

# **Gestione personale ATC**

**22 giugno 2023**



# Indice

<b>List of Abbreviations</b>	<b>II</b>
<b>1 Analisi dei requisiti</b>	<b>1</b>
1.1 Intervista . . . . .	1
1.2 Rilevamento delle ambiguità e correzioni proposte . . . . .	2
1.3 Definizione delle specifiche in linguaggio naturale ed estrazione dei concetti principali . . . . .	4
1.3.1 Specifiche in linguaggio naturale . . . . .	4
1.3.2 Estrazione dei concetti principali . . . . .	5
<b>2 Progettazione Concettuale</b>	<b>7</b>
<b>3 Progettazione logica</b>	<b>9</b>
3.1 Stima del volume dei dati . . . . .	9
3.2 Descrizione delle operazioni principali e stima della loro frequenza . . . . .	9
3.3 Schemi di navigazione e tabelle degli accessi . . . . .	10
3.4 Raffinamento dello schema . . . . .	14
3.5 Analisi delle ridondanze . . . . .	15
3.6 Traduzione di entità e associazioni in relazioni . . . . .	15
3.7 Schema relazionale finale . . . . .	17
3.8 Traduzione delle operazioni in query SQL . . . . .	19

## Abbreviazioni

ATC	Air Traffic Control
IFR	Instrument flight rules
VFR	Visual flight rules
ATCO	Air Traffic Control Officer
TWR	Tower
CTR	Control Area
APP	Approach
ACC	Area Control Center
DOF	Date of flight

# 1. Analisi dei requisiti

Si vuole realizzare un database atto al supporto e alla gestione del personale di controllo del traffico aereo.

## 1.1 Intervista

Un primo testo ottenuto dall'intervista è il seguente (Estrema semplificazione rispetto ad un caso reale):

Si richiede di creare uno strumento che permetta di allocare i turni di lavoro delle rispettive posizioni. La giornata è suddivisa in 3 turni da 8 ore (8:00, 16:00, 24:00), dopo ogni turno lavorativo un controllore deve avere almeno 3 turni di riposo prima di tornare al lavoro, per un massimo di 300 turni annuali. Esistono 3 tipi di posizioni, ognuna relativa ad un segmento della tratta di volo diverso.

- Aerodromo: I punti di partenza e di arrivo delle tratte, ogni aerodromo ha una o più piste.
- Avvicinamento: Sono posizioni il cui compito è di instradare il traffico negli ultimi e nei primi tratti di volo. Creando ove necessario sequenze<sup>1</sup> di traffico.
- En-Route: la cui attività è di risolvere conflitti tra le rotte degli aeromobili in fase di crociera, facendoli virare o aumentandone o abbassandone la quota di volo.

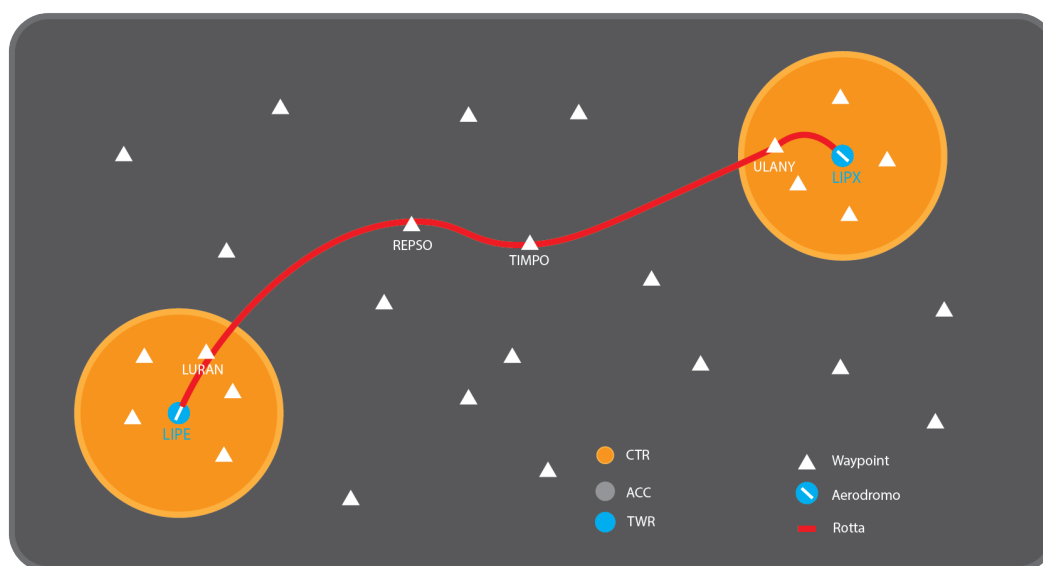


Figura 1.1: "Un esempio di una rotta e dei settori attraversati"

Ogni posizione è contenuta all'interno di un Centro, e ogni posizione contiene uno o più settori, un settore è uno spazio aereo contenente dei waypoint. Durante tutti i turni ogni

<sup>1</sup>Numero di aerei in "fila" a distanza prestabilita

settore deve essere coperto. Ogni posizione ha una capacità massima data dal fatto che un controllore è in grado di gestire uno spazio aereo limitato, quindi le posizioni che contengono più settori avranno una capacità inferiore rispetto a quelle che ne contengono di meno (i settori possono essere raggruppati o divisi al fine di spartire il carico di lavoro tra più posizioni). Ogni controllore è autorizzato a lavorare solamente in posizioni contenenti settori per i quali ha l'abilitazione, ogni abilitazione è relativa ad uno o più settori ed è individuale. Inoltre gli possono essere allocati turni in posizioni appartenenti al centro in cui lavora. Esistono due tipi di turni, il primo, di lavoro mentre il secondo di standby, quest'ultimo è necessario per garantire ridondanza, in caso di imprevisti (e.g. controllore malato, traffico eccessivo) per ogni 3 turni di lavoro è necessario un lavoratore che copre il turno in standby. Occorre tenere uno storico dei turni e dei relativi compensi per computare il RAL a fine anno. Ogni traffico aereo deve compilare un piano di volo almeno 3 ore prima della partenza, ogni piano di volo contiene il tipo di aeromobile, l'aerodromo di partenza, quello di arrivo e la lista di waypoint che attraverserà. Ogni punto appartiene ad un settore. Ogni controllore ha diritto a 30 giorni di ferie all'anno.

Il software deve permettere la gestione dei controllori di volo in termini amministrativi (aggiungere, licenziare, modificare), ma ancora più importante è il punto di vista logistico, ogni mese, per il successivo, verranno computati i turni, in modo da riempire tutti i settori facendo lavorare i controllori in maniera equa e selezionando le posizioni attive in modo che non venga mai superata l'occupazione limite delle posizioni (calcolando il traffico previsto sulla posizione al momento del turno).

Il secondo software dovrà permettere la gestione di una posizione di aerodromo dando la possibilità di segnare gli aerei in partenza e in arrivo.

Il terzo software dovrà fornire al supervisore del centro un overview riguardo l'occupazione prevista a breve termine (poche ore successive), e dovrà permettergli di cambiare le posizioni aperte, modificando quindi anche i turni.

## 1.2 Rilevamento delle ambiguità e correzioni proposte

Dalla descrizione fornita emergono alcuni punti ambigui o che necessitano di ulteriori specifiche. Di seguito vengono elencati tali punti e vengono proposte delle correzioni o dei chiarimenti per migliorare la comprensione del sistema richiesto.

1. **Tipi di posizioni:** Si menzionano tre tipi di posizioni (aerodromo, avvicinamento, en-route), ma non viene specificato se un controllore può essere assegnato a una sola posizione o se può coprire più tipi di posizioni.
2. **Capacità massima delle posizioni:** Viene menzionato che ogni posizione ha una capacità massima determinata dalla capacità di gestione dello spazio aereo da parte di un controllore. Tuttavia, non viene specificato come venga calcolata questa capacità né come venga determinato il numero di settori che una posizione può contenere.
3. **Turni di lavoro e standby:** Viene menzionato che ci sono due tipi di turni, il primo di lavoro e il secondo di standby. Tuttavia, non viene specificato come vengono assegnati i turni di standby né quali siano le regole per la distribuzione tra i controllori. Inoltre, non viene chiarito se i turni di standby sono obbligatori per tutti i controllori o solo per alcuni.

4. **Gestione dei controllori di volo:** Viene menzionato che il software deve permettere la gestione amministrativa dei controllori di volo (aggiunta, licenziamento, modifica), ma non viene specificato quali siano le informazioni associate a un controllore e come vengano gestiti i dati personali.
5. **Gestione dei turni:** Viene menzionato che ogni mese vengono computati i turni per il mese successivo, ma non viene specificato come avviene questo calcolo e quali criteri vengono seguiti per assegnare i turni ai controllori. Inoltre, non viene chiarito se esistono vincoli specifici (ad esempio, giorni di riposo consecutivi) che devono essere rispettati durante la generazione dei turni.
6. **Software per la gestione di una posizione di aerodromo:** Viene menzionato che deve essere creato un software per la gestione di una posizione di aerodromo, ma non viene specificato quali siano le funzionalità richieste per questo software e quali dati devono essere registrati.
7. **Overview dell'occupazione prevista:** Viene menzionato che il supervisore del centro deve avere un'overview riguardo all'occupazione prevista a breve termine e deve poter modificare le posizioni aperte e i turni. Tuttavia, non viene specificato come viene generata questa overview e quali informazioni specifiche deve fornire. Inoltre, non viene chiarito come vengano effettuate le modifiche ai turni e alle posizioni aperte.

Di seguito vengono fornite soluzioni e correzioni corrispondenti ai punti ambigui e alle specifiche mancanti emersi durante l'analisi dei requisiti.

1. **Tipi di posizioni:** È possibile consentire ai controllori di coprire più tipi di posizioni, consentendo loro di avere abilitazioni diverse per gestire le diverse posizioni. In questo modo, un controllore potrà essere assegnato a più posizioni di controllo, a seconda delle loro abilitazioni. Nonostante, generalmente, un centro possiede posizioni di un unico tipo.
2. **Capacità massima delle posizioni:** Per calcolare la capacità massima delle posizioni, potrebbe essere necessario stabilire un limite superiore di settori che un controllore può gestire efficacemente. In base a questa informazione, sarà possibile determinare la capacità massima di ciascuna posizione in termini di numero massimo di settori che può contenere. Sarà inoltre necessario valutare la complessità dei settori e il carico di lavoro associato per una migliore stima della capacità. Questo studio è stato fatto da esperti e emerge che ad ogni posizione corrisponde una capacità di base = 100 la quale verrà divisa per

$$3^{num-settori-in-posizione}$$

3. **Turni di lavoro e standby:** È necessario definire le regole per l'assegnazione dei turni di standby ai controllori. Ad esempio, potrebbe essere definito un criterio rotativo in modo che ogni controllore abbia un turno di standby ogni tot turni di lavoro. Inoltre, sarà necessario specificare se i turni di standby sono obbligatori per tutti i controllori o solo per alcuni. Viene comunicato che i turni standby devono essere allocati come quelli standard, in base ai controllori che hanno lavorato meno.

4. **Gestione dei controllori di volo:** Il sistema deve fornire funzionalità di gestione amministrativa per i controllori di volo. Ciò potrebbe includere la possibilità di aggiungere, licenziare e modificare le informazioni dei controllori nel database. Dovrebbero essere registrati i dati personali dei controllori, le abilitazioni, i giorni di ferie e altre informazioni pertinenti per la gestione del personale.
5. **Gestione dei turni:** Il calcolo dei turni potrebbe essere basato su algoritmi di scheduling che prendono in considerazione le abilitazioni dei controllori, le capacità delle posizioni e i requisiti di riposo. Potrebbero essere definiti vincoli specifici da rispettare durante la generazione dei turni, ad esempio limiti massimi di turni di lavoro consecutivi o minimi giorni di riposo tra i turni. Sarà necessario definire tali regole e algoritmi per garantire una distribuzione equa dei turni e il rispetto delle normative di lavoro.
6. **Software per la gestione di una posizione di aerodromo:** Il software per la gestione di una posizione di aerodromo dovrebbe consentire di segnare gli aerei in partenza e in arrivo, tenendo traccia delle informazioni relative a ciascun volo. Potrebbe essere necessario registrare dettagli come il numero di volo, l'orario di partenza e arrivo, le compagnie aeree coinvolte e altri dati pertinenti. Inoltre, potrebbe essere utile avere una funzionalità per monitorare lo stato dei voli in tempo reale.
7. **Overview dell'occupazione prevista:** Il software per il supervisore del centro dovrebbe fornire un'overview dell'occupazione prevista a breve termine, basata sui turni e sulle posizioni assegnate. Potrebbe essere creato un modulo in cui il supervisore può visualizzare l'occupazione corrente dei settori, i controllori assegnati e altre informazioni pertinenti. Inoltre, il supervisore dovrebbe avere la possibilità di apportare modifiche ai turni e alle posizioni aperte, come cambiare i controllori assegnati o aggiungere/rimuovere posizioni, per gestire in modo ottimale le risorse e far fronte a situazioni impreviste.

Integrando queste soluzioni e correzioni nelle specifiche del sistema, sarà possibile ottenere una visione più completa e dettagliata dei requisiti e procedere con la progettazione e lo sviluppo del database per il supporto e la gestione del personale di controllo del traffico aereo.

## 1.3 Definizione delle specifiche in linguaggio naturale ed estrazione dei concetti principali

### 1.3.1 Specifiche in linguaggio naturale

In questa sezione, verranno definite le specifiche del sistema per la gestione del personale di controllo del traffico aereo utilizzando il linguaggio naturale. Saranno estratti i concetti principali emersi dalle specifiche per una migliore comprensione e organizzazione delle informazioni.

Il sistema deve consentire la gestione e l'allocazione dei turni di lavoro per il personale di controllo del traffico aereo. Le principali funzionalità richieste sono:

1. Registro dei controllori di volo:

- Il sistema deve consentire la registrazione dei controllori di volo con le seguenti informazioni: nome, cognome, dati personali, abilitazioni, giorni di ferie.
- Ogni controllore di volo deve essere associato a una o più abilitazioni relative ai settori di controllo che può gestire.

## 2. Gestione dei turni:

- Il sistema deve calcolare automaticamente i turni di lavoro per i controllori di volo, tenendo conto delle abilitazioni, delle capacità delle posizioni e dei requisiti di riposo.
- I turni devono essere equamente distribuiti tra i controllori di volo, garantendo che nessun controllore superi un certo numero di turni di lavoro consecutivi e che vi sia un adeguato intervallo di riposo tra i turni.

## 3. Gestione delle posizioni di controllo:

- Ogni posizione di controllo deve avere una capacità massima basata sul numero di settori che può gestire in modo efficace.
- Le posizioni di controllo devono essere attivate o disattivate in base alle necessità e alle condizioni operative.

## 4. Compilazione e gestione dei piani di volo:

- I piani di volo devono essere archiviati nel sistema per riferimenti futuri e per supportare le attività di controllo del traffico aereo.

## 5. Monitoraggio dell'occupazione e supervisione:

- Il sistema deve fornire una panoramica dell'occupazione prevista a breve termine, inclusi i settori attivi, i controllori assegnati e le posizioni aperte.
- Il supervisore del centro deve poter apportare modifiche ai turni e alle posizioni aperte, incluso l'assegnazione dei controllori di volo.

### 1.3.2 Estrazione dei concetti principali

Dalle specifiche sopra riportate, possono essere estratti i seguenti concetti principali:

- Controllore di volo: rappresenta il personale responsabile del controllo del traffico aereo.
- Abilitazione: autorizzazione di un controllore di volo a gestire specifici settori di controllo.
- Turno di lavoro: periodo di tempo in cui un controllore di volo è assegnato a una posizione di controllo per svolgere le attività di controllo del traffico aereo.
- Turno di standby: periodo di tempo in cui un controllore di volo è disponibile per coprire eventuali imprevisti o emergenze.
- Posizione: posizione specifica all'interno di un centro del traffico aereo, come aerodromo, avvicinamento o en-route. Ogni posizione contiene uno o più settori di controllo.



- Settore: spazio aereo definito contenente waypoint. I settori sono assegnati alle posizioni di controllo e devono essere coperti durante i turni di lavoro.
- Piano di volo: documento contenente informazioni dettagliate su un volo, come l'aeromobile, gli aeroporti di partenza e arrivo e i waypoint attraversati.

Questi concetti principali costituiscono le fondamenta per la progettazione e lo sviluppo del sistema di gestione del personale di controllo del traffico aereo.

## 2. Progettazione Concettuale

Dopo aver ricevuto ulteriori direttive riguardo gli identificatori si è scelto di strutturare lo schema come segue, creando una gerarchia tra i turni e una tra i tipi di settore.

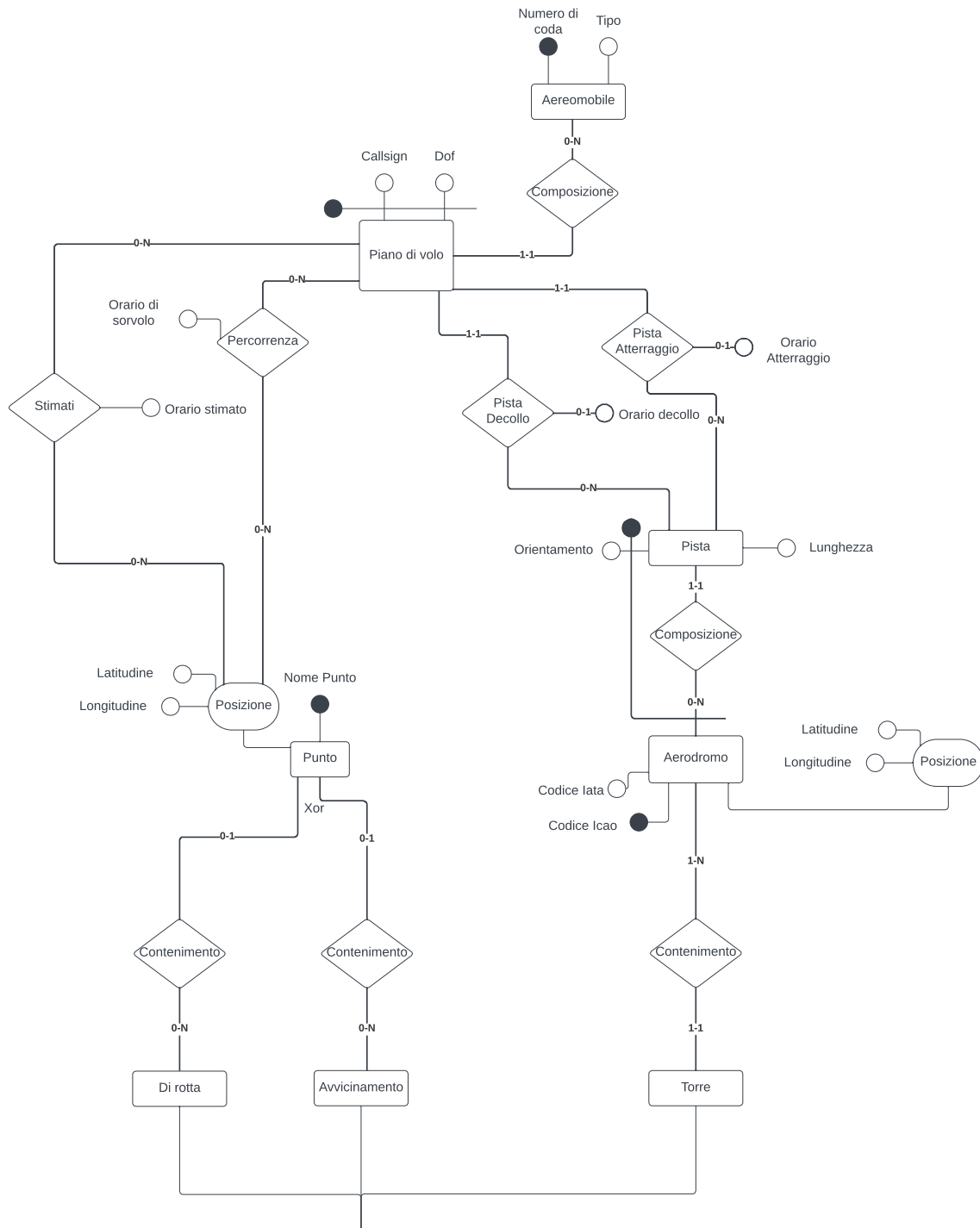


Figura 2.1: "parte relativa al traffico"

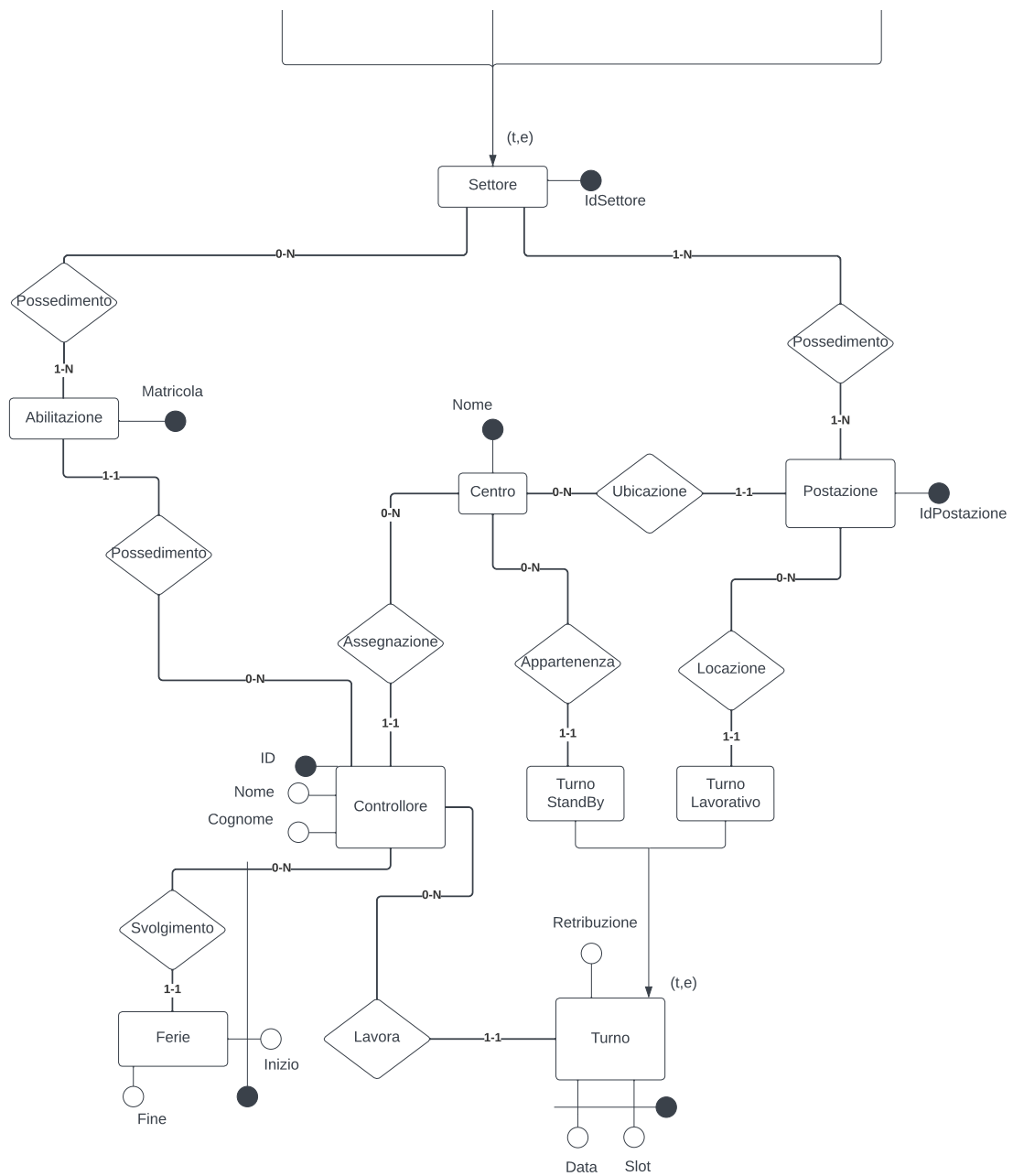


Figura 2.2: "parte relativa ai controllori"

### 3. rogettazione logica

#### 3.1 Stima del volume dei dati

Concetto	Costrutto	Volume
Centri	E	84
Posizioni	E	166
Settori	E	125
Controllori	E	4200
Ferie	E	8400
Abilitazione	E	4200
Turni (mensili)	E	20000
Aerodromi	E	43
Piste	E	43
Punti	E	3750
Piani di volo (mensili)	E	5000
Aereomobili	E	5000
Composizione (settori postazioni)	R	125
Abilitamento (abilitazioni settori)	R	4200
Stimati	R	500.000
Percorrenza	R	500.000

#### 3.2 Descrizione delle operazioni principali e stima della loro frequenza

Codice	Operazione	Frequenza stimata
OP1	Aggiunta e/o rimozione di un nuovo controllore di volo	3 al mese
OP2	Modifica dei dati personali di un controllore di volo	10 al mese
OP3	Assegnazione delle ferie a un controllore di volo	100 al mese
OP4	Aggiunta di un'abilitazione a un controllore di volo	50 al mese
OP5	Calcolo dei turni mensili per i controllori di volo	1 al mese
OP6	Aggiunta di un nuovo piano di volo	2000 al mese
OP7	Rimozione di un piano di volo	100 al mese
OP8	Modifica di un piano di volo esistente	1500 al mese
OP9	Aggiunta e/o rimozione di un nuovo aereomobile	50 al mese
OP10	Calcolo del ral	1 all'anno
OP11	Stima dei voli in un settore in un ora	500.000 al mese
OP12	Aggiunta di una percorrenza	500.000 al mese

La tabella sopra riportata fornisce un elenco delle operazioni principali che possono essere eseguite nel sistema di gestione del personale di controllo del traffico aereo. Per ciascuna operazione, viene fornita una stima numerica della loro frequenza stimata al mese.

### 3.3 Schemi di navigazione e tabelle degli accessi

Sono riportate in seguito le tabelle degli accessi delle operazioni sopra riportate, inoltre, ove non risulti banale, sono stati inseriti i relativi schemi di navigazione. Al fine del calcolo degli costi, si considerano di peso doppio gli accessi in scrittura rispetto a quelli in lettura.

OP1 - Modifica dei dati personali di un controllore di volo

Concetto	Costrutto	accessi	tipo
Controllore	E	1	S
		Totale: 1S, 6 al mese	

OP2 - Modifica dei dati personali di un controllore di volo

Concetto	Costrutto	accessi	tipo
Controllore	E	1	L
Controllore	E	1	S
		Totale: 1S 1L, 30 al mese	

OP3 - Assegnazione delle ferie a un controllore di volo

Concetto	Costrutto	accessi	tipo
Controllore	E	1	L
Ferie	E	1	S
		Totale: 1S, 1L, 300 al mese	

OP4 - Aggiunta di un'abilitazione a un controllore di volo

Concetto	Costrutto	accessi	tipo
Controllore	E	1	L
Abilitamento	R	1	S
Abilitazione	E	1	S
		Totale: 2S, 1L, 250 al mese	

OP5 - Calcolo dei turni mensili per i controllori di volo

Concetto	Costrutto	accessi	tipo
Controllore	E	4200	L
Turno	E	20000	L
Stimato	E	500.000	L
Postazione	E	166	L
Settore	E	125	L
		Totale: 0S, 524,491L, 524.491 al mese	

Per ogni turno e per ogni posizione viene calcolata l'occupazione e viene cercato il controllore adatto con meno turni lavorati. Il modo con cui conteggiamo le letture non tiene conto delle ricerche, l'operazione effettiva sul calcolatore è estremamente pesante.

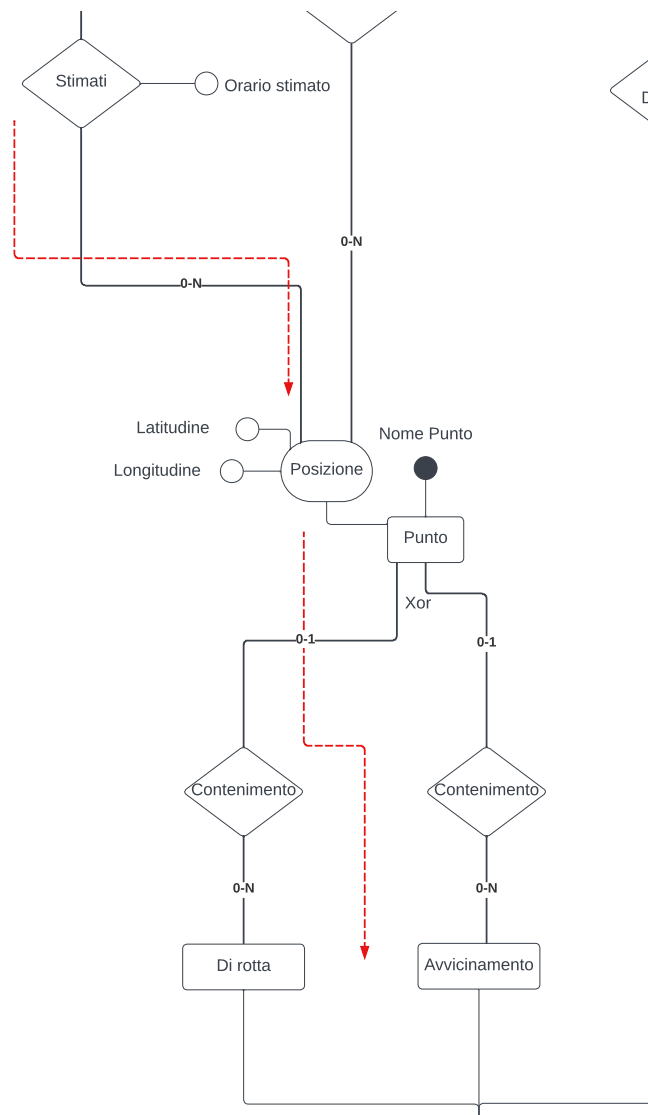


Figura 3.1: "Percorso per trovare l'occupazione"

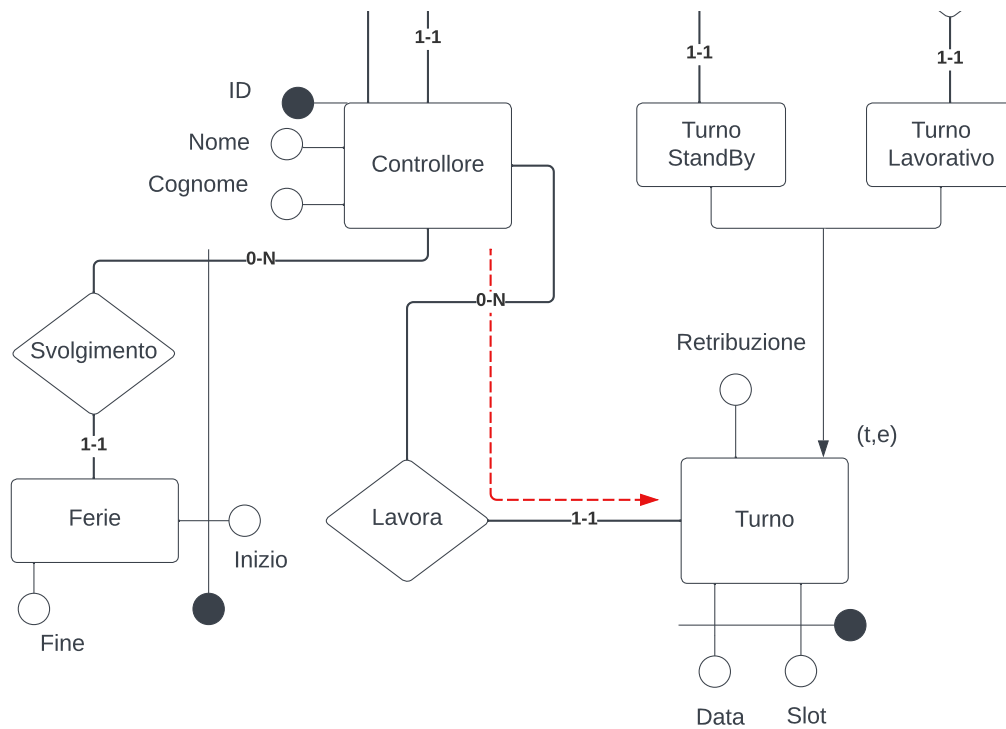


Figura 3.2: "Percorso per trovare I turni lavorati"

OP6 - Aggiunta di un nuovo piano di volo

Concetto	Costrutto	accessi	tipo
Piano di Volo	E	1	S
Stimati	E	100	S
Punti	E	100	R
Piste	E	2	R
Aereomobile	E	1	R
		Totale: 101S, 103L, 610.000 al mese	

OP7 - Aggiunta di un nuovo piano di volo

Concetto	Costrutto	accessi	tipo
Piano di Volo	E	1	S
Stimati	E	100	S
Punti	E	100	R
Piste	E	2	R
Aereomobile	E	1	R
		Totale: 101S, 103L, 30.500 al mese	

OP8 - Modifica di un piano di volo esistente

Concetto	Costrutto	accessi	tipo
Piano di Volo	E	1	S
		Totale: 1S, 0L, 3.000 al mese	

OP9 - Aggiunta e/o rimozione di un nuovo aereomobile

Concetto	Costrutto	accessi	tipo
Aereomobile	E	1	S
		Totale: 1S, 0L, 100 al mese	

OP10 - Calcolo del ral

Concetto	Costrutto	accessi	tipo
Controllore	E	4200	L
Turno	E	240.000	L
		Totale: 0S, 244.200L, 20.000 al mese	

OP11 - Stima dei voli in un settore in un ora

Concetto	Costrutto	accessi	tipo
Stimato	E	30	L
Postazione	E	1	L
Settore	E	2	L
		Totale: 0S, 33L, 16.500.000 al mese	



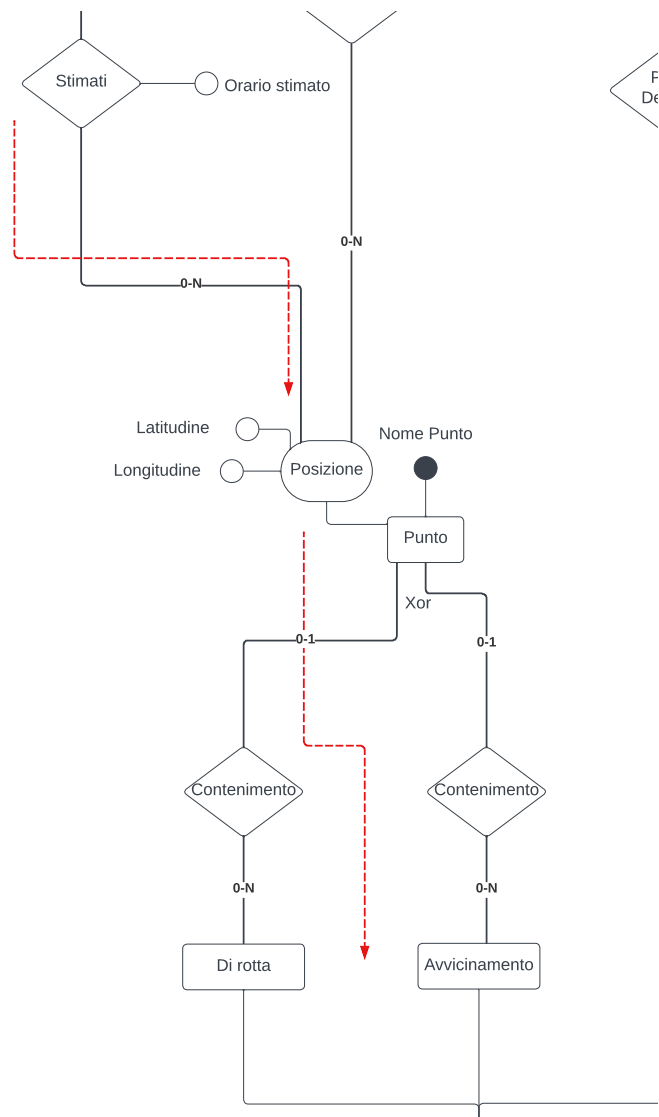


Figura 3.3: "Percorso per trovare l'occupazione"

OP11 - Aggiunta di una percorrenza

Concetto	Costrutto	accessi	tipo
Percorrenza	E	1	S
		Totale: 1S, 0L, 1.000.000 al mese	

### 3.4 Raffinamento dello schema

Eliminazione delle gerarchie

In questo caso è stato adottato un collasso verso il basso separando i turni lavorativi da quelli standby. Stessa Cosa è stata fatta per i tipi di postazione, anche se quella "avvicinamento" e "di rotta" sono state unite in un'unica in quanto ai fini dell'architettura logica non vi sono differenze.

Eliminazione degli attributi composti

Gli attributi composti di posizione sono stati eliminati creando gli attributi longitudine e latitudine direttamente nelle entità.

Eliminazione degli identificatori esterni

Si sono risolti rimuovendo le associazioni in quanto risultavano di tipo 1-1.

### 3.5 Analisi delle ridondanze

### 3.6 Traduzione di entità e associazioni in relazioni

Tutte le relazioni sono state spostate dentro le entità, in quanto la maggior parte erano di tipo 1-1 o 0-1, sono invece state create nuove entità:

- Composizione settori, per salvare da quali settori sono composte le postazioni.
- Abilitazione settori, per salvare quali settori abilitano le relative abilitazioni.
- Stimati, per salvare l'orario stimato su un punto.
- Percorrenza, per salvare l'orario di sorvolo su un punto.

Abilitazione ( MatricolaAbilitazione, IdControllore, primary key (MatricolaAbilitazione))

AbilitazioneSettori ( MatricolaAbilitazione, IdSettore, primary key (MatricolaAbilitazione, IdSettore))

Aereomobile ( Tipo, NumeroDiCoda, primary key (NumeroDiCoda))

Aerodromo ( AdLatitudine, AdLongitudine, CodiceIcao, CodiceIata, primary key (CodiceIcao))

Centro ( NomeCentro, primary key (NomeCentro))

ComposizioneSettori ( IdPostazione, IdSettore, primary key (IdPostazione, IdSettore))

Controllore ( IdControllore, Nome, Cognome, NomeCentro, primary key (IdControllore))

Ferie ( IdControllore, Inizio, Fine, primary key (IdControllore, Inizio))

Percorrenza ( Callsign, Dof, NomePunto, OrarioDiSorgolo, primary key (Callsign, Dof, NomePunto))

PianoDiVolo ( OrarioAtterraggio\*, OrarioDecollo\*, Callsign, Dof, NumeroDiCoda, CodAdDecollo, OrientamentoPistaDecollo, CodAdAtterraggio, OrientamentoPistaAtterraggio, primary key (Callsign, Dof))

Pista ( CodAd, Orientamento, Lunghezza, primary key (CodAd, Orientamento))

Postazione ( IdPostazione, NomeCentro, primary key (IdPostazione))

Punto ( NomePunto, PosLatitudine, PosLongitudine, IdSettore, primary key (NomePunto))

Settore ( IdSettore, CodAd, primary key (IdSettore))

Stimati ( Callsign, Dof date, NomePunto, OrarioStimato, primary key (Callsign, Dof, NomePunto))

Turno ( IdControllore, Retribuzione, Data, Slot, IdPostazione\*, CentroStandBy\*, primary key (IdControllore, Data, Slot))

### 3.7 Schema relazionale finale

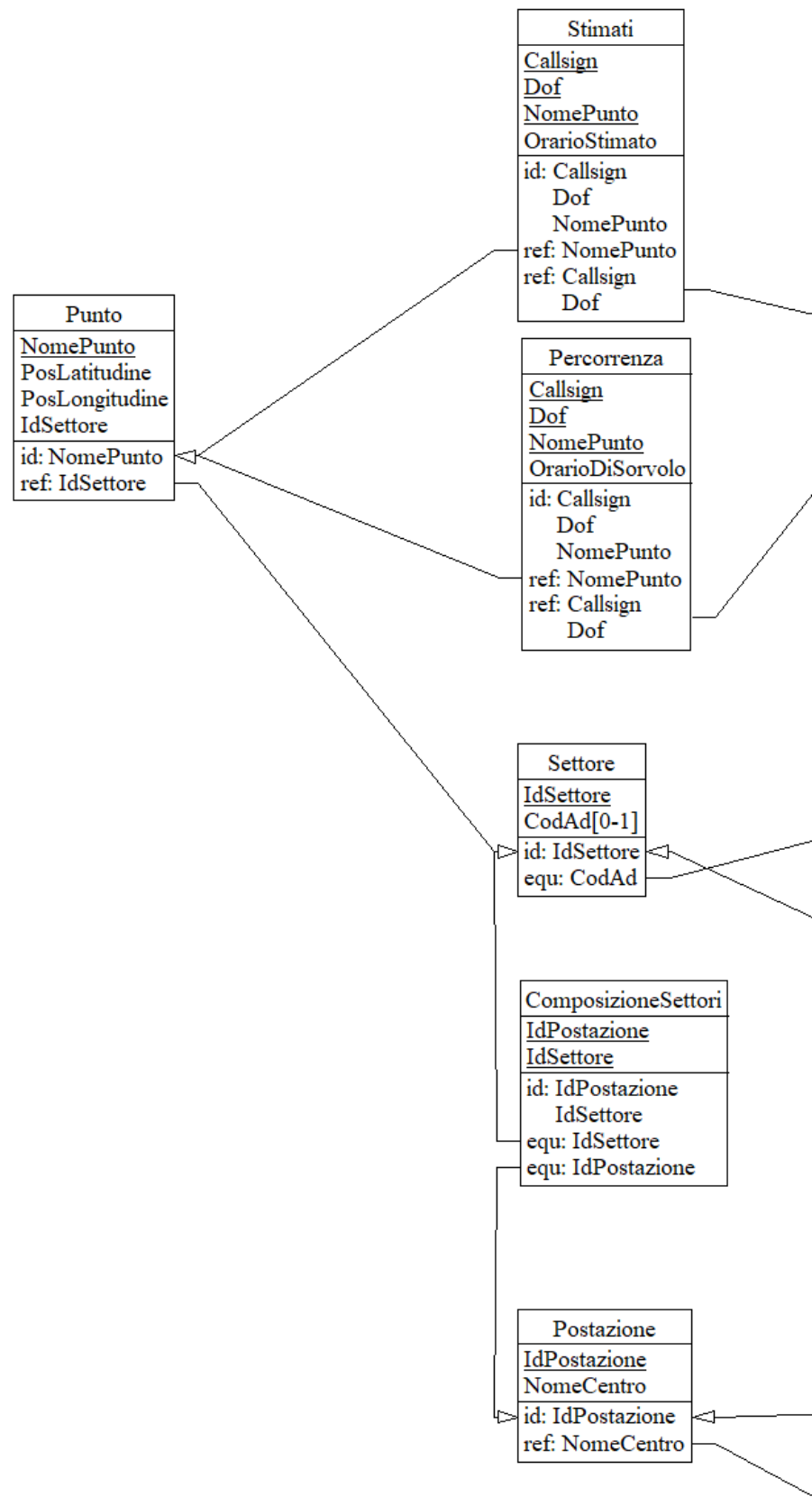


Figura 3.4: "Schema sinistro della relazionale finale"

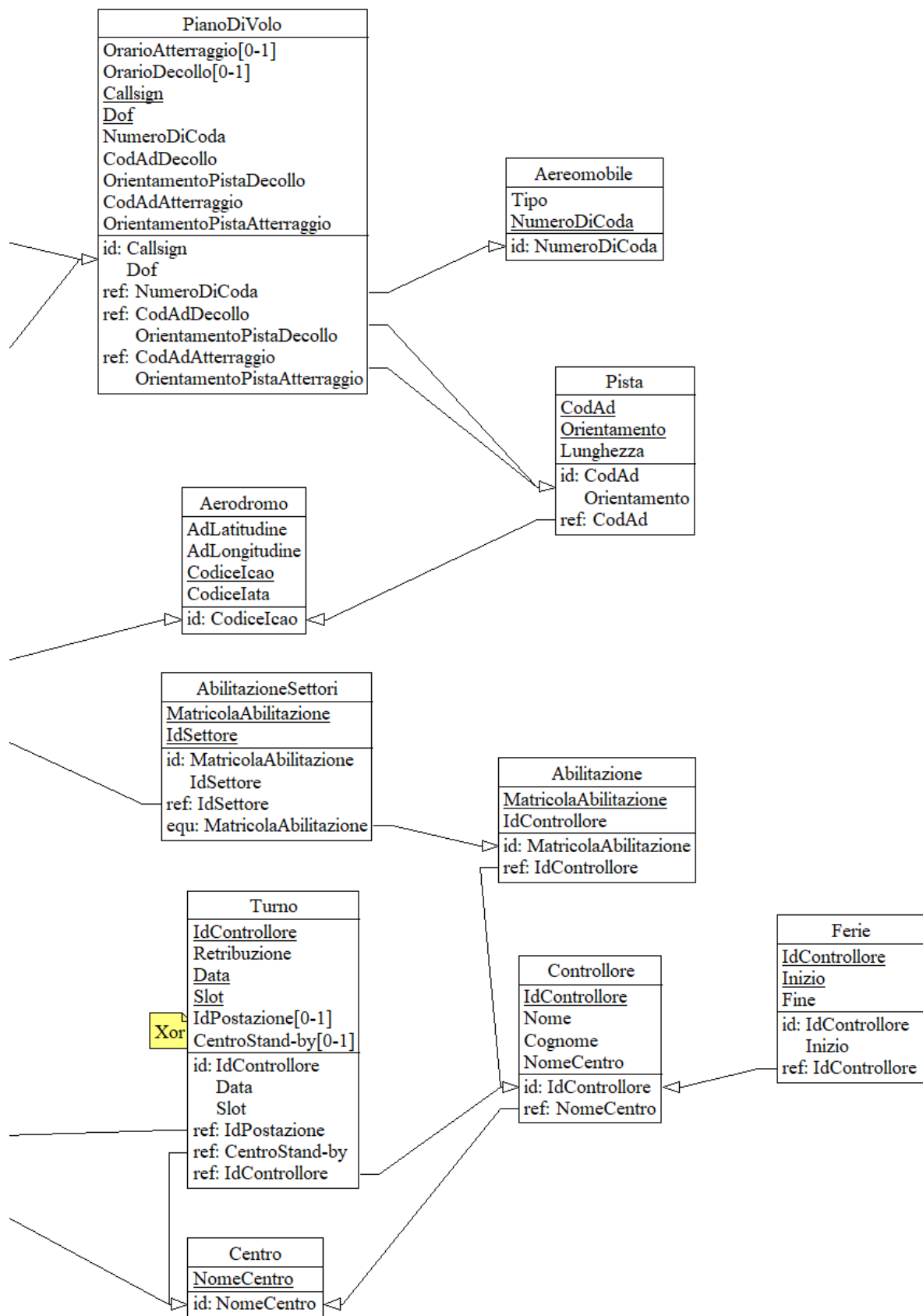


Figura 3.5: "Schema destro della relazionale finale"

### 3.8 Traduzione delle operazioni in query SQL