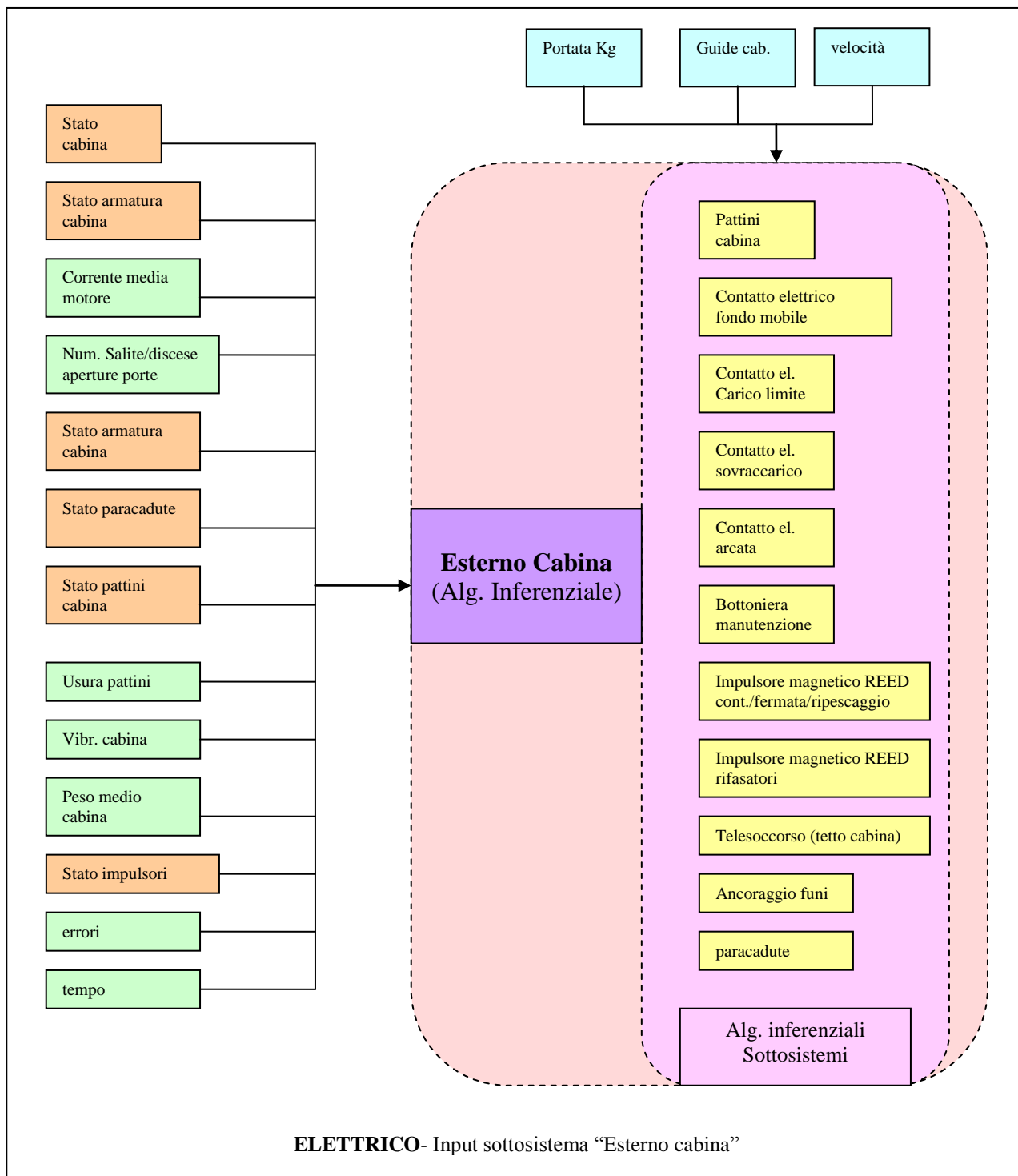


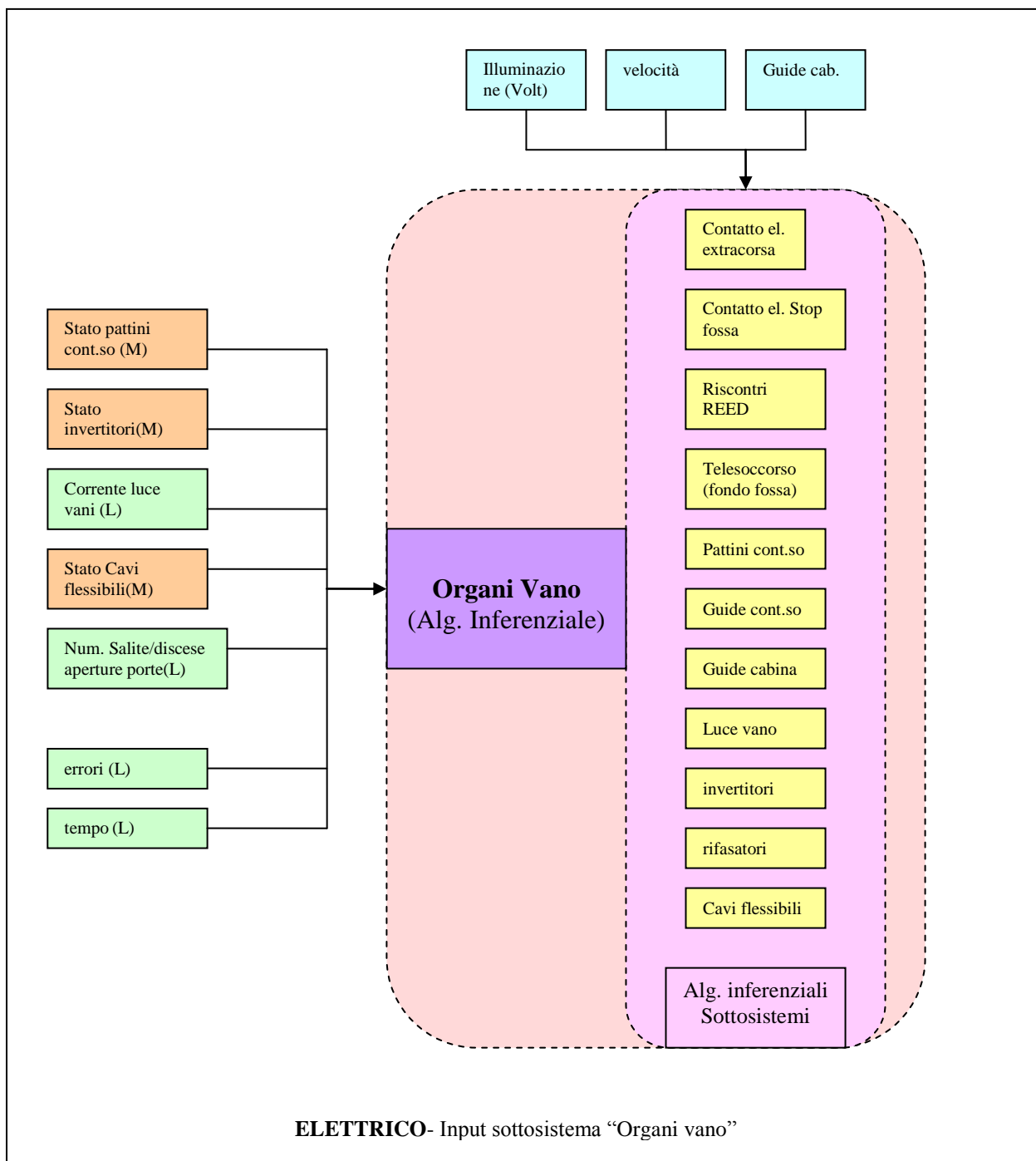


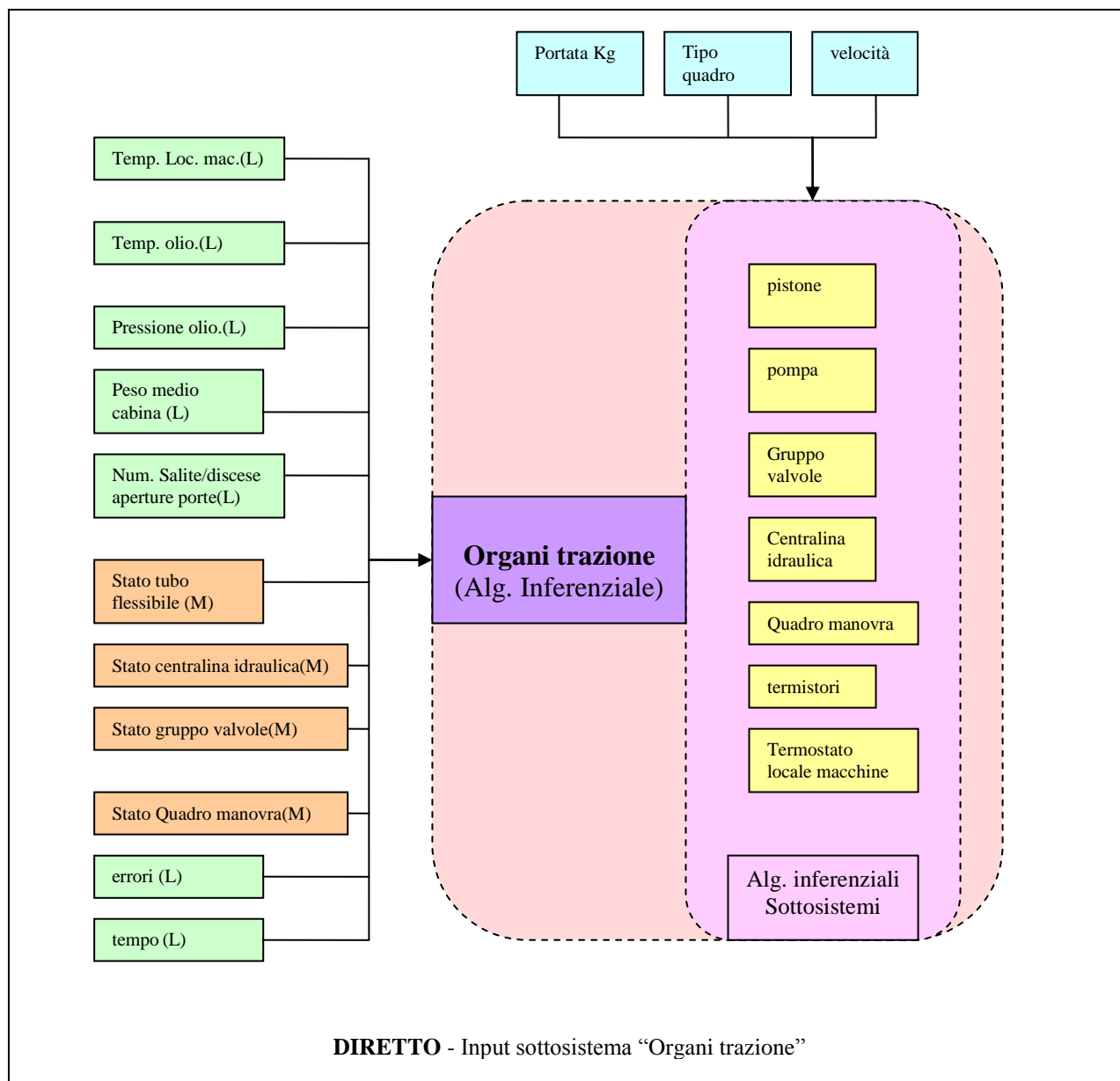


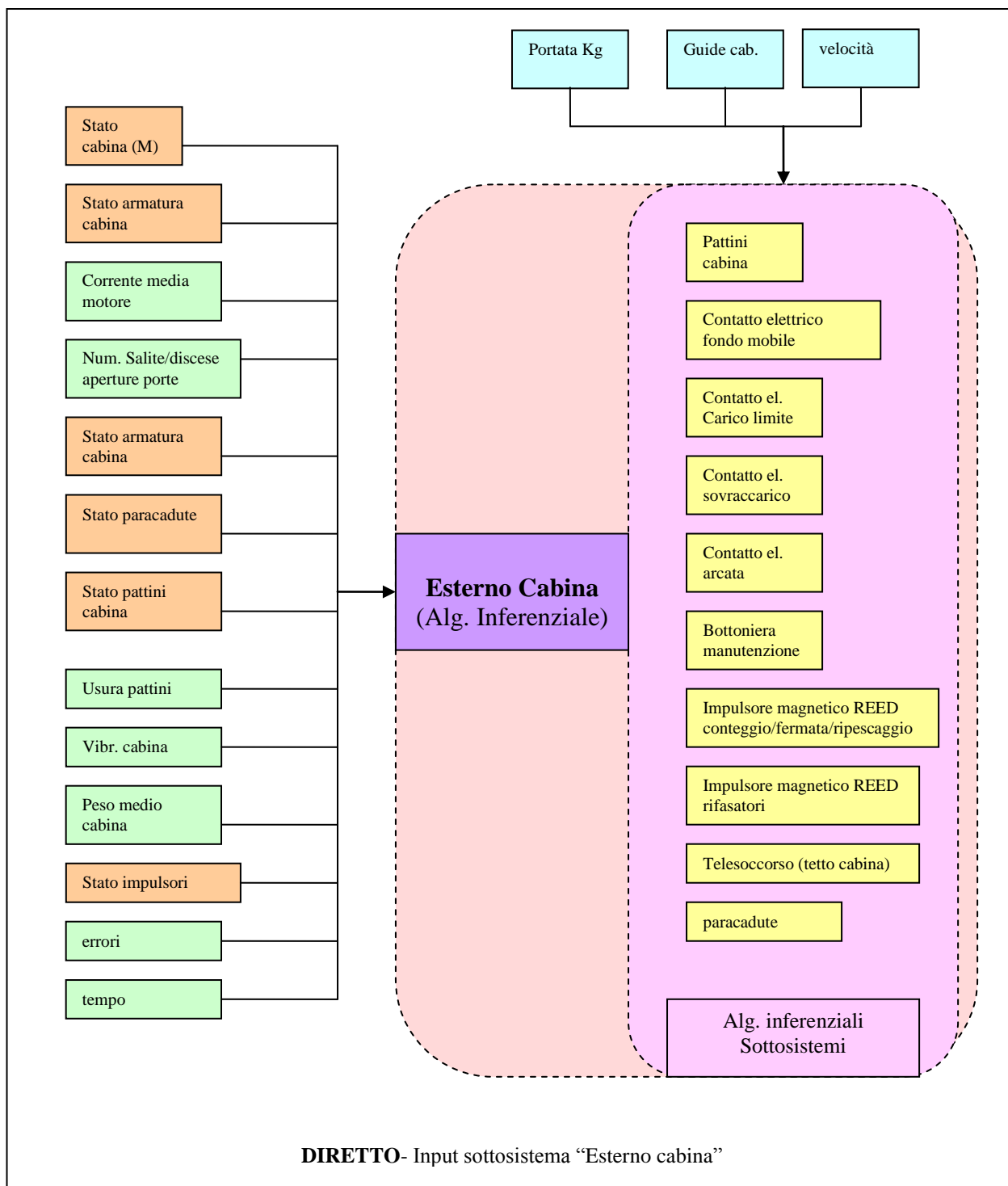


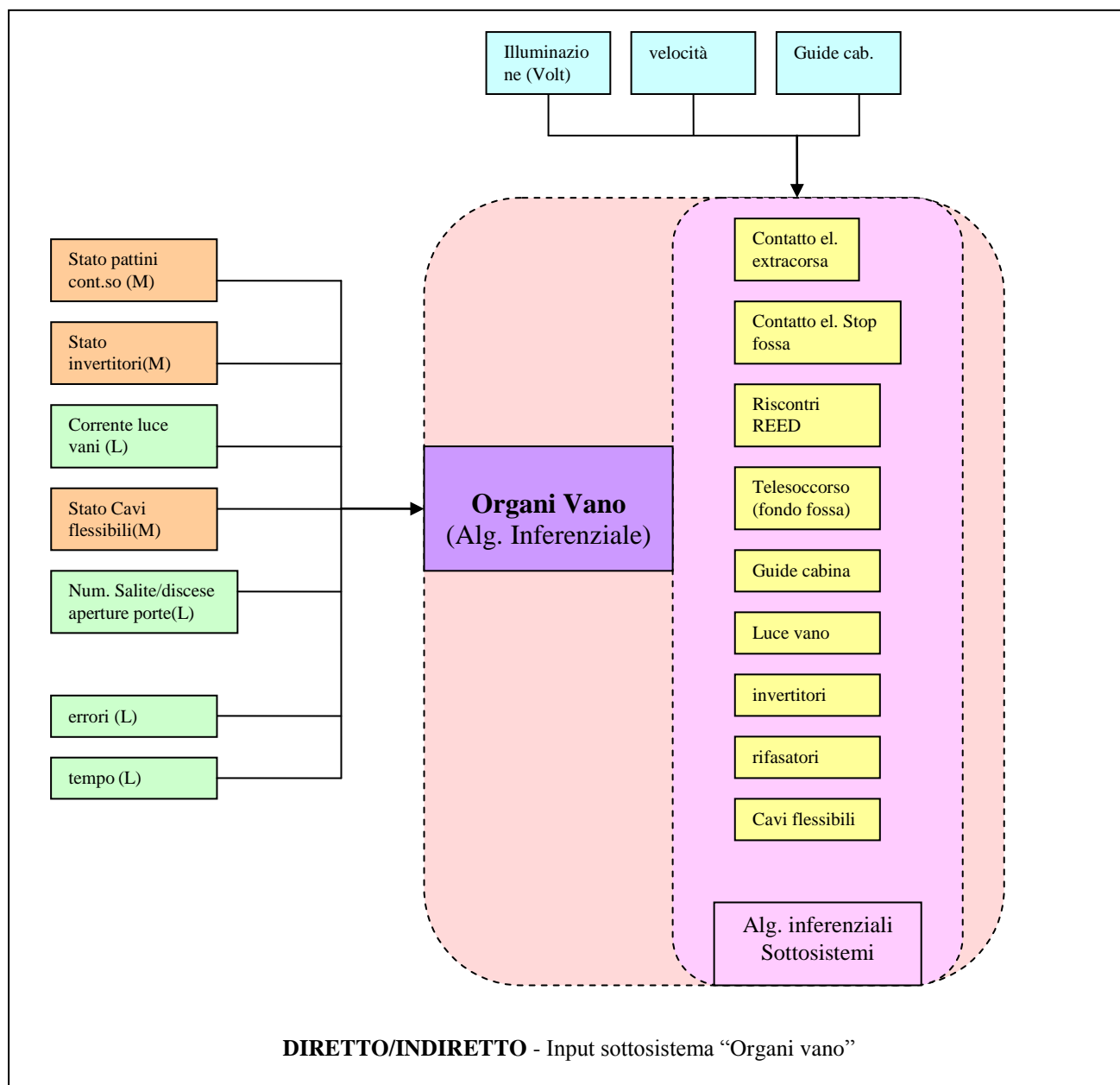


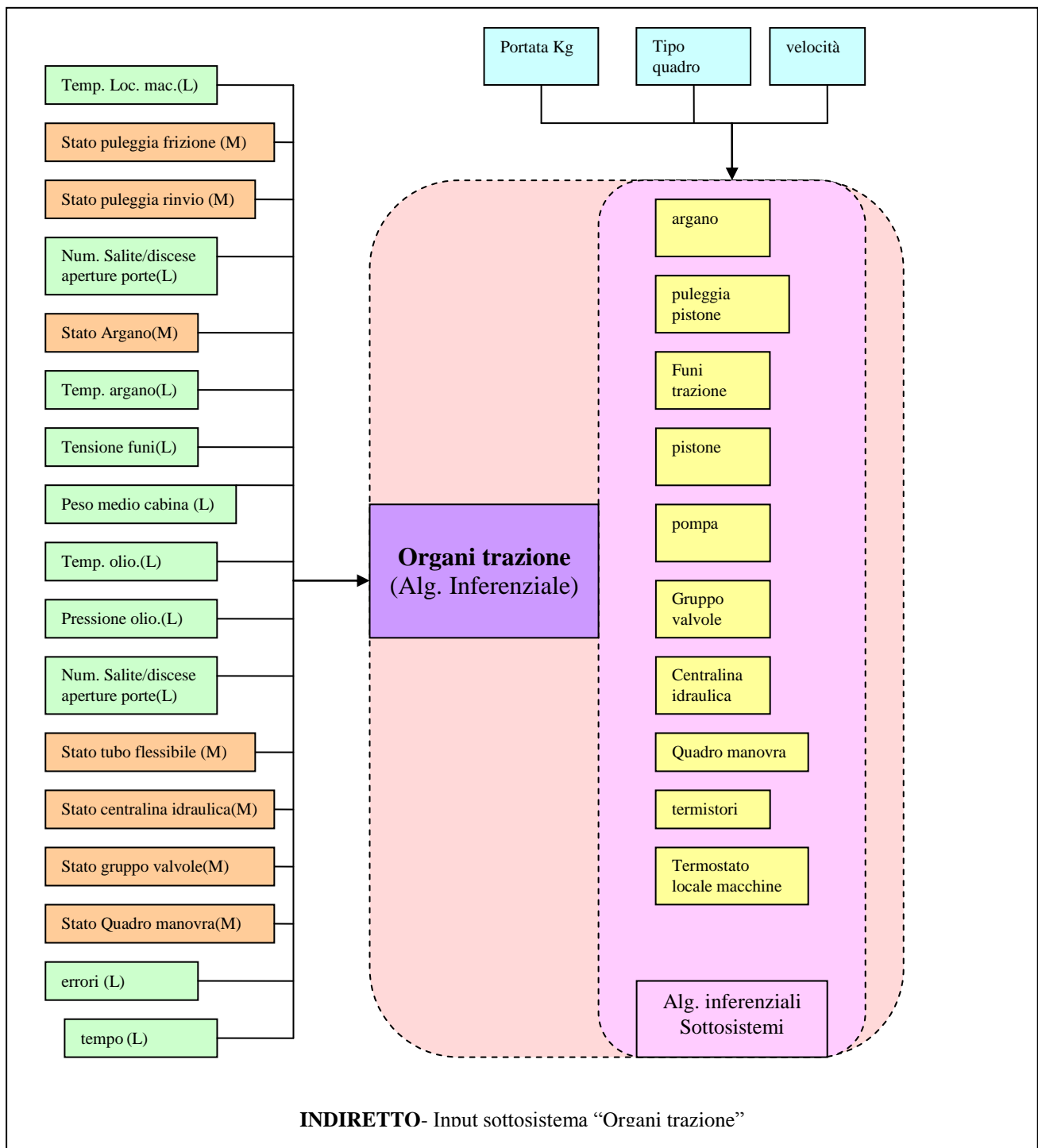


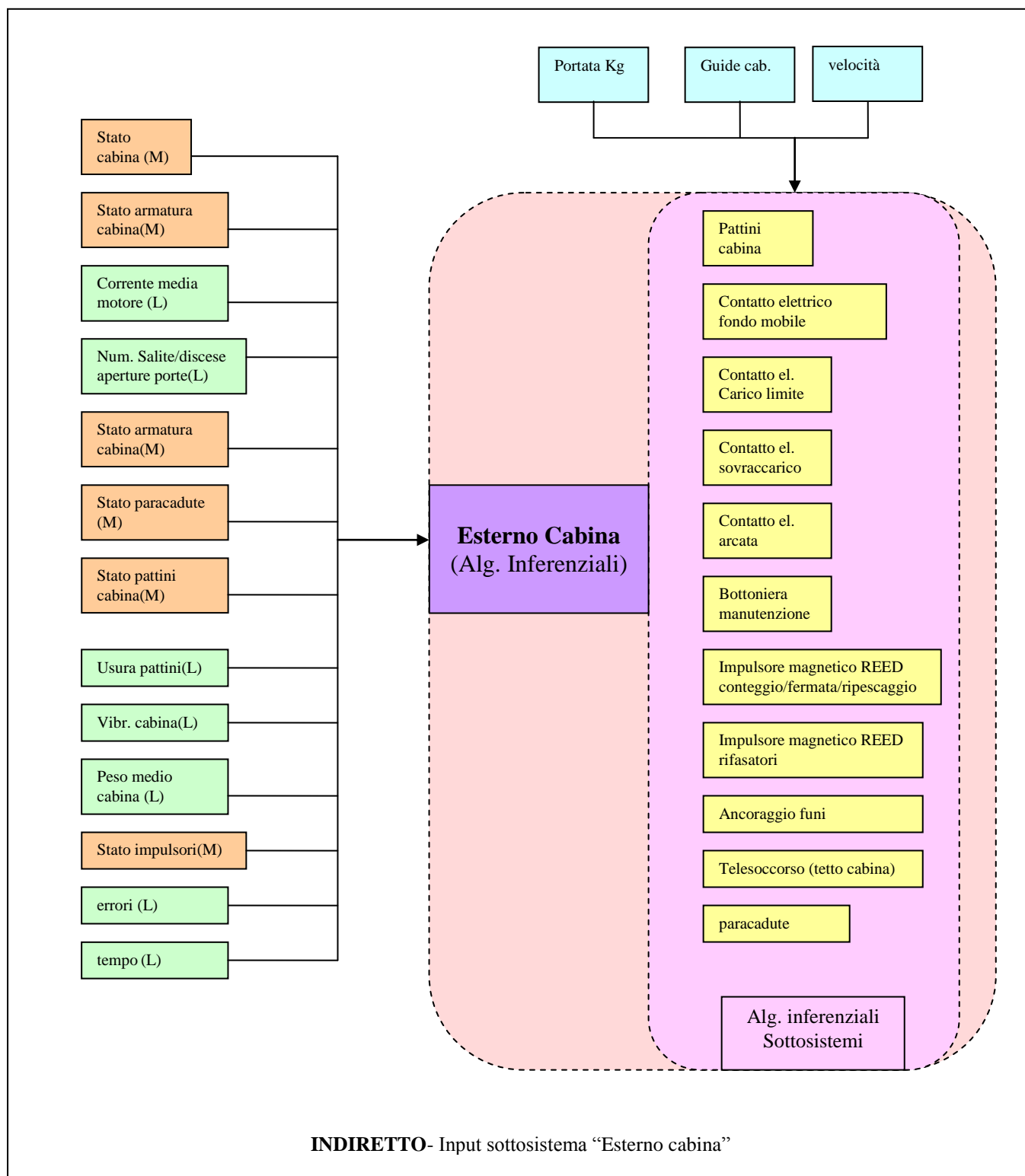










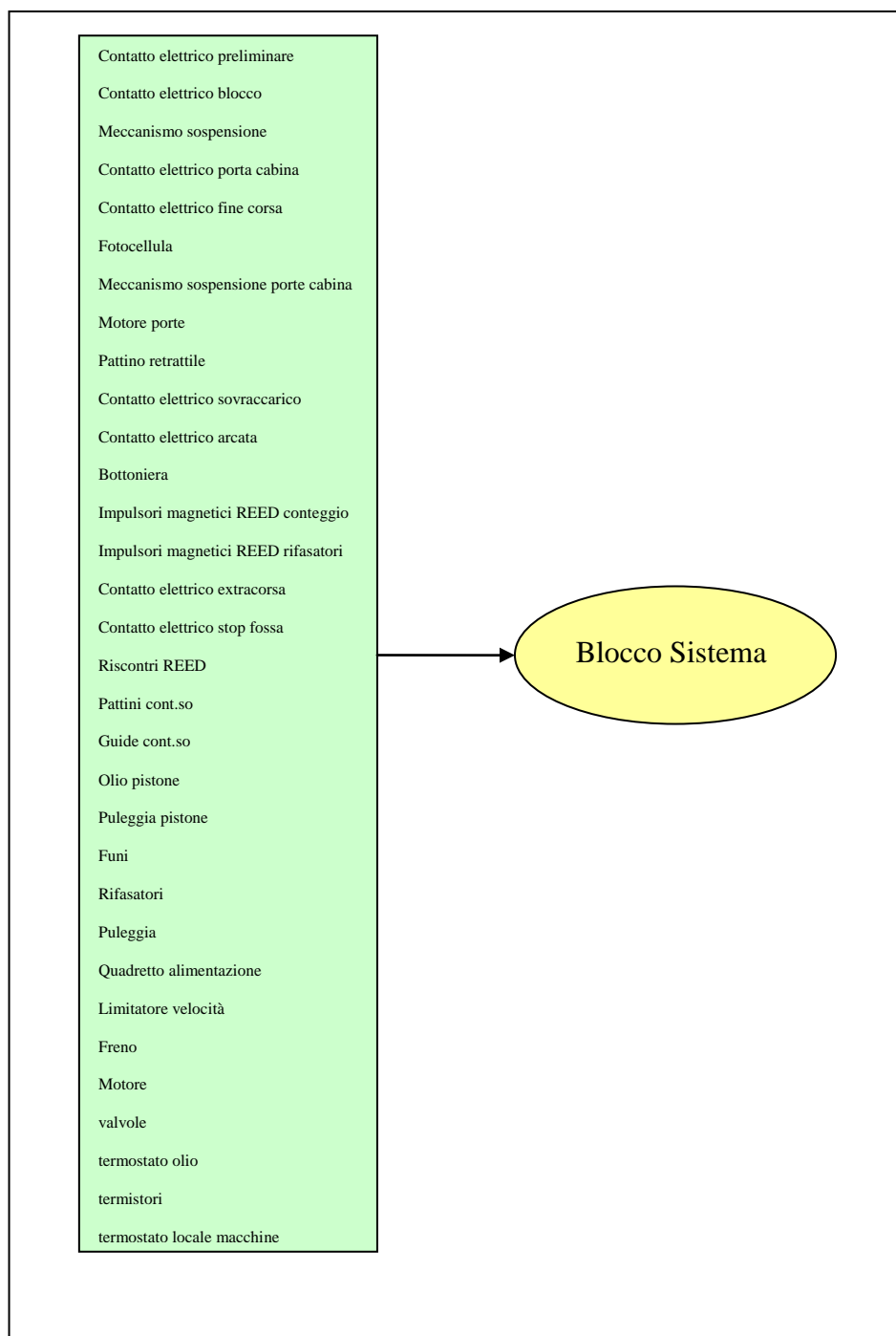


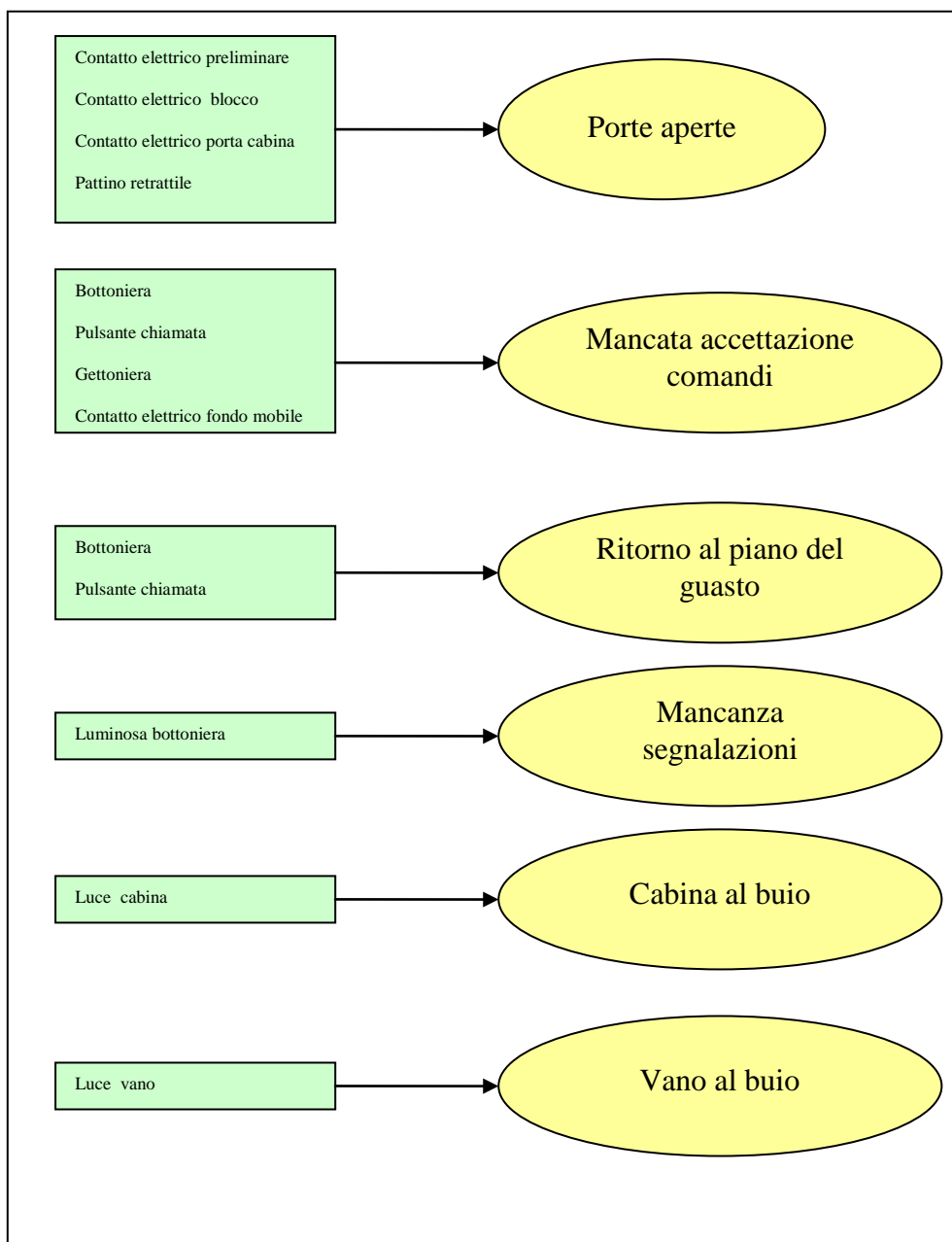


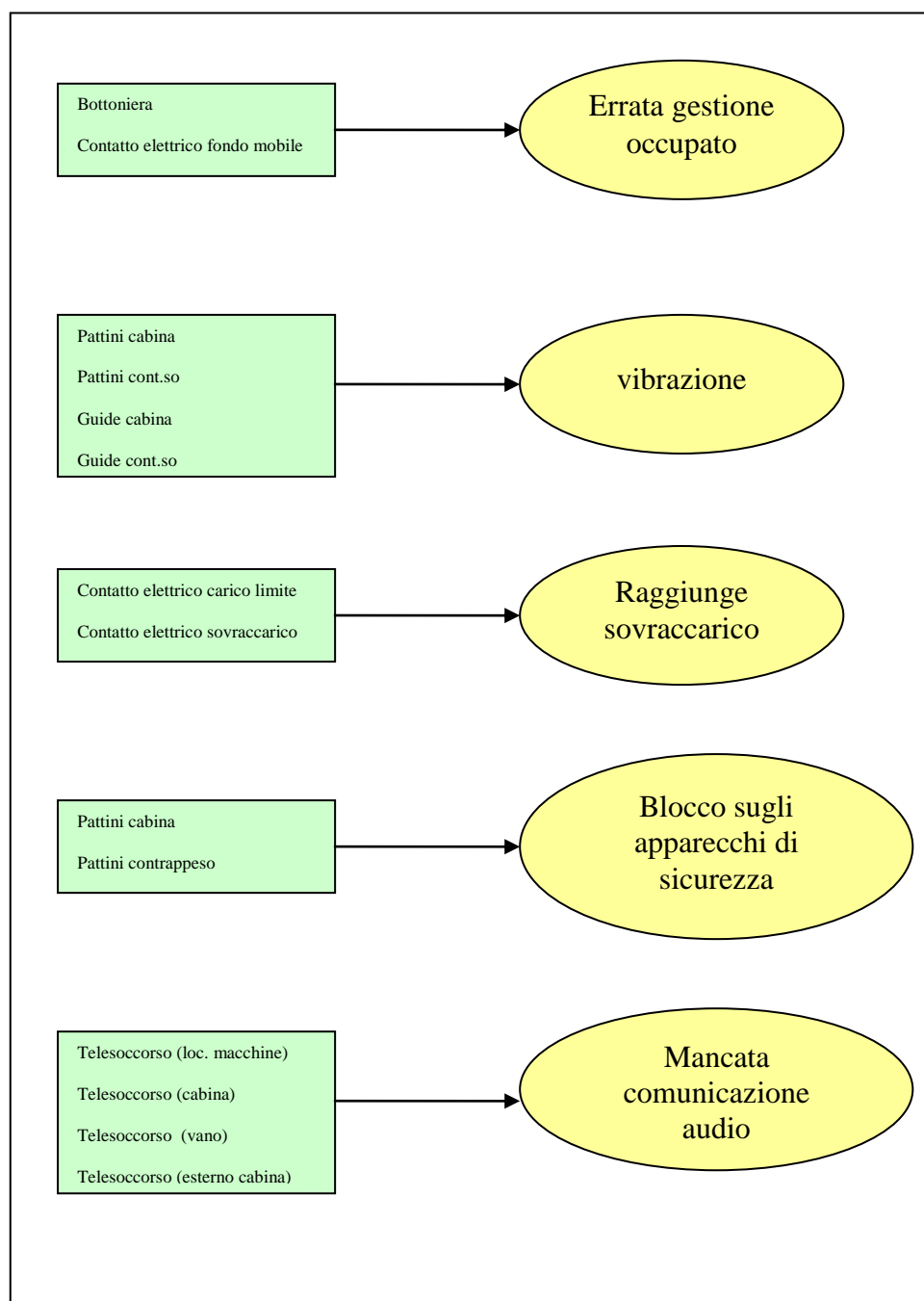
	<p style="text-align: center;"><b>RELAZIONE TECNICO SCIENTIFICA DI PROGETTO</b></p>	<p>Data: 08/10/2007</p>	<p>Pag. 33</p>
---	---	-----------------------------	----------------

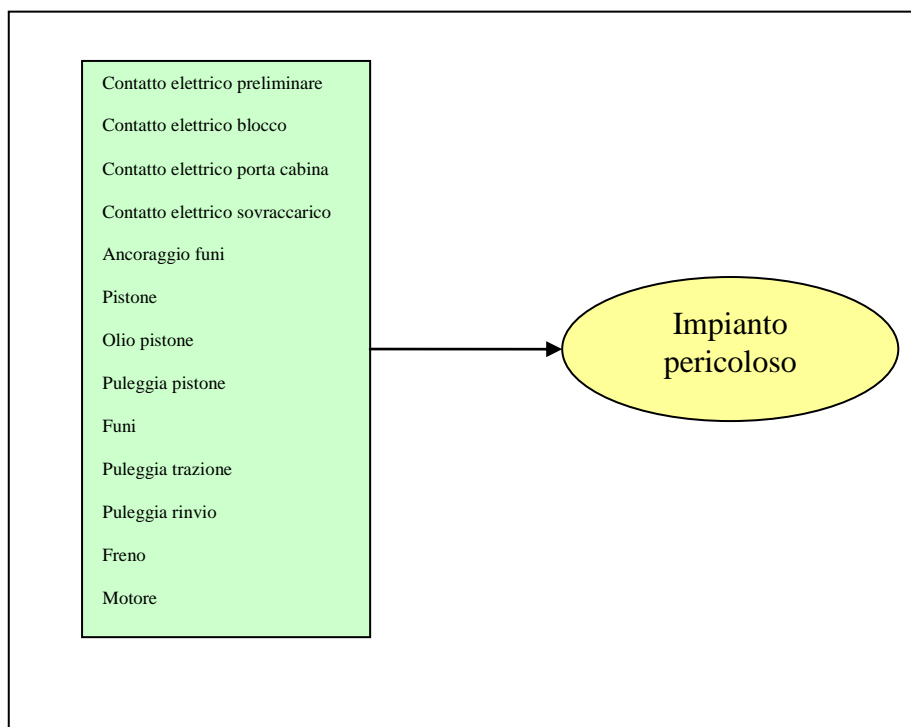
***Classificazione Inferenziale sottosistemi-anomalie***

Oltre alle relazioni inferenziali tra gli input presenti sul database, a disposizione del sistema esperto, e sottosistemi, la base di conoscenza deve contenere anche le inferenze tra i sottosistemi identificati e le anomalie possibili. In tale senso il documento allegato (analisi guasti impianto ascensore) può essere rappresentato con la classificazione mostrata nelle schematizzazioni riportate nelle immagini che occupano il resto del paragrafo. Tali schemi raggruppano le componenti elementari degli impianti in base alla criticità del loro ruolo e alle conseguenze di un loro guasto sul funzionamento generale dell'impianto.









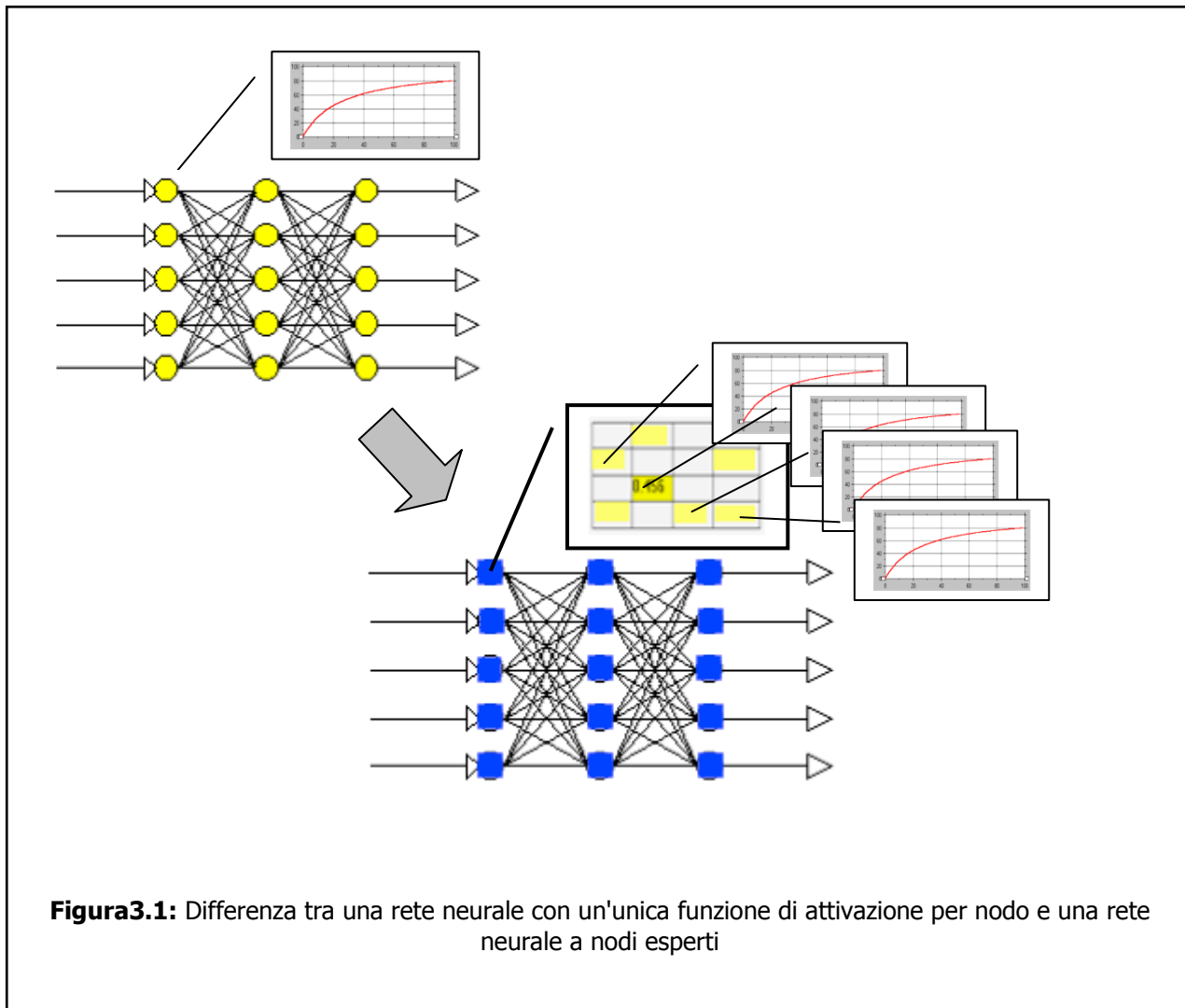
	<b>RELAZIONE TECNICO SCIENTIFICA DI PROGETTO</b>	Data: 08/10/2007	Pag. 38
---	--	---------------------	---------

### 3. STATO DELL'ARTE E GRADO DI INNOVAZIONE INTRODOTTO

Abbiamo detto che la soluzione al problema esposto è un sistema basato su reti neurali Fuzzy a nodi esperti perché un sistema di questo tipo mette insieme i vantaggi di un modello connessionistico, quelli della metodologia incrementale e multicriteriale e quelli dell'approccio sistemico/olistico che prevede una scomposizione "bottom-up" dei domini di conoscenza.

Il sistema proposto, al contrario delle black-box rappresentate delle reti neurali tradizionali, costituisce un sistema "in chiaro" rispetto alla conoscenza del dominio ove vengono applicate le reti; inoltre il sistema esperto in esame, rispetto alle reti neurali classiche, permette una capacità di elaborazione  $[i,j]^m$  più elevata, dove  $i$  e  $j$  sono rispettivamente il numero di input e il numero di output di un nodo e  $m$  è il numero di nodi della rete (figura 3.1).

Infine è di fondamentale importanza sottolineare la flessibilità di un sistema come quello descritto rispetto ai tradizionali sistemi esperti basati su regole perché l'approccio sistemico permette di operare su domini complessi ed estesi lavorando su una maggiore ingegnerizzazione della Base di Conoscenza e del Motore delle Inferenze (sui livelli di sintesi): in un sistema basato su regole, infatti, l'aggiunta di una inferenza o la modifica della base di conoscenza può essere un'operazione noiosa, complessa, rischiosa e difficilmente eseguibile da un utente inesperto. Il modello proposto, invece, scompone una base di conoscenza complessa e costituita da dati eterogenei in sotto-domini più semplici e costituiti da informazioni omogenee; questo implica che la stessa progettazione della base di conoscenza diventi un'operazione eseguibile anche da un utente che non abbia nozioni specifiche di logica e di ingegneria della conoscenza; inoltre, i diversi sotto-domini sono gestiti attraverso unità di elaborazione elementari e perciò facili da progettare, gestire e mantenere; le stesse inferenze e i ragionamenti, infine, realizzati attraverso il già citato metodo connessionistico, sono di immediata comprensione.



	<b>RELAZIONE TECNICO SCIENTIFICA DI PROGETTO</b>	Data: 08/10/2007	Pag. 40
---	--	---------------------	---------

#### 4. SPECIFICA TECNICA DEL PROTOTIPO DIMOSTRATORE

Il problema in esame riguarda il monitoraggio, l'analisi, la diagnostica e la programmazione ottimale degli interventi di manutenzione relativi ad n impianti ascensore.

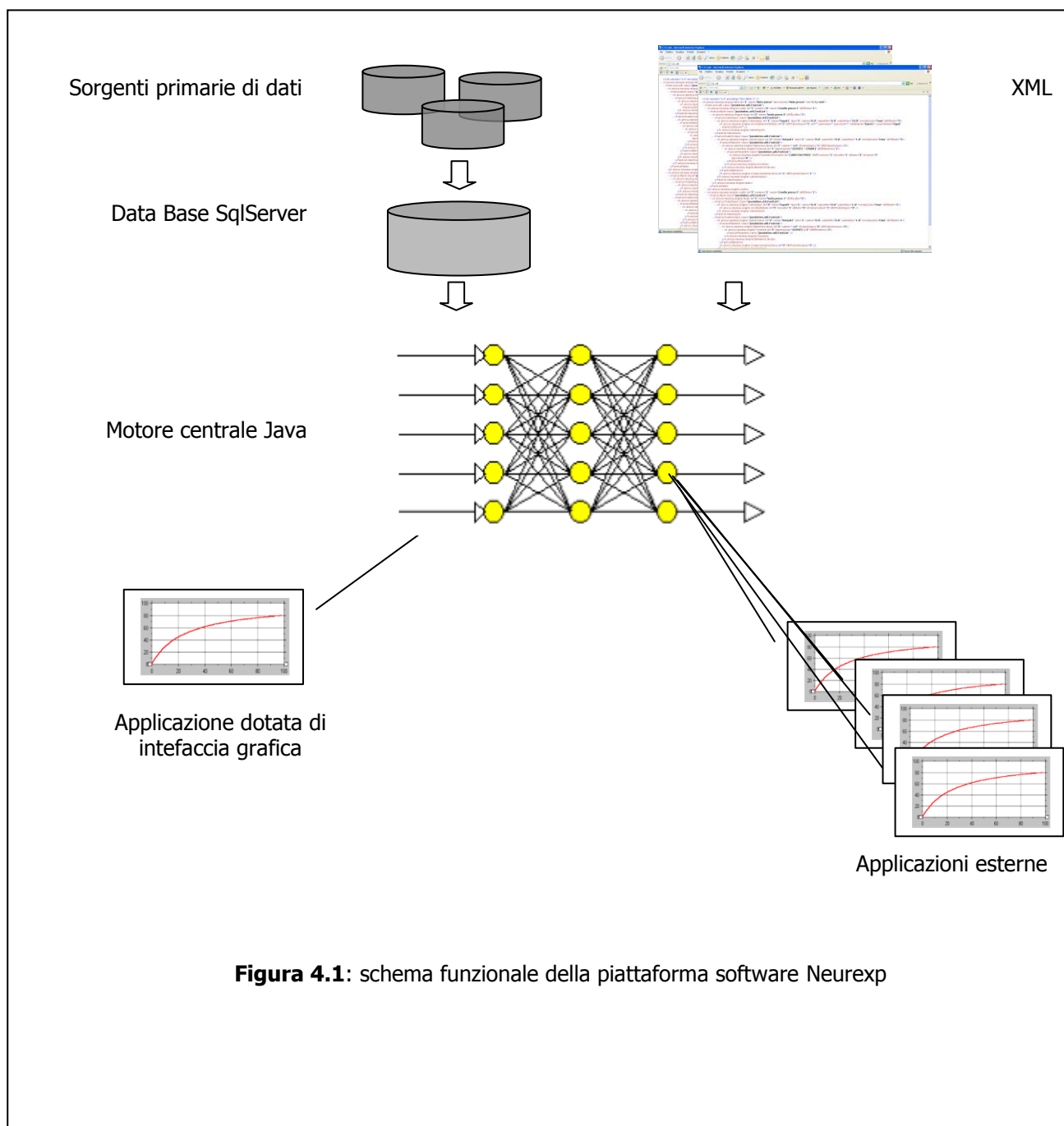
Abbiamo sottolineato come la soluzione ad un problema di questo tipo possa essere un sistema esperto basato su reti neurali Fuzzy a nodi esperti, per la capacità di un modello di questo tipo di adattarsi alle problematiche che necessitano l'applicazione di inferenze a grandi quantità di dati diversi per tipo, fonte e qualità.

Anova dispone della piattaforma software Neurexp, pensata per la progettazione e l'implementazione di reti neurali Fuzzy a nodi esperti; tale piattaforma consiste nei seguenti elementi:

- Strumenti per l'acquisizione dei dati dalle sorgenti primarie
- Un DataBase SqlServer per le operazioni di I/O di base, ossia la memorizzazione stabile dei dati e il loro utilizzo/consultazione
- Una serie di componenti XML che consentano la memorizzazione trasparente, indipendente e portabile delle reti cognitive
- Un motore centrale Java flessibile, portabile, manutenibile ed estendibile contenente le funzionalità di base della piattaforma (definizione, salvataggio e calcolo delle reti neurali a nodi esperti)
- Uno strato di software Java che permetta l'interazione del suddetto motore con applicazioni esterne
- Un'applicazione Java dotata di interfaccia grafica che fornisca un supporto all'utente finale nella creazione, memorizzazione e sperimentazione delle reti neurali

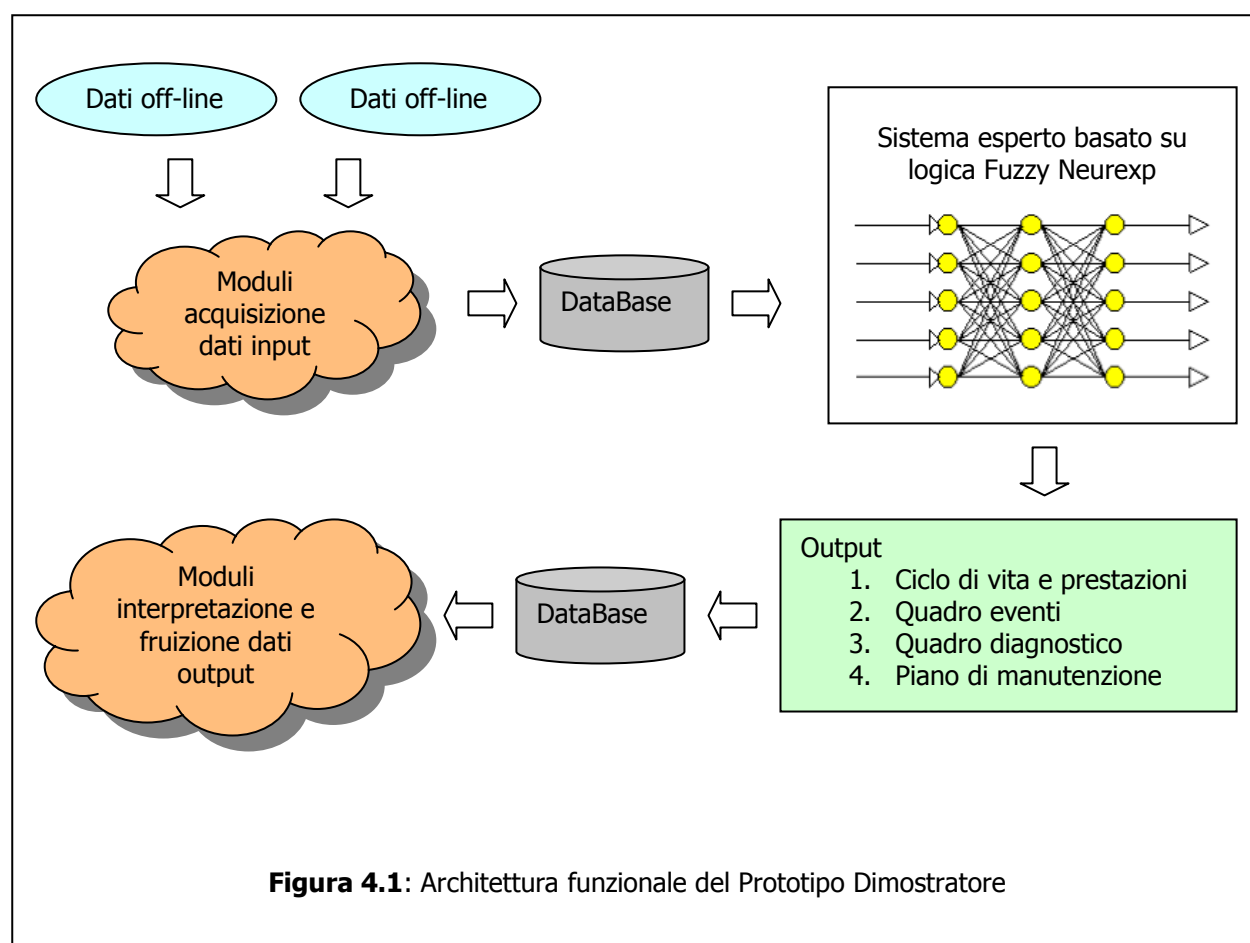
I componenti elencati sono schematizzati nella figura 4.1





In base alle analisi e alle argomentazioni esposte, quindi, una soluzione al problema è quella schematizzata nella figura 4.2; tale soluzione prevede:

1. Eventuali moduli software per l'acquisizione e la memorizzazione su database dei dati off-line (le schede tecniche di impianto risultati dagli interventi di manutenzione) e real-time (i log file derivanti dall'elaborazione della scheda TCPU di TKM)
2. Un database contenente i dati e le informazioni menzionati
3. Il sistema esperto basato su logica Fuzzy Neurexp, responsabile della costruzione di una base di conoscenza modellata attraverso un'opportuna rete cognitiva e dell'elaborazione delle informazioni contenute nella base di conoscenza stessa al fine di ottenere le diagnosi e le previsioni richieste
4. Eventuali moduli software per la fruizione dei dati di output del sistema esperto



	<b>RELAZIONE TECNICO SCIENTIFICA DI PROGETTO</b>	Data: 08/10/2007	Pag. 43
---	--	---------------------	---------

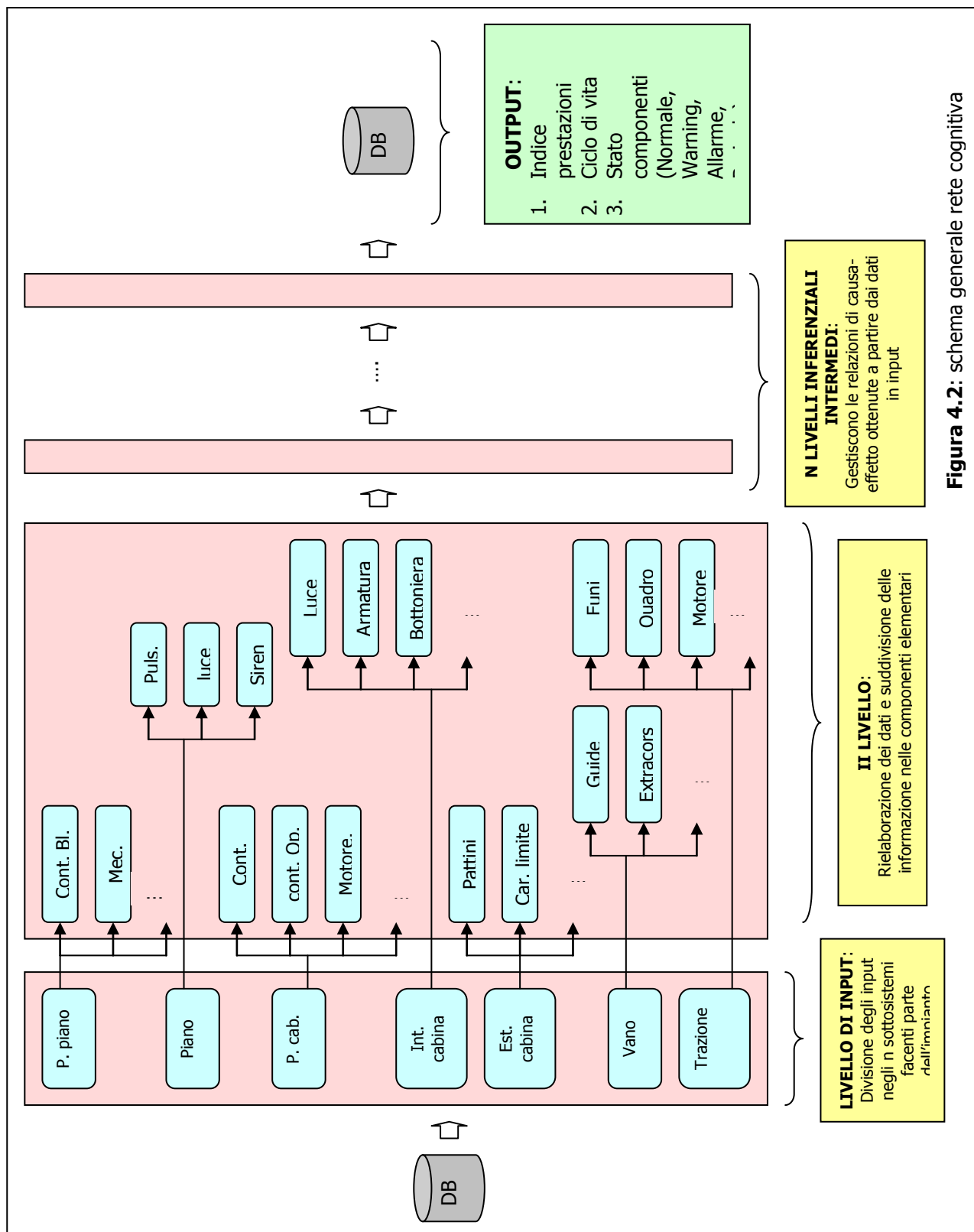
Resta da analizzare lo specifico modello di rete cognitiva applicabile al problema.

Come si ricorderà, nell'analisi dei requisiti funzionali del sistema, si è parlato dell'obiettivo di ottenere diagnosi e previsioni riguardanti le attività di manutenzione relativi ai diversi componenti di ciascun impianto ascensore.

Per rispondere agli obiettivi menzionati e per sfruttare al massimo le potenzialità di un modello che, come si è detto, sfrutta la suddivisione di una base di conoscenza complessa ed eterogenea in sotto-domini omogenei ed elementari, nella progettazione della rete cognitiva ci siamo preoccupati di scomporre ciascun impianto ascensore nelle componenti funzionali elementari significative ai fini delle operazioni di diagnosi e manutenzione; tale scomposizione è avvenuta per livelli successivi in modo da restringere il problema generale in sottoproblemi via via più semplici.

Il modello di rete in esame sarà quindi un oggetto simile a quello schematizzato nella figura 4.2. Tale rete ha le seguenti caratteristiche:

1. Un livello di input responsabile dell'acquisizione mirata dei dati off-line e real-time dal database e nella loro attribuzione a dei macro-sottosistemi dell'impianto
2. Un secondo livello in cui gli input vengono rielaborati e suddivisi nei i nodi rappresentanti le componenti elementari da considerare oggetto di manutenzione
3. Diversi livelli intermedi responsabili dell'analisi e della combinazione dei dati di input al fine di ottenere le relazioni di causa-effetto e le inferenze richieste (livelli di inferenze)
4. Un livello di output che ricavi dalle inferenze suddette:
  - L'indice di prestazioni di ciascun componente dell'impianto e, di conseguenza, l'indice di prestazioni complessivo dell'impianto
  - L'analisi del ciclo di vita di ciascun componente e, di conseguenza, l'analisi del ciclo di vita complessivo dell'impianto
  - Una codifica dello stato di ciascun componente dell'impianto, individuando, in particolare, stati di allarme, di pericolo e di warning
  - Una pianificazione degli interventi di manutenzione preventiva e straordinaria necessari per ciascun impianto che tenga conto della manutenzione programmata, che specifichi il grado di urgenza di ciascun intervento e che proponga una eventuale stima dell'entità dei danni e dei pezzi di ricambio necessari



**Figura 4.2:** schema generale rete cognitiva

	<p align="center"><b>RELAZIONE TECNICO SCIENTIFICA DI PROGETTO</b></p>	<p>Data: 08/10/2007</p>	<p>Pag. 45</p>
---	--	-----------------------------	----------------

Ovviamente, in conformità alle già citate caratteristiche di modularità e flessibilità, la rete cognitiva potrà essere estesa in qualunque momento, seguendo l'evolversi del problema e della stessa base di conoscenza: si potrà pensare, ad esempio, a porre l'attenzione su componenti diverse da quelle pensate nella progettazione iniziale oppure si potrà gestire un numero di input/output maggiori o minori rispetto a quelli previsti.

Resta forse da chiarire meglio il significato di alcuni output; nello specifico ci riferiamo ai concetti di "indice di prestazioni" e "ciclo di vita" di un componente di un impianto (o dell'impianto stesso). Dato un qualunque componente, associata al componente una funzione d'uso e definito un livello di affidabilità richiesta, si parla di ciclo di vita del componente come del periodo di tempo durante il quale l'impianto è in grado di mantenere il livello di affidabilità richiesta in relazione alla funzione d'uso. Data una determinata finestra temporale di riferimento e un indice di prestazioni iniziale, l'indice di prestazioni di un componente è funzione dipendente dal tempo e da calcoli sui parametri caratteristici dell'usura di quel componente.

	<p align="center"><b>RELAZIONE TECNICO SCIENTIFICA DI PROGETTO</b></p>	<p>Data: 08/10/2007</p>	<p>Pag. 46</p>
---	--	-----------------------------	----------------

## 5. TEST E VALIDAZIONE

Il sistema realizzato verrà testato e validato da una serie di esperimenti effettuati tramite un simulatore del funzionamento dell'impianto ascensore. Gli esperimenti saranno costruiti sulla base di schede tecniche di impianti esistenti considerando sistematicamente situazioni diverse d'utilizzo. Ogni esperimento verrà registrato assieme a tutte le informazioni e i dati necessari per la sua ripetibilità.

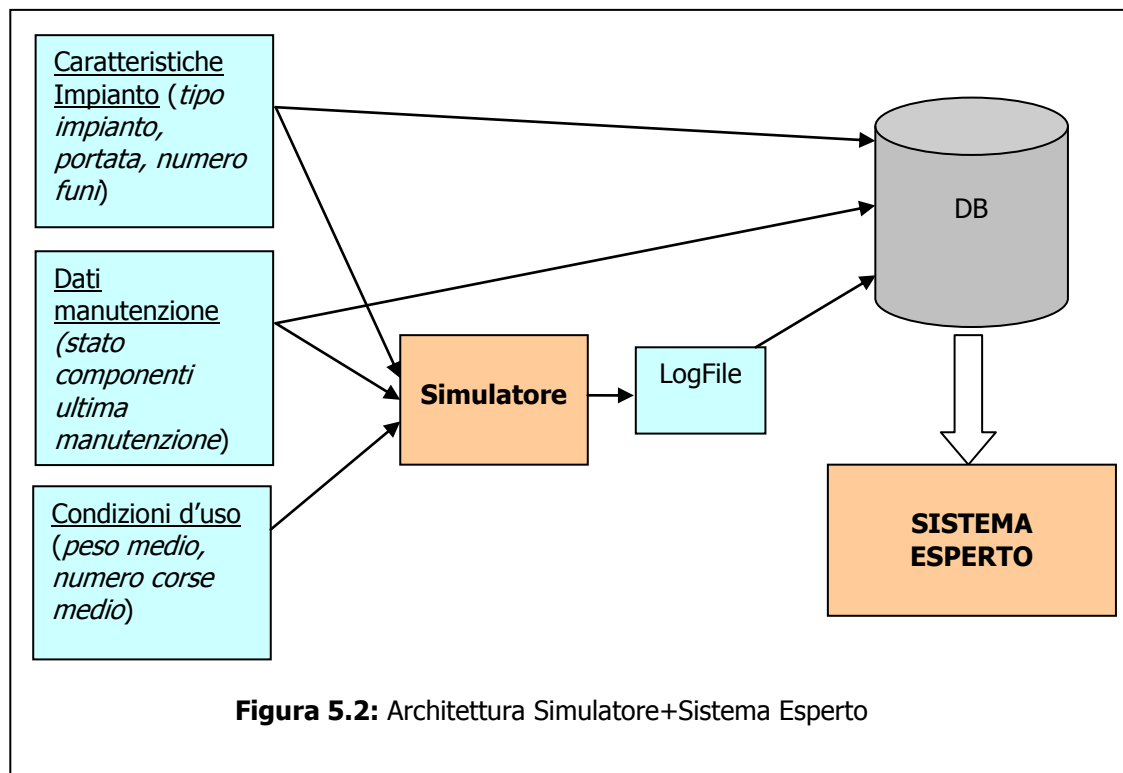
### 5.1 IL SIMULATORE

Lo scopo principale del simulatore è quello di generare i valori *runtime* che vengono registrati dalla scheda TCPU nel *log file* utilizzato dal sistema esperto.

Il simulatore riceve in ingresso i dati di stato delle varie componenti ascensore, così come vengono fornite dal manutentore all'atto della manutenzione, assieme ad alcune informazioni riguardanti le condizioni d'utilizzo (peso medio, numero corse) ed informazioni caratteristiche dell'impianto (portata Kg, numero funi, tipo impianto, ecc..).

Per la generazione dei valori, il simulatore utilizza un motore inferenziale basato su base di conoscenza; tale base di conoscenza viene costruita attraverso lo studio dei dati storici e delle informazioni acquisite durante gli incontri con il cliente. In essa vengono formalizzate le relazioni che sussistono tra le varie grandezze fisiche monitorate dalla centralina scheda TCPU e le caratteristiche dell'impianto assieme alle condizioni d'utilizzo dello stesso.

Una volta generato il *log file* si hanno a disposizione tutte le informazioni che durante l'esercizio andrebbero a popolare il *database* (dati manutenzione, caratteristiche impianto, logfile,...) con cui il sistema esperto si interfaccia (vedi fig. 5.2).



## 5.2 VANTAGGI DEL SIMULATORE

Il vantaggio di utilizzare una procedura di test basata sull'utilizzo di un simulatore con le caratteristiche descritte sta nel fatto che vengono generati valori, delle grandezze fisiche monitorate dalla scheda di TCPU, coerenti con il funzionamento dell'ascensore e con gli input forniti, grazie al fatto che il simulatore utilizza una base di conoscenza. Tale coerenza nella generazione delle letture dei sensori permette, in ambito di test, di costruire esperimenti significativi e realistici del funzionamento dell'ascensore.

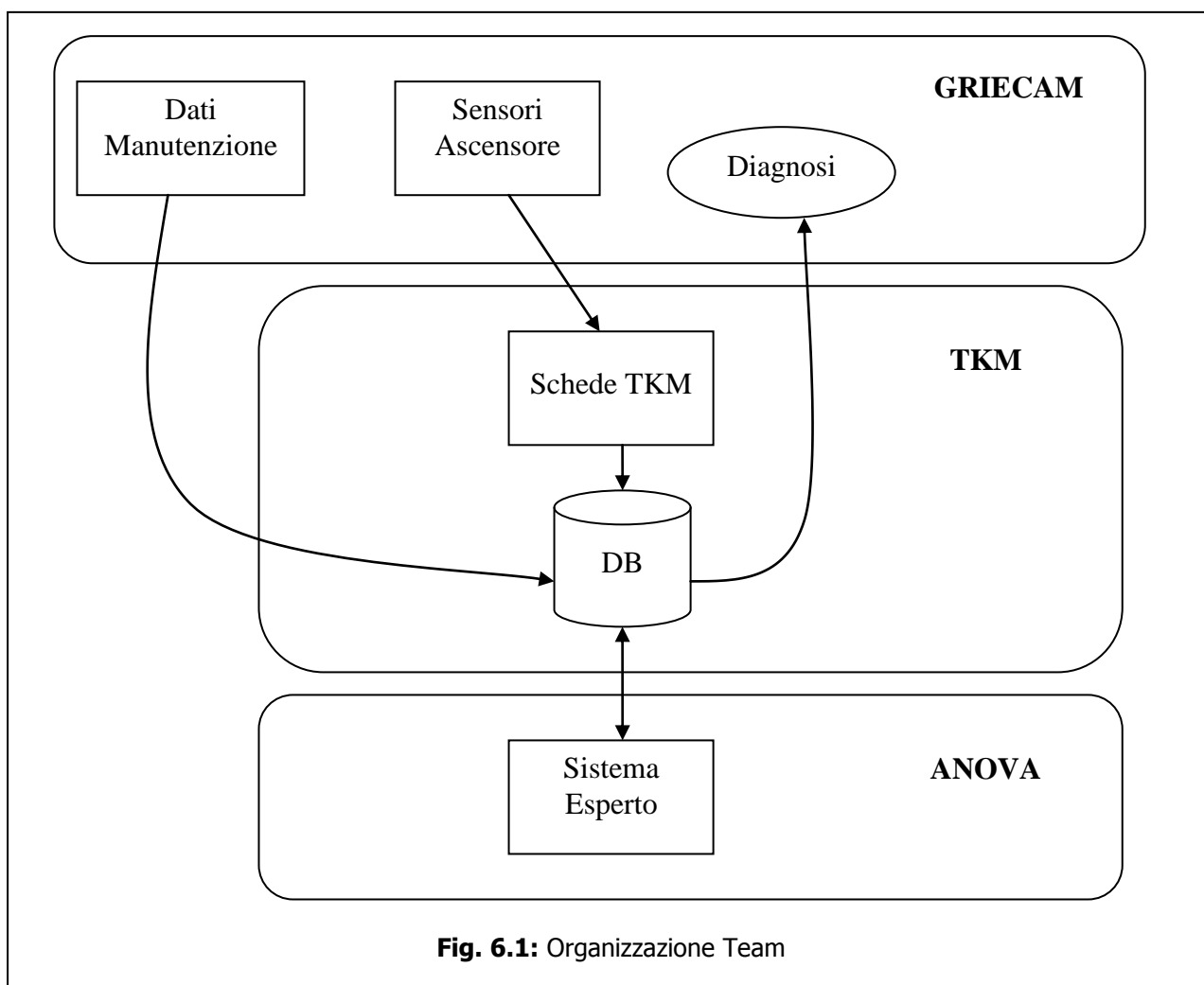
Con l'utilizzo di questo strumento è, oltretutto, possibile simulare il funzionamento di un impianto in maniera accelerata e testare il sistema esperto in pochi minuti su quelli che sarebbero output generati solo dopo settimane di funzionamento reale.

## 6. GESTIONE OPERATIVA E TIMING DI PROGETTO

Il team impegnato nello sviluppo del progetto è composto da responsabili appartenenti alle seguenti aziende interessate:

- **GRIEC.A.M:** utente finale e committente del progetto "TELESECURITY"
- **TKM:** coordinatore del progetto e committente di Anova
- **Anova:** responsabile prototipo Sistema Esperto per la parte di ricerca e sviluppo del progetto

I ruoli e gli interfacciamenti tra i componenti del team si possono schematizzare secondo il seguente diagramma (vedi fig. 6.1).





Per quanto riguarda lo sviluppo del prototipo di sistema esperto esso prevede una fase di studio, con accompagnata relazione tecnico-scientifica (la presente), seguita dalla realizzazione di un prototipo dimostratore con cui sarà possibile verificare la correttezza della soluzione proposta. Il prototipo del sistema esperto sarà fornito di un modulo di testing e simulazione con cui verranno effettuati gli esperimenti prima della messa in opera. Nello specifico le attività relative alla realizzazione del sistema esperto, appena citate, verranno distribuite nel tempo secondo il gantt riportato nella tabella 6.2.

Attività	SET.07		OTT.07		NOV.07		DIC.07	
Relazione tecnico scientifica di progetto								
Implementazione SW prototipo del Sistema Esperto Fuzzy								
Implementazione SW del Modulo di Testing e Simulazione								
Validazione e Testing								
Servizi di Formazione e Addestramento								

Tabella 6.2