

ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

FACOLTÀ DI INGEGNERIA

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA CIVILE

DISTART - TRASPORTI

TESI DI LAUREA

in

Teoria e tecnica della circolazione

**APPLICAZIONE DEL *COLLABORATIVE DECISION MAKING*
(CDM) ALL'AEROPORTO DI BOLOGNA: ANALISI DEI TEMPI
DI RULLAGGIO E DELLE *STRIP* DI PROGRESSO VOLO**

Tesi di Laurea di:
Simone Germani

Relatore:
Prof. Ing. Luca Mantecchini

Correlatori:
Prof. Ing. Angelo E. Serrau
Ing. Antonio Danesi

Anno Accademico 2008/09

Sessione I

INDICE

Capitolo 1: Introduzione

1.1	Il sistema di trasporto aereo	6
1.1.1	La domanda di trasporto	6
1.1.2	L'offerta di trasporto e il veicolo aereo	7
1.1.3	La rete aerea: archi e nodi	8
1.1.4	Il fenomeno dell' <i>hubbing</i>	10
1.1.5	Il sistema aeroportuale italiano	11
1.2	Gli aeroporti in relazione agli aerei	12
1.2.1	Aspetti generali	12
1.2.2	Le piste di volo e l'assetto del sistema aeroportuale	13

Capitolo 2: Organizzazione della circolazione aerea

2.1	Cenni storici	15
2.2	L'ICAO (<i>International Civil Aviation Organization</i>)	17
2.2.1	Compiti e finalità	17
2.2.2	Struttura	17
2.2.3	Gli annessi e gli elaborati delle divisioni tecniche	19
2.3	L'Annesso 2 ICAO: "Raccomandazioni pratiche e internazionali – Regole dell'aria"	20
2.3.1	Regole dell'aria	21
2.3.2	Regole generali	21
2.3.3	Regole di volo a vista: VFR	26
2.3.4	Regole di volo strumentale: IFR	27
2.4	Gli spazi aerei	29
2.5	Spazi aerei non controllati	31
2.5.1	FIR (<i>Flight Information Region</i>)	31
2.5.2	ADA/ADR (<i>ADvisory Area/Route</i>)	33
2.5.3	ATZ (<i>Aerodrome Traffic Zone</i>)	33
2.6	Spazi aerei controllati	34

2.6.1 CTA (<i>ConTrol Area</i>)	34
2.6.2 AWY (<i>Air WaY</i>)	34
2.6.3 TMA (<i>TerMinal control Area</i>)	34
2.6.4 CTR (<i>ConTRol zone</i>)	35
2.6.5 Rotte ATS	36
2.6.6 RNAV (<i>Area NAVigation route</i>)	36
2.6.7 Classificazione ICAO degli spazi aerei	36
2.7 L'organizzazione dei servizi negli spazi aerei	39
2.7.1 Servizio informazioni volo (FIS)	41
2.7.2 Servizio di controllo del traffico aereo (ATC)	41
2.7.3 Servizio di allarme	41
2.7.4 Servizio consultivo del traffico aereo	41
2.8 Distanze minime di separazione fra aeromobili	37
2.8.1 Minime di separazione utilizzate dall' <i>Area Control Centre</i> (ACC)	42
2.8.2 Minime di separazione utilizzate dal Controllo d'Avvicinamento (APP)	47
2.8.3 Separazione del traffico d'aerodromo	54

Capitolo 3: I fenomeni di ritardo negli aeroporti

3.1 I costi causati dai ritardi	59
3.1.1 Statistiche sui ritardi in Europa	61
3.1.2 <i>Slot</i>	64
3.1.3 Costo tattico e strategico del ritardo	65
3.2 <i>Buffer e turn-round</i>	70
3.3 Gestione strategica del ritardo negli aeroporti	73
3.4 Un modello per il calcolo del costo del ritardo	74
3.4.1 Modello <i>gate-to-gate</i> per il calcolo dei costi del ritardo tattico	75
3.4.2 Il costo della non puntualità: la modellazione " <i>passenger – centric</i> "	78
3.4.3 Costi relativi ai <i>reactionary delays</i> : estensione del modello <i>gate-to-gate</i>	79
3.4.4 <i>Hard cost</i>	82
3.5 Evoluzione dei costi	84
3.6 Conclusioni	85

Capitolo 4: Airport Collaborative Decision Making (Airport CDM)

4.1	Cos'è il CDM	87
4.2	Obiettivi del CDM	90
4.3	Condivisione delle informazioni	92
4.3.1	Informazioni relative al tipo di aereo	94
4.3.2	Dati estratti dalle informazioni sui voli in arrivo	94
4.3.3	Dati estratti dalle informazioni sui voli in partenza	95
4.4	<i>Milestone</i>	95
4.5	Tempi di rullaggio variabili	100
4.6	Sequenze pre-partenza	104
4.7	Condizioni avverse ed eventi imprevisti	111
4.8	Gestione collaborativa dell'aggiornamento dei voli (<i>Collaborative Management of Flight Update</i>)	113
4.8.1	<i>Departure Planning Information</i> (DPI)	114
4.8.2	<i>Flight Update Message</i> (FUM)	115

Capitolo 5: Implementazione del CDM all'aeroporto di Bologna

5.1	Caratteristiche dell'aeroporto	116
5.1.1	Informazioni generali	116
5.1.2	Dati tecnici	118
5.2	Procedure d'aeroporto	122
5.2.1	Disposizione parcheggi	122
5.2.2	<i>Push – back</i>	122
5.2.3	Procedure di rifornimento	123
5.2.4	Procedure antirumore	124
5.2.5	Gestione degli imbarchi	125
5.2.6	Procedure di <i>de – icing</i>	126
5.2.7	<i>Clearance</i> aeroportuale	127
5.3	Il sistema <i>Ground Star</i>	128
5.4	Comunicazione tra ATC e CFMU	130
5.5	Implementazione del CDM	131
5.6	Definizione delle <i>milestone</i>	134

5.7	Stime del tempo di rullaggio	139
5.8	Analisi delle <i>strip</i> di progresso volo	152

CONCLUSIONI

149

APPENDICE 1

Definizioni e acronimi	158
------------------------	-----

APPENDICE 2

Operazione di <i>de-icing</i>	162
-------------------------------	-----

APPENDICE 3

<i>Milestone</i>	166
------------------	-----

APPENDICE 4

Tabelle per il calcolo del costo del ritardo	175
--	-----

APPENDICE 5

Calcolo del tempo di rullaggio	
--------------------------------	--

172

Bibliografia e Sitografia

180

CAPITOLO 1

INTRODUZIONE

1.1 Il sistema di trasporto aereo

1.1.1 La domanda di trasporto

Il trasporto aereo, per la sua caratteristica celerità negli scambi (sociali e commerciali), ha contribuito in modo determinante alla creazione di rapporti internazionali ed è tuttora in forte crescita sia in termini di passeggeri trasportati che di tecnologie utilizzate per la realizzazione dei veicoli e per la fase organizzativa. Avere una buona ed efficiente organizzazione aerea è indice del progresso di una nazione, sia dal punto di vista tecnologico che da quello economico.

Quando si parla di traffico s'intende il fenomeno di movimento che interessa persone merci o aerei a seconda del settore si studio. In caso si stiano affrontando problemi progettuali riguardanti le piste, il numero di piazzole di sosta o la sala di controllo del traffico l'oggetto a cui si fa riferimento sono gli aerei, per il dimensionamento di servizi d'imbarco, invece, si fa riferimento ai passeggeri.

Per quel che riguarda il trasporto delle persone, la sua domanda può essere divisa in due grandi categorie: spostamenti per lavoro e spostamenti per motivi personali. I primi sono tipici di aree industrializzate (o comunque con una forte vocazione nel settore terziario) e in aree dove sono presenti grandi strutture pubbliche; la domanda per questi spostamenti è ciclica e rigida.

Per ciclicità s'intende che, dal punto di vista temporale, gli spostamenti si ripetono con cadenza giornaliera tra le capitali europee e si hanno punte elevate in concomitanza di grandi fiere o congressi internazionali.

La rigidità indica che le variazioni nel costo del biglietto non si ripercuotono sull'entità della domanda, poiché dipende dall'utilità, percepita dagli utenti, che resta comunque

alta. Per gli spostamenti a carattere personale, invece, è la tariffa il parametro in base al quale viene scelto l'aereo a scapito di altri mezzi e per questo si dice che la domanda è elastica o meno rigida.

Dagli anni '80 ad oggi si è assistito ad una graduale liberalizzazione e deregolamentazione delle attività aeree con la conseguente diminuzione generalizzata dei costi del trasporto e incremento dell'offerta. Essendo il traffico soggetto ad una certa evoluzione, sia qualitativa che quantitativa, per eseguire una progettazione corretta dal punto di vista funzionale ed economico è fondamentale, non solo conoscerne le caratteristiche nella sua fase attuale, ma anche prevedere quale sarà il suo andamento futuro in modo da:

- dimensionare la struttura in base ai flussi previsti negli anni successivi per avere un ammortamento economico dei capitali investiti;
- prevedere la possibilità di successive modifiche e ampliamenti (come l'aggiunta di un nuovo terminal per poter ad esempio dividere i flussi nazionali da quelli internazionali, o la costruzione di una nuova pista per soddisfare una porzione maggiore di aerei).

L'evoluzione della domanda può essere prevista tramite delle variabili che consentono al progettista di fare un primo dimensionamento dell'offerta, tale da soddisfare la situazione attuale e futura. Per offerta s'intende anche il complesso di procedure e azioni che si compiono per l'organizzazione degli scali e per la gestione del traffico. Le singole unità di traffico devono essere contate in modo accurato e la domanda potenziale è rappresentata da una parte della popolazione con determinate caratteristiche socio – economiche che intende spostarsi con voli di una determinata categoria.

1.1.2 L'offerta di trasporto e il veicolo aereo

Si possono distinguere i seguenti 3 sottosistemi:

- il sottosistema strutturale comprende gli aeromobili, le infrastrutture dell'aerodromo e gli spazi aerei (rientrano anche tutti gli impianti ausiliari a bordo, come altimetri e radar, e a terra, come le guide visive all'atterraggio);
- il sottosistema organizzativo provvede alla connessione tra le origini e le destinazioni definendo la rete e le modalità d'utilizzazione (livelli di volo,

velocità, distanziamenti, orari di partenza e arrivo) per ottenere un determinato livello di servizio;

- i sottosistemi di ausilio alle cose trasportate comprendono ponti d'imbarco, *gate*, caroselli per riconsegna bagagli, magazzini per lo stoccaggio ed elementi organizzativi atti ad accrescere l'efficienza del trasporto.

Per quel che riguarda il veicolo aereo, la sua comune interpretazione è quella che lo identifica come quel particolare aeromobile che ha come organo di sostentamento l'ala e come organo di propulsione l'elica o il motore. Dal punto di vista fisico è importante studiare la condotta del moto di un aereo in due situazioni distinte in base all'accoppiamento via – veicolo: fase del moto terrestre e fase del moto aereo.

La prima si verifica nei movimento dal parcheggio alla testata della pista (e viceversa), nella corsa di decollo e nell'atterraggio. In queste situazioni gli aerei sono paragonati ai comuni veicoli terrestri in cui la sostentazione e la propulsione avvengono per contatto diretto via – veicolo grazie al carrello.

La fase del moto aereo comprende la salita iniziale, il volo in rotta e l'avvicinamento finale all'aerodromo. Qui la sostentazione e la propulsione avvengono per reazione aerodinamica dovuta al moto relativo dell'aereo rispetto all'aria e per questo motivo non è possibile l'arresto o l'attesa in linea che sono sostituiti dall'attesa su *holding pattern*. Quest'aspetto è fondamentale nella programmazione aerea in quanto i voli in attesa riducono la capacità del sistema e si ha una componente di costo aggiuntiva sull'autonomia. Nelle fasi aeree le traiettorie sono entità non visibili, ma ben definite e determinabili mediante adeguati sistemi di navigazione, mentre la posizione è principalmente determinata tramite sistemi strumentali in modo da verificare la corretta corrispondenza tra la traiettoria programmata e quella seguita.

1.1.3 La rete aerea: archi e nodi

La rete di trasporto aerea è costituita da nodi e da archi che definiscono gli itinerari fra i punti del territorio necessari per soddisfare la domanda. Gli archi devono essere considerati in tre dimensioni, sono caratterizzati dalla rotta e dalla quota, e sono influenzati dalla condotta del pilota (scelta del tipo di navigazione) e dalle modalità con cui opera la componente organizzativa. Anche se i mezzi che seguono le regole del volo a vista (VFR) sono abbastanza numerosi, è la navigazione strumentale (IFR) che guida

la netta maggioranza dei voli in cui le origini, le destinazioni e le quote sono stabiliti dalla componente organizzativa. Gli archi sono costituiti dalle rotte ATS¹ e con queste si intendono in modo generico: le aerovie, le rotte di avvicinamento o di partenza, le rotte controllate, non controllate o a servizio consultivo. Le rotte ATS uniscono punti definiti tramite radioassistenze alla navigazione ed identificabili con gli strumenti di bordo. Sono caratterizzate da una sigla, un valore angolare da o verso un punto significativo, la distanza fra due punti successivi e la quota di sicurezza da osservare. A causa delle alte velocità, dell'impossibilità di vedere per tempo gli altri velivoli in modo da modificare la rotta e della scarsa manovrabilità degli aerei civili per risolvere i conflitti, per garantire la sicurezza del trasporto si ricorre al distanziamento degli aeromobili, almeno fino a quando il traffico non è tale da impedirne la separazione. Per disciplinare l'uso della rete ed evitare che si formino situazioni di congestione si cerca di tenere i flussi sempre sotto un determinato valore tramite un servizio di programmazione e gestione noto come ATFM (*Air Traffic Flow Management*).

I nodi per la rete aerea possono essere suddivisi in due tipologie: terminali (costituiti dagli aerodromi) o intersezioni di rotte ATS. Nei nodi terminali vengono effettuate le operazioni più importanti del sistema come l'ingresso, l'uscita, l'intersezione e lo scambio modale e possono essere visti sotto due ottiche differenti. Se la funzione svolta è di connessione tra gli archi della rete il nodo è considerato come un componente della rete destinato al servizio degli aerei i cui archi sono le rotte ATS e strutturalmente è costituito dalle piste di volo, dai raccordi, dalle vie di rullaggio, dalle aree di sosta degli aerei e dalle strutture e strumentazioni che permettono il volo e lo rendono sicuro (torre di controllo, impianti radar, radioassistenze e impianti di telecomunicazione). Se la funzione svolta è al servizio dei passeggeri il nodo è considerato come un componente della rete intesa nel suo complesso e cioè come un sistema di impianti a servizio di utenti e velivoli. Sotto quest'ottica l'aeroporto può essere inteso come *terminal*, in quanto in esso si svolgono tutte le funzioni volte al soddisfacimento della domanda e sono presenti tutti i sottosistemi di ausilio alle persone e alle merci come i mezzi per la movimentazione di persone, le strutture per biglietteria, *check – in*, sale d'attesa, ristoro, controlli doganali e di sicurezza.

¹ Rotte ATS: l'ICAO le definisce come “specifiche rotte lungo le quali sono incanalati i flussi di traffico al fine della fornitura dei Servizi di Traffico Aereo”.

I nodi d'intersezioni di rotte ATS dipendono dalla concentrazione di aerovie presenti in uno spazio aereo e la loro posizione nel territorio dipende dalla distribuzione dei centri d'attrazione e generazione della domanda. Le operazioni che si possono svolgere sono: intersezione, cambio di direzione o attesa (quando un nodo è destinato alla funzione di *holding patter*).

Gli itinerari non collegano direttamente un'origine con una destinazione in quanto è necessario il costante collegamento con gli aiuti alla navigazione per la determinazione della posizione, della rotta seguita e da seguire. Dal punto di vista economico è più vantaggiosa un'organizzazione della rete ad *hub* e *spoke* secondo cui con un unico vettore si collegano un origine con una destinazione passando per più aeroporti.

1.1.4 Il fenomeno dell'*hubbing*

Uno dei motivi che hanno portato a questo modo di intendere il trasporto aereo è sicuramente la deregolamentazione degli primi anni '80. Questo processo di liberalizzazione è iniziato nel 1978 negli U.S.A. con l'emanazione del "*Airline Deregulation Act*" da parte del presidente Carter che permetteva l'applicabilità dei principi di concorrenza nel trasporto aereo. Nonostante le previsioni di crescita in questo settore le compagnie aeree hanno una scarsa attitudine a produrre profitto e l'unico modo che hanno per produrre utili è di operare sulla politica tariffaria.

Si parla di *hubbing* di una compagnia in una rete di trasporto aereo quando ad un aeroporto *hub* i voli della compagnia arrivano "ad onde", quasi contemporaneamente, dagli aeroporti *spoke* e ripartano verso questi non appena sono stati effettuati gli scambi di passeggeri tra aeromobili. I vantaggi che le compagnie possono trarre da questa particolare configurazione della rete sono fondamentalmente due: il primo è dato dall'aumento del numero di collegamenti disponibili a parità di voli (fig. 1.1), il secondo è legato al potere monopolistico che una compagnia esercita sulle zone tra *hub* and *spoke*.

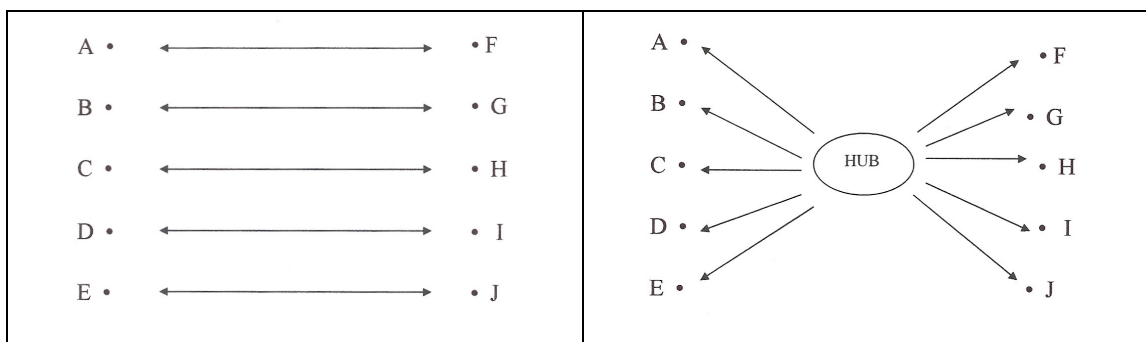


Figura 1.1: Servizio punto a punto e servizio ad *hub*

Considerando un'ipotetica rete di 10 nodi, se si utilizza una configurazione punto a punto si hanno 5 voli che collegano 5 coppie di città (per fare 100 collegamenti sono necessari 50 aeromobili); nella configurazione ad *hub* invece ogni città è collegata direttamente all'aeroporto centrale e da questo è possibile raggiungere ogni altra destinazione (per fare 100 collegamenti sono necessari solo 10 aeromobili).

Il vantaggio che si può ottenere dalla concentrazione spazio – temporale dei passeggeri è stato recentemente messo in dubbio e si pensa invece che questa gestione dei voli possa provocare dei costi aggiuntivi per la compagnia, tanto che le compagnie *low – cost* operano secondo un servizio “punto - punto” e non secondo l'*hubbing*.

1.1.5 Il sistema aeroportuale italiano

Il sistema aeroportuale italiano è composto da 101 aeroporti di cui 48 adibiti al traffico commerciale. Dal totale emergono due complessi di elevata dimensione (Roma e Milano), un sostanziale numero di aeroporti di media dimensione (con area del sedime maggiore di 100 mila m²) e un numero esiguo di piccoli aeroporti (con area del sedime minore di 30 mila m²). Gli aeroporti di Roma Fiumicino e Milano Malpensa sono quelli che presentano la maggior estensione con 1.605 e 1.244 ettari, rispettivamente, e un'area di parcheggio di 797 mila mq il primo e di 1.396 mila mq il secondo (dati riferiti al 2005). Un possibile sviluppo degli aeroporti minori può essere legato alla diffusione dei *regional jet* caratterizzati da una capacità compresa tra i 30 e i 100 posti, velocità di crociera elevate, ridotte distanze richieste per decollo e atterraggio e basse emissioni acustiche. Uno dei problemi legato agli aeroporti è quello della definizione della capacità poichè le condizioni in cui l'aereo vola sono molto differenti sul ramo rispetto alla parte terminale e al nodo; nel primo opera in ampi spazi e ha tre gradi di libertà, nel

secondo è soggetto a vincoli rigidissimi e ha praticamente un solo grado di libertà. Nella parte terminale, inoltre, la capacità non dipende solo dalla pista di volo, ma anche da quella di tutte le altre zone a terra dove l'aereo si muove o sosta (piazzole di carico, piazzole per il rifornimento, per il *de – icing*) e deve essere congrua con quella delle aerovie. La zona dell'aerodromo resta comunque quella critica nella rete in quanto in essa convergono le rotte e le piste devono essere utilizzate al meglio sia per partenze che arrivi di aerei con procedure diverse; bisogna poi ricordare che non è solo la capacità fisica quella che non deve essere superata, ma anche quella operativa del sistema di controllo che non può gestire in sicurezza un numero troppo elevato di aerei.

1.2 Gli aeroporti in relazione agli aerei

1.2.1 Aspetti generali

In tutti i sistemi di trasporto i due elementi fondamentali sono i veicoli e i nodi della rete, in questo caso rispettivamente gli aerei e gli aeroporti. I legami tra questi due elementi per la realizzazione del servizio sono di varia natura:

- geometrici per inserire gli aerei nelle strutture a terra (piste di volo, piazzali, vie di rullaggio);
- strutturali per garantire la sicurezza e resistere alle sollecitazioni (lunghezza della pista di volo, spessore e tipologia di pavimentazione);
- funzionali per il corretto svolgimento delle operazioni nodali (carico e scarico passeggeri o merci, gestione degli aerei in volo e dei passeggeri a terra).

Sono tuttavia le innovazioni tecnologiche sugli aerei che si ripercuotono in un adeguamento della progettazione aeroportuale; di recente la costruzione di un nuovo modello da parte della Airbus (A380), a causa delle sue grandi dimensioni, ha costretto gli aeroporti che prevedevano di accoglierlo ad ampliare le strutture per l'imbarco dei passeggeri e quelle per il carico delle merci.

Per massimizzare la capacità si cerca di aumentare il carico trasportato e di impiegare il minimo tempo per compiere lo spostamento (massimizzazione della velocità commerciale). Tutto questo deve avvenire tenendo bassi i costi di esercizio, il che si ottiene massimizzando le prestazioni (autonomia, portanza, carico utile trasportabile) e

minimizzando la tara. L'evoluzione tecnologica sugli aerei, si può ripercuotere sulle strutture aeroportuali in vari modi:

- i carichi maggiori che gli aerei a terra trasmettono alla sede devono essere compensati con migliori pavimentazioni e maggiori lunghezze delle piste di decollo;
- le dimensioni maggiori richiedono piste e piazzali più ampi oltre che un miglioramento degli itinerari a terra.

1.2.2 Le piste di volo e l'assetto del sistema aeroportuale

Le piste di volo sono quelle zone che consentono il decollo e l'atterraggio degli aerei e tramite le quali si ha il passaggio dal modo aereo a quello terrestre. Gli aspetti importanti per la progettazione sono la lunghezza e il tipo di pavimentazione.

La lunghezza deve essere calcolata in funzione dell'aereo critico stabilito per ogni aeroporto e deve consentire, sia il distacco in partenza con l'aereo soggetto ad una certa accelerazione per raggiungere la velocità di decollo (funzione del peso e della configurazione alare), sia la fase di frenatura in seguito ad un atterraggio. Inoltre bisogna considerare le condizioni ambientali in cui l'aeroporto viene collocato in quanto per ottenere la lunghezza reale bisogna modificare la lunghezza di base (calcolata con condizioni ideali) per tenere conto di aspetti come la temperatura, la pressione, l'umidità e la pendenza.

La pavimentazione deve resistere alle sollecitazioni (quelle più elevate sono in fase d'atterraggio), offrire buona aderenza e scorrevolezza e possono essere classificate in flessibili o rigide. Le prime sono più economiche e facilmente realizzabili, ma più irregolari e con minore capacità portante, quelle rigide invece hanno il problema delle fessurazioni a causa delle variazioni termiche che portano a una discontinuità superficiale e problemi di infiltrazione delle acque. La scelta tra le due dipende dal clima della zona e dal traffico aereo che le utilizzerà, ad esempio si possono utilizzare quelle rigide nelle zone più sollecitate (piste di volo e in particolare le loro testate, piazzali di sosta) mentre con quelle flessibili si realizzano le bretelle di collegamento e la parte centrale della pista.

Gli aerei e la tipologia di traffico condizionano anche:

- il numero e l'orientamento delle piste (dipendono dalla quantità di traffico che utilizzerà l'aeroporto e dalla direzione dei venti);
- la dimensione e il numero delle aree di servizio (dipendono dalle dimensioni degli aerei, dal tipo di carrello, dall'assetto dell'aereo in sosta e dai picchi di domanda previsti);
- il tipo di terminale nel quale avviene il movimento di persone e merci.

CAPITOLO 2

ORGANIZZAZIONE DELLA CIRCOLAZIONE AEREA

2.1 Cenni storici

La gestione del sistema di trasporto aereo è svolta da un insieme di enti che si occupano di numerosissime attività differenziate in relazione ai vari livelli territoriali. Le funzioni svolte dalla componente organizzativa sono principalmente due:

- organizzazione della percorrenza delle linee;
- organizzazione del nodo.

L'organizzazione interessa trasversalmente tutti i livelli territoriali, partendo da quella a scala mondiale (di cui se ne occupa l'ICAO: *International Civil Aviation Organization*), passando per quella "continentale-statale-regionale", fino ad arrivare a quella che regola la circolazione di aerei, veicoli e passeggeri in un nodo aeroportuale.

Le altre funzioni svolte da questi organismi sono:

- gestione;
- controllo;
- ausilio al volo;
- progettazione dei velivoli;
- definizione della struttura degli spazi aerei;
- emanazione di normative;
- sicurezza, radioassistenza, satelliti, ecc....

Una delle attività dell'organizzazione della circolazione aerea è la gestione dei flussi successiva al momento della programmazione, la quale è attuata tramite il controllo attivo e la verifica in tempo reale dello stato circolatorio e della corrispondenza con il traffico programmato al fine di ottenere elevati livelli di sicurezza e di regolarità. Le

attività di controllo del traffico si sono sviluppate nel tempo adeguandosi al rapido sviluppo di questo sistema di trasporto e a partire dalla prima metà del '900 si è avuto:

- 1919, istituzione della CINA (*Commission International de Navigation Aérienne*), organo che aveva il compito di elaborare procedure e metodi (intese più come regole comportamentali che norme specifiche) per regolamentare la navigazione e favorire la sicurezza delle operazioni di volo; inoltre venne stabilita l'intangibilità della sovranità nazionale sugli spazi aerei;
- 1926, fu deciso un programma di regolamentazione per la navigazione e furono stabilite le regole relative alle altitudini di sicurezza e alla prevenzione dalle collisioni;
- 1930, costruzione della prime torre di controllo;
- 1933, nascita del volo strumentale;
- 1935, istituzione del primo centro di controllo per il volo strumentale a Newark;
- 1938, istituzione delle “*Civil Air Regulation*” la cui parte più importante erano le norme per la circolazione;
- 1944, fondazione ICAO e uniformazione delle norme e delle procedure dell'aviazione a partire da quelle raggiunte dagli U.S.A.;
- 1946, il processo di standardizzazione delle normative prese corpo con la raccomandazione della Divisione RAC (una delle divisioni del consiglio ICAO) di adottare una normativa per le regole dell'aria e per il controllo del traffico aereo.
- 1947, il riesame del DOC 2010 portò alla definizione degli “*standard e raccomandazioni pratiche relative alle regole dell'aria*”, che furono adottati dall'ICAO e denominati “ANNESSE 2”; complementare a questo ma giuridicamente inferiore fu emanato il DOC 4444 denominato “*Procedure per il servizio di navigazione aerea – regole dell'aria e servizio di traffico aereo (Air Traffic Service, ATS)* che nel 2001 ha cambiato denominazione in “*Procedure per il servizio di navigazione aerea – gestione del traffico aereo (Air Traffic Management, ATM)*”;
- 1948, entra in vigore dell'Annesso 2:“*International and recommended practices – Regole dell'aria*”; per poter stare al passo con l'evoluzione del mezzo aereo,

mantenendo invariati gli *standard* di sicurezza delle operazioni ne sono seguite 5 edizioni.

2.2 L'ICAO (*International Civil Aviation Organization*)

2.2.1 Compiti e finalità

L'ICAO è stato istituito nel 1947, evolvendosi da organizzazioni precedenti per meglio adeguarsi al rapido mutamento dell'aviazione e attualmente gli stati membri sono 187. I compiti fondamentali dell'organizzazione sono di elaborare ed emendare gli *standard* e le raccomandazioni, pubblicare i manuali tecnici, pubblicare i piani di navigazione aerea, pubblicare le circolari sugli studi tecnici, pubblicare le procedure per i servizi di navigazione con lo scopo di sviluppare le tecniche di navigazione aerea e di promuoverne lo sviluppo del settore. Gli obiettivi che si pone l'organizzazione sono:

- rendere sicuro il trasporto aereo;
- sviluppare le tecniche costruttive;
- standardizzare le pratiche operative;
- rendere il trasporto, economicamente efficiente e regolare;
- sviluppare la rete aerea (aeroporti + aerovie);
- evitare la discriminazione tra stati e la concorrenza smodata.

2.2.2 Struttura

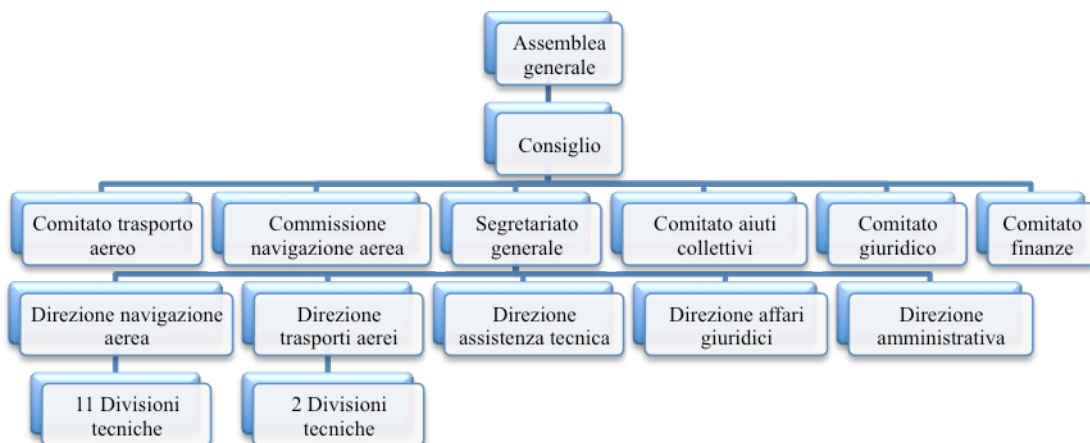


Figura 2.1: La gerarchia dell'ICAO

L'assemblea generale degli stati contraenti è l'organo composto dai rappresentanti degli stati membri dell'ICAO, ognuno con diritto di voto. Il consiglio è l'organo esecutivo con potere di attuare le delibere, è composto dai 33 membri dell'assemblea che rappresentano gli stati più sviluppati dal punto di vista aeronautico e che muovono i maggiori volumi di traffico o che hanno un'elevata estensione geografica. La Commissione per la Navigazione aerea esamina le modifiche agli annessi e le propone al consiglio, raccoglie e comunica agli stati contraenti le informazioni utili allo sviluppo del sistema.

I Comitati, organi tecnici di cui il consiglio si avvale, sono:

- 1) Comitato del trasporto aereo (affronta problemi economici e giuridici e della normalizzazione internazionale per dogane, sanità, posta...);
- 2) Comitato dell'assistenza collettiva (assiste tecnicamente ed economicamente gli stati contraenti nell'installazione, potenziamento e manutenzione delle strutture);
- 3) Comitato giuridico (interpreta il diritto aereo internazionale);
- 4) Comitato finanziario (stila i piani finanziari).

Il Segretariato Generale implementa le decisioni del consiglio ed è organizzato in 5 direzioni:

- 1) Direzione alla Navigazione Aerea (11 divisioni tecniche);
- 2) Direzione del Trasporto (2 divisioni tecniche);
- 3) Direzione dell'Assistenza Tecnica;
- 4) Direzione degli Affari Giuridici;
- 5) Direzione Amministrativa.

Le divisioni tecniche della direzione alla navigazione affrontano problemi riguardanti la messa a punto degli strumenti tecnici ed operativi (certificati di navigabilità aerei, carte aeronautiche, struttura e organizzazione del servizio di controllo) e sono:

- 1) Div. AGA (caratteristiche aeroporti e infrastrutture al suolo);
- 2) Div. AIG (inchieste sugli incidenti aerei);
- 3) Div. AIS (servizio d'informazioni aeronautiche);
- 4) Div. COM (impianti di telecomunicazioni e radionavigazione);
- 5) Div. MAP (carte aeronautiche);
- 6) Div. MET (servizio meteorologico);

- 7) Div. OPS (strumentazione, equipaggiamento e norme di volo degli aerei);
- 8) Div. PEL (requisiti per le licenze e per i brevetti al personale aeronautico);
- 9) Div. RAC (regole e servizi della circolazione aerea, procedure);
- 10) Div. SAR (ricerca e soccorso);
- 11) Div. FAL (servizi ausiliari ai trasporti, dogana, posta...).

2.2.3 Gli annessi e gli elaborati delle divisioni tecniche

La convenzione ICAO è costituita da 86 punti nei quali sono descritti i principi della navigazione civile, sono fissati i diritti e doveri degli stati contraenti ed è stabilita la sovranità assoluta di uno stato sul proprio spazio aereo.

Le norme da adottare per la regolazione della navigazione aerea sono descritte in 18 annessi alla convenzione. Gli annessi sono strutturati in modo che in una prima parte vengono definiti gli *standard* a cui tutti gli stati membri devono necessariamente adattarsi e le *raccomandazioni*, che sono disposizioni non necessarie, ma desiderate. Entrambi sono da considerarsi come specifiche minime, essendo poi lasciata ad ogni stato la facoltà di incrementarle per rendere più sicuro il servizio. Nella seconda parte si trovano invece il materiale approvato dal Consiglio ICAO, le note e gli allegati (materiale guida per l'applicazione pratica degli *standard*).

Ci sono poi le appendici, le definizioni (per avere un'univoca identificazione dei termini), le tavole e le figure.

Gli annessi sono:

- 1) Brevetti del personale;
- 2) Regolamentazione della navigazione aerea;
- 3) Assistenza meteorologica;
- 4) Carte aeronautiche;
- 5) Unità di misura delle comunicazioni aria – terra;
- 6) Gestione degli aeromobili;
- 7) Contrassegno di nazionalità ed immatricolazione degli aeromobili;
- 8) Certificazioni di aeronavigabilità;
- 9) Passaggi di frontiera;
- 10) Telecomunicazioni aeronautiche;
- 11) Servizi di circolazione aerea;

- 12) Ricerca e salvataggio;
- 13) Inchieste sugli incidenti aerei;
- 14) Aerodromi;
- 15) Informazioni aereonautiche;
- 16) Rumorosità degli aerei;
- 17) Sicurezza;
- 18) Merci pericolose.

Il segretariato generale realizza le decisioni del consiglio tramite le divisioni tecniche le quali producono elaborati riguardanti le procedure per i servizi alla navigazione.

I documenti più importanti sono:

- Doc. 4444 (*Air Traffic Management*);
- Doc. 7065: Meteorologia;
- Doc. 8168: Operazioni degli Aerei;
- Doc. 9426: Manuale per la Pianificazione del Traffico Aereo;
- Doc. 7383: Servizio d'Informazioni Aeronautiche.

L'attività dell'ICAO, che si basa sugli annessi e gli elaborati tecnici, ha lo scopo di coordinare tutte le attività aeronautiche con un'adeguata suddivisione dello spazio aereo ed un'efficiente organizzazione dei servizi d'assistenza al volo.

2.3 L'Annesso 2 ICAO: “Raccomandazioni pratiche e internazionali – Regole dell'aria”

Nell'annesso 2 ICAO sono indicate le norme di carattere generale che disciplinano le attività di volo in relazione alla sicurezza delle operazioni e alla protezione delle persone e delle cose al suolo; tutte le altre regolamentazioni comprese quelle nazionali devono uniformarsi ad esse.

Gli argomenti trattati in questo annesso sono:

- applicabilità delle regole dell'aria;
- regole generali;
- regole del volo a vista – VFR;
- regole del volo strumentale – IFR ;

- procedure per l'intercettamento di velivoli per la difesa aerea, da adottare in caso di dirottamento e tabella dei livelli di crociera.

Le norme definiscono il distanziamento tra gli aeromobili per ogni fase del loro moto e le distanze minime di sicurezza, determinando in questo modo la capacità degli spazi aerei. Sotto quest'ottica è ancora più evidente l'importanza di programmare e gestire i flussi in modo da mantenerli all'interno del valore di capacità oltre il quale si avrebbero situazioni di congestione, con una conseguente diminuzione dell'efficienza del sistema e creazione di situazioni pericolose. Tutte le indicazioni descritte nell'annesso devono essere interpretate non come "leggi", ma come "disposizioni a protezione" delle persone e cose e gli Enti di controllo devono essere considerati come garanti della sicurezza di piloti e passeggeri. La responsabilità sulle manovre dell'aereo è data solo al Comandante che può derogare dalle norme in caso di pericolo.

2.3.1 Regole dell'aria

Devono essere seguite da tutti gli aeromobili, ovunque si trovino, a meno che non entrino in contrasto con quelle degli stati con giurisdizione sul territorio sorvolato (lo stato, in accordo con l'ICAO, accetta di fornire i servizi ATS, con un ente da lui designato, anche nelle zone di mare fuori da quelle territoriali).

Tutte le operazioni di un aereo devono uniformarsi a queste regole e:

- se un aereo italiano vola sul territorio nazionale si applicano le regole italiane;
- se un aereo italiano vola, per esempio, sulla Francia si applicano quelle francesi, se quelle italiane entrano in conflitto con esse;
- sulle acque internazionali si seguano le regole dell'ICAO.

Le regole si dividono in regole generali e regole del volo. A loro volta le regole del volo si dividono in regole del volo strumentale (*Instrumental Flight Rules*, IFR) e regole del volo a vista (*Visual Flight Rules*, VFR). La scelta di condurre l'aereo secondo le IFR o le VFR è presa in autonomia dal pilota, con la possibilità di poter usare le VFR solo nelle condizioni meteorologiche di volo a vista (VMC: *Visual Meteo Condition*).

2.3.2 Regole generali

Disciplinano la condotta di un aeromobile, in qualsiasi condizione meteo, sia a terra che in volo e si suddividono in:

- norme per la salvaguardia delle persone e delle proprietà;
- norme per evitare le collisioni;
- piani di volo;
- segnali;
- servizio di controllo del traffico aereo;
- sicurezza da atti illeciti (dirottamenti);
- minime VMC e distanza dalle nubi.

Salvaguardia delle persone e delle proprietà

Eccetto che nelle fasi di decollo e di atterraggio il pilota non può volare sopra zone densamente abitate o sopra gruppi di persone ad una quota che non gli consenta di atterrare in caso di emergenza. Tale quota è a discrezione del pilota in base alla zona in cui vola e alle caratteristiche di planata dell'aereo, tuttavia nelle successive VRF e IFR sono riportate le altezze minime da rispettare. In relazione alle quote viene definito il sistema di riferimento e le superfici isobariche che vengono utilizzate per la determinazione della posizione verticale (quota), sono tre:

- quella riferita alla superficie terrestre (GND) → Altezza;
- quella riferita al livello medio del mare (MSL) → Altitudine;
- quella riferita all'isobarica standard di 1013.2 hPa (ectopascal) → Livello di volo (FL).

I livelli di crociera per i voli devono essere espressi in:

- FL quando il volo è condotto ad una quota > del più basso FL utilizzabile;
- altitudini quando il volo è condotto sotto questo livello o quello di transizione.

A bordo lo strumento utilizzato per la rilevazione della quota è l'altimetro, cioè un barometro aneroide che misura la quota in funzione della differenza di pressione riferita ad una determinata superficie isobarica. Questa differenza viene trasformata in una quota che è funzione del riferimento usato e del gradiente barico dell'aria tipo (1 hPa ogni 27 ft).

Protezione dalle collisioni

Sono indicate le manovre di base da compiere in caso che due aeromobili vengano a trovarsi in condizioni tali da avere le rotte incidenti, e viene regolamentato:

- il diritto di precedenza (l'aeromobile che deve dare precedenza deve passare sopra, sotto, o di fronte l'altro adeguando il distanziamento in relazione agli effetti dati dalla turbolenza di scia);
- l'avvicinamento frontale (se due aeromobili si trovano in un settore di 20° uno di fronte l'altro, entrambi devono spostare la prua verso destra, fig. 2.2);

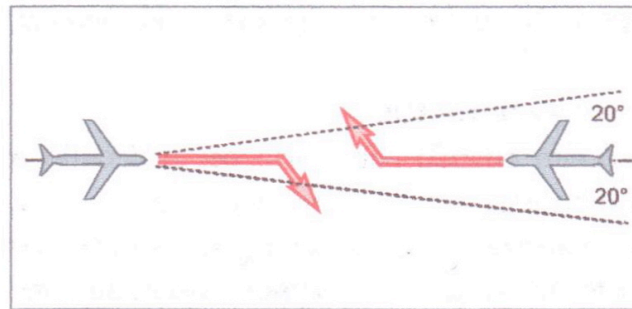


Figura 2.2: Avvicinamento frontale

- la convergenza (l'aeromobile che ha l'altro sulla destra deve dare la precedenza virando a destra passandogli dietro, fig. 2.3);

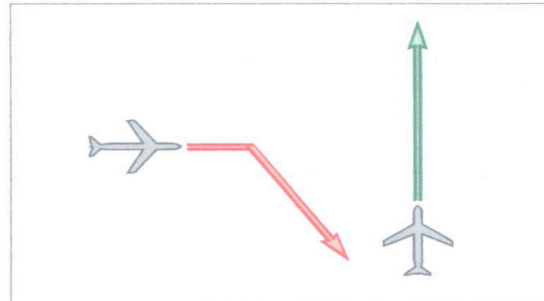


Figura 2.3: Convergenza

- il sorpasso (avviene quando quello dietro si avvicina con una direzione che forma un angolo minore di 70° con il piano di simmetria e l'aeromobile che sta per essere sorpassato ha il diritto di precedenza, fig. 2.4);

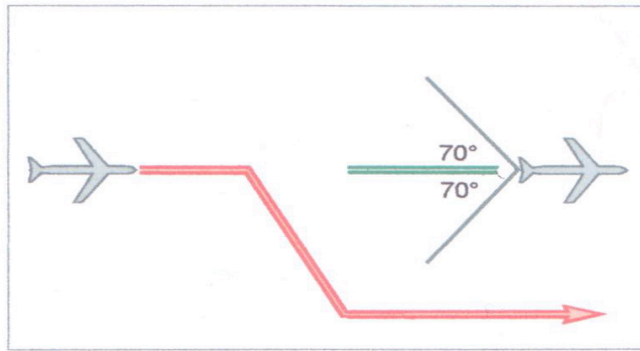


Figura 2.4: Manovra di sorpasso (di notte l'aereo in coda vede solo la luce bianca posteriore)

- l'atterraggio (un aeromobile in volo o che opera al suolo deve dare la precedenza ad uno in atterraggio o che si trova nelle fasi finali dell'avvicinamento e quando due o più aeromobili si stanno avvicinando ad un aerodromo per atterrare, l'aereo che si trova al livello più alto deve dare la precedenza a quelli a quote minori);
- il decollo (un aeromobile che sta rullando sull'area di manovra deve dare la precedenza a quelli in decollo o che sono in procinto di farlo);
- il rullaggio (in questa fase e in caso di scarsa visibilità gli aeromobili si devono fermare a tutte le barre d'arresto illuminate).

Sempre al fine di evitare gli incidenti sono fondamentali le luci anticollisione e le luci di navigazione (fig. 2.5): le prime servono ad attirare l'attenzione sull'aereo, sono lampeggianti di colore rosso e posizionate sopra e sotto il piano orizzontale dell'aereo; le seconde indicano il percorso che sta seguendo un aereo in quanto essendo visibili solo in determinati settori consentono di stabilire la propria posizione rispetto il mezzo. Inoltre tutti gli aeromobili che hanno acceso i motori e si trovano nell'area di movimento in aeroporto devono tenere le luci accese.

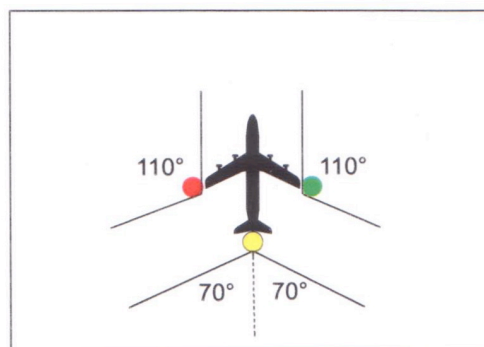


Figura 2.5: Luci anticollisione

Per quel che riguarda le operazioni su e nelle vicinanze di un aerodromo un aeromobile deve:

- osservare il traffico per evitare le collisioni;
- adeguarsi al circuito di traffico;
- effettuare sia in decollo che in avvicinamento alla pista tutte le virate a sinistra;
- atterrare e decollare controvento a meno che per motivi di sicurezza o di traffico non sia autorizzato diversamente.

Piani di volo

Con la presentazione di un piano di volo si comunica all'autorità ATS (Air Traffic Service) la volontà di effettuare un volo e se necessario la richiesta dell'autorizzazione ad operare sotto controllo. Il piano deve essere presentato obbligatoriamente da:

- qualsiasi volo che intende servirsi del controllo del traffico aereo;
- qualsiasi volo IFR condotto entro spazi aerei consultivi;
- qualsiasi volo condotto all'interno di aree o in movimento verso aree la cui competente autorità ATS lo richiede per meglio fornire il servizio informativo e quello di ricerca;
- qualsiasi volo tra stati adiacenti per evitare l'intercettamento dell'aeromobile da parte delle autorità militari per l'identificazione;
- qualsiasi volo attraverso i confini FIR internazionali.

Può essere presentato prima della partenza (almeno 60 minuti in anticipo) o in volo: nel primo caso l'Ente ricettore è l' ARO (*ATS Reporting Office*), nel secondo l' ATS.

Le informazioni che sono riportate su di esso sono di fondamentale importanza per l'identificazione dell'aeromobile e per la corretta gestione dei flussi di traffico, e sono:

- nominativo radio dell'aereo;
- regole e tipo di volo;
- numero e tipo di turbolenza di scia;
- equipaggiamento;
- aerodromo di partenza;
- EOBT (Estimated off block time);
- velocità di crociera;
- livello (o livelli di crociera);

- rotta;
- aerodromo di destinazione e durata del volo;
- autonomia;
- POB: People On Board (N° totale delle persone a bordo);
- equipaggiamento di emergenza e di sopravvivenza;
- altre informazioni.

Per i voli IFR e VFR che operano come controllati, ogni cambiamento (ad esempio: lo scostamento dalla rotta pianificata dovuto al vento, variazioni di velocità superiori al 5% della TAS² o cambio di orario di passaggio stimato su punti di riporto maggiore ai 3 minuti) deve essere tempestivamente comunicato all'ente del Servizio di Traffico Aereo per permettergli di verificare lo stato circolatorio interessato e di apportare le necessarie variazioni. I voli VFR non controllati, invece, devono comunicare solo se ci sono significativi cambiamenti da quanto previsto (ad esempio il POB o l'autonomia). Un piano di volo viene considerato chiuso dall'ente ATS solo dopo la notifica d'arrivo, la quale deve essere fatta via radio non appena possibile dopo l'atterraggio sull'aerodromo previsto; se si è a conoscenza che tale aeroporto non è adeguatamente fornito di sistemi di comunicazione il pilota deve comunicare la notifica d'arrivo all'appropriato ente ATS prima di atterrare.

2.3.3 Regole di volo a vista: VFR

In questo tipo di volo la propria posizione spaziale e quella rispetto ad altri aeromobili o ostacoli al suolo è determinata a vista e per questo motivo sono indicate le minime di visibilità e la distanza dalle nubi che deve essere rispettata dai piloti (tabella 2.6).

Classe dello spazio aereo	A,B,C,D,E	F,G	
		Al di sopra di 900 m (3000 ft.) AMSL ³	Al di sotto di 900 m AMSL
Distanza dalle nubi	1500 m orizzontale 300 m (1000 ft.) verticale	Fuori dalle nubi e in contatto visivo col suolo	
Visibilità in volo	8 km a o al di sopra di 3050 m (10000 ft.) AMSL 5 km al di sotto di 10000 ft. AMSL	5 km	

Tabella 2.6: Distanza minima di visibilità e distanza dalle nubi

² TAS: *Travel Average Speed*, velocità di viaggio media

³ AMSL: *Above Mean Sea Level*; sopra il livello medio del mare.

Le minime altezze dal suolo sono:

- 300 m (1000 ft.) al di sopra del più alto ostacolo esistente nel raggio di 600 m dall'aereo se il volo viene condotto su aree densamente popolate;
- 150 m (500 ft.) se il volo è condotto in zone non densamente popolate o sull'acqua.

Queste quote segnano il limite inferiore ed è comunque lasciata al pilota la possibilità di scegliere la quota più adatta per volare in sicurezza. Per questi voli inoltre sono vietati l'atterraggi, il decollo e l'ingresso nelle ATZ o nel circuito di traffico di aerodromi posti all'interno di una CTR quando:

- il *ceiling*⁴ è inferiore a 450 m (1500 ft.);
- la visibilità al suolo è inferiore a 5 km.

Sono vietate tutte le operazioni di volo a vista nelle seguenti condizioni:

- fra il tramonto e il sorgere del sole;
- al di sopra di FL 200;
- a velocità transonica e supersonica;
- senza una specifica autorizzazione dell'Ente ATS.

Se i voli VFR operano a quote maggiori di 900 m (3000 ft.) il livello di volo (FL: *flight level*) da seguire deve essere appropriato alla rotta magnetica percorsa. Tale FL si deduce dividendo i 360° in due settori: 000° - 179° (*estbound*) e 180° - 359° (*westbound*); nel primo si utilizzano i FL dispari (35, 55, 75, 95, 115, ..., 195) nel secondo quelli pari (45, 65, 85, 105, 125, ..., 185). L'Italia in relazione alla rotta da percorrere prevede la suddivisione dei livelli di crociera secondo il principio *northbound/southbound* che prevede FL pari per rotte comprese tra 270° e 089° e FL dispari per rotte comprese tra 090° e 269°.

2.3.4 Regole di volo strumentale: IFR

In questi voli, mancando il riferimento visivo dello spazio circostante, la posizione spaziale dell'aeromobile è definita mediante l'osservazione degli strumenti di navigazione di bordo. La quota minima da rispettare è definita dalla stato che ha

⁴ *Ceiling*: altezza al di sopra del suolo o dell'acqua della base dello strato più basso delle nubi al di sotto di 6000 m che copre più del 50% del cielo (definizione Annesso 2 ICAO).

l'autorità sul suo spazio aereo e qualora non fossero indicate bisogna considerare come minime:

- 600 m al di sopra del più alto ostacolo nel raggio di 8 km dalla posizione stimata dell'aereo se si vola su territori montuosi;
- 300 m al di sopra del più alto ostacolo nel raggio di 8 km dalla posizione stimata dell'aereo se si vola su territori pianeggianti.

Come per i voli VFR anche per questi i livelli di crociera dipendono dalla rotta seguita con la differenza che nel settore 000° - 179° i FL sono: 30, 50, 70, ..., 130, 150 ...; nel settore 180° - 359° sono: 40, 60, 80, ..., 160, 180, 200...

2.4 Gli spazi aerei

Per spazio aereo s'intende il volume d'aria contenuto all'interno del solido venuto a crearsi in funzione della sua estensione sul piano orizzontale e del suo sviluppo su quello verticale. Gli spazi possono assumere svariate forme, spesso non riconducibili a quelle dei solidi geometrici, in funzione dei luoghi dove sono istituiti. Per ognuno di essi è chiamato a operare un ente controllore che dispone di una frequenza radio destinata alle comunicazioni con i piloti e in base al traffico, lo spazio aereo di giurisdizione di un ente può essere esteso o, se particolari esigenze lo richiedono, frazionato in più parti. La suddivisione in spazi aerei è sia una necessità di natura tecnica per l'individuazione della sede del moto da parte degli operatori, sia un'esigenza di carattere operativo per attuare un'efficiente fornitura dei servizi alla navigazione. Durante il volo in rotta i problemi di tecnica operativa sono minori perché si hanno buoni margini d'intervento sia temporali che spaziali per rendere spediti e sicuri i flussi. Un possibile problema può essere che l'utilizzo di aerei con prestazioni analoghe impone, a breve raggio, l'uso di un *pacchetto ristretto di livelli di volo* (250 – 330) che comporta delle difficoltà nell'attuazione delle separazioni che si ripercuotono sulla capacità dell'intera rete. Durante le altre fasi (avvicinamento e allontanamento dall'aeroporto, a terra) la complessità delle operazioni è data dai vincoli spaziali (quindi di manovra) e dalla grande variabilità dei parametri di volo (velocità, altitudine, assetto). Le diverse condizioni operative e ambientali hanno richiesto la suddivisione dello spazio aereo mondiale in 9 regioni di navigazione che ricalcano più o meno le

masse continentali. La divisione nasce dall'esigenza di superare i problemi inerenti il traffico in quanto:

- la disomogeneità delle condizioni di base, la diversa maturità aeronautica e le diverse capacità economiche richiedono che i problemi debbano essere risolti da stati con caratteristiche omogenee;
- è più facile la gestione tecnico-amministrativa delle decisioni per un numero minore di stati rispetto a soluzioni di tipo centrale.

A questa prima suddivisione ne segue un'altra a scala minore in funzione degli aspetti operativi e dei servizi offerti al loro interno. Ci sono 7 tipologie di spazi, dalla A alla G che saranno meglio descritte in seguito.

In base ai servizi garantiti all'interno può essere fatta una classificazione in due gruppi (fig. 2.7 e 2.8):

- 1) spazi aerei non controllati;
- 2) spazi aerei controllati.

Gli spazi aerei non controllati sono quelli in cui non viene fornito il Servizio di Controllo e quindi la responsabilità di evitare le collisioni è totalmente affidata ai piloti che devono seguire quanto previsto dalle Regole Generali dell'Aria. In questi spazi è comunque garantito il servizio FIS (*Flight Information Service*) che fornisce ai piloti solo le informazioni riguardanti la presenza e gli spostamenti di altri aerei e le informazioni meteo al fine di rendere più sicura la condotta dei voli.

Gli spazi aerei controllati sono quelli in cui viene fornito il Servizio di Controllo del Traffico Aereo ai piloti che li occupano. Questo servizio è effettuato da un ente controllore che tramite "autorizzazioni" (*clearance*) indirizza via radio i velivoli in modo che non collidano tra loro o con ostacoli. Le autorizzazioni hanno valore di comando e i piloti devono strettamente seguirle poiché la responsabilità della separazione dei voli è del controllore. Un autorizzazione ATC deve essere ottenuta prima di operare come volo controllato e deve essere richiesta mediante la presentazione di un piano di volo all'appropriato ente ATC. Di norma le *clearance* sono fornite al pilota prima della partenza e, sugli aeroporti ad alta densità di traffico, viene riservata alla lettura dell'autorizzazione un'apposita frequenza radio. Prima di dettare l'autorizzazione il controllore chiederà al pilota se è "pronto a copiare" e solo quando questo sarà

effettivamente pronto si procede alla comunicazione, riportando sulla *strip* di progresso volo l'orario in cui è stata dettata.

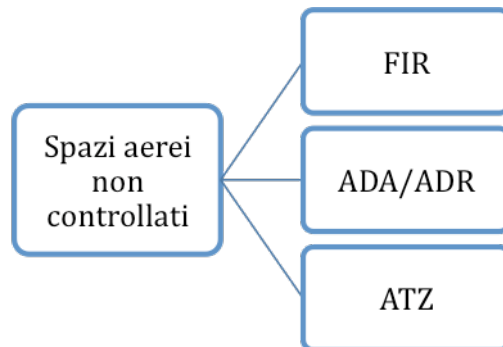


Figura 2.7: Spazi aerei non controllati

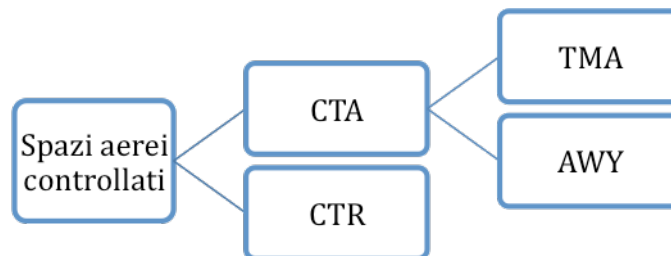


Figura 2.8: Spazi aerei controllati

2.5 Spazi aerei non controllati

2.5.1 FIR (Flight Information Region)

Le 9 Regioni di Navigazione sono divise in FIR (Regioni Informazioni di Volo). La definizione ICAO è: “spazio aereo di definite dimensioni all’interno del quale vengono forniti il Servizio Informazioni Volo (FIS) e il Servizio di Allarme (ALS).” Questo spazio parte dal suolo e si estende illimitatamente verso l’alto. Può essere immaginato come un enorme “contenitore” all’interno del quale possono trovarsi altri spazi aerei (tutti quelli elencati di seguito) controllati e non.

I limiti laterali possono:

- seguire i confini territoriali di un determinato Stato;
- includere parte delle acque internazionali per far combaciare due FIR vicine per assicurare i servizi previsti;
- seguire una linea a prescindere dai confini territoriali senza che vengano toccate le sovranità territoriali;
- seguire una linea concordata tra due stati se la distanza delle acque che li separano è minore di 24 NM (es: canale della Manica) .

Anche se verticalmente si estendono illimitatamente per comodità gli Stati le dividono in :

- FIR: dal terreno a un determinato FL
- UIR (Upper Information Region): dal limite superiore della FIR verso l’alto.

Lo spazio aereo sopra il territorio nazionale per il quale l’Italia si è impegnata a fornire i Servizi del Traffico Aereo è stato diviso in 3 Regioni Informazioni Volo (FIR): Milano, Roma e Brindisi (fig. 2.9).

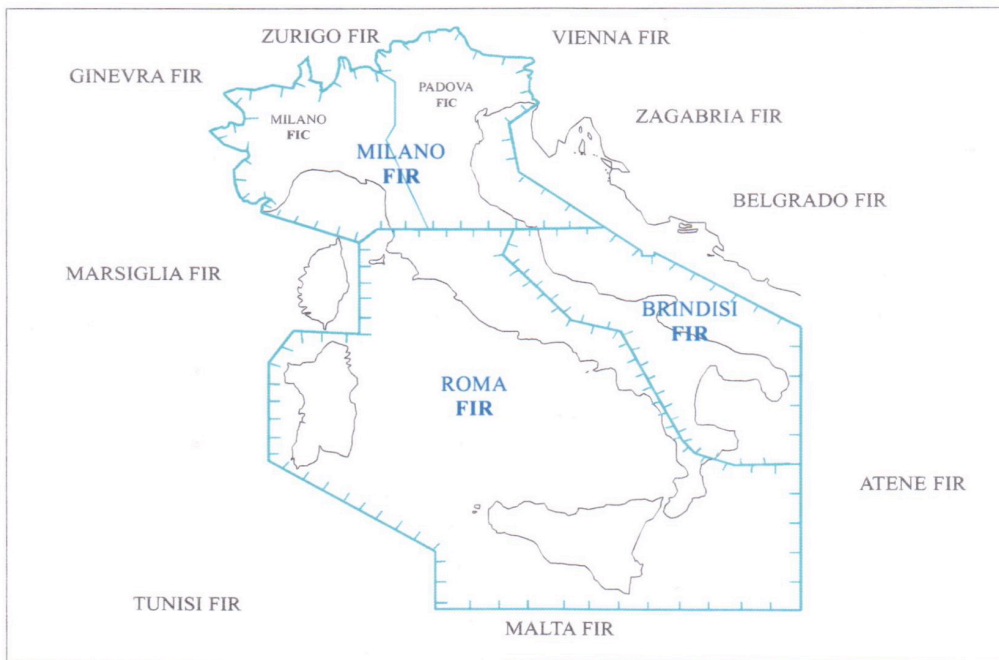


Figura 2.9: Le FIR in Italia

Verticalmente la suddivisione è:

- Da GND a FL 195 → FIR, spazio non controllato
- Da FL 195 a FL 460 → UIR, spazio controllato
- Oltre FL 460 → spazio non controllato

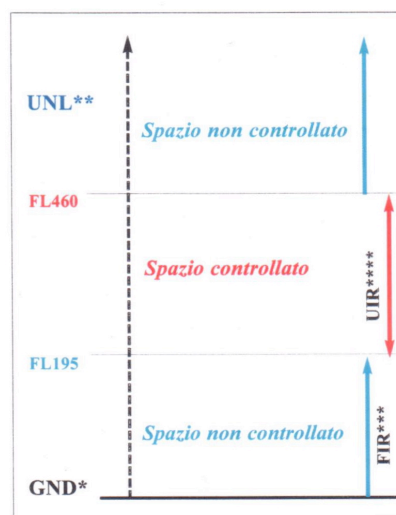


Figura 2.10: Suddivisione verticale delle FIR

Al suo interno i servizi garantiti sono quelli d'informazione e allarme (FIS e ALS) forniti dall'ente ATS chiamato *Flight Information Centre* (FIC).

2.5.2 ADA/ADR (*ADvisory Area/Route*)

Definizione ICAO: “spazi aerei di definite dimensioni all’interno dei quali viene fornito il Servizio Consultivo del Traffico Aereo (che si colloca a metà fra l’informazione e il controllo) agli aeromobili che volano seguendo le Regole del Volo Strumentale (IFR)”.

Limiti laterali ADA: sono definiti dalle autorità in base alla zona in cui ritengono che debba essere fornito il servizio consultivo.

Limiti laterali ADR: sono riconducibili a quelli di un’AWY.

Limiti verticali: sono stabiliti in base alle esigenze del servizio consultivo.

Le aree e le rotte consultive (non presenti in Italia) sono istituite dove non è possibile fornire il servizio di controllo, ma la quantità di traffico IFR è tale da impedire al pilota di manovrare in sicurezza. Il servizio di controllo potrebbe non esserci per: difficoltà di ricezione delle radioassistenze dovute alla quota di navigazione o all’eccessiva lontananza da esse, inadeguata copertura delle radio – frequenze o non si ravvisa la necessità di istituirlo.

2.5.3 ATZ (*Aerodrome Traffic Zone*)

Definizione ICAO: “spazio aereo di definite dimensioni posto intorno ad un aerodromo a protezione del traffico”. La sua istituzione implica che ci sia un aerodromo all’interno, ma la presenza di un aerodromo non implica quella della ATZ.

Limiti laterali: ha forma cilindrica con raggio di 5 NM a partire dal punto di riferimento dell’a/d (centro della pista).

Limiti verticali: parte dal suolo e arriva ad un altezza variabile di 1000 – 3000 ft.

L’ATZ è uno spazio non controllato, ma se è ritenuto opportuno (per intenso traffico IFR o misto IFR – VFR) si fa diventare “controllato” l’aerodromo istituendo il Servizio di Controllo d’Aerodromo. L’ICAO prescrive che lo spazio intorno ad un aeroporto diventi controllato solo se è contenuto all’interno di una Zona di Controllo (CTR).

2.6 Spazi aerei controllati

2.6.1 CTA (*ConTrol Area*)

“Spazio aereo controllato di definite dimensioni che parte da uno specificato limite inferiore, diverso dal terreno, fino ad un limite superiore specificato”. Le CTA sono necessarie per creare un’area che protegga e consenta di gestire una mole di IFR intensa.

Limiti laterali: sono definiti dall’autorità competente laddove è desiderabile fornire al traffico IFR il servizio di controllo del traffico.

Limiti verticali: l’ICAO raccomanda che il limite inferiore non sia mai al di sotto di 700 ft. Queste aree sono di vaste dimensioni e non sono fatte partire dal suolo per evitare che i piloti (ad esempi del traffico VFR), che non vogliono sottostare ai vincoli degli spazi aerei controllati, debbano effettuare lunghi aggiramenti di tali zone. Quando s’istituisce uno spazio aereo CTA per incanalare il traffico lungo una precisa direttrice esso prende il nome di AWY (*AirWaY*).

2.6.2 AWY (*Air WaY*)

“Regione di controllo o parte di essa, a forma di corridoio”. Deve essere dotata di radioaiuti alla navigazione.

Limiti laterali: ha un’ampiezza di 10 NM (se necessario 20 NM).

Limiti verticali: dal minimo livello di rotta utilizzabile (MEL: *Minimum Enroute Level*) per ogni aerovia fino a un limite superiore specificato.

Il MEL dipende dall’orografia del terreno, dalla copertura radio e dalla copertura delle radioassistenze necessarie per la corretta navigazione.

2.6.3 TMA (*TerMinal control Area*)

“Regione di controllo posta alla confluenza di rotte ATS nelle vicinanze di uno o più aerodromi ad alta densità di traffico”. La CTA prende il nome di TMA quando c’è la necessità di creare uno spazio controllato da utilizzare per la gestione di più aeromobili che confluiscono da più rotte ATS su aerodromi ad alta densità di traffico e dove le rotte di arrivo e decollo interferiscono.

Limiti laterali: definiti dall'autorità competente in modo da contenere le rotte di arrivo e partenza su e dagli aerodromi posti nelle sue vicinanze.

Limiti verticali: l'ICAO raccomanda che il limite inferiore sia almeno a 700 ft (in Italia le TMA sono 4: Milano (fig. 2.11), Padova, Roma, Brindisi e il limite inferiore è posto non al di sotto di 1500 ft; tutto il traffico operante al di sopra di FL 290 viene gestito da Roma ACC).

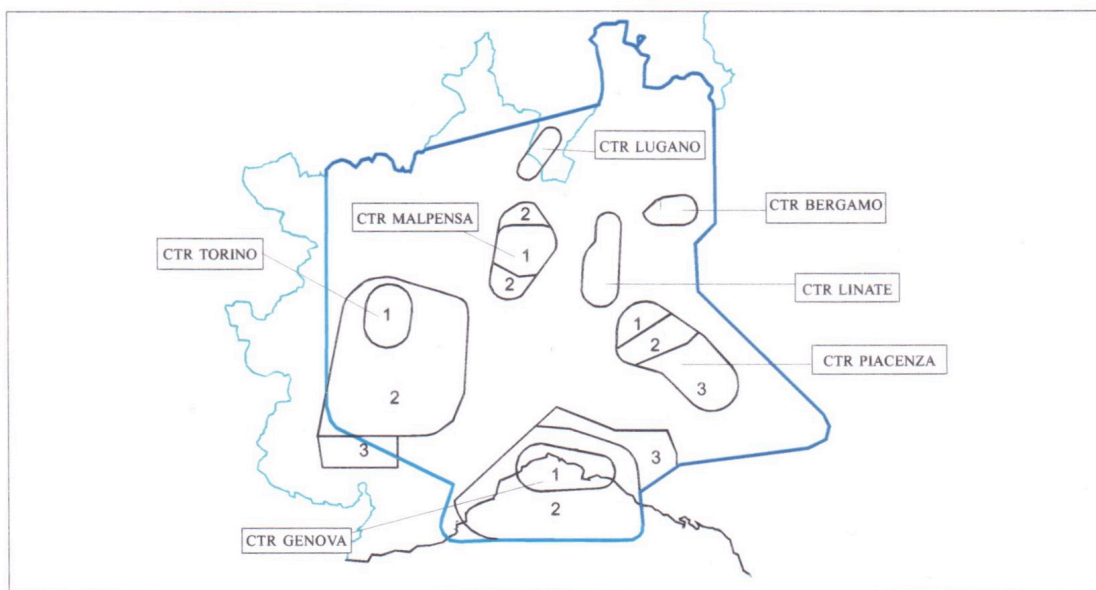


Figura 2.11: La TMA di Milano

2.6.4 CTR (*ConTRol zone*)

“Spazio aereo controllato di definite dimensioni che si estende verso l’alto a partire dal GRD fino ad uno specificato limite superiore”. I limiti laterali devono essere tali da contenere le procedure strumentali di arrivo, partenza e attesa. Le CTR devono contenere una o più ATZ e quelle più grandi vengono divise in zone opportunamente contraddistinte. Possono non partire dal suolo ad eccezione della zona situata in prossimità dell’aerodromo contenuto al suo interno. Quando un CTR è sovrastato da un CTA i limiti devono essere contigui per garantire sempre il Servizio di Controllo del Traffico Aereo.

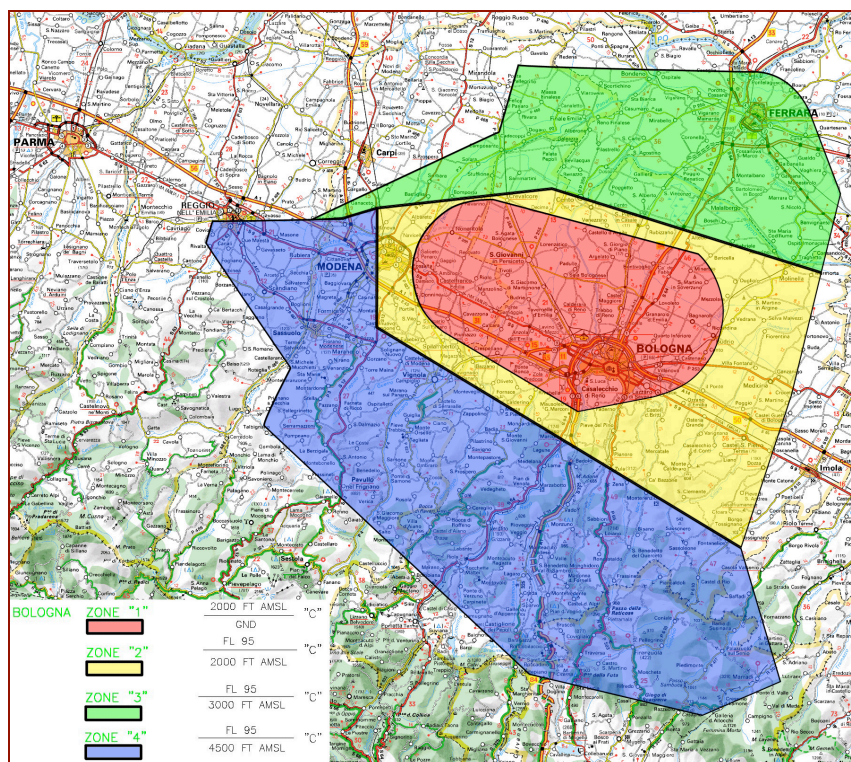


Figura 2.12: Il CTR di Bologna

2.6.5 Rotte ATS

“Specifica rotta istituita per incanalare il flusso di traffico come ritenuto necessario per la fornitura dei servizi del traffico aereo”.

2.6.6 RNAV (*Area NAVigation route*)

Le RNAV sono rotte pubblicate che possono essere seguite solo dagli aeromobili dotati di sistemi di navigazione rispondenti ai requisiti di navigazione RNP (*Required Navigation Performance*).

2.6.7 Classificazione ICAO degli spazi aerei

L'ICAO ha disposto che tutti gli spazi aerei (ATZ, CTR, CTA, TMA, AWY, CTR, FIR, ADA/R) vengano classificati in 7 classi distinti da lettere (A → G). In questo modo ogni pilota conosce i servizi che gli saranno garantiti nello spazio aereo che occupa.

La **classe A** è riservata ai voli IFR e a questi viene fornito il servizio di controllo del traffico aereo e la prescritta separazione.

La **classe B** è sia per voli IFR che VFR e viene fornito il servizio di controllo del traffico e le prescritte separazioni.

Nella **classe C** sono consentite operazioni miste IFR e VFR e a entrambi viene fornito il servizio di controllo del traffico. I voli IFR sono separati tra loro e da quelli VFR e questi ultimi ricevono informazioni sugli altri voli VFR.

Nella **classe D** sono consentite operazioni miste IFR e VFR e a entrambi viene fornito il servizio di controllo del traffico; i voli IFR sono separati solo dagli altri IFR e ricevono solo informazioni sui VFR.

Nella **classe E** sono consentite operazioni miste IFR e VFR, ma il servizio di controllo è fornito solo ai voli IFR (l'ICAO raccomanda di non classificare in questo modo i CTR).

Nella **classe F** sono consentite le operazioni miste ed è fornito solo il servizio consultivo del traffico ai voli IFR.

Nella **classe G** sono consentite operazioni miste ed è fornito, solo su richiesta, il servizio informazioni volo.

Ogni stato ha la facoltà di classificare gli spazi aerei per cui ha l'obbligo di fornire i Servizi del Traffico Aereo nel modo più idoneo alle proprie esigenze.

Classe	Regole	Separazioni	Servizio fornito	Radio	Autorizzazione	Limiti di velocità
A	Solo IFR	Tutti gli aerei	ATCS	Si	Si	Non previsti
B	IFR	Tutti gli aerei	ATCS	Si	Si	Non previsti
B	VFR	Tutti gli aerei	ATCS	Si	Si	Non previsti
C	IFR	IFR da IFR IFR da VFR	ATCS	Si	Si	Non previsti
C	VFR	VFR da IFR		Si	Si	IAS 250 kt al di sotto di FL 100
D	IFR	IFR da IFR		Si	Si	IAS 250 kt al di sotto di FL 100
D	VFR	Non prevista		Si	Si	IAS 250 kt al di sotto di FL 100
E	IFR	IFR da IFR		Si	Si	IAS 250 kt al di sotto di FL 100
E	VFR	Non prevista		No	No	IAS 250 kt al di sotto di FL 100
F	IFR	IFR da IFR		Si	No	IAS 250 kt al di sotto di FL 100
F	VFR	Non prevista		No	No	IAS 250 kt al di sotto di FL 100
G	IFR	Non prevista		Si	No	IAS 250 kt al di sotto di FL 100
G	VFR	Non prevista		No	No	IAS 250 kt al di sotto di FL 100

Tabella 2.13: Classificazione degli spazi aerei

L'Italia ha adottato tutte le classi previste dall'ICAO senza però aver ancora implementato la classe B e al momento non ha spazi di classe F. Precedentemente è stato detto che lo spazio aereo nazionale è stato diviso verticalmente in due zone: una dal suolo fino a FL 195 e una al di sopra di FL 195. Quest'ultima fascia tra FL 195 a FL 460 è stata classificata come classe C mentre sopra FL 460 è di classe G.

Di seguito sono riportate, per le principali classi, gli spazi aerei italiani:

CLASSE A

- la TMA di Milano;
- la TMA di Roma;
- la TMA di Brindisi;
- il CTR di Malpensa.

CLASSE C

- tutto lo spazio aereo superiore da FL 195 escluso a FL 460 compreso;
- i CTR dell' ENAV S.p.a. di Bologna, Firenze, Genova, Napoli, Olbia, Palermo, Torino e Venezia e le ATZ contenute al loro interno;
- i CTR militari.

CLASSE D

- i CTR dell' ENAV S.p.a. di Linate, Roma, Malpensa e altri;
- il TMA di Padova;
- AWY, RNAV inferiori e CDR da FL 115 a FL 195;
- la rotta ATS Y15 da FL 115 a FL 195;
- lo spazio aereo compreso tra le FIR di Milano e Marsiglia.

2.7 L'organizzazione dei servizi negli spazi aerei

I servizi previsti dall'annesso 11 possono essere raggruppati sotto il profilo funzionale in questo modo (tab. 2.14):

- servizi di base (assistenza alle operazioni di volo e controllo);
- servizi di supporto (rendono possibile sotto il profilo tecnico e informativo il volo);
- servizi ausiliari (rivolti alla sicurezza e all'efficienza del trasporto).

Servizi di base	
ATS (<i>Air Traffic Service</i>)	
- FIS (<i>Flight Information Service</i>)	Informazioni di volo
- ATC (<i>Air Traffic Control</i>)	Prevenzione collisioni
- ADS (<i>ADvisory Service</i>)	Informazioni di traffico
- ALS (<i>ALerting Service</i>)	Assistenza e ricerca
Servizi di supporto	
TLC (Telecomunicazioni aeree)	Servizio telecomunicazioni
AIS (Servizio d'informazioni aeree)	Servizio informazioni aeree
MET (Meteo)	Servizio meteo
Servizi ausiliari	
SAR (Ricerca e Salvataggio)	Servizio di ricerca e salvataggio
AGA (<i>Aerodrome, Air routes, Ground Aids</i>)	Servizi per gli aeroporti

Tabella 2.14: Servizi offerti negli spazi aerei

È fondamentale stabilire chi sia il responsabile della fornitura del servizio e in quale ambito di giurisdizione tale responsabilità sarà esercitata. Per servizi come TLC e AIS è conveniente un dimensionamento al livello nazionale perché è richiesta l'uniformità dell'organizzazione del servizio stesso, per l'ATC (Controllo Traffico Aereo), invece, l'ente che fornisce il servizio deve essere connesso al territorio di giurisdizione per l'indispensabile unicità delle responsabilità. I servizi del traffico aereo che devono essere garantiti negli spazi aerei di giurisdizione di ogni stato sono illustrati nella figura 2.15.

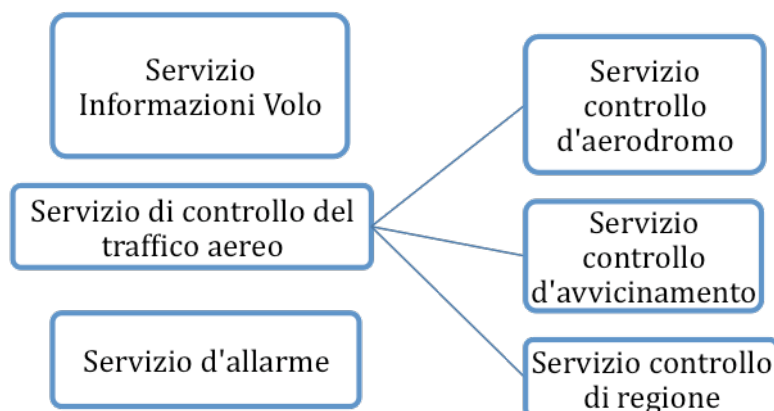


Figura 2.15: Servizi minimi garantiti

Gli obiettivi del servizio di controllo del traffico sono:

- 1) prevenire le collisioni tra aeromobili;
- 2) prevenire le collisioni tra aerei e ostacoli sull'area di manovra di un aerodromo;
- 3) accelerare e mantenere ordinato il flusso del traffico aereo;
- 4) fornire consigli e informazioni utili per una sicura ed efficiente condotta dei voli;
- 5) notificare agli enti appropriati gli aerei che necessitano soccorso e assistere tali enti.

Di seguito è riportato lo schema riassuntivo dei servizi offerti, degli obiettivi, degli enti che li forniscono, delle tipologie di traffico a cui sono rivolti e degli spazi aerei di giurisdizione.

Servizio del traffico aereo	Obiettivi	Enti	Traffico	Spazi aerei
Servizio di controllo di aerodromo	1 – 2 – 3	TWR	Traffico di aerodromo	ATZ di a/d controllati
Servizio controllo di avvicinamento	1 – 3	APP	IFR / VFR	CTR
Servizio di controllo di regione	1 – 3	ACC	IFR / VFR	AWY, CTA, TMA
Servizio informazioni volo	4	FIC, tutti	IFR / VFR	FIR
Servizio di allarme	5	FIC, tutti	IFR / VFR	Tutti gli spazi aerei
Servizio consultivo	1 – 3	ACC, FIC	IFR su richiesta	ADA/ADR

Figura 2.16: Servizi forniti ed enti responsabili

2.7.1 Servizio informazioni volo (FIS)

Questo servizio è fornito a:

- tutti gli aerei a cui è fornito il servizio di controllo del traffico aereo (ATC);
- a tutto il traffico conosciuto dagli enti ATC.

Gli enti che assicurano il servizio sono:

- FIC (*Flight Information Center*) all'interno di una FIR;
- tutti quelli che forniscono il servizio di controllo del traffico aereo, restando comunque il servizio di controllo prioritario rispetto a quello informativo.

2.7.2 Servizio di controllo del traffico aereo (ATC)

Questo servizio è fornito a:

- tutti i voli IFR condotti negli spazi A-B-C-D-E;
- ai voli VFR negli spazi B-C-D;
- a tutto il traffico operante su o nelle vicinanze di aerodromi controllati.

Gli enti che assicurano il servizio sono i seguenti:

- TWR (*ToWeR*): per il traffico che opera su o nelle vicinanze di aerodromi controllati (lo spazio aereo di pertinenza è l'ATZ).
- APP (*APProach*): per i voli controllati in arrivo e in partenza (opera all'interno di un CTR).
- ACC (*Area Control Center*): fornisce il servizio di controllo del traffico che si muove negli spazi CTA – AWY – TMA.

2.7.3 Servizio di allarme

Questo servizio è garantito a tutti gli aeromobili che usufruiscono del servizio di controllo del traffico aereo, a tutti gli aeromobili che presentano un piano di volo o che sono noti all'ATC o a tutti gli aerei che si presume siano dirottati. Gli enti che forniscono il servizio sono tutti quelli del servizio di traffico aereo.

2.7.4 Servizio consultivo del traffico aereo

Oltre ai servizi elencati sopra, in determinate aree può essere istituito il servizio consultivo con cui il controllore suggerisce le azioni necessarie per assicurare le

separazioni tra voli IFR. Questo servizio è assicurato dal FIC o, a seconda delle esigenze, dall' ACC.

ENTE	AREA DI COMPETENZA
FIC	FIR; ADA/R
TWR	Aerodromi controllati e ATZ di Aerodromi controllati
APP	CTR
ACC	CTA; TMA; AWY; ADA/R

Figura 2.17: Enti ed aree di competenza

2.8 Distanze minime di separazione fra aeromobili

Per *distanziamento* s'intende l'insieme delle azioni che gli enti del Controllo del Traffico Aereo (CTA) compiono per attuare la norma dell'annesso 2 secondo la quale si deve evitare il pericolo di collisione. Avendo il volo tre gradi di libertà, si avranno tre tipi di separazione: verticale, orizzontale longitudinale e orizzontale laterale.

Poichè gli aeromobili utilizzano gli stessi spazi aerei e direttrici per compiere le loro normali operazioni di volo (decollo, immissione in rotta e atterraggio) e le traiettorie non sono strutture definibili a vista, ma sono procedure con cui si definisce una direzione di spostamento rispetto ad un sistema di riferimento terrestre, risulta evidente come la possibilità che due aerei possano collidere è insita nelle caratteristiche del sistema. Inoltre le procedure, in quanto determinate da decisioni umane con il supporto di strumenti di navigazione, possono essere affette da errori sia sistematici che casuali e si potrebbe arrivare alla contemporanea presenza di due aerei nello stesso punto e nello stesso momento.

Il collision risk misura la probabilità di collisione (P_c) ed è funzione di variabili deterministiche e aleatorie. L'obiettivo della pianificazione e della gestione della circolazione è quello di rendere questa probabilità la più bassa possibile.

$$P_C = P_C \left(\frac{N_V, \sum F_i, E_i}{V, S_{ATC}, S_{NAV}} \right)$$

Dove:

- V è il volume dello spazio interessato;
- N_V è in numero di aerei contenuti in V ;
- ΣF_i è l'insieme delle diverse tipologie di volo (VFR, IFR, militari...);
- E_i sono gli errori strumentali sistematici e casuali;
- S_{NAV} è la possibilità di disporre di sistemi di navigazione;
- S_{ATC} è la possibilità di disporre di sistemi di controllo.

La densità degli aerei aumenta nelle zone CTR, in quelle ATZ e dove convergono le aerovie. Poiché gli spazi di manovra richiesti e la precisione nel determinare la propria posizione spaziale dipendono dal tipo di aereo considerato non è possibile utilizzare una sola tecnica di distanziamento e gli interventi di gestione e controllo devono essere differenziati in funzione delle esigenze di ogni singolo velivolo. Le variabili S_{NAV} e S_{ATC} diminuiscono l'influenza degli errori, facendo così diminuire il rischio di collisione.

La *separazione* è lo strumento operativo utilizzato dal controllo del traffico aereo per mantenere tutti gli aerei a una distanza reciproca tale da minimizzare il rischio di collisione. Le minime di separazione possono essere espresse in termini di distanza (orizzontali in miglia e verticali in *feet*) o d'intervallo temporale (fra il passaggio di due aerei consecutivi sullo stesso punto). Per ottenere la minima richiesta esistono due diverse tecniche di controllo che si differenziano sia per la modalità di acquisizione delle informazioni su posizione, rotta, velocità e quota che per gli effettivi valori di separazione: il controllo procedurale e quello radar.

Il primo si basa sulle informazioni ricevute via radio dal pilota che sono utilizzate dal CTA per avere una rappresentazione del traffico in un determinato istante. Le minime di distanziamento prevedono valori elevati poiché le informazioni che arrivano al CTA non sono dirette ma passano attraverso il pilota.

Nel controllo radar, invece, le informazioni sulla posizione sono ricevute su un display e sono fornite con continuità. La situazione del traffico è aggiornata con una frequenza pari al numero dei giri al minuto dell'antenna e le minime di separazione (di solito 5 NM) sono 1/10 di quelle procedurali, anche se bisogna sempre considerare una certa tolleranza per i tempi d'esecuzione di eventuali manovre correttive in caso di conflitto.

Nelle torri di controllo il metodo di separazione utilizzato ha aspetti comuni a entrambi: se è possibile viene fatta in base ad osservazioni visive, altrimenti si usa una tecnica procedurale. Il controllore ha il compito di determinare quale sia la minima da applicare considerando: la situazione del traffico e la sua evoluzione, la situazione meteo e l'affidabilità della strumentazione disponibile. Per non avere problemi nel passaggio tra regioni di volo adiacenti e necessaria una standardizzazione delle minime di separazioni e sono stati sviluppati dei modelli matematici ad ausilio della loro determinazione.

Separazione orizzontale

Sul piano orizzontale può essere richiesta una separazione longitudinale o laterale.

La prima si basa sull'accuratezza delle informazioni disponibili dall'ATC ed è importante il tempo necessario per decidere, coordinare e trasmettere le istruzioni. L'azione del controllore deve essere preventiva per il mantenimento delle distanze di sicurezza senza aspettare che si raggiunga il valore minimo e nel controllo procedurale i fattori che concorrono nella determinazione delle minime sono:

- fattori di posizione (riguardanti l'accuratezza nella rilevazione);
- Fattori riguardanti l'efficienza del sistema ATC (ritardi tra quando è rilevato un evento e quando è comunicato);
- fattori umani (esperienza, tempi di reazione);
- *buffer* di protezione (riguarda la minima distanza in relazione alle variazioni di posizione per movimenti dell'atmosfera).

La separazione laterale è, invece, necessaria a causa della diversa precisione che hanno gli aerei nel seguire una rotta prestabilita, indipendentemente dal metodo di navigazione utilizzato.

Separazione verticale

La separazione verticale viene effettuata quando non è possibile separare gli aerei sul piano orizzontale e in condizioni normali è di 300 m fino a FL 290 e di 600 m oltre questo livello di volo. La minima di separazione aumenta con la quota della rotta seguita dall'aereo per la minore affidabilità degli strumenti di bordo di rilevare la posizione.

2.8.1 Minime di separazione utilizzate dall'Area Control Centre (ACC)

Separazione laterale

Questa separazione viene eseguita in rotta, per mantenere la massima capacità dello spazio aereo, e nelle aree terminali quando, durante la salita iniziale e la discesa finale, gli aerei si trovano ad occupare porzioni di traiettoria alla stessa quota.

Richiedendo al pilota di volare su determinate località a vista o su località mediante radioassistenze o equipaggiamenti di navigazione d'area (RNAV), due aeromobili sorvolano lo stesso punto e si allontanano su rotte che differiscono di un determinato valore angolare stabilendo la minima di separazione a 15 NM dal punto in questione. I valori dipendono dal tipo di radioassistenza: VOR, NDB, DR (fig. 3.1 e 3.2).

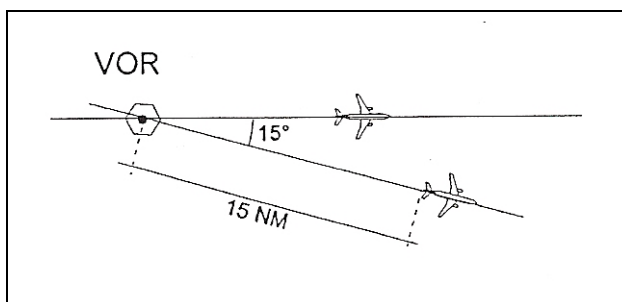


Figura 2.18: Separazione laterale in presenza di VOR

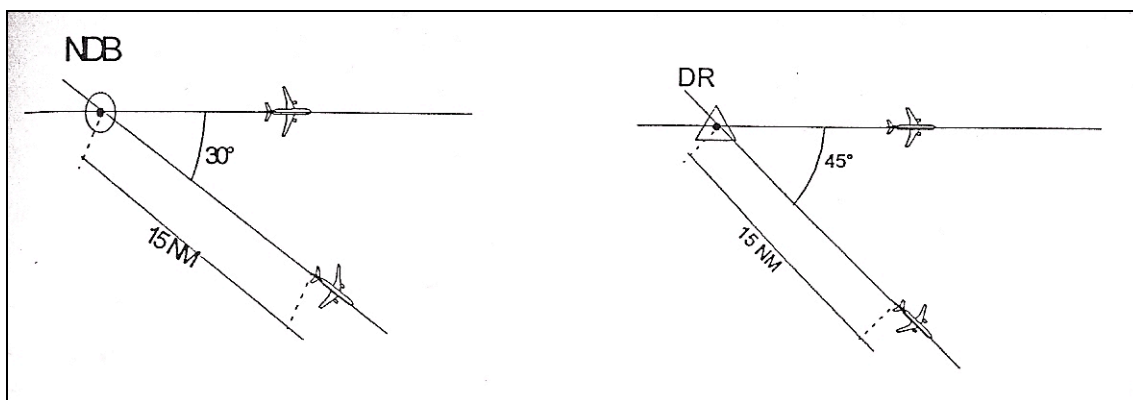


Figura 2.19: Separazione laterale in presenza di NDB e DR

Separazione longitudinale

Si esegue su aerei che si trovano allo stesso livello di crociera e sulla stessa rotta e si realizza richiedendo ai piloti di partire ad uno specifico orario, di sorvolare determinati punti ad uno specifico orario o di attendere su un determinato punto. Se la separazione è espressa in minuti si considerano:

- 15 minuti per VFR;

- 10 minuti se ci sono radioaiuti lungo la rotta per verificare la posizione;
- 5 minuti se la velocità dell'aereo che precede è maggiore di 20 kts di quella del secondo;
- 3 minuti se la velocità dell'aereo che precede è maggiore di 40 kts di quella del secondo.

Separazione verticale

È ottenuta richiedendo di volare a quote differenti (o LV) e può essere di 300 m fino a FL 410.

Separazione di aerei in salita o in discesa da aerei in rotta

Si esegue facendo in modo che quando il livello dell'aereo in rotta è attraversato dall'aereo in salita o discesa deve esserci una separazione spaziale, se si usano sistemi DME, o temporale in presenza di radiofari.

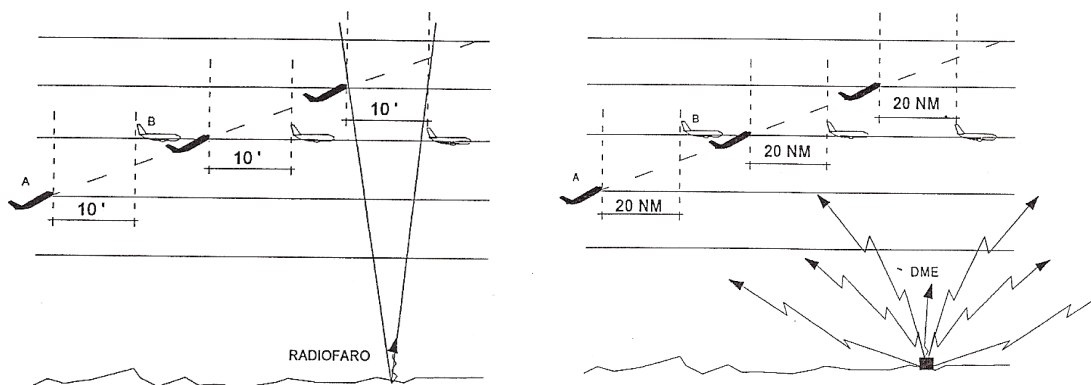


Figura 2.20: Separazione tra aerei in salita o discesa e aerei in rotta

2.8.2 Minime di separazione utilizzate dal Controllo d'Avvicinamento (APP)

Le norme per definire le minime in queste zone si basano sugli stessi concetti utilizzati dal controllo d'area (ACC), ma bisogna verificarne l'applicabilità a causa della diversa dimensione dello spazio aereo (CTR) e dalle diverse caratteristiche di traffico che interessa quest'area. A causa delle dimensioni delle CTR, delle fasi del volo (salita iniziale e discesa finale) e dello spazio per agire ristretto, le separazioni minime di sicurezza più idonee sono quelle calcolate tramite il controllo radar e il traffico è gestito in modo da non fare scendere la separazione al di sotto di quella minima (5 NM).

Aeromobili in partenza

Considerando che gli aerei si spostano verso volumi spaziali crescenti si considera:

- 1 Minuto: se le rotte, subito dopo il decollo, differiscono di 45° (separazione laterale);
- 2 Minuti: se seguono la stessa rotta e il primo ha una velocità maggiore di 40 kts rispetto il secondo (separazione longitudinale);
- 5 Minuti: al momento in cui quello in partenza attraversa il livello di crociera di uno partito precedentemente e con la stessa rotta.

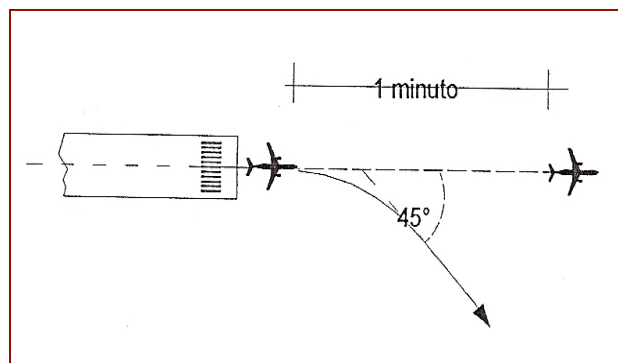


Figura 2.21: Separazione per voli con rotte che differiscono di 45°

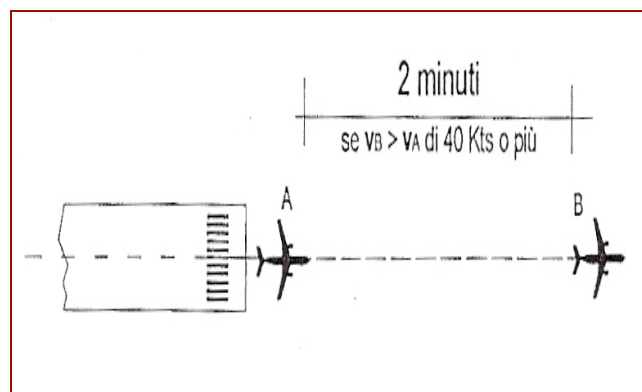


Figura 2.22: Separazione per voli con rotte uguali

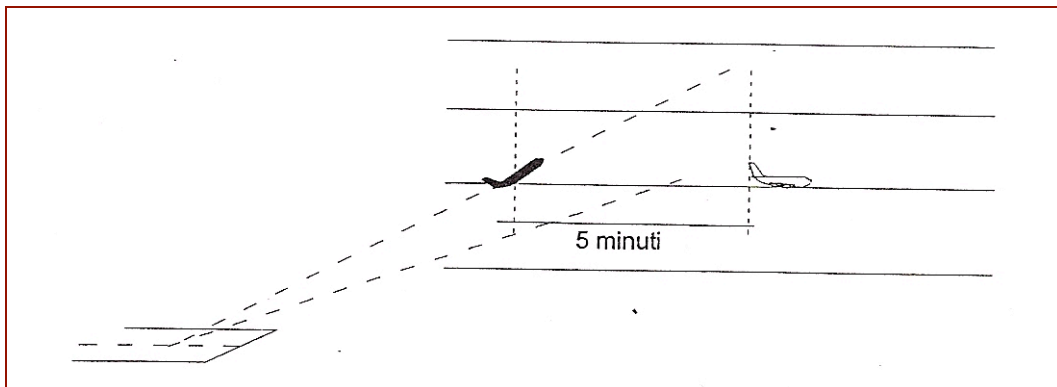


Figura 2.23: Separazione per voli con rotte uguali, ma livelli di voli diversi

Aeromobili in arrivo

Per questi aerei gli spazi disponibili sono decrescenti e aumentano i punti di conflitto. Per ogni aeroporto sono state definite manovre predeterminate, chiamate procedure strumentali d'avvicinamento, a protezione dagli ostacoli a partire da un IAF (*Inizial Approach Fix*) fino ad un punto a partire dal quale o viene completato l'atterraggio o, se non fosse possibile, fino ad un punto in cui si possono applicare i criteri di separazione previsti per l'attesa o per la rotta. L'obiettivo principale è quello di ottenere la separazione dagli ostacoli orografici, i quali condizionano sia la natura stessa delle manovre (determinando la quota di sicurezza) che la disposizione e la tipologia degli aiuti alla navigazione. Inoltre consentono l'atterraggio anche in condizioni di visibilità e *ceiling* al di sotto delle minime VMC⁵.

Le procedure sono pubblicate dall'autorità pubblica competente e riportano la rotta da seguire e la separazione minima dal terreno garantita.

Una procedura di avvicinamento è composta in genere da 5 segmenti con gli estremi identificati da *Fix*:

⁵ Per la tabella con gli acronimi e le definizioni si faccia riferimento all'appendice 1

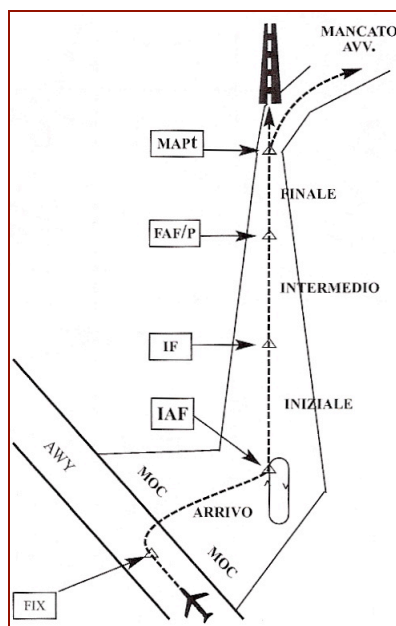


Figura 2.24: Semplificazione di una procedura d'avvicinamento

- segmento d'arrivo: dal nodo d'ingresso dalla rete all'IAF (*Inizial Approach Fix*);
- segmento d'avvicinamento iniziale: dall'IAF → all'IF (*Intermediate Fix*);
- segmento d'avvicinamento intermedio: dall'IF al FAF (*Final Approach Fix*);
- segmento d'avvicinamento finale: dal FAF al MAP (*Missed Approach Point*);
- mancato avvicinamento.

Se la posizione della pista e dell'IAF consentono d'intercettare il segmento finale con angoli di virata minori di 120° si effettua un avvicinamento diretto (fig. 2.15), se l'angolo di virata è maggiore di 120° l'aereo deve seguire delle traiettorie prestabilite (*Reversal e Racetrack Procedure*) per essere in condizioni idonee per il finale sul FAF (fig. 2.16).

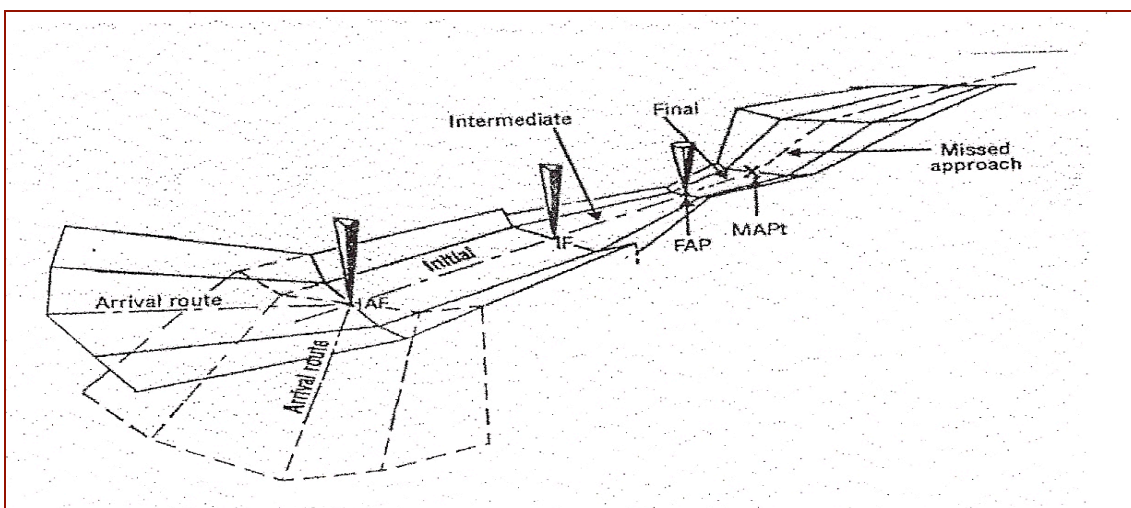


Figura 2.25: Avvicinamento diretto

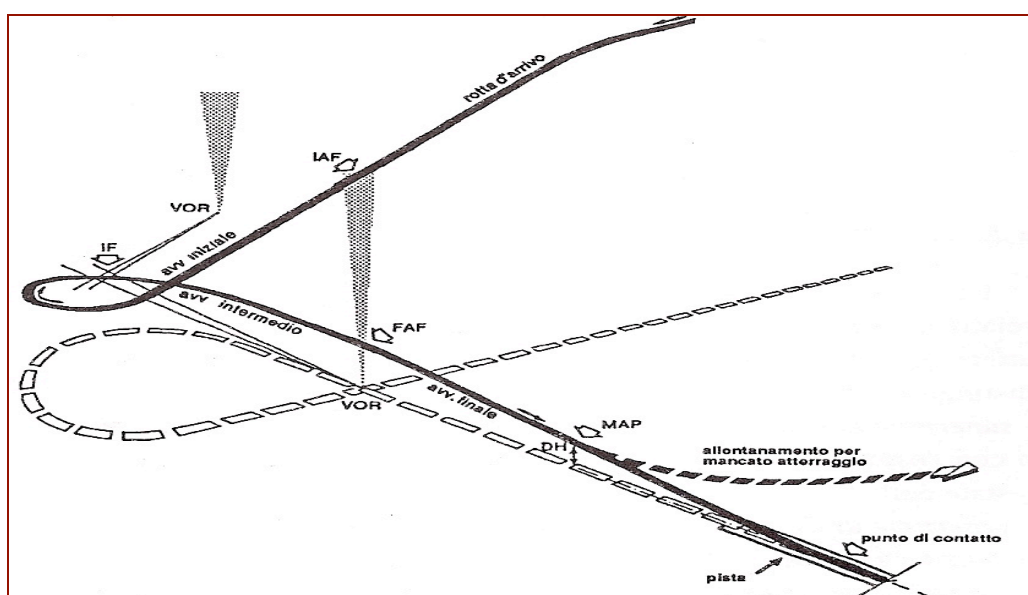


Figura 2.26: Reversal procedure

Le prestazioni degli aeromobili e le condizioni di visibilità influenzano lo spazio e il tempo necessari per eseguire la procedura di avvicinamento e, più alta è la velocità, più ampia deve essere la zona in cui è assicurata la separazione dagli ostacoli.

Gli aeromobili sono classificati in 5 categorie in base alla VAT (*Velocity At Threshold*, velocità sulla soglia pista) così definita: “Velocità di stallo, in configurazione di atterraggio e al massimo peso, moltiplicata per 1.3”. A partire da questa classificazione vengono indicate le velocità di riferimento per ogni fase dell’avvicinamento (tab. 2.27).

Categoria	IAS	IAS <i>Initial approach</i>	IAS <i>Final approach</i>	IAS _{max} Miss. APP	
				Intermedio	Finale
A	< 91	90/150	70/100	100	110
B	91/120	120/180	85/130	130	150
C	121/140	160/240	115/160	160	240
D	141/165	185/250	130/185	185	265
E	166/210	185/250	155/230	230	275

Tabella 2.27: Velocità d'approccio iniziale per le varie categorie di aerei

Se si dispone di una radioassistenza per la guida della rotta, per ogni segmento dell'avvicinamento è definito un volume la cui sezione verticale è una superficie con forma trapezoidale simmetrica rispetto la rotta nominale.

L'ATS assicura la separazione minima ipotizzando che l'aereo si trovi in un'area adeguatamente protetta dalla MOC (*Minimum Obstacle Clearance*, altezza della superficie trapezoidale). La separazione è garantita nell'aria primaria e non è più garantita ai bordi dell'area secondaria (fig. 2.28).

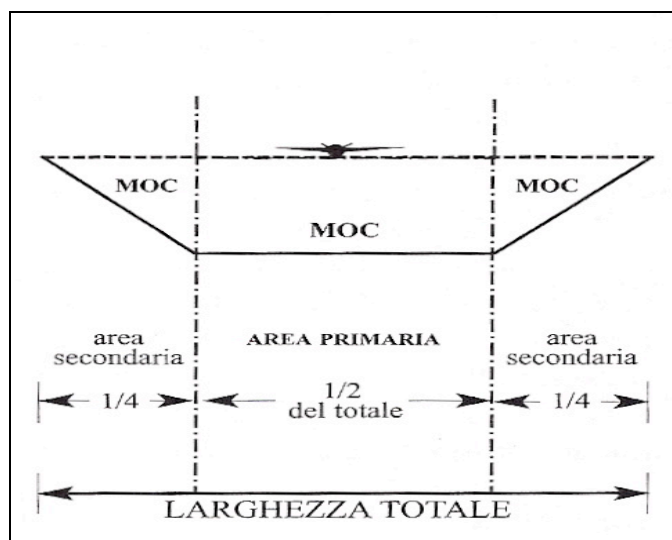


Figura 2.28: Area in cui è garantita la separazione dagli ostacoli

Azioni da compiere per gestire i voli in arrivo in modo da avere l'idonea separazione

Al di fuori della CTR l'incarico di controllare il traffico è affidato all'ACC che comunica con un avviso d'arrivo (*inbound warning*) all'APP interessato l'orario stimato d'arrivo sull'IAF. Alla ricezione del messaggio l'APP prende nota sulla *strip* d'arrivo (precompilata su input dell'ARO) del volo interessato e successivamente l'ACC

comunica il FL con cui l'aereo arriverà sull'IAF e i FL dei voli successivi che devono rispettare la separazione verticale di 1000 ft.

Con l'*inbound release* sono comunicati i termini di passaggio di responsabilità dall'ACC all'APP rappresentati da un orario, da un Fix o da un FL di discesa e, trasferita la responsabilità, l'APP autorizza la procedura d'avvicinamento iniziale.

In caso ci siano più aerei in arrivo, ad ognuno è assegnato un EAT (*Expected Approach Time*, orario stimato per l'avvicinamento iniziale) che tiene conto del tempo necessario per effettuare l'avvicinamento iniziale più tempo necessario per liberare la pista dopo l'atterraggio dell'aereo precedentemente arrivato. La somma dei due tempi determina il *landing rate*, cioè intervallo minimo fra due successive procedure d'avvicinamento e rappresenta la minima separazione tra due aerei in arrivo. Se l'aereo arriva al MAP e non può completare l'atterraggio interrompe il finale e riprende quota per effettuare la procedure di mancato avvicinamento per tornare sull'IAF.

Separazione tra aerei in partenza e in arrivo

Le modalità di separazione dipende dal tipo di avvicinamento effettuato e in caso di avvicinamento strumentale completo ci sono due possibili situazioni:

- se l'aereo in arrivo non ha effettuato la virata di inizio procedura il decollo può avvenire in qualsiasi direzione;
- se l'aereo in arrivo ha effettuato la virata di inizio procedura la direzione del decollo deve differire di almeno 45° dal reciproco della rotta di avvicinamento finale e deve avvenire almeno 3 minuti prima che l'aereo in arrivo sorvoli la pista.

In caso di avvicinamento diretto il decollo può avvenire in qualsiasi direzione fino a 5 minuti prima che l'aereo in finale arrivi sulla pista.

Procedure d'attesa

Si ricorre a queste procedure quando gli aeromobili devono stazionare in volo su determinati punti in caso di regolazioni del flusso di traffico, necessità per il pilota di cambiare quota in relazione ai successivi segmenti di rotta, necessità di attendere migliori condizioni meteo, situazioni impreviste che modificano la capacità aeroportuale o in caso di attesa per autorizzazioni.

I circuiti d'attesa sono utilizzati principalmente nella fase di avvicinamento e per l'atterraggio e in questi percorsi l'aereo percorre un circuito chiuso che contiene il *Fix* (fig. 2.29), ad una quota stabilita dall' ATC che lo separa da altri eventuali aerei in attesa sullo stesso *Fix*.

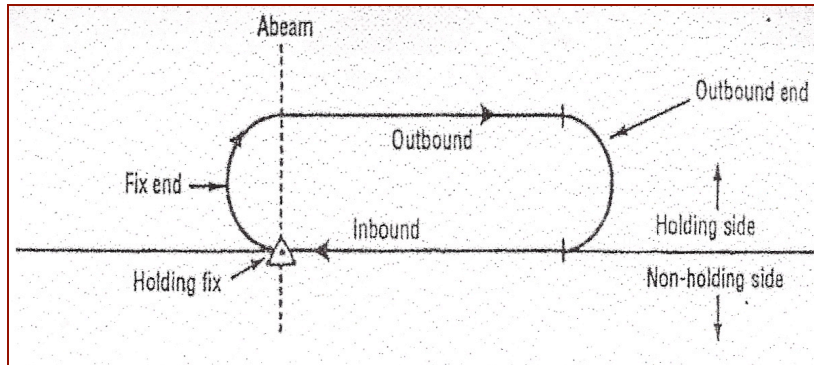


Figura 2.29: Esempio di *holding path*

La velocità da mantenere negli *holding pattern* dipende dal tipo d'aereo e dalla quota su cui è autorizzato a volare:

Livelli	Elica	Jet	In turbolenza
Fino a 6000 ft compresi	170 kts	210 kts	280 kts
Da 6000 a 14000 ft	170 kts	220 kts	
Sopra 14000 ft	175 kts	240 kts	

Tabella 2.30: Velocità massime consentite nei circuiti d'attesa in funzione della quota e dell'aereo

Le modalità d'ingresso in un *holding path* dipendono dal settore di appartenenza della rotta d'arrivo: $20^\circ/200^\circ$, $200^\circ/270^\circ$, $270^\circ/20^\circ$.

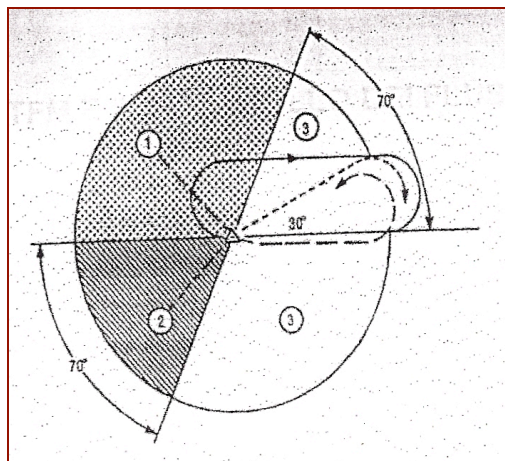


Figura 2.31: Procedure d'ingresso dell'*holding path*

2.8.3 Separazione del traffico d'aerodromo

Torre di controllo (TWR)

La torre di controllo comunica informazioni e autorizzazioni agli aerei sotto il suo controllo al fine di garantire una sicura, ordinata e rapida circolazione dei flussi di traffico sull'aerodromo e nelle sue vicinanze con l'obiettivo di evitare le collisioni tra:

- aerei che operano nell'area di manovra;
- aerei in atterraggio e decollo;
- aerei e veicoli nell'area di manovra;
- aerei e ostacoli sull'area di manovra.

Il controllore è responsabile nell'allertare i servizi di soccorso quando lo ritiene necessario o consigliabile (ad esempio se un aereo già autorizzato all'avvicinamento, manca di mettersi in contatto radio con la torre e non atterra entro 5 minuti dall'orario previsto ne deve essere fatta comunicazione all'APP, ACC e FIC).

Gli operatori della TWR devono costantemente monitorare non solo i movimenti degli aerei, ma anche quelli del personale e dei veicoli, avvalendosi anche di apparati radar in caso di scarsa visibilità. Poiché all'interno di una CTR ci possono essere uno o più aerodromi, deve essere svolta anche un'operazione di coordinamento del traffico in modo che i circuiti aeroportuali non entrino in conflitto. Se la quantità di aerei da controllare è elevata è possibile suddividere le competenze tra più controllori e si può avere:

- controllore di aerodromo: responsabile delle operazioni che si svolgono in pista e di quelle nelle vicinanze dell'aerodromo;
- controllore *ground*: responsabile del traffico sull'area di manovra (esclusa la pista di volo);
- controllore "*Clearance Delivery*": responsabile della messa in moto e della dettatura delle autorizzazioni di rotta per i voli IFR in partenza.

Se il posizionamento delle piste dell'aerodromo consente che queste vengano utilizzate contemporaneamente (piste parallele), la responsabilità delle operazioni è affidata a due controllori distinti e devono essere ben definite le reciproche competenze. Si definisce *pista in uso* quella che il controllore di torre in servizio ritiene essere quella operativamente più adatta tenendo conto: delle caratteristiche degli aerei che decolleranno o che atterreranno, dell'intensità e della direzione del vento, del circuito di

traffico aeroportuale e della lunghezza delle piste. Di norma le operazioni di decollo e atterraggio avvengono controvento a meno che per motivi di sicurezza, per condizioni meteo o per motivi di traffico non venga disposto diversamente.

Procedure di messa in moto

Queste procedure dovrebbero essere adottate per evitare le eccessive attese sull'area di manovra o se imposto da misure ATFM⁶ e la torre deve comunicare al pilota l'orario previsto per il decollo prima della messa in moto.

Quando un aereo è soggetto all'ATFM il controllore deve avvertire il pilota di effettuare lo *start - up* in accordo allo *slot* ricevuto e se l'eventuale ritardo previsto per la partenza è inferiore ad un periodo di tempo stabilito dalla competente autorità (in Italia 15 minuti) al pilota sarà consentito di mettere in moto immediatamente. Se il ritardo fosse superiore verrà invece assegnato un nuovo orario per la messa in moto.

Le informazioni comunicate dalla torre di controllo

La torre comunica ai piloti numerose informazioni nelle fasi che precedono rullaggio, il decollo e l'atterraggio. Prima del rullaggio devono essere indicate:

- la pista in uso;
- la direzione e l'intensità del vento al suolo;
- la temperatura dell'aria;
- la visibilità nella direzione di decollo e di salita iniziale se inferiore ai 10 km.

Prima del decollo devono essere indicate:

- qualunque variazione significativa della direzione e dell'intensità del vento al suolo, la temperatura dell'aria e la visibilità al suolo;
- condizioni meteo significative⁷ nell'area di decollo e di salita iniziale.

Prima dell'atterraggio devono essere indicate:

- la pista in uso;
- l'intensità e la direzione del vento al suolo;

Inoltre quando si ritiene che siano importanti per la sicurezza si devono comunicare le informazioni sul "traffico essenziale locale"⁸.

⁶ ATFM: Air Traffic Flow Management

⁷ Sono definite tali quei fenomeni pericolosi in atto o previsti nell'area di decollo come: temporali, turbolenze, wind share, grandine, moderata o forte formazione di ghiaccio, neve.

I controllori devono applicare le separazioni minime previste per la turbolenza di scia e, anche se la responsabilità per evitare i problemi derivanti da questa è del pilota, deve comunque avvertirlo sui pericoli che ne potrebbero derivare; in più, nell'emettere le istruzioni o le autorizzazioni, devono tenere conto del pericolo per gli aerei in rullaggio, decollo o atterraggio causato dai getti di scarico dei motori.

Poiché la visuale del pilota in fase di rullaggio è limitata, per istruirli sulla giusta direzione e per regolare la circolazione a terra e in aria sono state definite delle posizioni critiche in cui vengono fornite le autorizzazioni a procedere.

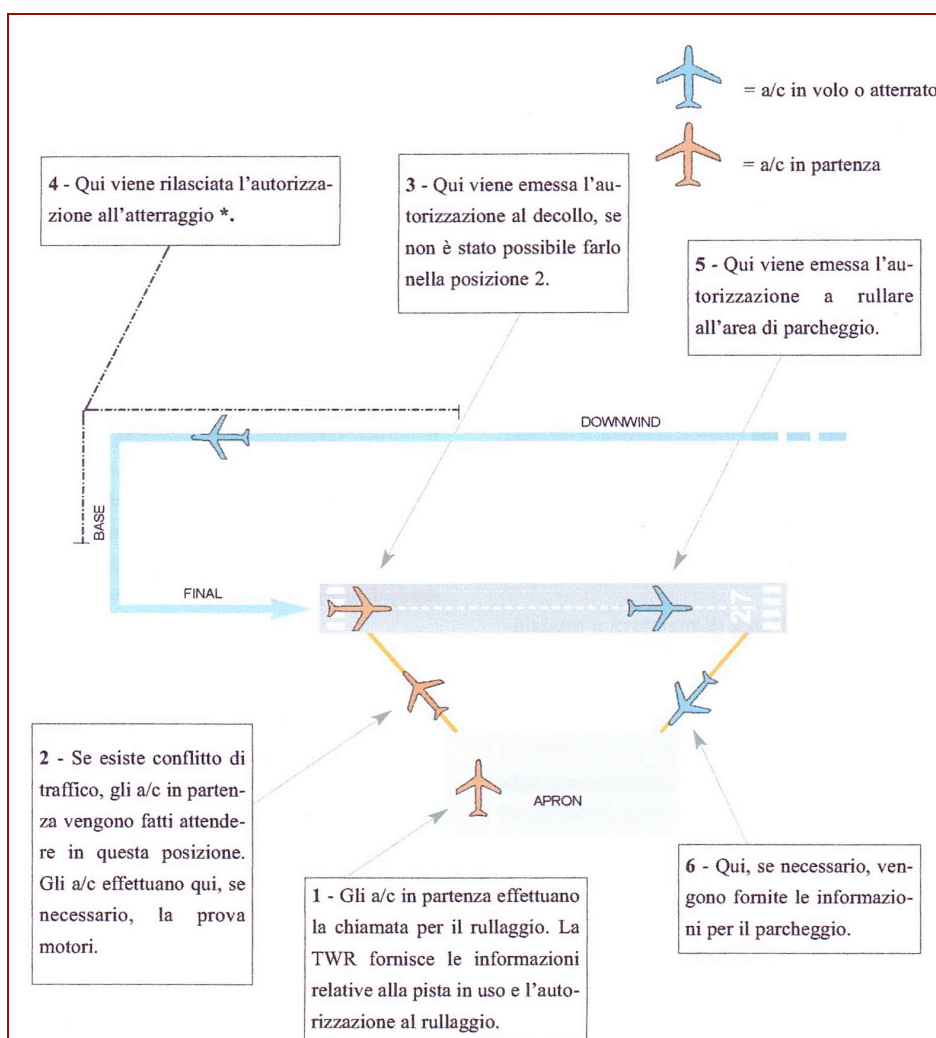


Figura 2.32: Circuito aeroportuale e posizioni critiche

⁸ Con questo si intende qualunque aereo, persona o veicolo sull'area di manovra o operate nelle vicinanze dell'aerodromo che può costituire un pericolo per l'aereo interessato.

Il traffico nell'area di manovra

La torre autorizza un aereo al rullaggio tramite un messaggio che contiene informazioni precise e concise sulla direzione da prendere al fine di evitare altri aerei o di entrare accidentalmente in una pista occupata. La posizione d'attesa (numero 2 in figura 2.32) deve essere ben visibile e laddove non fosse fisicamente segnata l'aereo deve attendere ad una distanza di minimo 30 m dal bordo della pista da occupare. Per accelerare il flusso del traffico i controllori possono autorizzare ad attraversare una pista in uso, se ciò può essere fatto senza pregiudicare la sicurezza, e se il rullaggio è fatto sotto la responsabilità di un controllore *ground*, il controllo dell'aereo passa da questo a quello di TWR (responsabile delle operazioni di pista). Se quest'ultimo non è in grado di determinare, a vista o mediante l'uso del radar, quando la pista si libera deve chiedere al pilota di effettuare il *riporto di pista libera*. Inoltre, chiunque si accinga ad entrare nell'area di manovra (veicoli e persone) deve avere l'autorizzazione della TWR, e ne deve essere richiesta una ulteriore per l'ingresso in pista.

Turbolenza di scia (wake turbulence)

Con questo termine s'intende l'effetto delle masse d'aria rotanti che vengono generate alle estremità alari degli aerei a getto e i vortici presenti nella scia di un aereo in volo sono pericolosi per quelli che seguono specialmente nelle fasi di decollo, salita iniziale, avvicinamento finale e atterraggio. Per la determinazione delle separazioni minime gli aerei sono stati distinti in tre categorie in funzione del loro peso massimo certificato al decollo:

- leggera – *LIGHT* (L): aerei di peso uguale o inferiore a 7000 kg;
- media – *MEDIUM* (M): aerei di peso compreso tra 7000 kg e 136000 kg;
- pesante – *HEAVY* (H): aerei di peso uguale o superiore a 136000 kg. Questi sono obbligati a dichiarare la loro categoria subito dopo il nominativo radio nelle comunicazioni con gli enti del servizio del traffico aereo.

La separazione si applica quando l'aereo che segue è di una categoria inferiore e in atterraggio si devono attendere 2 minuti in caso di un *medium* dietro un *heavy* o 3 minuti in caso di un *light* dietro un *medium*. Per il decollo si attendono 2 minuti per qualsiasi classe di peso. I controllori devono sia informare i piloti circa la categoria e la posizione

degli aerei di peso superiore che li precedono sia applicare le minime non – radar (espresse in minuti) per gli aerei in partenza secondo la tabella 2.33.

Minime di separazione	Pista utilizzata Distanza piste parallele = Distanza tra i <i>centre - lines</i>
2 minuti	Stessa pista
2 minuti	Piste parallele distanti meno di 760 m
2 minuti	Piste parallele distanti 760 m o più, se la traiettoria del secondo aereo attraversa quella del primo alla stessa altitudine o sotto a meno di 1000ft.
2 minuti	Piste che si intersecano, se la traiettoria del secondo aereo attraverserà quella del primo alla stessa altitudine o sotto a meno di 1000ft.
3 minuti	L'aereo che segue decolla da una parte intermedia della stessa pista.
3 minuti	L'aereo che segue decolla da una parte intermedia di una pista parallela distante meno di 760 m.

Tabella 2.33: Minime di separazione in funzione della disposizione delle piste

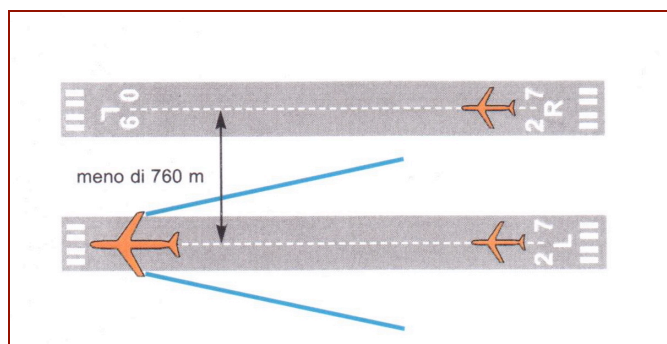


Figura 2.34: Piste parallele con distanza di 760m

Minime inferiori a quelle sopra indicate possono essere utilizzate dalla competente autorità ATS dopo aver considerato i seguenti fattori: lunghezza della pista, configurazione dell'aerodromo e tipologie degli aerei interessati.

Non è possibile abbassare le minime di separazione nei seguenti casi:

- tra un aereo in partenza e uno precedentemente atterrato;
- dal tramonto all'alba;
- quando l'azione frenante può essere influenzata negativamente da fattori meteo;
- in condizioni di scarsa visibilità della pista da parte del pilota.

CAPITOLO 3

I FENOMENI DI RITARDO NEGLI AEROPORTI

3.1 I costi causati dai ritardi

È risaputo che i ritardi causano un costo aggiuntivo, oltre a quelli normali per la gestione e la realizzazione del servizio di trasporto, non solo per le compagnie aeree, ma anche per gli enti aeroportuali, per il controllo del traffico (ATC), per gli agenti dell'handling e ovviamente per i passeggeri. Il ritardo per i passeggeri è quello che in proporzione causa i maggiori rincari, ma è anche quello che spesso viene affrontato meno nel dettaglio.

Secondo i soggetti che ne sono interessati il ritardo può essere definito in vari modi e in questo contesto si farà riferimento all'orario di *off-block/in-block* (AOBT/AIBT) rispetto a quello programmato e pubblicato dalla compagnia che gestisce il volo. Questo intervallo è il parametro di valutazione più "trasparente", quello più facile da quantificare e quello che ha il maggiore impatto sull'ultimo cliente della catena: il passeggero. Dal punto di vista delle compagnie aeree, il costo aggiuntivo imputabile al ritardo può essere di due tipi:

- il costo tattico è quello causato dai ritardi che si verificano il giorno delle operazioni;
- il costo strategico è fissato nella fase di progettazione operativa della rete ed è basato su eventi che possano attenuare eventuali ritardi al livello tattico. Tali eventi (come ad esempio la programmazione dei *buffer*) rappresentano un *opportunity cost* per le compagnie, poiché, se i ritardi fossero conosciuti in anticipo ed evitati, potrebbero aiutare a fare un uso migliore del capitale.

Questi costi sono molto rilevanti, ma difficilmente quantificabili, specialmente quello di tipo strategico. Nel trasporto aereo, quando si fa riferimento alla puntualità, spesso si

trascurano i bassi ritardi e le partenze o arrivi che avvengono fino a 15 minuti dopo l'orario programmato vengono considerate come puntuali. È ragionevole affrontare il problema in questo modo in quanto i passeggeri hanno una conoscenza relativamente imprecisa degli orari programmati di partenza e arrivo e tendono a non considerare i piccoli ritardi. Inoltre, in alcuni aeroporti è usuale avere tra i 5 e i 10 voli programmati a partire o decollare esattamente allo stesso orario e i margini di tolleranza tengono conto di questa eventualità. Bisogna, però, considerare che 15 minuti di ritardo possono essere accettabili per un passeggero che è giunto nella sua destinazione finale, ma non per uno che deve prendere una coincidenza con un altro volo.

Per quantificare il costo del ritardo è importante essere consapevoli delle differenze nell'utilizzare un determinato intervallo temporale rispetto ad un altro (l'intervallo utilizzato in questo studio è quello sul lato destro della figura 3.1).

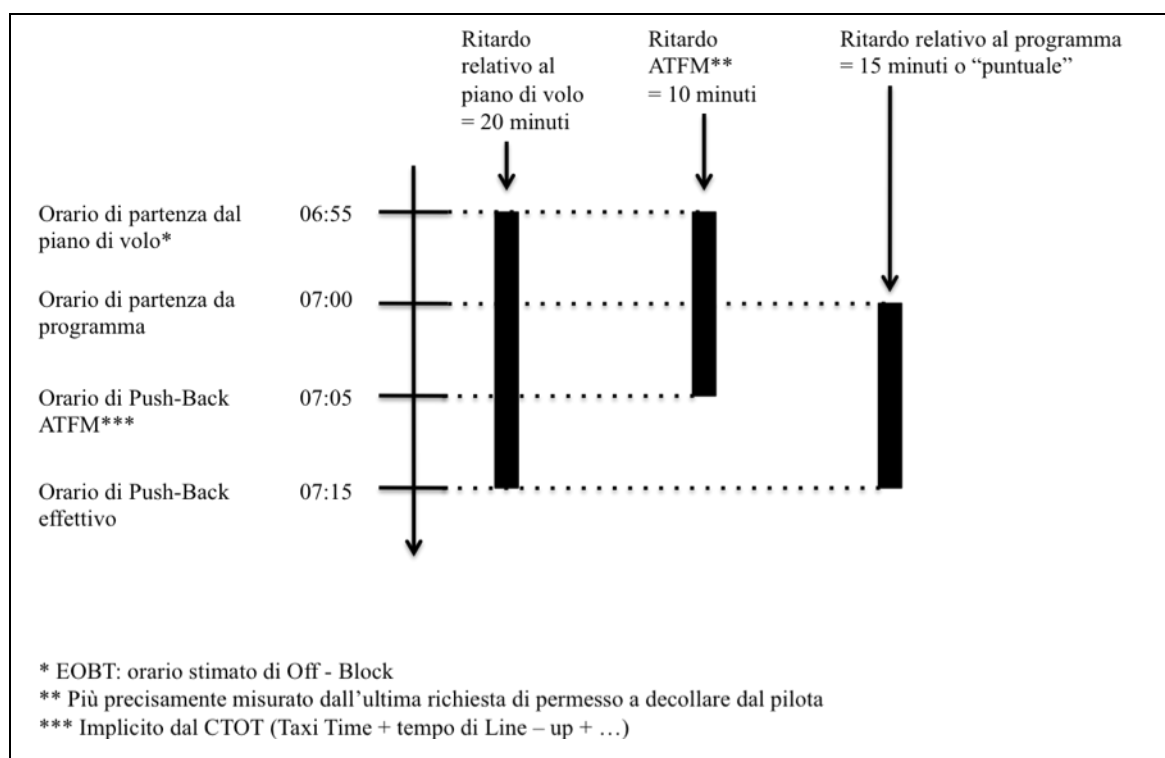


Figura 3.1: Tipi di ritardo

3.1.1 Statistiche sui ritardi in Europa

Nel 2006 le performance sulla puntualità del servizio aereo programmato hanno subito un peggioramento per il terzo anno consecutivo, e gli arrivi considerati in ritardo (+15 minuti rispetto l'orario programmato) sono stati il 21.4% in più rispetto al 2003. Le partenze in ritardo (considerando lo stesso parametro di valutazione) sono aumentate di un terzo nello stesso periodo a causa dell'aumento dei ritardi nel completare la fase di *turn-round* e dei *reactionary delays* e secondo EUROCONTROL nove volte su dieci queste due cause hanno contribuito a partenze oltre l'orario fissato.

Essendo i ritardi in arrivo strettamente dipendenti da quelli in partenza⁹ è chiaro che la maggior parte dei primi non può essere imputabile a causa ATM¹⁰.

Tuttavia non è semplice fare una suddivisione tra le cause ATM e quelle non - ATM in quanto non tutti i ritardi ATM sono causati da eventi direttamente connessi al servizio di gestione del traffico. Ad esempio, la gestione dei flussi basata sulla capacità degli spazi aerei può essere una causa di ritardo ATM, ma gli eventi legati alle condizioni meteo (che causano circa la metà dei ritardi ATFM negli aeroporti) non possono essere controllati. Le condizioni meteo sono un'importante causa di ritardi soprattutto per gli aeroporti che lavorano per molte ore al giorno al limite della capacità (Heathrow, Francoforte, Parigi, Amsterdam e Monaco). Il ritardo ATFM di qualsiasi volo è imputato all'unità ATC che maggiormente influisce sullo svolgimento del piano di volo; questa potrebbe essere un'unità in rotta come l'ACC (che genera una regolazione di rotta) o l'aeroporto di arrivo o destinazione (che genera una regolazione d'aeroporto).

Il 1999 è stato un anno difficile per l'ATFM a causa, soprattutto, della crisi nel Kosovo e dell'incremento della domanda maggiore a quello previsto e da allora fino al 2005 si è assistito ad un costante aumento dei ritardi ATFM.

Nel 2006 l'aumento dei voli in ritardo è stato minore rispetto agli anni precedenti nonostante si siano verificati un discreto aumento del tasso di crescita del traffico (+ 4.1% rispetto il 2005), i mondiali di calcio in Germania e numerosi ritardi causati da condizioni meteorologiche.

⁹ Un caso di studio relativo ad un aeroporto francese è stato concluso dimostrando che i ritardi in arrivo sono stati causati per l'80% delle volte da ritardi in partenza e per il 16% dal fattore di carico.

¹⁰ Per la tabella con gli acronimi e le definizioni si faccia riferimento all'appendice 1.

Nel 2005 c'è stato un incremento dei ritardi totali ATFM del 17.6% rispetto all'anno precedente, ma nel 2006 l'aumento è stato solo del 4.6% rispetto al 2005 poiché si è verificata un leggero calo sia dei ritardi ATFM in rotta che di quelli negli aeroporti.

Nella tabella 3.2 sono riportate alcune statistiche sui ritardi per il 2006.

Tasso di crescita annuale del traffico		4.1%
Ritardi in arrivo (> di 15 minuti)		21.4%
Ritardi in partenza (> di 15 minuti)		22.7%
Cause dei ritardi in partenza	Interventi di regolazione ATFM in rotta	1.6%
	Interventi di regolazione ATFM negli aeroporti	1.1%
	Ritardi nel <i>turn-round</i>	10.2%
	<i>Reactionary delays</i>	9.8%
		22.7%
Ritardi nella prima partenza (> 15 minuti) <i>Primary Delay</i>	Interventi di regolazione ATFM in rotta	12.4%
	Interventi di regolazione ATFM negli aeroporti	8.5%
	Ritardi nel <i>turn-round</i>	79.1%
		100%
Ritardo ATFM medio in rotta	Effettivo (per volo)	1.4 min
	Obiettivo (per volo)	1 min
ACC _s più colpiti	Zagabria, Madrid, Varsavia, Barcellona e Praga (contribuiscono al 65% di tutti i ritardi ATFM in rotta)	
Aeroporti dove i ritardi ATFM sono migliorati	Istanbul, Amsterdam, Monaco	
Aeroporti a rischio ritardi ATFM	Vienna, Milano – Malpensa, Roma - Fiumicino	

Tabella 3.2: Cause di ritardo nel 2006

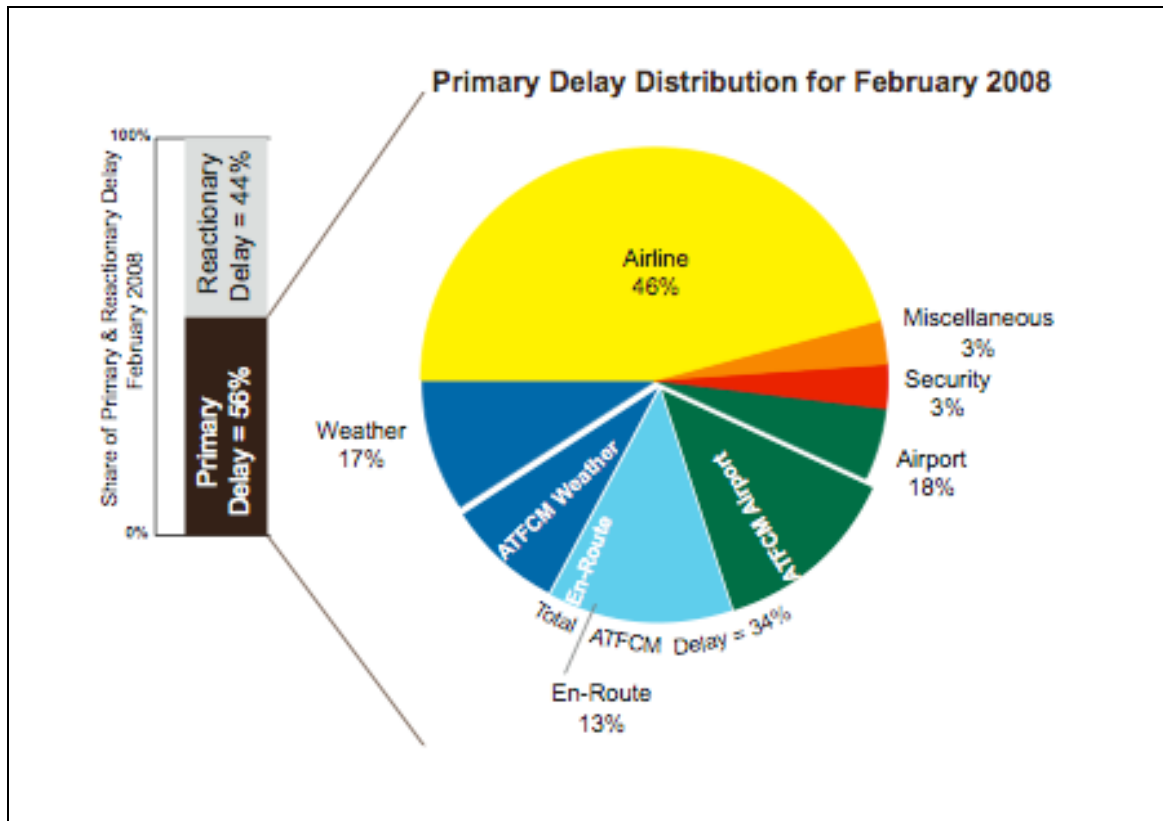


Figura 3.4: Cause di ritardo nel 2008

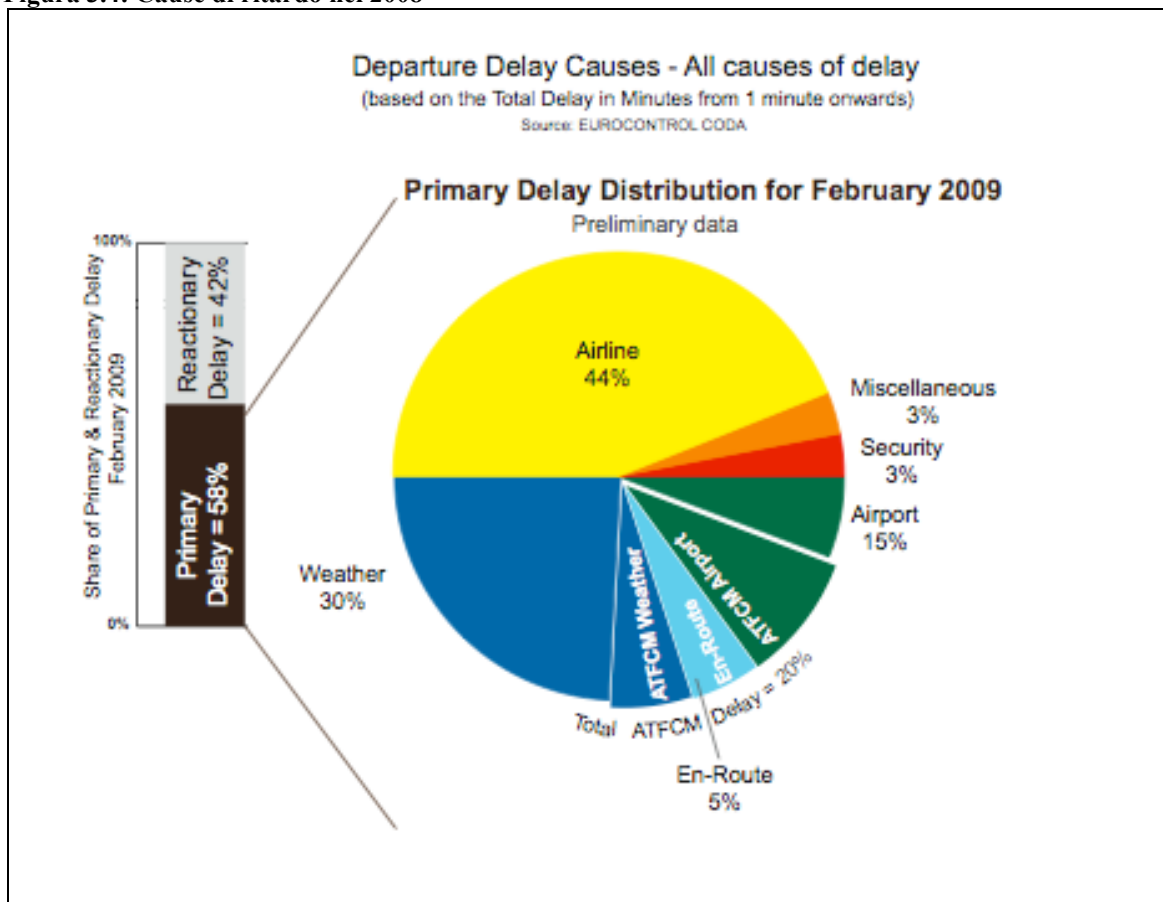


Figura 3.3: Cause di ritardo nel 2009

3.1.2 Slot

La finestra di partenza ATFM è di 15 minuti se è in corso una regolazione ATFM (ad esempio se è stato attribuito uno *slot*) o 30 minuti quando il volo è considerato come non regolato. Spesso il termine *slot* viene usato in modo improprio e bisogna fare una distinzione tra quelli aeroportuale e *slot* ATC.

Il primo rappresenta la finestra di tempo che quel determinato volo ha a disposizione in un aeroporto per soddisfare le sue esigenze commerciali (sbarco ed imbarco dei passeggeri e dei bagagli, rifornimento di carburante, catering, ecc...). La disponibilità di questi *slot* dipende, quindi, dalla capacità che la società di gestione ha di supportare più o meno aeroplani in funzione dei parcheggi a disposizione, delle richieste che le compagnie aeree fanno per avere determinati orari anziché altri, della disponibilità e del numero di mezzi disponibili per fornire l'adeguata assistenza ad un determinato aereo. Per questi motivi non è un problema di competenza ATC.

Per quel che riguarda il secondo più che di *slot* ATC si dovrebbe parlare di *Calculated Take – Off Time (CTOT)*. Per meglio capire i motivi che portano alla necessità di allocare uno *slot* ATC si consideri che il traffico aereo è in continuo aumento e le rotte ATS cercano di tenere il passo con questi ritmi di crescita, ma la congestione dei cieli è un dato di fatto, sia a livello aeroviario, sia a livello aeroportuale. Inoltre, le compagnie aeree preferiscono arrivare su certe destinazioni ad orari che possano andare incontro alla domanda commerciale poiché arrivare oltre le 23:00, in alcuni aeroporti, significa non offrire coincidenze aeree o ferroviarie e lasciare i passeggeri in un'atmosfera prossima alla chiusura notturna.

EUROCONTROL ha il compito di coordinare questa situazione, tendenzialmente caotica, tentando di canalizzare i flussi di traffico controllandone la portata. Cio è possibile perché tutti i piani di volo IFR sono spediti all'IFPS di EUROCONTROL che ha, così, l'intera situazione sempre sotto controllo. Ad esempio se si prevede che un certo numero di aerei avrà lo stimato d'arrivo a Bologna compreso in una ristretta fascia oraria, per evitare che venga superata la capacità ATC o quella d'accoglienza aeroportuale, si sceglie di “slotarli” negli aeroporti di partenza o lungo la rotta. In questo modo si riesce ad evitare la congestione degli spazi aerei e gli aerei non sarebbero costretti ad attendere in volo il loro turno di avvicinamento. EUROCONTROL conosce sia le capacità degli aeroporti che delle porzioni di spazio

aereo degli ACC e gli aerei che eccedono queste capacità vengono fatti partire con un ritardo, che gli permette di arrivare a destinazione senza attese in volo (quindi con più sicurezza e maggiore economicità).

In relazione alla congestione, sono definiti tre livelli di coordinamento per gli aeroporti (tab. 3.5):

Definizione EU	Definizione IATA	
Coordinato	Livello 3	Deve essere allocato da un coordinatore uno <i>slot</i> alla compagnia. Usato per gli aeroporti congestionati.
<i>Scheduled-facilitated</i>	Livello 2	Usato quando si possono creare potenziali situazioni di congestione per determinati periodi.
Non - coordinato	Livello 1	Bassa congestione. Le compagnie aeree interagiscono direttamente con gli operatori aeroportuali e dell' <i>handling</i> .

Tabella 3.5: Livelli di coordinamento degli aeroporti

Le compagnie possono scambiarsi gli *slot* aeroportuali (se regolamentazioni locali o nazionali non lo impediscono), mentre è più raro che ciò avvenga per gli slots ATFM. I coordinatori sono tenuti a monitorare se le compagnie rispettano gli slots che gli sono stati allocati e qualora non li usassero per almeno l'80% del periodo previsto possono perdere il diritto ad essi. Tuttavia c'è una discreta tolleranza riguardo i ritardi: i voli molto spesso sono costretti a decollare o atterrare al di fuori dello slot stabilito a causa dei ritardi che si possono verificare il giorno delle operazioni indipendentemente dalla loro volontà e le compagnie aeree possono comunque presentare un orario leggermente differente nei loro piani di volo, per meglio adeguarsi alle esigenze operative.

3.1.3 Costo tattico e strategico del ritardo

I costi per il ritardo a cui sono soggette le compagnie aeree nascono soprattutto dalla scarsa possibilità di prevedere determinati eventi. Le cause che possono portare alla formazione di un ritardo sono numerose e vanno dai passeggeri che arrivano tardi ai *gate*, agli aeromobili che possono essere soggetti a manutenzione tecnica imprevista, dalla mancanza di *gate* e piazzole di parcheggio libere nell'aeroporto di destinazione alle direttive ATC e ATM (fig. 3.6).

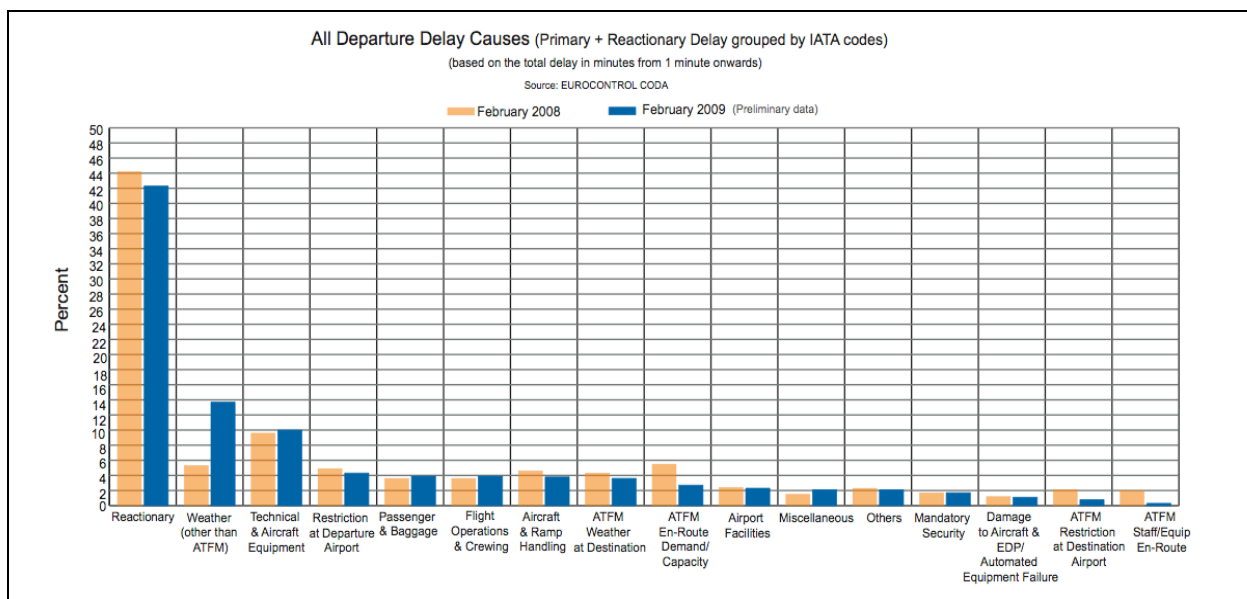


Figura 3.6: Cause che possono portare alla formazione di un ritardo

A prescindere dalla causa che li genera, il risultato di un *push – back* in ritardo di 30 minuti ha le stesse conseguenze sia che venga causato dal ritardo di un passeggero al *chek – in*, sia che venga causato dalle condizioni meteo.

Una discreta parte del costo è anticipatamente inclusa negli orari programmati: non appare nei bilanci delle compagnie, ed è difficile da quantificare, ma già pesa sulle compagnie mesi prima che si verifichi il volo. Questo è il *costo strategico* del ritardo e le persone incaricate di programmare orari di partenze e arrivi fanno a priori che si verificheranno dei ritardi, ma è molto difficile prevedere quanto dureranno e quando si verificheranno.

Ad esempio se si sapesse a priori che un determinato volo, il cui programma prevedeva di effettuare la prima tratta del viaggio partendo dal suo aeroporto di base alle 07:30, decollerà 15 minuti in ritardo e che sarà soggetto ad ulteriori 15 minuti di ritardo a causa della gestione degli arrivi nell'aeroporto di destinazione (ciò succede spesso negli aeroporti che lavorano al limite della loro capacità per molte ore al giorno) il lavoro dei coordinatori degli spostamenti delle compagnie aeree sarebbe molto facilitato.

Nell'esempio appena descritto non ci sarebbe la componente tattica del costo, ma solo quella strategica necessaria per gestire i 30 minuti accumulati dal volo e l'impatto economico sulla compagnia sarebbe, ad esempio, quello relativo alla sotto-utilizzazione dell'aeromobile e al carburante aggiuntivo necessario per l'attesa in volo.

Il costo strategico e quello tattico sono interdipendenti tra loro e la quantificazione del primo è usata per determinare gli impatti e i costi della secondo. Più una compagnia riesce a prevedere i ritardi, più facilmente riuscirà a gestirli il giorno in cui si verificano e dal modo in cui viene pianificato il *ritardo strategico* dipendono le conseguenze e i costi causati dal *ritardo tattico*. La figura 3.7 mostra la sequenza con cui, di solito, una compagnia gestisce i ritardi: in principio, basandosi su considerazioni statistiche sui ritardi registrati la stagione precedente, vengono programmate le tratte individualmente includendo i periodi di *buffer*. In seguito, basandosi sulle esigenze specifiche di ogni tratta, si definisce il programma di voli per l'intera rete.

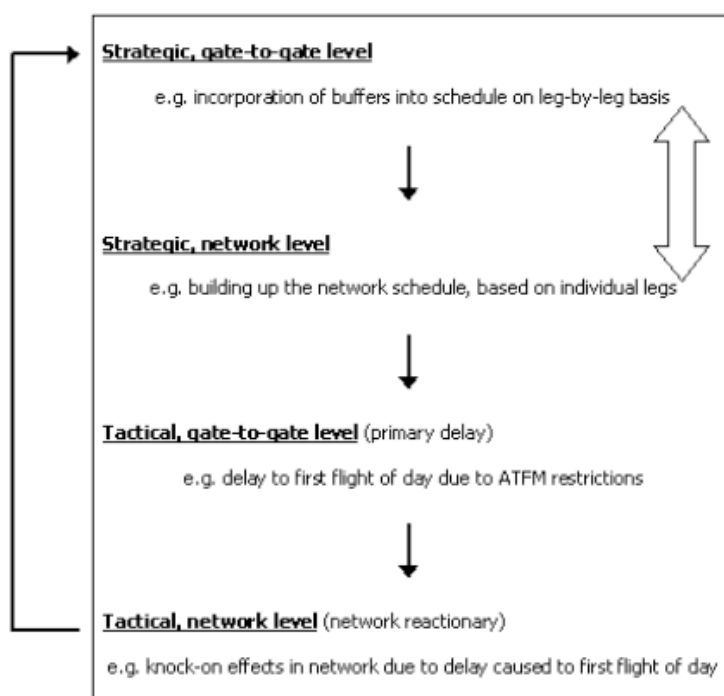


Figura 3.7: Strategia di gestione dei ritardi da parte delle compagnie aeree

Le compagnie aeree spesso includono dei *buffer* (periodi cuscinetto) nelle loro tabelle orarie, i quali devono essere abbastanza lunghi da assorbire i ritardi al livello tattico, ma non così lunghi da compromettere l'efficienza della rete. Altre situazioni possono, invece, richiedere personale (piloti ed equipaggio) extra o aeromobili di scorta posizionati in scali strategici.

Questi costi sono sostenuti in fase di pianificazione e sono difficilmente evitabili. L'introduzione dei *buffer* è comunque onerosa poiché comportano una programmazione dei movimenti non ottimale e per le compagnie aeree la componente del costo dovuta ai

ritardi strategici può essere descritta come un costo opportunità. Una stima effettuata da EUROCONTROL ipotizza che si potrebbe risparmiare 1 BN di Euro l'anno se la metà dei *buffer* dei voli programmati in Europa fosse ridotta di 5 minuti.

Sia ai fini della pianificazione delle operazioni che della valutazione delle *performance*, non è sufficiente la sola conoscenza del ritardo medio poiché conoscerlo non è così utile come sapere che il ritardo nella prima tratta della giornata di un determinato aereo è tre volte quello accumulato nell'ultima.

Nella programmazione delle operazioni le compagnie spesso predispongono dei *buffer* più lunghi (per fronteggiare ritardi maggiori) per le tratte iniziali, poiché i ritardi accumulati in queste fasi hanno grande impatto sulle operazioni seguenti ed è più facile che si propaghino nelle tratte successive della giornata. Questo ritardo primario può inoltre ripercuotersi su altri aeromobili, sia della stessa compagnia che di quelle *partner*, nell'eventualità che vengano tratti al *gate* per permettere che i passeggeri possano effettuare le connessioni.

Tali ritardi "a catena" (*knock-on delay*) sono definiti come "reactionary", la loro creazione può essere attribuita al ritardo iniziale di un aereo (*primary delay*) e possono essere suddivisi in "rotational" (se ricadono sullo stesso aereo che li ha provocati inizialmente) e "non-rotational" (se ricadono su un altro aereo della rete).

Nella seguente tabella sono riportati i quattro fondamentali tipi di costi imputabili ai ritardi:

Tipo di ritardo	Definizione	Esempio	Esempio di costo
Livello strategico	Risorsa allocata al livello strategico come elemento di prevenzione dei ritardi	Introduzione di buffers da parte delle compagnie nelle tabelle orarie	Sotto-utilizzazione dell'aeromobile
Livello tattico	I costi sono dovuti a causa dei ritardi effettivi nel giorno delle operazioni	Ritardo a causa di uno slot ATC per fronteggiare i limiti della capacità aeroportuale	Ri-prenotazione dei biglietti per i passeggeri che perdono le connessioni
<i>Rotational reactionary</i>	Il <i>knock-on delay</i> ricade sullo stesso aereo che l'ha generato inizialmente	Aereo X: ritardo di 60 minuti in arrivo e conseguente medesimo ritardo nella successiva tratta	I passeggeri sull'aereo X ricevono un indennizzo

Non-rotational reactionary	Il <i>knock-on delay</i> ricade su altri aerei della rete	Aereo Y deve attendere 60 minuti per l'arrivo dell'aereo X	I passeggeri sull'aereo Y ricevono un indennizzo
-------------------------------	---	---	---

Tabella 3.8: Classificazione dei costi imputabili ai ritardi

La figura 3.9 mostra la semplificazione di parte di una rete di trasporto di una compagnia aerea. Con XY_1 s'intende il primo volo del giorno da X a Y e per *primary delay* si intende qualsiasi ritardo relativo a questo volo. Gli altri ritardi, causati da questo, sono i *reactionary delays*. Se l'aereo XY_1 arriva con 30 minuti di ritardo in Y e, come diretta conseguenza di ciò, il volo di ritorno YX_1 , lascia l'aeroporto Y con 20 minuti di ritardo, questo ritardo in partenza è un *reactionary delay*.

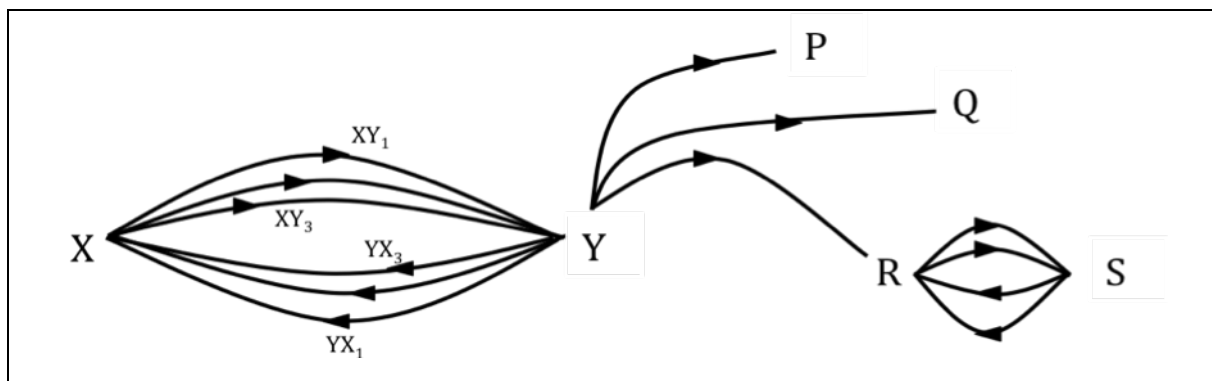


Figura 3.9: Esempio semplificato di una rete di trasporto di una compagnia aerea

E' necessario, inoltre, considerare le successive rotazioni dello stesso aereo nell'arco della giornata e ad esempio l'aereo che esegue il volo XY_1 delle 07:00, accumulando già 30 minuti di ritardo nella sua prima tratta, probabilmente non recupererà mai pienamente questo tempo perso nelle prime ore del giorno. In più il *ritardo primario* di XY_1 , potrebbe provocare ritardi per i voli YP, YQ e YR e, propagandosi nello spazio, potrebbero interessare il volo RS_1 e le successive rotazioni tra R ed S.

Il termine *reactionary delay* può essere riferito alla rotazione successiva dello stesso aereo (e in questo caso si considerano solo le conseguenze immediate del *ritardo primario*) oppure a tutti i ritardi nella rete, fino al termine del giorno operativo, direttamente causati da quello primario.

Il primo viene chiamato *rotational reactionary delay*; il secondo *non-rotational reactionary delay*.

Per le compagnie è di fondamentale importanza che i primi voli della mattina in arrivo negli *hub* siano puntuali in modo da evitare la creazione di ritardi a “catena” nella seguente ondata di voli in partenza dall’hub.

La Boeing nel 1999 ha effettuato uno studio sul calcolo delle performance ATS ponendo la sua attenzione anche sui ritardi e sulla prevedibilità di essi, da questo è emerso che un buon indicatore per la prevedibilità è la varianza del ritardo. Ad esempio se si considera un *hub* soggetto a “ondate” di arrivi e partenze sarebbe preferibile che tutti gli aerei partissero o arrivassero con lo stesso minimo ritardo piuttosto che avere pochi voli con un grande ritardo. In entrambi gli scenari si potrebbe avere un ritardo medio simile, ma la varianza del secondo caso sarebbe molto più grande.

L’industria del trasporto aereo e in particolare l’ATM ha accesso a tutti i dati riguardanti i ritardi, le prenotazioni, le origini/destinazioni, e i movimenti su larga scala e per quel che riguarda l’analisi dei ritardi la tendenza è quella di determinare nuovi parametri e indicatori in aggiunta al semplice calcolo del ritardo medio. Per l’ATM in Europa la più utile fonte di dati è l’annuale *Performance Review Report (PRR)* di EUROCONTROL e dal 2005 questo documento considera la varianza come un criterio di valutazione della prevedibilità. Le statistiche riguardanti il ritardo medio diventano utili se associate ad ulteriori indicatori e si è osservata una correlazione tra la variazione del ritardo medio e la varianza. Le compagnie aeree possono programmare i loro voli basandosi sulle serie storiche di dati e, ad esempio, se un determinato volo in partenza alle 07:30 è arrivato con 30 minuti di ritardo per il 25% del tempo nella scorsa stagione invernale si terrà conto di ciò nella programmazione del volo per l’inverno successivo. Una buona pianificazione dei voli effettuata in fase pre-tattica permette di confrontare differenti opzioni di rotta, i relativi tempi di percorrenze e i probabili ritardi.

3.2 *Buffer e turn-round*

Per meglio capire il significato del termine *buffer* si consideri il servizio tra gli aeroporti A e B. Il tempo di viaggio per andare da A a B è di 105 minuti, quello per effettuare la tratta al ritorno è di 120 minuti (anche se la rotta è la stessa il tempo di percorrenza può essere differente a causa dei venti dominanti) e il tempo necessario per il *turn-round* è di 65 minuti in A e di 60 minuti in B.

Per *turn-round* s'intende il tempo effettivo necessario per effettuare le operazioni che consentono all'aereo di compiere un nuovo volo: i passeggeri scendono dall'aereo in arrivo e vengono scaricati i bagagli, l'aereo viene rifornito ed è soggetto a tutte le operazioni di *handling*, vengono fatti imbarcare i passeggeri in partenza e vengono caricati i bagagli.

Tratta	Partenza programata	Off-Block buffer	Arrivo programmato	Turn-round	Slack-time	At-gate buffer
1	A: 07:30	15	B: 09:30	60 minuti	0 minuti	15 minuti
2	B: 10:45	15	A:13:00	65 minuti	0 minuti	10 minuti
3	A: 14:15	15	B: 16:15	60 minuti	10 minuti	5 minuti
4	B: 17:30	15	A: 19:45	65 minuti	10 minuti	0 minuti
5	A: 21:00	15	B: 23:00	Notte passata nell'aeroporto B		

Tabella 3.10: Esempio del programma di volo di una giornata per un aeromobile

L'esempio di *timetable* in tabella 3.10 mostra due diversi tipi di *buffer* nella tratta 1:

- l'*off-block buffer* è aggiunto al tempo necessario per andare da A a B e ha lo scopo di assorbire il ritardo nell'*off-block* (come ad esempio durante il rullaggio o l'allineamento e gli eventuali ritardi in volo dovuti alla gestione degli arrivi nell'aeroporto B);
- anche se l'aereo potrebbe effettuare la seconda tratta partendo da B alle 10:30, poiché è arrivato alle 09:30 e il tempo di *turn-round* è di 60 minuti, in questo esempio, la compagnia ha introdotto un *buffer* al *gate* di 15 minuti per essere sicura di recuperare i ritardi e di partire in orario alle 10:45.

Il tempo di *turn-round* dipende dalla tipologia di aereo ed è influenzato da fattori come il tempo necessario per il rifornimento del carburante, i controlli di manutenzione programmati e il modo in cui vengono fatti imbarcare i passeggeri (quanti portelloni vengono utilizzati, se avviene o meno in prossimità del *terminal*, e se vengono usati ponti telescopici). L'*at-gate buffer* è definito come un tempo addizionale incluso nella programmazione specificatamente per assorbire il ritardo accumulato mentre l'aereo è a terra. Tuttavia, altri fattori possono impedire che la programmazione dei movimenti sia perfettamente efficiente: ad esempio dopo l'atterraggio di un volo e il completamento del *turn-round*, potrebbe essere necessario che l'aereo venga trattenuto al *gate* per permettere di imbarcare i passeggeri provenienti da altri voli di connessione o l'equipaggio che deve sostituire quello precedente. Inoltre la disponibilità di *slot*

aeroportuali potrebbe essere un'ulteriore problema e con il termine *slack-time* si intende l'attesa imposta alle compagnie aeree dovuta a fattori esogeni alla programmazione delle tratte A-B/B-A.

Nell'esempio, alle tratte 4 e 5 non è stato assegnato alcun *at-gate buffer* poiché le compagnie preferiscono ridurre il rischio di superare l'orario di "coprifuoco" per l'equipaggio, che si troverebbe costretto a passare la notte in B.

Il totale dei periodi di *buffer* incorporati nella programmazione dipende dall'importanza attribuita alla puntualità nelle operazioni e da aspetti economici riguardanti il bilancio della compagnia. Alcune compagnie *low-cost* preferiscono avere *buffer* corti, o non averli affatto, per massimizzare l'utilizzazione degli aerei mentre le compagnie tradizionali pongono più attenzione alla puntualità (anche in relazione alle connessioni con altri voli) e utilizzano *buffer* più lunghi, specialmente nelle prime ore del giorno.

Per queste compagnie è particolarmente costoso se i voli di raccordo per gli *hub* sono in ritardo poiché potrebbero causare numerosi inconvenienti, tra cui: l'attesa ai *gate* dei voli di connessione e gli eventuali risarcimenti ai passeggeri che hanno subito eccessivi ritardi o che a seguito della mancata connessione hanno dovuto prenotare un nuovo volo. In tabella 3.11 sono riportati i principali vantaggi e svantaggi ottenibili dall'uso dei periodi di *buffer*:

Vantaggi	Svantaggi
Riduzione dei costi causati dai passeggeri in ritardo	Diminuzione dell'utilizzazione degli aerei
Riduzione dei costi addizionali agli equipaggi per eventuali ore di lavoro extra	Eventuali costi aggiuntivi per l'occupazione dei <i>gate</i>
Possibile incremento delle vendite come risultato di un'elevata puntualità	Possibile riduzione del mercato su certi canali di vendita biglietti
Aumento della puntualità degli arrivi	Possibile necessità di imbarcare più carburante
Aumento della stabilità della rete	Possibilità di compromettere il "coprifuoco" notturno per l'equipaggio
Aiuto preventivo per gli aerei a non perdere lo slot ATFM per la tratta successiva	

Tabella 3.11: Vantaggi e svantaggi per le compagnie che utilizzano i *buffer*

3.3 Gestione strategica del ritardo negli aeroporti

La tabella 3.2 mostra che nel 2006 i ritardi primari maggiori di 15 minuti sono stati originati principalmente (79.1%) dal processo di *turn-round*. Per meglio capire la generazione del ritardo in questa fase si consideri il seguente esempio: un aereo che arriva in ritardo al gate X dovrebbe avere la priorità nel ricevere i servizi necessari per il ripristino della configurazione per il volo, lasciando però una carenza di personale e mezzi per i servizi di rampa al gate Y. Una situazione come quella descritta sopra porterebbe a classificare il ritardo al gate Y come causato dal processo di *turn-round*, anche se sarebbe più utile attribuire la vera causa all'arrivo in ritardo dell'aereo al gate X.

Risulta evidente che le strutture aeroportuali, attraverso efficienti e flessibili procedure di *turn-round*, possono attivamente contribuire a ridurre i ritardi in questa fase e gli operatori aeroportuali dovrebbero cercare di bilanciare le due esigenze, talvolta contrastanti, della qualità del servizio offerto (come la disponibilità dei gate) e della capacità dichiarata (spesso vincolata dall'utilizzazione delle piste di volo).

Come l'introduzione dei periodi *buffer* negli orari programmati ha un costo per le compagnie aeree, così avere dei mezzi e del personale di scorta per gestire con più flessibilità le operazioni di *turn-round* influisce sui bilanci dell'aeroporto. Le società di *handling*, per meglio fronteggiare gli inconvenienti legati ai ritardi, dovrebbero assumere il doppio del loro personale, ma questo le renderebbe meno concorrenziali nel mercato in cui operano.

Per quel che riguarda il contesto ATFM, la maggior parte dei ritardi negli aeroporti sono generati dalla gestione dei flussi degli arrivi; un'eccezione è rappresentata da Paris Charles de Gaulle in cui circa il 15% dei ritardi è stato causato dalla regolazione ATFM delle partenze.

In alcuni aeroporti, per alleviare le limitazioni imposte dalla capacità, vengono applicate differenti tariffe per le tasse d'atterraggio in base alla fascia oraria, in modo da distribuire la domanda su un arco temporale più esteso, ma la IATA si è opposta a questo modo di operare affermando di trovarlo inapplicabile nel contesto del trasporto aereo internazionale.

3.4 Un modello per il calcolo del costo del ritardo

Prima di introdurre il modello per il costo del ritardo è bene ricordare il significato economico del costo unitario e del costo marginale.

Costo	Definizione	Esempio
Unitario	Costo medio proporzionale con la quantità di beni o servizi offerti, basato sulle attività pianificate.	Affitto dell'aereo, carburante, costo associato con la gestione strategica dei ritardi conosciuti in anticipo.
Marginale	Spesa extra, in aggiunta a quello unitaria, spesso non lineare con la disutilità che provoca, evitabile nel breve termine. Il costo tattico si verifica a causa di un ritardo effettivo.	Ri-prenotazione di un volo per un passeggero per la perdita di una connessione, sosta dell'aereo al <i>gate</i> per un periodo maggiore di quanto pianificato.

Tabella 3.12: Costo unitario e costo marginale

Le caratteristiche dei costi marginali sono in contrasto con quelle dei costi strategici della gestione dei ritardi e non è corretto considerare tutti i costi come unitari. Infatti un minuto di ritardo strategico comporta dei costi unitari mentre un minuto di ritardo tattico comporta dei costi marginali. Ogni tipo di costo associato a un ritardo tattico è fortemente influenzato dall'orario in cui si verifica e dalla sua durata, inoltre, i costi marginali sono completamente evitabili (se non si verificasse alcun ritardo tattico non ci sarebbero costi marginali), mentre quelli strategici sono solo parzialmente evitabili.

Elementi di costo e livelli in cui è corretto calcolarli	Tempo →		
	Livello strategico	Livello tattico	
		Livello <i>gate-to-gate</i>	Livello <i>reactionary</i>
Costi diretti - variabili			
Carburante	√	√	√
Costo di manutenzione relativo all'utilizzazione dei mezzi	√	√	√
Costo dell'equipaggio relativo alle ore d'impiego	√	√	√
Handling per gli aerei	√	√	√
Servizi per i passeggeri	√	√	√

Tasse aeronautiche	√	√	√
ATC in rotta	√	√	√
Risarcimenti e costi per i ritardi dei passeggeri	√		
Costi diretti - fissi			
Svalutazione degli aerei, noleggi e affitti	√		
Costi di manutenzione non legati all'utilizzazione	√		
Costo dell'equipaggio fisso non legato alle ore di lavoro	√		
Assicurazioni sui mezzi	√		
Costi indiretti			
Assicurazioni per incidenti o danni ai passeggeri	√		
Personale per l'assistenza ai passeggeri nel terminal	√		
Staff ed equipaggiamenti a terra	√		
Ricavi operativi			
Vendita biglietti	√		√

Tabella 3.13: Costi da valutare in fase strategica e tattica

Dalla costruzione di un modello per il calcolo dei costi strategici e di quelli tattici, per determinate tipologie di aereo e in determinate fasi del volo, è possibile fare una stima quantitativa della cifra dei costi strategici, che dovrebbe essere investita per compensare i costi tattici (ad esempio quanto buffer attribuire in un programma di volo).

È possibile calcolare alcuni dei costi semplicemente considerando un servizio *gate – to – gate* e tralasciando i *network reactionary delays*. Ad esempio, se il volo XY_1 (figura 3.9) è soggetto a un ritardo in rotta di 10 minuti, è abbastanza semplice calcolare questo costo marginale in termini di combustibile utilizzato poiché è indipendente dal combustibile utilizzato per gli spostamenti YX o YR. Per altri elementi del bilancio economico, invece, è possibile solo fare una ragionevole stima del costo marginale al livello *gate – to – gate* e, per una stima più precisa, bisognerebbe considerare i *network reactionary delays*. Per altri ancora, ha senso calcolare il costo marginale del ritardo solo all'interno di un calcolo a livello di rete e un esempio sono i *passenger costs*: i costi marginali possono non essere considerati per quei passeggeri che finiscono (in

ritardo) il loro spostamento in Y, ma devono essere considerati per quelli che devono proseguire verso le destinazioni R od S. Per questo non possono essere semplicemente considerati come costi marginali del servizio *gate – to – gate* in quanto i ritardi dei voli YX o YR sono dipendenti dal volo XY.

3.4.1 Modello *gate-to-gate* per il calcolo dei costi del ritardo tattico

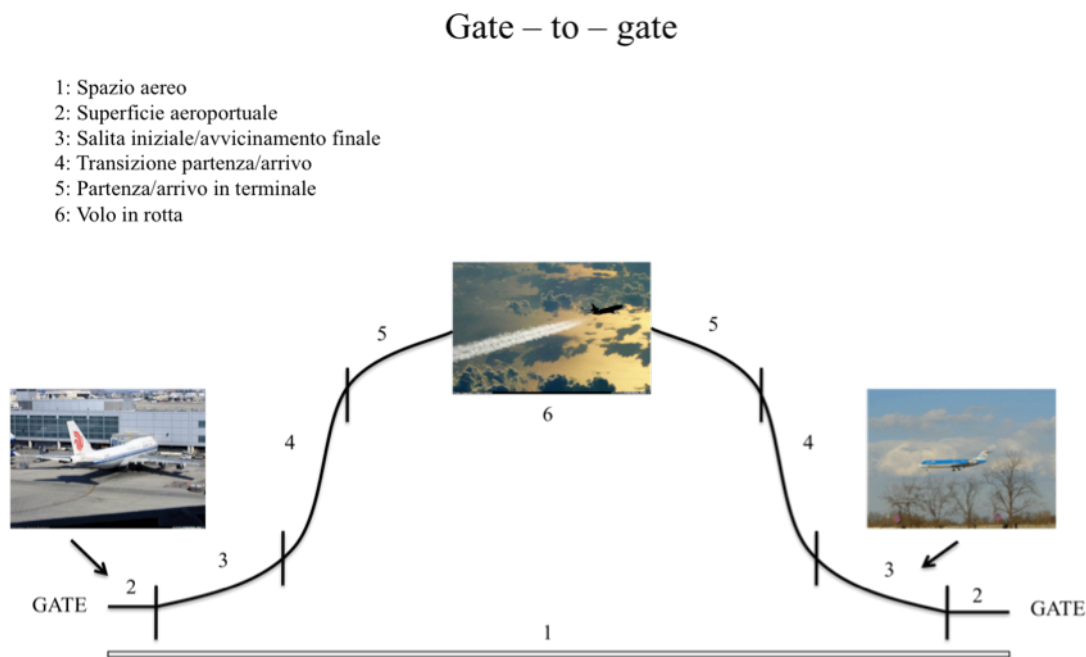


Figura 3.14: Modello *gate-to-gate*

In uno studio condotto da EUROCONTROL nel 2004 è stata sviluppato un modello per i costi del ritardo *gate-to-gate*, il quale può essere utilizzato per ogni fase di volo, per 12 tipi di aerei (dai turbo-elica ai *jets widebody*), per differenti scenari di costo (basso, base e alto: per mostrare il *range* dei costi) e per due diverse durate di ritardo (breve: 15 minuti, lunga: 65 minuti). Anche se la durata del ritardo non è importante nel valore assoluto, ma nell'ordine di grandezza, il modello richiede dei valori numerici specifici per poter fornire degli outputs concreti. È stato scelto come ritardo di minima durata quello di 15 minuti, poiché, come detto precedentemente, tale durata potrebbe comportare: spese aeroportuali aggiuntive (ad esempio per l'occupazione del gate), la perdita di connessioni per passeggeri che devono cambiare aereo o il pagamento di periodi di lavoro straordinari per l'equipaggio.

I valori di molti costi considerati sono più alti se si considera un ritardo di 65 minuti, alcuni crescono linearmente con il passare del tempo mentre altri (quelli legati ai ritardi subiti dai passeggeri) seguono l'andamento che avrebbe una funzione a gradini.

Di seguito sono riportate le tabelle utilizzate per il calcolo dei costi del ritardo nel modello *gate – to – gate*. L'aereo considerato è un Airbus 320 e lo scenario di costo è quello base (in appendice 4 sono presenti le tabelle relative ad altri tipi di aerei, uno *widebody* e un turbo-elica).

Table J50	A320 (A320) / 15 minutes' delay / BASE cost scenario										A320_15_N			
cost allocation phase ▶	direct @ ground A					direct airborne					incurred @ ground B			
OOOI sequence ▶	-(IN)-		-OUT-			-OFF-					-ON-		-IN-	
description ▶	@ gate A		off-gate A			airborne					off-gate B			@ gate B
	GPU only	APU only	active taxi out	statnry ground	take-off roll	climb-out (to ToC)	en-route	arrival mngmnt	ToD to t'down	landing roll	statnry ground	active taxi in		
▼ cost element														
fuel		9.3	55.8	48.8		---	182.5	160.7	---		---	---	---	
maintenance	7.3	7.3	10.3	9.8		---	16.3	15.3	---		---	---	---	
flight crew salaries and expenses	0.0	0.0	0.0	0.0		---	0.0	0.0	---		---	---	---	
cabin crew salaries and expenses														
depreciation of flight equipment														
rental of flight equipment	0.0	0.0	0.0	0.0		---	0.0	0.0	---		---	---	---	
amortisation of flight equipment leases														
flight equipment insurance	---	---	---	---		---	---	---	---		---	---	---	
station expenses (ground & pax handling)	---	---											0.0	
passenger service staff (terminal)	---	---	---	---									---	
ground equipment, property and staff													---	
airport charges (e.g. landing)	6.1	6.1			0.0					-1.1			0.0	
en-route & approach air navgn charges						---	---	---	---					
all other pax costs	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	0.0	
column totals	13.4	22.7	66.1	58.6	0.0		198.9	176.1		-1.1			0.0	
proportion of col. total allocated to phase	0.81	0.09	0.04	0.06	1		0.2	0.8		1	---	---	1	
=> average cost per minute for phase			1.3					12.0				-0.1		
avg cost per min incl. incurred costs @ B			1.2					12.0						

Tabella 3.15: Costi per un Airbus 320 causati da un ritardo di 15 minuti

Table J53	A320 (A320) / 65 minutes' delay / BASE cost scenario										A320_65_N		
cost allocation phase ▶	direct @ ground A					direct airborne				incurred @ ground B			
OOOI sequence ▶	- (IN) -		- OUT -			- OFF -				- ON -		- IN -	
description ▶	@ gate A		off-gate A			airborne				off-gate B			@ gate B
	GPU only	APU only	active taxi out	statnry ground	take-off roll	climb-out (to ToC)	en-route	arrival mngmnt	ToD to t'down	landing roll	statnry ground	active taxi in	
▼ cost element													
fuel		40.3	241.8	211.6		---	790.9	696.5	---		---	---	---
maintenance	31.6	31.6	44.7	42.5		---	70.8	66.5	---		---	---	---
flight crew salaries and expenses	608.0	608.0	608.0	608.0		---	608.0	608.0	---		---	---	---
cabin crew salaries and expenses													
depreciation of flight equipment													
rental of flight equipment	0.0	0.0	0.0	0.0		---	0.0	0.0	---		---	---	---
amortisation of flight equipment leases													
flight equipment insurance	---	---	---	---		---	---	---	---		---	---	---
station expenses (ground & pax handling)	---	---											0.0
passenger service staff (terminal)													
ground equipment, property and staff	---	---	---	---			---	---			---	---	---
airport charges (e.g. landing)	24.8	24.8			0.0					-1.1			0.3
en-route & approach air navgn charges													
all other pax costs													2808.0
column totals	664.4	704.7	894.5	862.1	0.0		1469.7	1371.0		-1.1			2808.3
proportion of col. total allocated to phase	0.81	0.09	0.04	0.06	1		0.7	0.3		1		---	1
=> average cost per minute for phase			10.6					22.2			43.2		
avg cost per min incl. incurred costs @ B			53.8					65.3					

Tabella 3.16: Costi per un Airbus 320 causati da un ritardo di 65 minuti

3.4.2 Il costo della non puntualità: la modellazione “passenger – centric”

Esistono diversi modelli per quantificare i *passenger costs* per le compagnie aeree. Le spese come la ri-prenotazione di posti incasso di perdita della coincidenza con un altro volo, per i buoni pasto, per le prenotazioni di posti letto o per eventuali risarcimenti, anche se semplici da definire (dal tracciamento delle transazioni finanziarie), sono raramente riportati in dettaglio nei resoconti economici e vengono definiti “*hard costs*”. I costi più difficili da quantificare sono quelli legati alle quote di mercato perse, dal momento che una parte dei passeggeri effettua le sue scelte d’acquisto basandosi sulla puntualità che una determinata compagnia offre (alcune, nelle loro operazioni di marketing, associano spesso al loro marchio la garanzia di avere un’elevata puntualità delle operazioni). Il tasso di trasferimento di utenti, come conseguenza dei ritardi, da una compagnia meno puntuale ad una più puntuale, è influenzato da alcuni fattori, tra cui il motivo del viaggio, i programmi per gli utenti abituali (FFP_s: *Frequent Flyer Programmes*) e soprattutto il prezzo del biglietto. La porzione di mercato definita come *higer-yield* (più sensibile all’aspetto temporale rispetto ad altre caratteristiche) ha un breve ciclo di riacquisto dei biglietti e le loro scelte potrebbero sia spostarsi su un’altra compagnia (temporaneamente o permanentemente) sia un altro modo di trasporto (come l’Alta Velocità, qualora risultasse più conveniente e affidabile). La riduzione di questa

quota di mercato è definita come “*soft costs*”. Sicuramente le scelte dei passeggeri dipendono da altre ragioni oltre la puntualità e l’abitudine di una compagnia di accumulare ritardi, ma è certo che i *soft costs* costituiscano una discreta porzione dei costi imputabili al ritardo.

Da modelli in cui sono stati considerati anche i *soft costs* legati alla non puntualità è risultato che essendo in media i ritardi di oltre 15 minuti, per ogni minuto di ritardo per passeggero per tratta il costo alla compagnia è di 0.40 €. La compagnia aerea Austrian Airlines¹¹ ha stimato inoltre che il 60% del valore calcolato è da attribuire ai *soft costs* che fanno aumentare il costo di un minuto di ritardo da 0.16€ a 0.40 €.

Tipo di costo del ritardo	Definizione	Valore calcolato¹² (ritardi > di 15 minuti)
<i>Hard cost</i>	Quantificabile solo attraverso transazioni finanziarie	0.16 €
<i>Soft cost</i>	Non quantificabile attraverso transazioni finanziarie; necessita di indagini di mercato aggiuntive	0.24 €
Costo totale	Somma dei due sopra	0.40 €

Tabella 3.17: *Hard cost* e *soft cost* per ogni minuto di ritardo, per passeggero , per tratta

Prima di vedere come questi costi debbano essere aumentati in relazione ai *reactionary delays*, è bene ricordare che, nel contesto aeroportuale, è possibile che i ritardi non siano causati dalle compagnie aeree, ma che gli oneri legati alla disutilità arrecata ricadano su esse.

3.4.3 Costi relativi ai *reactionary delays*: estensione del modello *gate-to-gate*

Come mostrato nella tabella 3.2 i *reactionary delays* sono la seconda causa più frequente per tutti i ritardi in partenza maggiori di 15 minuti, seguiti da vicino dal protrarsi più a lungo del previsto della fase di *turn-round*.

Se un volo arriva con 30 minuti di ritardo al *gate* e in seguito riparte con 45 minuti di ritardo per la tratta successiva, è scorretto registrare l’intero periodo di 45 minuti di ritardo in partenza come *reactionary delays*. Inoltre, considerare 30 minuti del ritardo totale come *reactionary* non è d’aiuto. Un aereo potrebbe ritardare la partenza per la sua prima tratta a causa di motivi tecnici e in seguito svolgere tutte le sue operazioni della

¹¹ Oggi Austrian Arrows.

¹² Per ogni minuto di ritardo, per passeggero per tratta. Anno di riferimento 2003.

giornata con 30 minuti di ritardo, creando, così, un'intera serie di *reactionary delays*. Sarebbe più utile attribuire e suddividere questi ritardi in base alle loro cause originarie e alcune compagnie già fanno questo tipo studio per analisi interne o per avere dati più disaggregati e precisi. Alla fine degli anni '90 è stato costruito un modello nel quale è stata studiata la propagazione del ritardo usando i dati effettivi ricavati dagli orari programmati dell'American Airlines. L'attenzione è stata rivolta verso i ritardi di determinati voli con l'obiettivo di definire i coefficienti moltiplicativi da applicare ai ritardi primari (quelli che si verificano per la partenza della prima tratta) per vedere la loro propagazione nella rete. Il modello mostra che, per un ritardo primario di 7.5 minuti alle 06:15 il *basic reactionary delay multiplier* è 1.21 e che sono generati ulteriori 1.61 minuti di ritardo per l'intera rete.

Nel 2007, EUROCONTROL ha determinato che ad ogni minuto di ritardo primario erano imputabili, in media, 0.54 minuti di ritardo *reactionary* nel 2003 e 0.76 minuti nel 2006. Questi valori possono essere espressi, rispettivamente, come *basic reactionary delay multiplier* di 1.54 e 1.76. Il risultato non è molto lontano da quello a cui si era giunti nel 2004 secondo cui per ogni minuto di ritardo per volo per tratta sui passeggeri ricade un ritardo di 1.7 minuti.

Per ritardi primari di breve durata è stato calcolato che il *basic reactionary delay multiplier* è 1.20, mentre per ritardi più lunghi è 1.80: questi valori sono stati calcolati nel 2003 e confermano quanto detto poco sopra, ossia che il valore medio per la rete è di 1.54.

Per calcolare in modo corretto i costi del *reactionary delay* che ricadono sullo stesso aereo che li ha generati (*rotational reactionary delay*) è necessario differenziarli da quelli che ricadono su altri aerei (*non – rotational reactionary delay*). Quest'ultimo tipo di ritardo si verifica quasi esclusivamente al *gate* come conseguenza di un ritardo del *push-back* per altri aerei e si stima che i *non – rotational* rappresentino il 25% della totalità dei minuti di *reactionary delays* generati.

Da questo si deduce che il *non – rotationa reactionary delay multiplier* (coefficienti moltiplicativi per i ritardi *non – rotationa reactionary*), è 1.05 per ritardi primari brevi e 1.20 per ritardi primari lunghi.

La seguente tabella mostra i coefficienti moltiplicativi (relativi solo a ritardi primari lunghi) calcolati assumendo come anno di riferimento il 2003 e la loro stima per il 2007, considerando che la correzione del 25% effettuata per i *non – rotational* rimanga valida.

Tipo di moltiplicatore per lunghi ritardi	Valore stimato nel 2003	Valore stimato per il 2007¹³
<i>Rotational reactionary</i>	1.80	2.06
<i>Non – rotational reactionary</i>	1.20	1.26

Tabella 3.18: Coefficienti moltiplicativi per il calcolo del *reactionary delay* in base al *primary delay*

In alcune situazioni questi valori potrebbero essere sottostimati poichè gli effetti di un ritardo si propagano e si amplificano, diventando più onerosi, mano a mano che lo stato delle operazioni sulla rete si allontana da quello pianificato. Questo potrebbe rivelarsi come un limite del modello, ma bisogna considerare che le compagnie aeree reagiscono al verificarsi di lunghi ritardi tramite la cancellazione di voli e il ri-assegnamento di risorse per minimizzarne la propagazione.

¹³ Basic reactionary = $1.80 \times (1.76/1.54) = 2.057$
 Non rotational reactionary = $1 + (2.057 - 1.00) \times 25\% = 1.26$

3.4.4 *Hard cost*

Nella seguente tabella sono riportati alcuni costi calcolati per diverse durate di ritardo, per diverse fasi dello spostamento, e per diversa tipologia di aereo, inclusi quelli provocati dai *reactionary delay*.

Tipo di aereo	Numero di posti	Costi per ritardi brevi: € minuto ⁻¹			Costi per ritardi lunghi: € minuto ⁻¹		
		A terra	In volo		A terra	In volo	
		Al gate	In rotta	TMA ¹⁴	Al gate	In rotta	TMA
B737-300	125	0.9	13.7	15.2	74.4	87.2	88.6
B737-400	143	1.0	13.6	14.5	84.4	97.1	97.9
B737-500	100	0.9	12.5	14.0	62.7	74.3	75.8
B737-800	174	0.9	14.2	12.1	99.4	112.7	110.7
B757-200	218	1.0	18.4	15.6	122.5	139.9	137.1
B767-300	240	1.2	26.0	21.7	142.5	167.0	162.6
B747-400	406	2.3	52.3	39.8	238.8	289.1	276.6
A319	126	1.0	13.1	10.7	75.2	87.3	84.9
A320	155	0.9	13.2	11.7	90.1	102.4	100.9
A321	166	1.0	15.7	14.7	95.4	110.1	109.1
ATR42	46	0.6	2.8	2.6	31.3	33.6	33.3
ATR72	64	0.7	4.0	3.3	40.8	44.1	43.4

Tabella 3.19: *Hard cost* calcolati in base alla durata del ritardo, alla fase di volo e al tipo di aereo

Si può vedere che per ritardi “brevi” (minori di 15 minuti) i costi per la permanenza al gate sono molto modesti e alcune compagnie non attribuiscono alcun costo ai primi, pochi minuti di ritardo al *gate*. Per il calcolo dei valori riportati nella tabella si è considerato che l’unità ausiliaria di energia dell’aereo (APU) e i motori fossero spenti (i costi medi al *gate* con l’APU in uso sono leggermente superiori).

Il costo di un singolo minuto di ritardo è molto diverso a seconda che tale minuto faccia parte di un “breve” o “lungo” ritardo e per fare considerazioni e valutazioni a partire dai dati riportati sopra è necessario usare una certa cautela: ad esempio, se un aereo accumula 15 minuti di ritardo in ognuna delle sue prime tre tratte, questo comporterà un ritardo di 45 minuti rispetto a quanto programmato per la quarta tratta e pertanto bisognerà considerare i costi riportati nella parte destra della tabella.

¹⁴ Terminal Manouvering Area: in questa colonna sono riportati i costi relativi ai ritardi che comportano determinate gestioni degli arrivi, come l’attesa sugli holding patterns

I ritardi in volo (sia per un eventuale allungamento della rotta che durante l'attesa per atterrare) sono più costosi rispetto a quelli a terra a causa del maggiore consumo di carburante. Dal confronto tra i costi in volo e quelli al *gate* è possibile stimare, nel caso venga assegnato uno *slot* nell'aeroporto di destinazione, le differenze tra un decollo ritardato rispetto ad uno anticipato con una rotta più lunga che comporta più tempo in volo. Di solito, per voli con un breve ritardo ATFM (a cui viene attribuito di uno *slot* entro 15 minuti dall'orario precedentemente programmato), non vale la pena di riprogrammare la rotta, mentre per ritardi più lunghi, l'estensione della fase di volo di X minuti è conveniente se riduce lo *slot* ATFM di circa:

$$[(1.1 - 1.3)X + 10] \text{ minuti}$$

I costi dei ritardi strategici, possono verificarsi in svariati contesti e uno di quelli più ricorrenti è l'inclusione dei periodi di *buffers* nel programmare le operazioni. Dall'attribuzione di un valore monetario ai costi strategici e dal confronto di questi con quelli tattici riportati nella tabella 3.19 è possibile stimare la durata dei *buffers* in modo da ottenere un vantaggio economico. È importante notare che i costi strategici dovrebbero essere considerati durante la fase di pianificazione del sistema e che, a differenza di quelli tattici, ogni minuto di *buffer* ha più o meno lo stesso costo.

L'aggiunta di eventuali minuti di *buffer* è spesso basata sulla conoscenza della serie storica dei ritardi e tali minuti possono essere aggiunti sia nella fase in volo che in quella al *gate* (più economica). Lasciare una parte di *buffer* al *gate* inutilizzata è molto costoso per le compagnie e si è stimato che solo 5 minuti inutilizzati, per un B767 – 300ER, per un anno, in una tratta al giorno producono circa 50000 € di danno.

Considerando lunghi ritardi tattici al *gate*, i costi strategici per minuto sono all'incirca il 25 – 35 per cento dei corrispondenti costi tattici e per un B767 – 300ER sarebbe opportuno utilizzare un *buffer* di un numero di minuti pari al valore medio del ritardo tattico, se per più del 22% dei voli è previsto un ritardo maggiore di 15 minuti. Inoltre la compagnia potrebbe essere vincolata da altri motivi (ad esempio lo *slack time* riportato in tabella 3.10) o potrebbe decidere di “rischiare”, mettendo un *buffer* breve, e incrementando così il numero di rotazioni possibili nella giornata o ancora potrebbe decidere di prolungare il *buffer* poco di più di quanto è statisticamente necessario nelle

prime rotazioni della giornata e di rischiare, mettendo un buffer più breve, in quelle successive, quando l'impatto del ritardo tattico è meno elevato. I costi tattici dipendono dalla quantità di *buffer* aggiunta nei programmi: se non fosse usato alcun *buffer* i costi tattici crescerebbero marcatamente e i coefficienti moltiplicativi sarebbero decisamente più alti.

3.5 Evoluzione dei costi

Le seguenti tabelle mostrano la stima dei costi per i “lunghi” ritardi nel 2007 per un A320 e un B737 – 300 a partire da quelli del 2004.

Componente del costo	Percentuale di crescita 2003 - 2007	2007 <i>reactionary multiplier</i>	Al gate		In rotta	
			2003	2007	2003	2007
			€ min ⁻¹	€ min ⁻¹	€ min ⁻¹	€ min ⁻¹
Carburante	135%	1.26	0.0	0.0	12.2	28.6
Pax hard cost	15%	2.06	31.1	40.9	31.1	40.9
Pax soft cost	0%	2.06	46.7	53.4	46.7	53.4
Altri costi ¹⁵	8.5%	1.26	12.3	14.0	12.4	14.2
Totali			90.1	108.3	102.4	137.1

Tabella 3.20: Evoluzione dei costi per un Airbus320 dal 2003 al 2007

Componente del costo	Percentuale di crescita 2003 - 2007	2007 <i>reactionary multiplier</i>	Al gate		In rotta	
			2003	2007	2003	2007
			€ min ⁻¹	€ min ⁻¹	€ min ⁻¹	€ min ⁻¹
Carburante	135%	1.26	0.0	0.0	12.6	29.6
Pax hard cost	15%	2.06	25.1	33.0	25.1	33.0
Pax soft cost	0%	2.06	37.6	43.0	37.5	43.0
Altri costi	8.5%	1.26	11.7	13.3	12.0	13.6
Totali			74.4	89.3	87.2	119.2

Tabella 3.21: Evoluzione dei costi per un B737-300 dal 2003 al 2007

L'incidenza del costo del carburante è aumentata¹⁶ del 135% rispetto al valore usato per la tabella 3.19 e per quel che riguarda i passeggeri, il maggior impatto sui costi è giunto dall'introduzione della regolamentazione (EC) 261/2004, entrata in vigore il 17 Febbraio 2005. Tale norma fa riferimento ai soli ritardi in partenza, imbarchi negati o cancellazioni e prevede che nessun risarcimento sia dovuto ai passeggeri in caso di

¹⁵ In questa voce sono compresi quelli di manutenzione e le tasse aeroportuali.

¹⁶ Fonte: IATA Jet Fuel Price Monitor (2007); US Energy Information Administration (2007).

arrivi in ritardo o di mancate connessioni con altri voli. La conseguenza è che i passeggeri hanno diritti nei confronti delle compagnie solo al momento della partenza.

3.6 Conclusioni

Una domanda ricorrente circa la gestione del costo del ritardo è perché le compagnie non abbiano già condotto valutazioni precise circa la quantificazione dell'impatto economico su esse e perché siano stati condotti così pochi studi sull'argomento. Una parte del problema risiede nel fatto che le compagnie già lavorano sotto una forte pressione finanziaria senza il costo aggiuntivo che dovrebbero sostenere per condurre questo tipo di ricerche, un'altra parte è rappresentata dalla necessità di integrare così tanti elementi (finanziari ed operativi) eterogenei in un contesto unitario. Inoltre i costi aeroportuali non sono differenziati in base al ritardo accumulato da un aereo e non viene chiesto un pagamento aggiuntivo alle compagnie meno puntuali.

Gli obiettivi da raggiungere con questo tipo di ricerca sono due: uno è quello di sviluppare strumenti migliori per aiutare la gestione dei costi l'altro è quello dell'effettiva riduzione dei ritardi. Per quest'ultimo, una strategia potrebbe essere quella di fronteggiare il problema non appena si è a conoscenza del suo verificarsi e di informare tempestivamente tutti gli enti direttamente interessati dei cambiamenti rispetto alle operazioni programmate.

Nel 2006 EUROCONTROL ha constatato “se la rete di rotte europee fosse efficiente come quella di rotte domestiche, come ci si aspetterebbe sotto il SES (*Single Europea Sky*) si potrebbero risparmiare tra i 150 e i 300 milioni di euro l'anno”. Le pratiche operative esistenti come il *required times of arrival* e lo scambio degli *slot* saranno di supporto al concetto in via di sviluppo dell'EUROCONTROL riguardante l'attribuzione della priorità dei voli in attesa e verranno inclusi anche fattori riguardanti il numero di passeggeri a bordo che devono prendere delle coincidenze o potenziali infrazioni del “coprifuoco” per gli equipaggi. Inoltre si sta cercando di migliorare la collaborazione dei soggetti e di programmare flussi di traffico più continui, ma comunque propriamente supportati, in quelle aree maggiormente vincolate dalla capacità, come possono essere le zone aeroportuali.

Tutti i soggetti, le compagnie aeree, le autorità aeroportuali, gli operatori dell'*handling*, l'ATC e l'ATM hanno la comune necessità che venga effettuato un giusto bilancio tra i costi del ritardo tattico e quelli del ritardo strategico. L'ATM non è di certo l'unica fonte del ritardo e le compagnie aeree non sono gli unici enti su cui ricadono i costi causati da essi, inoltre, tale bilancio non è semplice da fare a causa della mancanza di trasparenza nei dati e nelle informazioni in possesso.

CAPITOLO 4

Airport Collaborative Decision Making (Airport CDM)

4.1 Cos'è il CDM

L'*airport CDM* è un progetto ideato da EUROCONTROL che permette di migliorare la gestione dei flussi e della capacità (ATFCM) negli aeroporti riducendo i ritardi, aumentando la prevedibilità degli eventi e ottimizzando l'uso delle risorse disponibili. Come indica lo stesso nome, l'*airport CDM*, promuove, tramite la circolazione e la condivisione d'informazioni precise e puntuali, il lavoro cooperativo tra i soggetti che lavorano in aeroporto e su tali informazioni sono in seguito basate le decisioni operative per fronteggiare determinate situazioni critiche. La corretta applicazione del progetto dovrebbe evitare che gli aeroporti diventino dei "colli di bottiglia" dell'intera rete di trasporto aereo, cioè punti in cui si ha una concentrazione della domanda e in cui è facile giungere al limite della capacità operativa dell'offerta. I soggetti a cui è rivolto, definiti *partner* nel progetto, sono tutti coloro (singole persone, società, enti di gestione o di controllo) che partecipano alle operazioni necessarie per fornire il servizio di trasporto, cioè:

- compagnie aeree;
- operatore aeroportuale;
- società *handling* di terra;
- compagnie di *de-icing*;
- ente che fornisce il servizio di navigazione aerea (ATC);
- ente che gestisce i flussi e la capacità (CFMU);
- enti che forniscono servizi di supporto (Polizia, V.d.F., dogana...).

L'implementazione del *CDM* consente ad ogni *partner* di prendere decisioni ottimali, in relazione agli eventi che si trovano ad affrontare quotidianamente, in collaborazione con

tutti gli altri e il processo decisionale è assistito e facilitato dalla condivisione di informazioni accurate e aggiornate sulla situazione in atto e su quella prevista. Quando un aeroporto decide di aderire a questo progetto due sono le principali difficoltà che si incontrano: l'introduzione di nuove procedure e di automatismi per attuarle e il cambiamento nella cultura della gestione dell'intero sistema.

Anche se è di fondamentale importanza nella fase di preparazione essere disposti ad investire sulla formazione del personale e sullo scambio di conoscenze tra operatori di aree differenti, una delle caratteristiche del CDM è quella di portare benefici a un vasto numero di soggetti con una spesa relativamente bassa.

In assenza dell'*airport CDM*, le decisioni operative potrebbero essere sbagliate o non essere neanche prese, inoltre i *partner* potrebbero prendere provvedimenti in conflitto tra loro a causa della mancanza di informazioni o delle diverse interpretazioni che gli operatori assegnano loro. Si può quindi parlare di *Airport CDM* solo quando viene applicato l'intero complesso delle indicazioni fornite e si raggiunge una pianificazione delle operazioni aeroportuali caratterizzata da:

- un netto miglioramento della qualità dei dati e della velocità nel riceverli;
- informazioni condivise e messe a conoscenza di tutti i *partner*;
- un'univoca interpretazione dei dati forniti e diffusa consapevolezza dei processi in corso di svolgimento.

Oltre agli aeroporti, agli operatori aerei, ai fornitori dell'ATS, alle compagnie di *handling* e all'unità di gestione dei flussi (CFMU), possono svolgere un ruolo importante anche altri soggetti che non contribuiscono direttamente alla produzione del servizio aereo. Ad esempio un blocco del traffico su una strada di collegamento con l'aeroporto può ripercuotersi sul numero di passeggeri in ritardo al *check-in*, per questo i *partner* del progetto sono molto interessati ad essere informati di eventuali problemi riguardanti la rete stradale.

L'*airport CDM* riguarda: *information sharing, milestones approach, variable taxi time, pre – departure sequence, adverse condition e collaborative management of flight updates* (fig. 4.1).

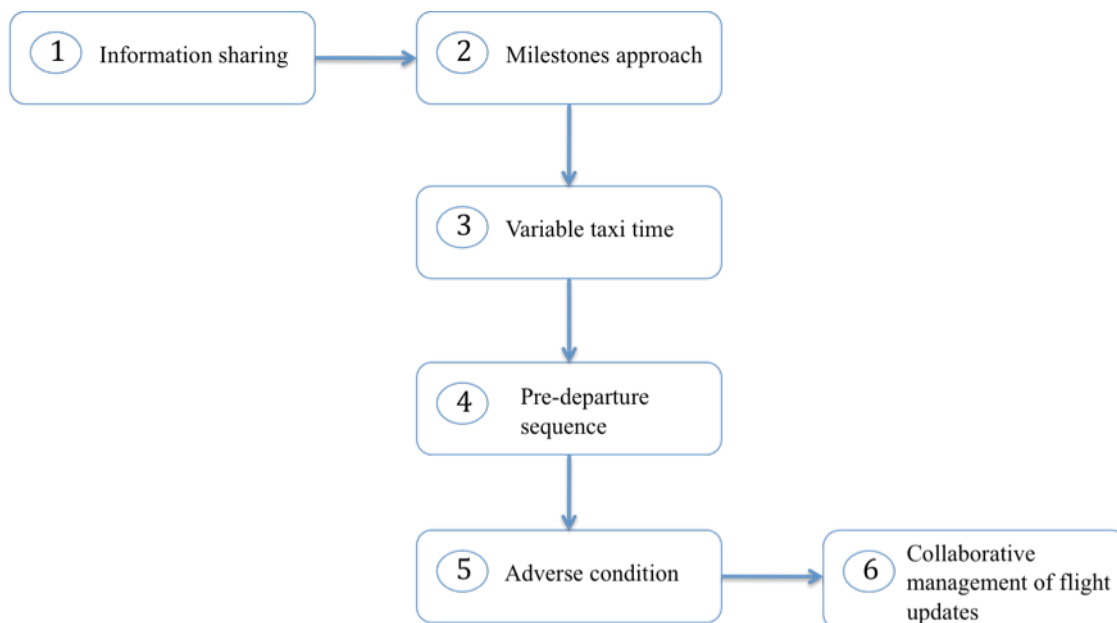


Figura 4.1: Gli elementi del CDM

L'**Information sharing** definisce la condivisione d'informazioni accurate e tempestive tra i *partner* del progetto in modo da pervenire ad una comune situazione di consapevolezza e aumentare la prevedibilità degli eventi che possono causare ritardi.

Il **Milestone approach** descrive il progresso del volo dalla pianificazione iniziale fino al decollo tramite la definizione di *milestone*¹⁷ che permettono un monitoraggio più accurato degli eventi significativi.

Il **Variable Taxi Time** consiste nel calcolare e distribuire ai *partner* una stima accurata dei tempi di rullaggio in arrivo (*taxi-in*) e in partenza (*taxi-out*)¹⁸.

La **Pre-departure Sequencing** è l'ordine in cui sono pianificate le partenze degli aerei dalle loro piazzole di sosta (*off-block* e *push-back*) tenendo conto delle priorità dei *partner*¹⁹. L'intento della sequenza è di accrescere la flessibilità delle operazioni, la puntualità e di migliorare il rispetto degli *slot* aeroportuali.

L'**Adverse condition** consiste nella gestione della capacità di un aeroporto durante i periodi in cui si verifica una sua riduzione, sia prevista che inaspettata. L'obiettivo è

¹⁷ Milestone: evento importante che si verifica nella programmazione e nella gestione del volo.

¹⁸ In questo modo si migliora la previsione di del orario di in-block (EIBT), del *Target Start-up Approval Time* (TSAT) o del *Target Take Off Time* (TTOT).

¹⁹ Non deve essere confusa con la sequenza di pre-take off che rappresenta l'ordine con cui l'*Air Traffic Control* (ATC) organizza gli aerei nella zona di attesa in prossimità della pista.

quello di mettere tutti (compresi i passeggeri) a conoscenza in anticipo su eventuali disservizi e sui tempi necessari per il ripristino delle condizioni normali.

Il *Collaborative Management of Flight Updates* consiste nello scambio tra l'unità di gestione dei flussi (CFMU) e l'aeroporto d'informazioni riguardanti il progresso del volo (*Flight Update Message*: FUM) e la programmazione della partenza (*Departure Planning Informations*: DPI) in modo da migliorare la gestione degli *slot* ATFM per i voli in partenza.

La condivisione delle informazioni è fondamentale e prioritaria in quanto contribuisce a creare una conoscenza comune sulle attività in atto o previste. Il passo successivo alla creazione di una piattaforma informativa è quello di calcolare il *Target Off-Block Time* (TOBT) tramite l'approccio per *milestone*, necessario per aumentare la precisione sulla previsione della durata del processo di *turn-around* dell'aereo.

Una generica operazione svolta in un aeroporto è il risultato dell'interazione di fattori essenzialmente locali, ma le decisioni ATM possono essere influenzate anche da eventi che si svolgono a migliaia chilometri di distanza. Per questo, l'*Airport CDM* deve riunire le informazioni necessarie al processo decisionale, indipendentemente dal luogo in cui esse sono generate. Maggiore è il numero di aeroporti che decidono d'implementare il CDM, maggiori saranno i benefici che otterrà l'intera rete, sia attraverso il miglioramento dei processi di gestione dei flussi che attraverso la limitazione degli sprechi di *slot* ATFM.

4.2 Obiettivi del CDM

L'*airport CDM* è implementato nell'ambiente aeroportuale attraverso l'introduzione di processi che sono descritti in termini di:

- regole e procedure che descrivono cosa deve essere fatto con le informazioni in possesso e quali azioni devono essere intraprese in risposta agli specifici eventi;
- requisiti delle informazioni in ingresso (*input*);
- requisiti delle informazioni in uscita (*output*);
- requisiti per l'interfaccia uomo-macchina (HMI).

I requisiti degli *input* e degli *output* descrivono le informazioni che sono necessarie per la completa e appropriata programmazione di un processo e quelle che devono essere

fornite in uscita come risultato del suo completamento. Gli obiettivi del progetto sono riassunti nella figura 4.2 e il primo, comune a tutti i *partner*, è di mantenere un servizio di trasporto sicuro, regolare ed efficiente a beneficio dei passeggeri. Gli altri possono essere molteplici e diversi tra loro. In alcuni casi possono essere in contrasto, in altri complementari e può accadere che alcuni soggetti non abbiano la completa conoscenza delle operazioni svolte da altri.



Figura 4.2: Obiettivi del progetto CDM

Un metodo per minimizzare i costi legati allo sviluppo del CDM è di utilizzare il più possibile le risorse esistenti, diminuendo la necessità di comprare nuove attrezzature. Prima di iniziare l'implementazione del progetto è raccomandabile che ogni aeroporto faccia un'analisi della sua situazione (*gap analysis*) in modo da avere una visione chiara di quali risorse siano disponibili e quali invece siano mancanti. Infine, al termine

dell'implementazione, l'EUROCONTROL (o una società di consulenza) eseguirà una valutazione sull'effettiva efficienza delle modifiche apportate.

4.3 Condivisione delle informazioni

L'*airport CDM information sharing* supporta le decisioni locali prese da ognuno dei *partner* e facilita l'implementazione degli altri elementi del CDM grazie alla raccolta delle notizie riguardanti i processi in atto e alla fornitura di un insieme di dati che descrivono lo stato attuale e futuro di un volo.

Nella pratica operativa per raggiungere questi due obiettivi:

- si confrontano e distribuiscono i dati riguardanti la programmazione e il progresso dei voli, forniti dall'ATFM, dall'ATS, dalle compagnie aeree e dagli operatori aeroportuali;
- si confrontano e distribuiscono le previsioni degli eventi e i messaggi sulla posizione degli aeromobili;
- si emettono comunicati ed eventuali avvisi d'allerta;
- si forniscono informazioni riguardanti lo stato dei supporti alla navigazione e le condizioni meteo;
- si effettua la registrazione e l'archiviazione dei dati per eventuali analisi statistiche.

L'*information sharing* può essere considerato come il collante, necessario per arrivare ad un più efficiente coordinamento, che tiene uniti e informati sul reciproco stato tutti i soggetti che partecipano alle attività aeroportuali. Di seguito sono elencati i requisiti necessari per la sua implementazione:

- creazione dell'*airport CDM platform*;
- standardizzazione del formato di trasmissione delle informazioni;
- trasmissione in tempo reale delle notizie e dei dati disponibili;
- adozione di *software* appropriati ed interattivi, uguali per tutti.

I dati che giungono alla piattaforma informativa provengono dai vari *partner* e ognuno fornisce quelli relativi al suo ambito operativo (fig. 4.3):

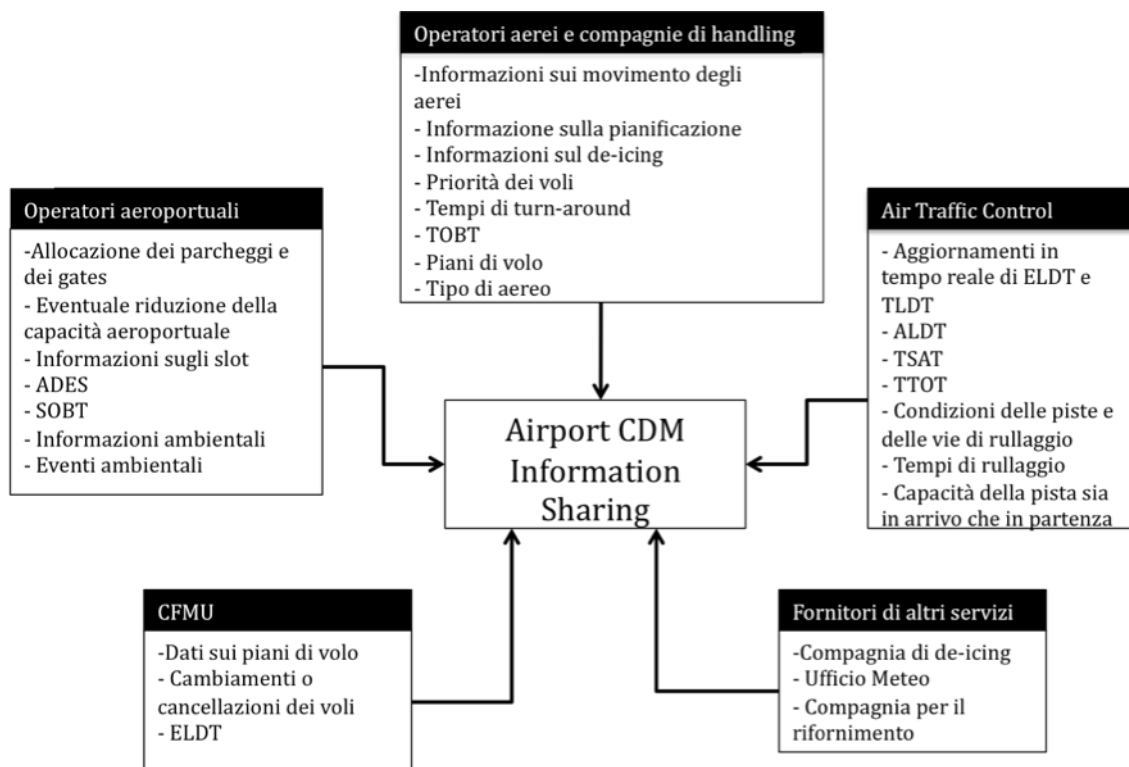


Figura 4.3: *Information sharing*, i soggetti coinvolti e le informazioni scambiate

Molti aeroporti, sia coordinati che non, possono estrapolare dalle loro banche dati le informazioni necessarie per l'organizzazione delle operazioni giornaliere. Tali informazioni dovrebbero essere integrate con quelle ricavabili dai piani di volo in modo da costruire un profilo completo e accurato del volo (tab. 4.4).

Informazioni relative al tipo di aereo	Dati estratti dalle informazioni sui voli in arrivo	Dati estratti dalle informazioni sui voli in partenza
Numero di registrazione dell'aereo	Identificativo dell'aereo	Identificativo dell'aereo
Progresso del volo	ADEP	ADES
Tipo d'aereo	Tipo di volo in arrivo	SID
Piazzola di parcheggio dell'aereo	Orario di decollo dall'aeroporto di partenza	Tipo di volo in partenza
Gate d'imbarco	EET	<i>De-icing</i>
Tempo di <i>turn-around</i>	Orario d'atterraggio	Orario di <i>off-block</i>
Società di <i>handling</i>	Tempo per il rullaggio in arrivo	Tempo stimato per il rullaggio in partenza
TOBT	Orario di <i>in-block</i>	Orario di decollo

Tabella 4.4: Informazioni necessarie per la costruzione del profilo del volo

4.3.1 Informazioni relative al tipo di aereo

Riguardano il numero di registrazione dell'aereo, il tempo di *turn-round*, il TOBT, la società di *handling* e il progresso del volo. Il numero di registrazione dell'aereo di norma è fornito il giorno dell'operazione e negli aeroporti coordinati la registrazione dovrebbe essere collegata al programma d'allocazione degli slot per quel giorno. Il tempo minimo necessario per il *turn-round* (MTTT) è determinato quando inizia il processo e, quando è possibile farne una valutazione, il valore può essere sostituito con un tempo stimato (ETTT). Il MTTT dipende dal tipo di aereo, dal tipo di piazzola per il parcheggio, dalle procedure adottate dalle compagnie aeree e può essere determinato tramite l'utilizzo di tabelle disponibili nella banca dati dell'aeroporto. La sua valutazione dovrebbe essere fatta per ogni tipo d'aereo e dovrebbe essere conservata e utilizzata come dato di partenza per quelle successive.

Il *Target Off-Block Time* (TOBT) può essere calcolato come:

- ELDT + EXIT + MTTT²⁰
- ALDT + EXIT + MTTT²¹
- AIBT + MTTT²²

Il TOBT indica un orario precedente a quello indicato dal EOBT e il valore di quest'ultimo viene considerato come TOBT fino a quando non è aggiornato o confermato dagli operatori degli aerei o dal *ground handling*.

Dal piano di volo ATC può essere definito l'operatore dell'aereo e da questo può essere dedotto il servizio di *handling* che necessita l'aereo mentre è a terra. Per quel che riguarda il progresso del volo nella fase di pianificazione lo stato è inizialmente impostato su *Scheduled* (SCH) e solo quando la partenza è confermata dal piano di volo proveniente dall'ATC lo stato del volo passa a *Iniziated* (INI). Il processo di aggiornamento dello stato avviene in automatico con il verificarsi di determinati eventi.

4.3.2 Dati estratti dalle informazioni sui voli in arrivo

Riguardano il numero identificativo dell'aereo, l'aeroporto di partenza (ADEP), il tipo di volo⁶, l'ETT, l'orario di decollo dall'aeroporto di partenza, l'orario d'atterraggio, il tempo di rullaggio in ingresso e l'orario di *in-block*.

²⁰ Estimated LanDing Time + Estimated taXi-In Time + Minimum Turn-round Time

²¹ Actual LanDing Time + Estimated taXi-In Time + Minimum Turn-round Time

²² Actual In-Block Time + Minimum Turn-round Time

Alla ricezione di un piano di volo ATC si eseguono due verifiche, la prima riguarda l'identificativo dell'aereo che è utilizzato per correlare il piano di volo al programma delle partenze e degli arrivi dell'aeroporto, la seconda controlla la disponibilità di *slot* per l'ADEP. Sempre dal piano di volo è possibile estrarre l'Estimated Elapsed Time (EET) e in base al orario di decollo effettivo (ATOT) si possono calcolare l'orario d'atterraggio previsto (ELDT), obiettivo (TLDT) ed effettivo (ALDT), il tempo di rullaggio in arrivo (*Taxi-in Time*) stimato (EXIT) e l'orario di *in-block* stimato (EIBT) ed effettivo (AIBT).

4.3.3 Dati estratti dalle informazioni sui voli in partenza

Riguardano il numero identificativo dell'aereo, l'aeroporto di destinazione (ADES), la *Standard Instrumental Departure* (SID), il tipo di volo, l'orario di *off-block*, l'orario di decollo e il tempo stimato per il rullaggio in uscita.

Dal piano di volo si verifica la disponibilità dello *slot* eventualmente assegnato per il decollo e in caso ci fossero discrepanze o lo *slot* in esame fosse già occupato il problema è sottoposto all'attenzione di un operatore. Dalla allocazione degli *slot* (CTOT) è possibile dedurre l'orario di off-block programmato (SOBT), stimato (EOBT) ed obiettivo (TOBT), l'orario di decollo obiettivo (TTOT) e la stima del tempo di rullaggio in uscita (EXOT).

4.4 Milestone

Il *Milestones Approach* descrive il progresso di un volo dalla sua programmazione nell'aeroporto d'origine fino all'atterraggio e al successivo decollo dal suo aeroporto di destinazione, tramite l'utilizzo di punti o momenti significativi nella programmazione e gestione del volo. Il progresso del volo è rappresentato come una sequenza continua di eventi (*Milestones*). Quando un volo viene inserito nel software di gestione comune a tutti i *partner*, sono automaticamente create un certo numero di *milestone* che si basano su valori temporali di *default* predefiniti e concordati.

⁶ Può essere: cargo, passeggeri, proveniente dall'area *Schengen/non Schengen*.

Il principale obiettivo è quello di mettere tutti i *partner* a conoscenza sul reale andamento del volo durante la fase di arrivo (*inbound*) e quella di ripristino dell'assetto per il decollo (fase di *turn-round*).

Tramite quest'approccio è possibile prendere decisioni in anticipo qualora si verificasse una discrepanza tra le sequenze monitorate e quelle programmate (deviazione dal FPL o dalle *clearance* CFMU). L'andamento del volo è monitorato automaticamente e ogni volta che si attraversa un *milestone* vengono aggiornate le informazioni in possesso o ne vengono aggiunte di nuove appena esse diventano disponibili (ad esempio il piano di volo in atto o le misure ATFM). In più, le *milestone* in fondo alla linea temporale sono eventualmente aggiornate in accordo con i dati ricevuti.

Ad esempio si consideri una situazione in cui, a 20 minuti dall'orario stimato di *off-block* (EOBT, orario in cui l'aereo inizia ad effettuare le manovre necessarie per la partenza), l'imbarco dei passeggeri non ha ancora avuto inizio: il *milestone event* "inizio imbarco" non appare come attivo e questo causa la generazione immediata di un messaggio d'allarme rivolto a tutti i *partner* coinvolti, i quali vengono informati del mancato inizio dell'operazione. In seguito il *ground handler* confermerà la durata del ritardo e, in base a questo, sarà aggiornato l'intero set di *milestones* per il resto del processo. Tutti i *partner* saranno informati del ritardo avvenuto durante la fase di imbarco e ciò permette loro di reagire nella maniera più appropriata alla nuova situazione (l'ATC dovrà rivedere la sequenza delle partenze, prevedere l'eventualità di uno spostamento dello *slot* e se necessario riassegnare ad un altro aereo lo *slot* perso dal volo in ritardo, il *ground handler* dovrà ritardare le operazioni di *push-back* e magari utilizzare i mezzi necessari per effettuarlo su un altro volo).

Gli obiettivi della definizione delle *milestone* sono::

- definire accuratamente il TBOT (*Target Off-Block Time*);
- determinare eventi chiave in modo da tracciare il progresso del volo;
- assicurare il collegamento tra i voli in arrivo e quelli in partenza;
- stabilire quali informazioni devono essere aggiornate e le modalità con le quali deve avvenire questo aggiornamento (specificando la qualità dei dati in termini di accuratezza e tempestività);
- migliorare la qualità delle informazioni;

- evitare conflitti nell'allocazione degli *stand* e dei *gate* tra i voli in arrivo e quelli in partenza;
- permettere ai *partner* di prendere decisioni con sicurezza.

Un arrivo in ritardo di solito ha una ripercussione non solo sulla successiva fase di partenza del volo²³, ma anche sugli equipaggi, sui mezzi che si occupano di compiere il trasferimento dei passeggeri tra aereo e *terminal* (in caso di assenza di ponti telescopici d'imbarco) e sull'occupazione sia del *gate* che della piazzola di sosta.

Uno dei requisiti fondamentali per l'implementazione del *Milestones Approach* è quello che ci siano accordi locali su quali processi siano necessari per migliorare la prevedibilità degli eventi durante il *turn-round* (il tempo di *default* è determinato in base al tipo di volo, aereo, compagnia...)

In tabella 4.5 sono riportate le *milestone* e il rispettivo riferimento temporale e in Appendice 3 sono riportate delle schede riassuntive contenenti le principali caratteristiche di ciascuna *milestone*.

Numero	Milestone	Riferimento temporale
1	Attivazione del piano di volo ATC	3 ore prima dell'EOBT
2	EOBT – 2 ore	2 ore prima dell'EOBT
3	Decollo dall'aerodromo di partenza	ATOT dall'aerodromo di partenza
4	Aggiornamento radar locale	Dipende dagli accordi con l'aeroporto
5	Approccio finale	Dipende dagli accordi con l'aeroporto
6	Atterraggio	ALDT
7	<i>In-Block</i>	AIBT
8	Operazioni di <i>handling</i> iniziate	ACGT
9	Aggiornamento dell'TOBT prima del TSAT	Dipende dagli accordi con l'aeroporto
10	Concessione dell'TSAT	Dipende dagli accordi con l'aeroporto
11	Inizio imbarco passeggeri	Dipende dagli accordi con l'aeroporto
12	Aereo pronto	ARDT
13	Richiesta <i>Sturt up</i>	ASRT
14	Approvazione <i>Sturt up</i>	ASAT
15	<i>Off-Block</i>	AOBT
16	Decollo	ATOT

Tabella 4.5: Milestone e relativo riferimento temporale

²³ Se un volo dovesse essere in ritardo la compagnia aerea dovrebbe riprogrammare il corrispondente volo in partenza ed eventuali voli in connessione

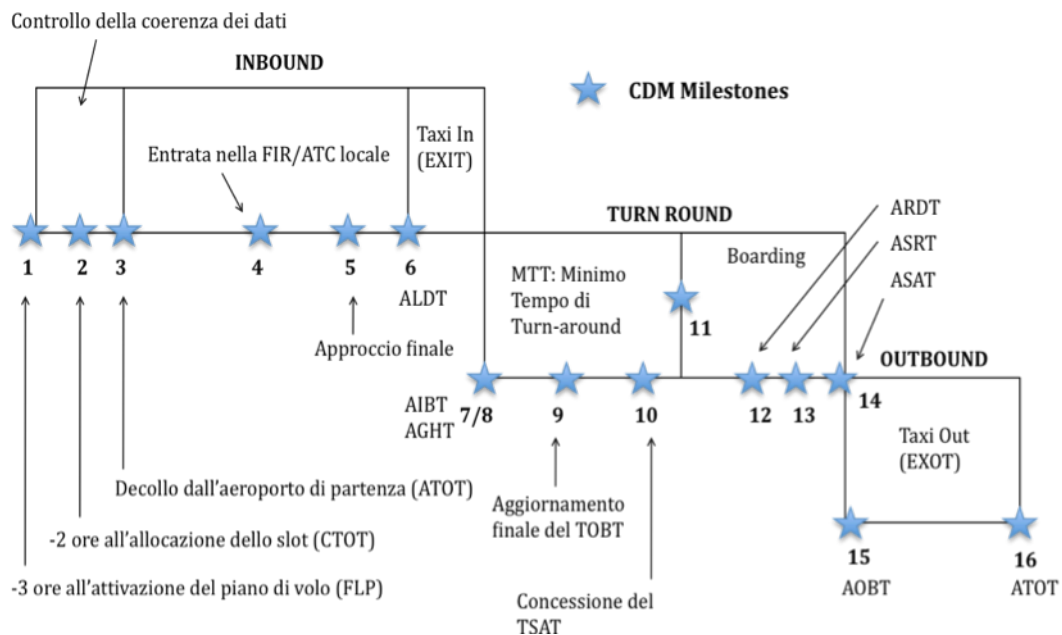


Figura 4.6: Successione delle *milestone* nelle fasi di *inbound*, *turn-round* e *outbound*

È importante stabilire le responsabilità per il rispetto degli orari nelle operazioni programmate: il pilota e le società di *handling* sono responsabili nel garantire che l'aereo sia pronto per lo *start-up* in accordo con i TOBT/TSAT dichiarati; dopo lo *start-up*, la responsabilità che l'aereo rispetti il suo CTOT (*Calculated Take-Off Time*) è affidata all'ATC. L'ATC può rifiutare il TOBT proposto dal pilota qualora ritenga che non permetta il rispetto del CTOT assegnato dal CFMU e deve risultare:

$$\text{TOBT} + \text{EXOT} < \text{CTOT} + 10 \text{ minuti}$$

Durante la gestione e del volo le *milestone* previste possono essere comparate con quelle in tempo reale al fine di assicurare il raggiungimento degli obiettivi (fig. 4.7).

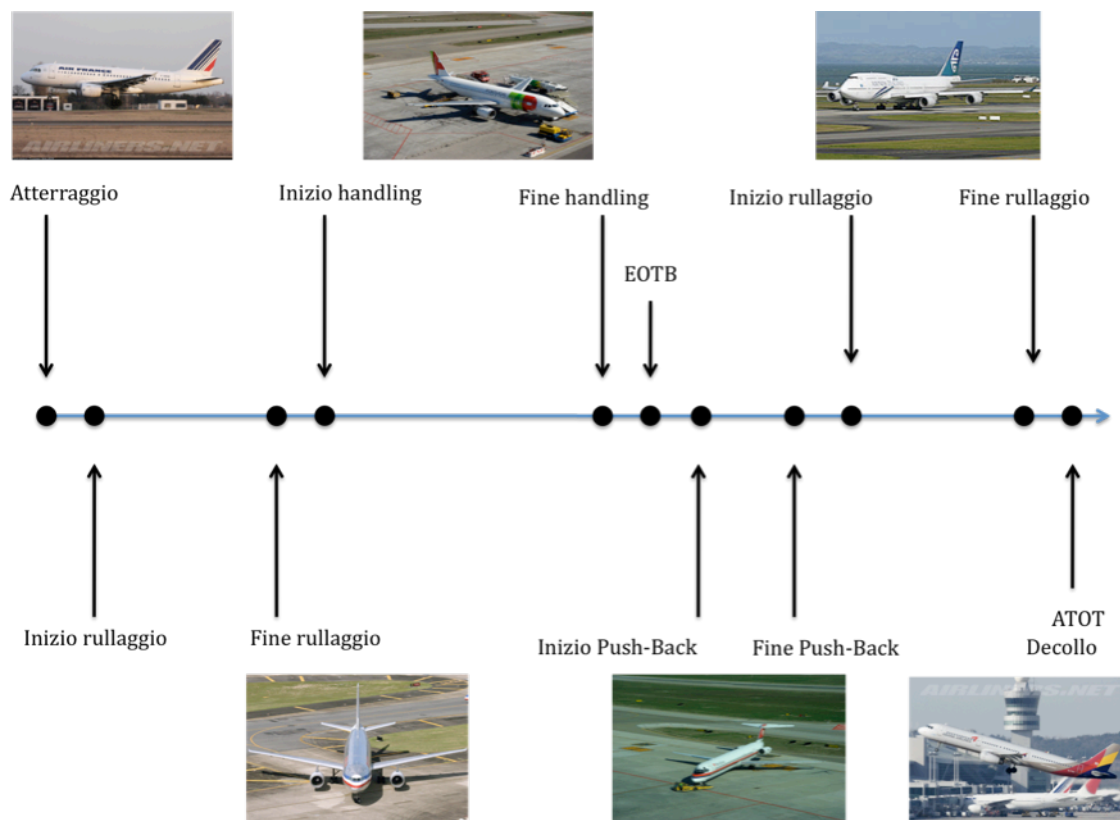


Figura 4.7: Milestone durante la fase d'atterraggio, di ripristino dell'assetto e di decollo

Le operazioni svolte prima del decollo e le responsabilità per il rispetto degli orari sono le seguenti:

- la compagnia deve proporre il TOBT 30 minuti prima dell'EOTB;
- la responsabilità del rispetto del CTOT è dell'ATC dal momento in cui è stato raggiunto l'ARDT;
- lo *start-up time* e il *target taxi-out time* devono essere calcolati successivamente alla comunicazione del TOBT;
- TOBT, EXOT e CTOT permettono alla torre di controllo di stabilire la sequenza di partenza (TSAT, ETOT) o di ristabilirla qualora il TOBT non fosse rispettato.

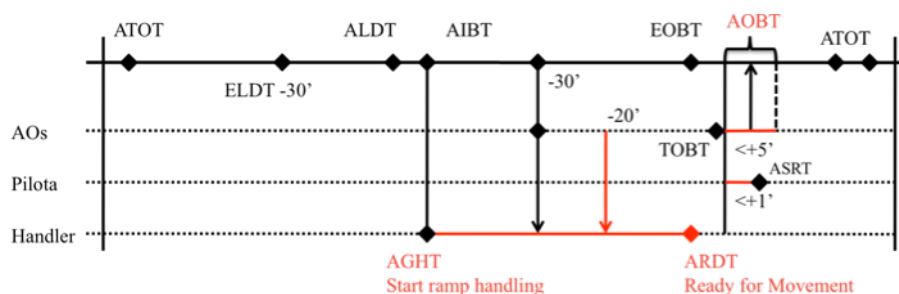


Figura 4.8: Soggetti coinvolti nella fase di *turn-round*

Ready for movement (ARDT) significa:

- tutte le porte chiuse;
- ponte d'imbarco rimosso;
- veicolo per il *push-back* agganciato.

4.5 Tempi di rullaggio variabili

L'accuratezza nel calcolo del tempo di rullaggio è essenziale per la definizione dei seguenti tempi usati nella determinazione delle *milestone*:

- orario stimato di *in-block* (EIBT);
- orario stimato e orario obiettivo di decollo (ETOT e TTOT);
- orario calcolato dal CFMU per il decollo (CTOT).

Negli aeroporti più complessi, la disposizione delle piste e delle piazzole di parcheggio può influenzare notevolmente i tempi di rullaggio e invece di usare un valore prestabilito per questa manovra, sono calcolati tempi di rullaggio per ogni aereo basandosi sulle serie storiche e sull'esperienza operativa. Procedendo in questo modo e considerando diversi periodi dell'anno, giorni della settimana, *week-end* e particolari orari della giornata è possibile determinare un *taxi time* più realistico, attendibile ed aderente alla realtà.

Negli arrivi, il tempo stimato per il rullaggio in ingresso (EXIT) in aggiunta all'orario stimato o effettivo d'atterraggio (ELDT) permettono di ottenere un'accurata valutazione dell'EIBT e questo ha delle ripercussioni positive nella pianificazione dell'allocazione dei *gate*, nelle sequenze di pre-partenza e nella gestione delle risorse di *handling*.

Nelle partenze, il tempo stimato per il rullaggio in uscita (EXOT) in aggiunta all'orario stimato di *off-block* (EOBT) o all'orario obiettivo per l'approvazione dello *start-up* (TSAT) permettono di valutare l'ETOT o il TTOT che possono essere usati dal CFMU per stabilire un realistico CTOT con l'obiettivo di ottimizzare la gestione dei flussi e della capacità degli spazi aerei.

Inoltre dalla conoscenza del tempo di rullaggio preciso è possibile ottimizzare le azioni di *push-back* ed evitare la congestione delle *taxiways*.

Per tempo di rullaggio si intende:

- per i voli in arrivo; l'AXIT (*Actual taXI-In Time* – tempo effettivo per il rullaggio in ingresso), che è il periodo tra il momento effettivo d'atterraggio (ALDT) e il momento effettivo di *in-block* (AIBT) e comprende il tempo d'occupazione della pista e quello per i movimenti a terra;
- per i voli in uscita; l'AXOT (*Actual taXi-Out Time* – tempo effettivo per il rullaggio in uscita), che è il periodo tra il momento effettivo di *off-block* (AOBT) e il momento effettivo di decollo (ATOT) e comprende il tempo necessario per il *push – back* e lo *start – up*, quello per i movimenti a terra e per il *de – icing* (sia in piazzale che remoto) e il tempo d'occupazione della pista.

A differenza degli altri orari presi in considerazione, nell'airport CDM si fa riferimento unicamente al tempo stimato (*estimated*) per questa operazione e non si considerano i tempi effettivi (*actual*), programmati (*scheduled*) od obiettivo (*target*) per il rullaggio. Per poter effettuare un'accurata stima del *taxi time* è essenziale che sia attivo un efficiente sistema di condivisione delle informazioni e per regolare il traffico è possibile modificare i parametri del tempo di rullaggio in modo da mantenere un aereo in un determinata posizione o di farlo spostare verso la sua piazzola di parcheggio in base agli eventi attualmente in corso. Ad esempio, l'ATC potrebbe stimare l'EXIT non appena riceve l'ELDT dal FPL e aggiornarlo man mano che il volo si avvicina all'aeroporto di destinazione e quando il gestore aeroportuale fissa il parcheggio da destinare al volo o conferma quello richiesto dalla compagnia aerea. Nelle pratica, per modificare i tempi stimati in valutazioni più realistiche si ricorre ad un costante monitoraggio dei movimenti mediante radar di terra o dirette osservazioni dei controllori.

I principali fattori che possono influenzare il tempo di rullaggio sono:

- configurazione dell'aeroporto e posizione delle sue strutture;
- determinazione della pista in uso che influenza la distanza che l'aereo deve percorrere dalla piazzola di parcheggio alla testata della pista;
- numero di piste che devono essere attraversate per raggiungere quella in uso;
- posizione della piazzola di parcheggio dell'aereo;
- condizioni meteorologiche;
- tipo di aereo e di compagnia;
- peso dell'aereo;
- orario in cui viene concessa l'autorizzazione per il *push-back*;

- eventuale posizione remota di *de-icing*;
- densità del traffico;
- procedure operative locali.

Per gli aeroporti più piccoli non è necessaria una valutazione del tempo di rullaggio variabile poiché la configurazione dell'aeroporto è tale da poter considerare attendibile un tempo comune a tutti i voli. Per gli aeroporti più grandi, invece, il tempo impiegato per il rullaggio è molto rilevante ed è attribuito per ogni pista di volo il valore di partenza per i calcoli (*default taxi time*). Ad esempio si stabilisce che per la pista 03L il tempo necessario per giungere in piazzola dopo l'atterraggio è di 5 minuti e che per fare lo spostamento opposto ne sono necessari 9. Tale valore è assegnato indistintamente a tutte le tipologie di aereo, in tutte le condizioni meteo e per tutte le piazzole di parcheggio e nell'aeroporto "G. Marconi" di Bologna il valore di *default* in ingresso ed uscita è di 10 minuti.

Per migliorare la stima del tempo necessario per compiere questa operazione sono necessari ulteriori informazioni fornite dall'ATC, dagli operatori locali e dai responsabili dei *gate* e dei piazzali di parcheggio.

A seconda del tipo di aeromobile si hanno diverse velocità nei movimenti a terra e negli aeroporti in cui si verificano spesso congestioni degli aerei prima del decollo, per tenere conto del ritardo che si accumula nella posizione d'attesa (*holding bay*), è necessario considerare un tempo aggiuntivo rispetto a quello che si avrebbe in condizioni di flusso libero. Per aggiornare con accuratezza e in modo dinamico il tempo di rullaggio è possibile impiegare sistemi come l'A-SMGCS (*Advanced Surface Movement Guidance and Control System*) e ogni impianto che tracci o rilevi lo spostamento e la posizione degli aerei contribuisce a migliorare la previsione dell'EIBT, dell'ETOT e del TTOT.

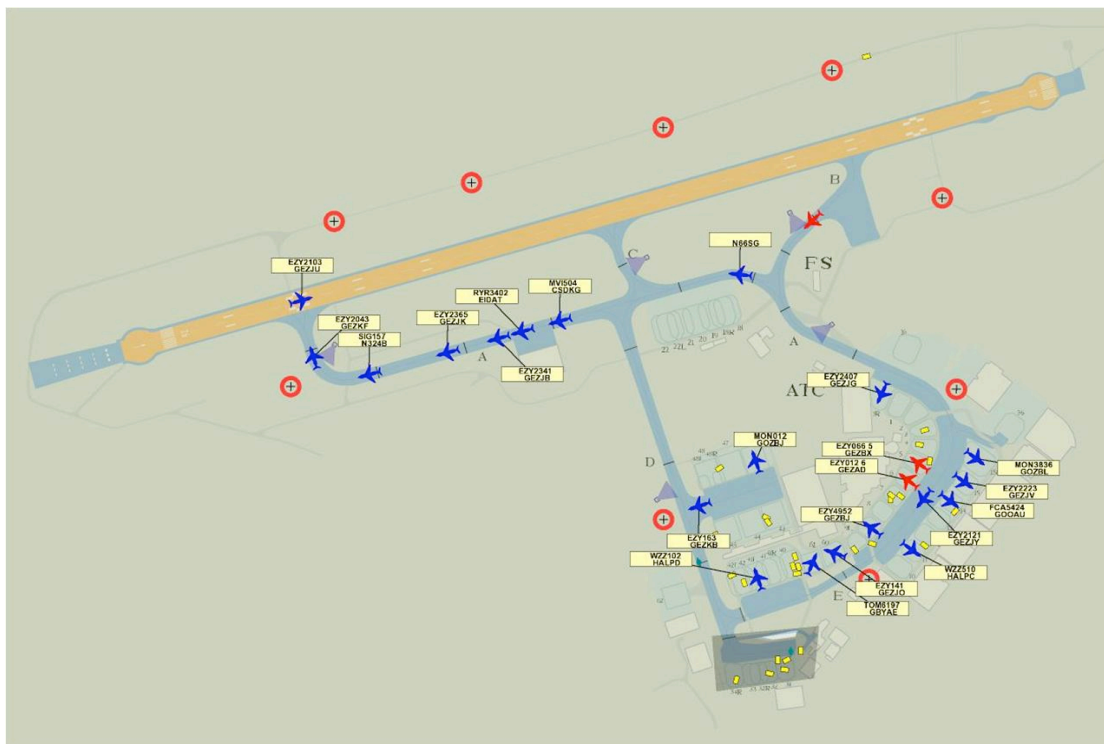


Figura 4.9: Esempio d'immagine ottenibile con l'A-SMGCS

In tabella 4.10 è riportata l'accuratezza richiesta nel calcolo del *taxi time*, differenziata in base al periodo di tempo coperto.

	Periodo di tempo coperto	Accuratezza richiesta
Lungo termine	Da 3 ore a 2 ore prima dell' <i>off-block</i>	+/- 7 minuti
Medio termine	Da 2 ore a 30 minuti prima dell' <i>off-block</i>	+/- 5 minuti
Corto termine	Da 30 minuti fino al tempo effettivo di <i>off-block</i>	+/- 2 minuti

Tabella 4.10: Accuratezza richiesta nel calcolo del *taxi time*

4.6 Sequenze pre – partenza

Con l'espressione *collaborative pre – departure sequence* s'intende la successione ordinata con la quale si programma la partenza degli aerei dai loro *stans* considerando le preferenze espresse dai vari *partner* e non deve essere confusa con la sequenza di *pre – take off*, che è invece l'ordine con cui l'ATC organizza gli aerei nel punto d'attesa presso la testata della pista.

In molte situazioni della gestione odierna del traffico viene seguito il principio secondo cui “il primo che arriva o che è pronto è il primo ad essere servito” (dall'inglese: *first come, first served*), e ciò significa che il primo aereo che comunica di essere pronto per il decollo (porte chiuse, ponte d'imbarco rimosso, mezzo di *push – back* collegato) è anche il primo che viene autorizzato a farlo. Operando in questo modo può spesso succedere che gli aerei siano soggetti al *push-back* in un ordine non ottimale per una data situazione di traffico o che non vengano prese in considerazione le preferenze sulle priorità nelle partenze espresse dalle compagnie aeree. Questa politica può portare alla formazione di code in prossimità delle piste con conseguenti lunghi tempi d'attesa ed elevati consumi di carburante. Le sequenze di pre-partenza permettono all'ATC di calcolare il *Target Off-Block Time* (TOBT) in base alla previsione sulla durata del processo di *turn-round* in modo tale che i voli possano partire secondo una più ottimale ed efficiente sequenza (fig. 4.11).

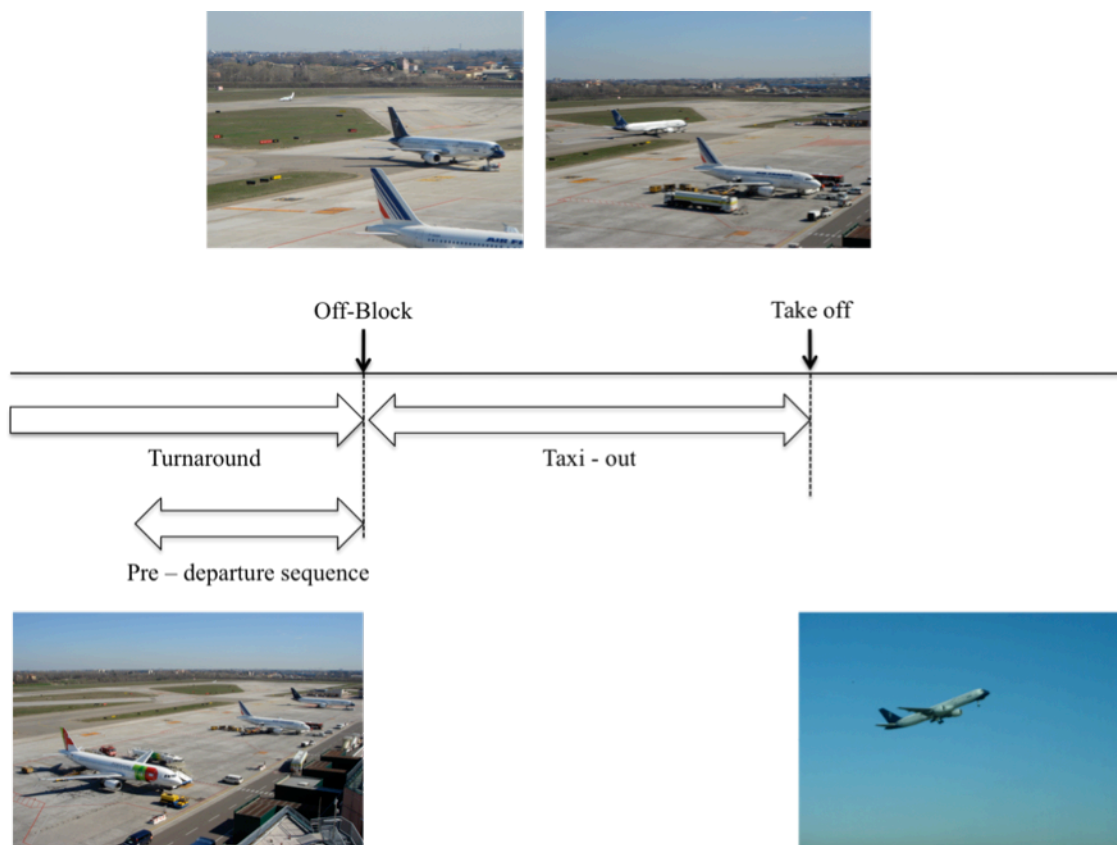


Figura 4.11: Pre-departure sequence

In base al progresso nelle operazioni, al TOBT e alla situazione del traffico nei piazzali l'ATC fornisce il TSAT (*Target Start-up Approval Time*) che introduce l'aereo nella sequenza di pre-partenza (*off-block*).

Queste operazioni sono volte non solo a migliorare la puntualità delle operazioni in modo da avere un miglior rispetto degli *slot* e dei programmi delle compagnie aeree, ma anche a migliorare l'efficienza nelle operazioni di *handling* e nella gestione dei *gate* e dei piazzali. Per ottimizzare le sequenze in pista, la gestione delle partenze (DMAN) in combinazione con quella degli arrivi (AMAN) e l'utilizzo del A-SMGCS sono fondamentali nella pianificazione delle operazioni. Per ogni aeroporto possono essere definiti localmente quali elementi portano alla formazione di "colli di bottiglia" per il sistema: piazzali, gate, vie di rullaggio, piste di volo, necessità di *de-icing*.

Nell'ottica del CDM l'attuazione di queste sequenze può essere intrapresa solo se nell'aeroporto è già attivo un sistema di condivisione delle informazioni, sono state determinate le *milestone* e viene fatta una valutazione variabile dei tempi di rullaggio.

Una delle informazioni più importanti per una corretta pianificazione è quella sulla previsione del momento di *off-block* (TOBT) e tutti i *partner* devono essere in grado di fornirla il più accuratamente possibile; come informazioni in uscita l'ATC fornirà ai *partner* le preferenze di priorità delle compagnie (volo X prima del volo Y) e il TSAT. In pratica quando viene inserito o modificato un TOBT da parte dell'operatore dell'aereo o del responsabile dell'*handling* questo viene costantemente controllato e confrontato con il traffico in atto e in caso di conflitti viene emessa una notifica d'avviso.

L'ATC comunica il TSAT in anticipo rispetto al TOBT e calcola il TTOT in base al VTT (*Variable Taxi Time*) e ad altri fattori come la necessità di effettuare il de-icing sull'aereo. Infine, il TSAT e il TTOT sono distribuiti attraverso l'*Airport CDM information sharing platform* a tutti i *partner* interessati e il TTOT è inviato al CFMU per l'aggiornamento dell'allocazione degli *slot*.

Per arrivare ad una sequenza ottimale di movimenti l'ATC deve ricevere la lista di TOBT relativi ad ogni volo in procinto di partire e in base all'avanzamento delle operazioni confermare i TOBT fornendo i corrispondenti TSAT (uguale o successivo al TOBT) che rappresentano la sequenza in cui ogni aereo dovrà lasciare il suo piazzale di parcheggio. La sequenza è ottimizzata tenendo conto di diversi fattori come: i vincoli che possono sorgere per la regolazione dei decolli (CTOT), la necessità di massimizzare i volumi di traffico sulle piste, l'interazione dei movimenti a terra (ad esempio il *push-back* di aerei in piazzole adiacenti).

È importante notare che oltre a fornire il TSAT, l'ATC deve calcolare anche il TTOT in modo che sia unico per ogni volo con un'assegnata pista e che rispetti le separazioni necessarie per la turbolenza di scia e quelle necessarie per il distanziamento dagli aerei in arrivo; quest'ultimo aspetto diventa di grande importanza per le piste usate sia per le operazioni di decollo che per quelle di atterraggio in quanto è necessario evitare le situazioni in cui il Target Landing Time (TLDT) è uguale al TTOT, e che porterebbero quindi alla creazione di un conflitto per quella pista.

Nell'aeroporto di Malpensa è stato sviluppato uno specifico sistema informatico che tramite un algoritmo calcola automaticamente la migliore sequenza di *off-block* degli aerei e la rende pubblica a tutti i principali *partner* coinvolti (la società di *handling* usa la sequenza per decidere l'ordine dei *push-back*).

Il sistema di calcolo può essere diviso in due fasi: la prima consiste nell'extrapolare, dal database SEA, gli orari programmati di partenza stagionali (STD); la seconda prende in considerazione altre informazioni importanti per il volo: CTOT assegnato dal CFMU, EOBT e ETD (Estimated Time of Departure).

In più, per la determinazione del effettivo *taxi time*, viene considerata la configurazione dei piazzali, dei collegamenti in relazione alle piste in uso e la posizione dello *stand* che è occupata dall'aereo (figura 4.12).

Category	Zone	MV	35R	35L	17R	17L	Default
MB	A rem	A	7	4	4	7	10
MB	A rem	D	8	5	20	25	10
MB	A sat	A	7	4	4	7	10
MB	A sat	D	11	8	20	25	10
MB	B rem	A	7	4	4	7	10
MB	B rem	D	9	6	20	25	10
MB	B sat	A	7	4	6	9	10
MB	B sat	D	14	11	20	25	10
MB	C rem	A	6	3	5	8	10
MB	C rem	D	10	7	20	25	10
MB	C sat	A	7	4	6	9	10
MB	C sat	D	14	11	20	25	10
MB	D	A	5	5	10	10	10
MB	D	D	15	15	20	20	10
MB	E/Z	A	5	5	10	10	10
MB	E/Z	D	10	10	15	15	10
MB	G	A	10	10	10	10	10
MB	G	D	11	8	20	25	10
MB	H	A	10	10	10	10	10
MB	H	D	11	8	20	25	10
MB	N/C	A	5	2	5	8	10
MB	N/C	D	10	7	20	25	10

Report

Figura 4.12: Schermata del *software* utilizzato per il calcolo del *taxi-time* a Milano Malpensa

La differenza tra la sequenza di *off – block* e l'ordine delle partenze (*take off*) è rappresentata dal *taxi time* perché, la prima è basata sull' *off – block time*, la seconda è calcolata per il punto d'attesa della pista dove un aereo finisce il rullaggio.

Il sistema di Malpensa crea la sequenza di tutti i voli in partenza che necessitano del *push – back* e l'ordine che gli operatori vedono sul *display* è basato sul TSAT (*Target Stat-up Approval Time*).

$$\text{TSAT} = f(\text{CTOT}, \text{STD}, \text{ETD}, \text{EOBT}, \text{TT})$$

Le tabelle del *software* indicano:

- l'ordine basato sul TSAT (*Target Start Up Approval Time*);
- l'ordine basato sul TTOT (*Target Take Off Time*): ci possono essere delle differenze tra le due sequenza;
- il numero identificativo del volo IATA e ICAO;
- tipo e registrazione di aereo;
- *stand* di parcheggio;
- STD e ETD (*Scheduled Time of Departure e Estimated Time of Departure*);
- stato dell'imbarco dei passeggeri;
- orario di fine *handling*;
- orario in cui si avrà la disponibilità dei mezzi per il *push-back*;
- orario in cui si avrà la disponibilità dei gate;
- EOBT (*Estimated Off-Block Time*), TSAT, TTOT (*Target Take Off Time*), CTOT (*Calculated Take Off Time, se assegnato al volo*);
- pista in uso;

All'aeroporto di Malpensa è in atto un accordo tra l'*airport operation department* e l'ATC chiamato *Apron Management Service (AMS)* secondo cui, dopo la chiamata dell'operatore di rampa, deve essere fatto uno specifico controllo sull'effettivo stato delle attività di *handling*. Solo alla fine di queste procedure la gestione dell'aereo può passare dall'ente che si occupa delle operazioni nei piazzali all'ATC e in questo modo tra ATC, *apron operator*, *handler* e compagnie aeree c'è un continuo scambio di informazioni sul volo.

In figura 4.13 è riportata la finestra del software utilizzato dall'*apron operator* per aggiornare l'orario di rilascio dell'aereo (TOBT).

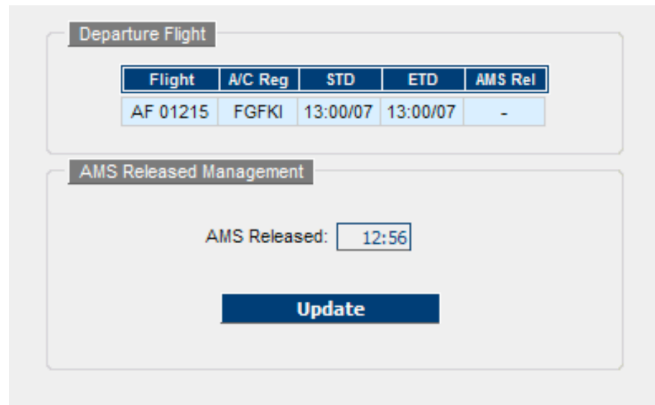


Figura 4.13: Software utilizzato per aggiornare l'orario di off-block

Come detto precedentemente, l'allocazione degli *stand* è un elemento importante per generare la sequenza e il sistema di gestione dell'aeroporto fornisce numerosi strumenti che facilitano la gestione dei parcheggi. Sui monitor viene rappresentata l'effettiva situazione del piazzale ed è possibile vedere gli *stand* occupati, quelli liberi o non utilizzabili. I punti rossi vicino ad alcuni aeroplani indicano che è iniziato l'imbarco dei passeggeri e nella parte alta dello schermo c'è la sequenza dei voli in arrivo che permette di conoscere quanti minuti mancano agli atterraggi degli *inbound*.



4.7 Condizioni avverse ed eventi imprevisti

Molti eventi, sia pianificati che imprevisti, possono interrompere il normale svolgimento delle operazioni e ridurre la capacità delle infrastrutture e dei sistemi di controllo e gestione. Alcuni aeroporti hanno sviluppato specifiche procedure da intraprendere nei periodi in cui si verificano determinate condizioni avverse, ma ad oggi non tutte sono ugualmente efficienti e spesso sono applicate senza un'opportuna coordinazione dei soggetti interessati. Spesso le azioni da seguire non sono correlate al particolare tipo di evento, ma piuttosto al cambiamento della capacità che esso provoca e l'introduzione del CDM ha dimostrato che l'utilizzo di procedure pienamente coordinate può ridurre le conseguenze di situazioni impreviste, limitare la diminuzione della capacità, e accorciare i tempi di ripristino della situazione normale.

Per fronteggiare nel modo migliore queste eventualità è necessario:

- preparare preventivamente dei piani di azione in caso si verificano condizioni particolari;
- assicurarsi che le procedure siano semplici, il più possibile simili a quelle utilizzate in situazioni normali e note a tutti i *partner*;
- nominare un coordinatore del CDM che sarà responsabile dello svolgimento delle attività.

Le situazioni prevedibili più ricorrenti e potenzialmente dannose sono:

- variazioni meteo e cambiamento della configurazione delle piste e delle vie di rullaggio (la direzione e l'intensità del vento ha il maggior impatto sulla scelta della pista in uso e della via di rullaggio associata per raggiungerla, quindi la configurazione prevista sarà determinante per la definizione della capacità disponibile in quel dato periodo);
- necessità di *de-icing* (è possibile sapere per tempo sia quando è necessaria, sia l'intensità richiesta);
- lavori di costruzione o manutenzione delle infrastrutture (di norma sono programmati anticipatamente e possono anche non comportare un calo della capacità);
- variazione della disponibilità di risorse tecniche (per ottenere la capacità nominale ogni aeroporto ha bisogno di una minima serie di risorse tecniche e

l'andamento delle loro disponibilità è costantemente monitorato al fine di valutarne l'impatto sulla capacità).

Gli eventi imprevedibili, sono impossibili da anticipare e possono essere distinti in due categorie:

- eventi simili a quelli prevedibili elencati sopra (ad esempio la manutenzione programmata) che è possibile affrontare usando le stesse procedure;
- eventi non riconducibili a situazioni *standard* (ad esempio la foratura dello pneumatico di un aereo in pista).

Per questi ultimi è necessario improvvisare l'organizzazione delle azioni, anche se è possibile stabilire alcuni passi fondamentali da seguire per risolverli con la massima efficienza. Come sopra accennato oltre ad essere necessario che tutti i *partner* lavorino in collaborazione è anche preferibile avere un coordinatore appropriato che assicuri la corretta applicazione delle procedure speciali. Questa figura dovrebbe avere un'ottima conoscenza di tutti gli aspetti delle operazioni aeroportuali, dei principi del CDM e i suoi compiti fondamentali sono:

- monitorare il livello d'allerta attuale e futuro;
- coordinare l'attivazione delle procedure speciali richieste;
- assicurarsi che tutti i soggetti seguano le procedure prestabilite;
- coordinare azioni *ad hoc* laddove necessario;
- attivare il *CDM Cell* con l'obiettivo di raccogliere e catalogare le informazioni circa le condizioni avverse, valutare la capacità complessiva dell'aeroporto e trovare i principali fattori che la influenzano, fornire informazioni ai soggetti interessati sulla situazione locale.

Il coordinatore svolge anche il ruolo fondamentale di informare il CFMU quando si verifica o è prevista una riduzione della capacità poiché questa ha un impatto sull'intera rete ATFM. In appendice 2 è descritto il caso particolare delle operazioni *de-icing*.

4.8 Gestione collaborativa dell'aggiornamento dei voli (*Collaborative Management of Flight Update*)

Fino ad ora l'attenzione è stata rivolta alla collaborazione che dovrebbe esserci tra tutti gli enti che lavorano in un aeroporto, accennando solo marginalmente allo scambio di informazioni con enti che gestiscono i flussi di traffico su scala più ampia; uno di questi è il CFMU che attraverso l'ATFCM ha l'obiettivo, per tutta l'area ECAC, di:

- bilanciare domanda e capacità;
- migliorare la puntualità dei voli;
- migliorare l'efficienza facendo attenzione alla disponibilità delle risorse.

I requisiti fondamentali per poter sviluppare un tale sistema di gestione sono la disponibilità e l'accuratezza delle informazioni e l'attenzione è rivolta alla qualità dei dati riguardanti i piani di volo. La precisione delle informazioni aumenta progressivamente con l'avvicinarsi del momento della partenza e informando il CFMU con precisi ETOT e TTOT è possibile colmare il divario che spesso si crea tra l'orario previsto per il decollo fornito dalle compagnie aeree e l'effettivo orario di decollo deciso dall'ATC. Integrando il processo di gestione dei flussi e della capacità con i principi dell' *Airport CDM* si ha il vantaggio di collegare le operazioni aeroportuali con i movimenti che avvengono nell'intera rete.

I principali benefici ottenibili dall' *Collaborative Management of Flight Updates* sono:

- assicurare la completezza delle informazioni tra le operazioni che si effettuano in rotta e quelle che si effettuano negli aeroporti;
- migliorare la prevedibilità delle operazioni a terra attraverso le informazioni disponibili fin dalla partenza dei voli;
- migliorare la stima degli orari di decollo, permettendo così una più accurata visione sulla situazione del traffico;
- migliorare la gestione delle operazioni locali (relative agli aeroporti e alle compagnie aeree) grazie alla collaborazione di enti che operano su scala maggiore (CFMU).

Si può quindi dire che il *Collaborative Management of Flight Updates* rappresenta il contributo fornito dall' *airport CDM* all'ATFCM e lo scambio d'informazioni tra il CFMU e gli aeroporti è realizzato tramite:

- l'invio di dati sulle partenze programmate (DPI: *Departure Planning Information*) dall'aeroporto interessato al CFMU;
- l'invio di dati aggiornati sui voli (FUM: *Flight Update Messages*) dall' CFMU all'aeroporto interessato.

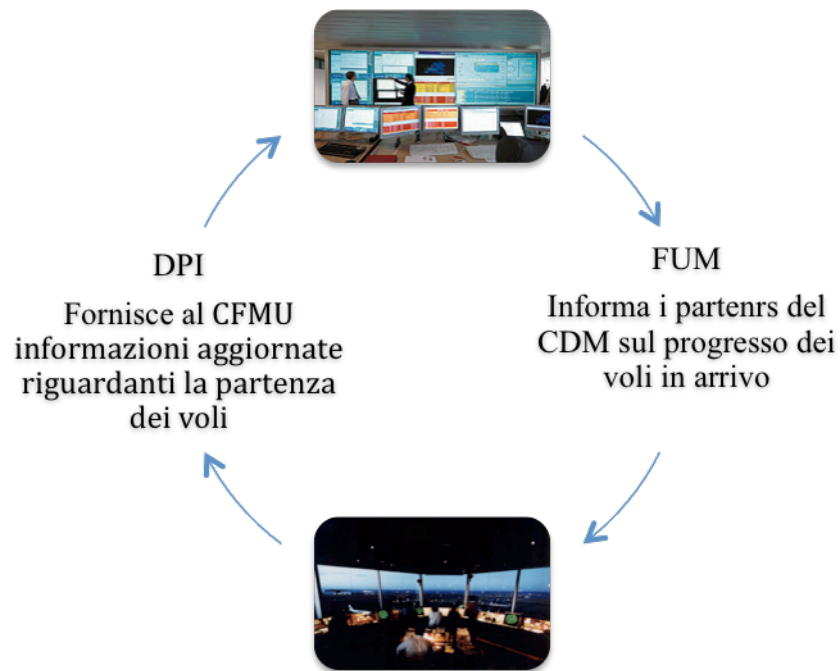


Figura 4.17: Messaggi scambiati tra l'aeroporto e il CFMU

4.8.1 Departure Planning Information (DPI)

Questi messaggio forniscono una stima accurata dell'orario di decollo (ETOT), dell'orario obiettivo di decollo (TTOT) e del tempo necessario per il rullaggio. I DPI raffinano le informazioni precedentemente scambiate rendendole più precise e la loro trasmissione è automaticamente innescata dall'avanzamento del volo attraverso le *milestone*. Il CFMU analizza i dati, se necessario ricalcola il CTOT e invia un FUM all'aeroporto di destinazione del volo affinché si organizzino di conseguenza.

Ci sono 4 tipi di messaggi DPI: E-DPI, T-DPI, R-DPI e C-DPI.

L'*Early DPI* (E-DPI) notifica l'ETOT due o tre ore prima del momento di *off-block* e il suo scopo è quello di confermare l'esistenza del volo. Prima che questo sia inviato è richiesto che l'*Airport CDM Platform* colleghi i piani di volo agli *slot* dell'aeroporto per evitare eventuali sovrapposizioni.

Il *Target DPI* (T-DPI) è inviato due ore prima dell'orario di *off-block* e permette al CFMU di ottimizzare i CTOT grazie alla conoscenza dei TTOT, resi ancora più precisi dall'introduzione nel calcolo dei tempi di rullaggio variabili.

L'*ATC DPI* (A-DPI) è inviato tra l'*off-block* e il decollo e fornisce al CFMU la più precisa stima possibile dell'TTOT basandosi sulle disposizioni dell'ATC.

Il *Cancel DPI* (C-DPI) informa il CFMU su eventuali cancellazioni di ETOT o TTOT inviati precedentemente e un tipico esempio è quello in cui si verificano problemi tecnici all'aereo dopo aver ricevuto un'autorizzazione da parte dell'ATC.

4.8.2 Flight Update Message (FUM)

Il CFMU invia questi messaggi agli aeroporti di destinazione del volo per cui ha precedentemente ricevuto DPI e li informa sull'orario stimato di atterraggio (ELDT) e sul progresso del volo. L'invio avviene per la prima volta tre ore prima dell'ELDT, e i suoi principali vantaggi rispetto un tradizionale messaggio di movimento sono che:

- è visibile a tutti i *partes* del CDM attraverso l' *Airport CDM Platform*;
- è inviato sistematicamente e automaticamente;
- è inviato 3 ore prima dell'ELDT;
- è aggiornato quando l'ELDT varia di più di 5 minuti.

CAPITOLO 5

IMPLEMENTAZIONE DEL CDM ALL'AEROPORTO DI BOLOGNA

5.1 Caratteristiche dell'aeroporto

5.1.1 Informazioni generali

Il Guglielmo Marconi di Bologna è il terzo aeroporto intercontinentale in Italia, con una pista in grado di accogliere voli con un raggio fino a 5mila miglia nautiche e con un bacino di traffico di quasi 20 milioni di persone. Nel 2008 sono transitati nello scalo 4.225.446 passeggeri, il 3,1% in meno rispetto al 2007. I passeggeri su rotte internazionali sono stati circa tre milioni (3.004.343) con una crescita del 4,2%, mentre quelli nazionali (1.212.423) hanno registrato una riduzione del 17,6%. Per quanto riguarda la suddivisione dei dati annuali per tipologia di vettore, risultano in flessione i *charter* (653.172, -4,7%) e le *low cost* (448.188, -16,6%), mentre i voli di linea, con 3.021.568 passeggeri, hanno registrato una sostanziale tenuta (-0,3%). I movimenti complessivi sono stati 62.042, con un calo del 7,0% rispetto il 2007.

La congiuntura economica negativa, il brusco aumento del prezzo del petrolio per gran parte dell'anno, la vicenda Alitalia (-20% i passeggeri trasportati da Bologna nell'anno, -65% nel mese di dicembre) e la fragilità di altri vettori operanti sullo scalo (soprattutto *low cost*, in modo particolare su rotte nazionali) sono le ragioni di questo andamento non positivo, che trova conferma anche nei dati di traffico di numerosi altri scali italiani. Il calo di passeggeri è stato parzialmente bilanciato dall'avvio, a fine ottobre, dei nuovi voli Ryan Air. Tra le note positive, l'andamento del settore cargo, che con 24.679.327 kg di merci trasportate per via aerea nel corso del 2008, ha fatto segnare una crescita del 46,2%.

	2008	2007	Variazione percentuale
Passeggeri	4.225.464	4.361.898	-3.1
Movimenti	62.042	66.676	-7.0
Merci via aerea (tonnellate)	24.679	16.879	+46
Posta (tonnellate)	1.816	1.812	+0.2

Tabella 5.1: Riepilogo dei dati sul traffico

Passeggeri	Movimenti	Merci via aerea (tonnellate)	Posta (tonnellate)
252.365	3.820	1984	200

Tabella 5.2: Riepilogo dei dati sul traffico di Febbraio 2009 (aviazione generale esclusa)

La figura 5.3 mostra che l'andamento dei passeggeri, dal 1988 al 2007, è sempre stato tendenzialmente in crescita considerando che dal 3 maggio al 2 luglio 2004, l'aeroporto è rimasto chiuso per i lavori di prolungamento della pista.

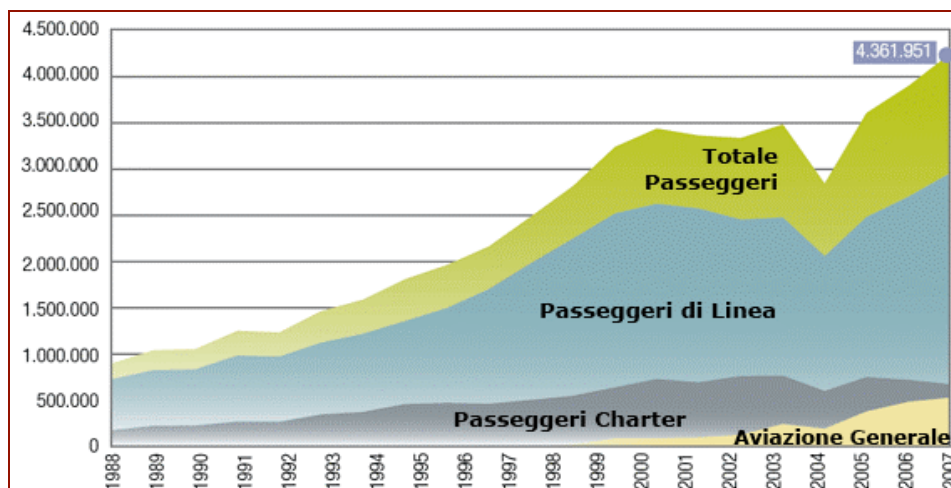


Figura 5.3: Riepilogo dei dati sul traffico di Febbraio 2009 (aviazione generale esclusa)

I soggetti che operano in aeroporto e che sarebbero coinvolti nell'eventuale implementazione del CDM sono:

- ENAV S.p.a. – ATS: Ente Nazionale di Assistenza al Volo a cui sono affidati i servizi di traffico aereo (ATS), di telecomunicazioni aeronautiche e di radionavigazione. È divisa nelle seguenti unità: Torre (TWR), Avvicinamento (APP) e ARO;
- ENAC sezione di Bologna: Ente Nazionale Aviazione Civile a cui compete la regolamentazione tecnica aeronautica;
- *Air Traffic Flow Management* (CFMU);
- società di *handling*: ALOA, Marconi *Handling*;

- compagnie aeree;
- gestore aeroportuale (SAB): è il soggetto a cui è stato affidato il compito di amministrare e gestire le infrastrutture aeroportuali e di coordinare e controllare le attività dei vari operatori presenti.

5.1.2 Dati tecnici

Codice IATA	LIPE
Codice ICAO	BLQ
Orario d'apertura	24 h
Piste	12 / 30, dimensioni 2800m x 45m Sistema d'atterraggio strumentale ILS (categoria IIIb) solo per pista 12
Capacità piste	La capacità dichiarata della pista 12, in condizioni normali, è di 24 movimenti/ora. Per la pista 30 la capacità è di 12 movimenti/ora.
Numero di parcheggi	33
Numero gate	22
Superficie piazzale 1	92.500 m ²
Superficie piazzale 2	63.000 m ²
Parcheggi nel piazzale 1	15
Parcheggi nel piazzale 2	13 (+ 5 per l'aviazione generale)

Tabella 5.4: Caratteristiche dell'aeroporto di Bologna

Il piazzale 1 (figura 5.6) comprende:

- 1 piazzola per aeromobili di codice "E";
- 3 piazzole per aeromobili di codice "D";
- 3 piazzole per aeromobili di codice "C";
- 5 piazzole per aeromobili di codice "C" e ingombro alare < 33m;
- 2 piazzole per aeromobili di codice "C" e ingombro alare < 29m;
- 1 piazzola per aeromobili di codice "B" ;
- 1 piazzola che permette l'automanovra di aeromobili di codice "C" (impedendo però l'utilizzo della piazzola adiacente);
- una piazzola che permette l'automanovra di aeromobili di codice "B" (impedendo però l'utilizzo della piazzola adiacente).

Il piazzale 2 (figura 5.7) comprende:

- 2 piazzole per aeromobili di codice “C”;
- 5 piazzole per aeromobili di codice “C” e ingombro alare < 33m;
- 4 piazzole per aeromobili di codice “C” e ingombro alare < 29m;
- 2 piazzole per aeromobili di codice “B”;
- 1 piazzola che permette l’automanovra di aeromobili di codice “D” e ingombro alare < 38m (impedendo però l’utilizzo della piazzola adiacente);
- 2 piazzole che permettono l’automanovra di aeromobili di codice “C” (impedendo però l’utilizzo della piazzola adiacente).



Figura 5.5: Piazzali dell’aeroporto di Bologna



Figura 5.6: Piazzale 1 visto dalla torre di controllo



Figura 5.7: Piazzale 2 visto dalla torre di controllo

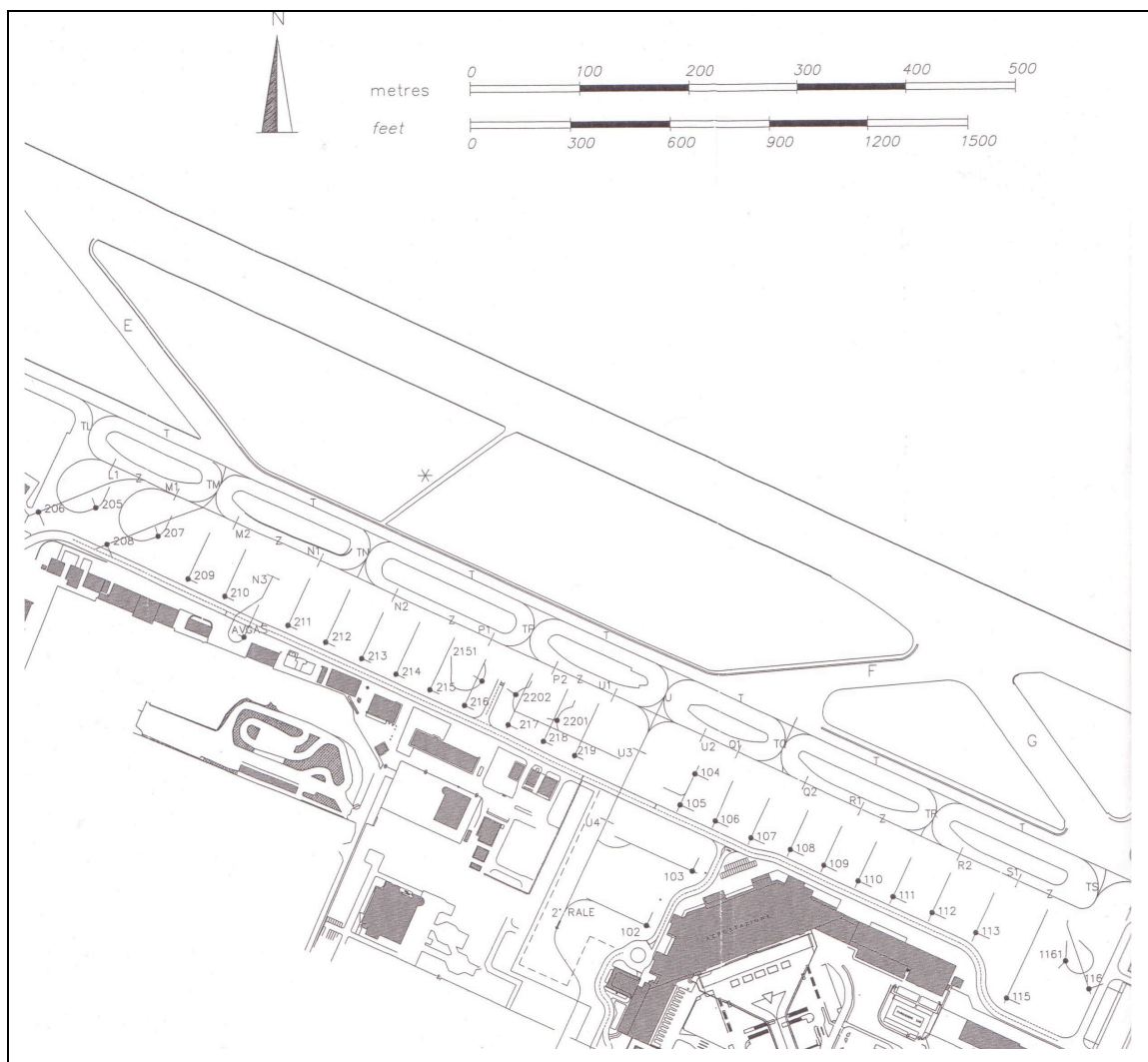


Figura 5.8: Numerazione delle piazzole di parcheggio

In prossimità della testata 12 è presente il piazzale per l'aviazione generale (TAG) che comprende 5 parcheggi (401 – 405) e una stazione fissa per il rifornimento del carburante. La dimensione e la forma delle piazzole di parcheggio sono importanti per stabilire la corretta allocazione degli spazi e per garantire sempre un certo numero di parcheggi disponibile e compatibili con le dimensioni degli aerei in quanto la presenza di due aerei parcheggiati in piazzole adiacenti non deve ostacolare lo svolgimento delle operazioni di *handling* e devono essere evitati i tempi morti per l'attesa dei servizi.

5.2 Procedure d'aeroporto

5.2.1 Designazione parcheggi

SAB si occupa della programmazione giornaliera dei parcheggi e la rendere nota all'*handler* e alla torre il giorno precedente le operazioni tramite sistema informatico.

Le variazioni di quanto programmato vengono comunicate in tempo reale e se il cambiamento avviene nei 10 minuti antecedenti l'utilizzo dell'infrastruttura si informano gli interessati via telex SITA. Il tempo concesso per la sosta cessa 5 minuti dopo lo STD (*Scheduled Time of Departure*) e un eventuale prolungamento dell'occupazione deve essere immediatamente comunicato a SAB tramite un messaggio IATA MVT; il COS valuterà se l'aereo può restare dove si trova o se è più opportuno che si sposti in un altro parcheggio. Al termine dell'utilizzo, e comunque non oltre 10 minuti oltre l'AOBT, l'aereo deve lasciare lo stand completamente sgombro e in condizioni tali da essere immediatamente occupato.

5.2.2 Push – back

Per tutti gli aeromobili in partenza dall'aeroporto di Bologna è obbligatoria la manovra di *push – back* o *power – back* ed i piloti, prima di richiedere la *clearance* aeroportuale, devono accertarsi della disponibilità dei mezzi necessari per l'operazione. L'uso dell'Aircraft Stand Taxiline Z compresa tra gli stands 108 e 113 è interdetta alla circolazione degli aeromobili di classe D o superiore e di conseguenza, per le operazioni di *push – back* dagli stand 115 e 116 degli aeromobili di tipo VLA, è previsto l'impiego della via di rullaggio (TWY) T. Dal coordinamento tra SAB, Direzione delle Operazioni (ROA) e *handler* è stato definito lo *standard* operativo a cui tutti devono adeguarsi:

- procedura VLA: il pilota, dopo aver ottenuto l'autorizzazione alla messa in moto e l'approvazione al relativo *push – back*, dietro istruzione del controllore *ground*, comunicherà al personale di rampa le modalità del posizionamento del velivolo (*NOSE EST, NOSE WEST*).

NOSE EST: aeromobile posizionato sulla TWY T, prua W (direzione Modena e coda verso Bologna) e carrello anteriore all'intersezione *centerline* J con la *centerline* TWY T;

NOSE WEST: aeromobile posizionato sulla TWY T, prua E (direzione Bologna e coda verso Modena) e carrello anteriore all'intersezione *centerline* G con la *centerline* TWY T. Raggiunte tali posizioni vengono portate a termine le operazioni di sgancio e il responsabile di rampa comunica via radio alla torre l'avvenuto sgombro da parte di uomini e mezzi dell'area di manovra. Un aeromobile VLA sarà autorizzato al *push – back* *NOSE WEST* solo dopo che un altro aeromobile in partenza da pista 30 avrà superato il punto d'attesa K₁.

- suddivisione a blocchi dei parcheggi: al fine di regolare secondo una logica condivisa le operazioni di *push – back* sul piazzale, si sono suddivisi in blocchi gli *stand* per il parcheggio degli aerei.

Stands	Punto d'attesa nel piazzale	Blocco
114,115,116	S1	S
109,110,111,112,113	R1	R
105,106,107,108	Q1	Q
218,219	U1	U
214,215,216,217	P1	P
211,212,213	N1	N
209,210	M1	M
206, 208(<i>Nose West</i>)	L1	L

Tabella 5.9: Suddivisione a blocchi dei parcheggi

Negli stands 206 e 208, per mancanza di spazio di manovre, il *push – back* è effettuato con orientamento non standard (*Nose West*). Gli stand 112 – 113 – 114, per la vicinanza con la via di rullaggio breve TS usata in bassa visibilità per l'ingresso nel piazzale, nel periodo da Ottobre a Marzo, quando si possono verificare più frequentemente condizioni di bassa visibilità, sono assegnati solo dopo aver utilizzato altri parcheggi disponibili per categoria di aereo.

5.2.3 Procedure di rifornimento

Le società che si occupano del rifornimento sono collegate al sistema *Ground Star* e si gestiscono autonomamente. In caso il rifornimento avvenga con passeggeri a bordo si deve coordinare con i Vigili del Fuoco la presenza di un mezzo anti-incendio e il diritto di priorità per il rifornimento è attribuito in base al momento in cui l'aereo è effettivamente pronto per essere servito.

5.2.4 Procedure antirumore

Dalle ore 22:00 alle 05:00 i decolli devono essere effettuati per pista 30, perché decollando verso NORD – OVEST si evita di sorvolare la città di Bologna, ma l'ATC può prevedere di cambiare la pista in uso in caso lo impongano le condizioni meteo.

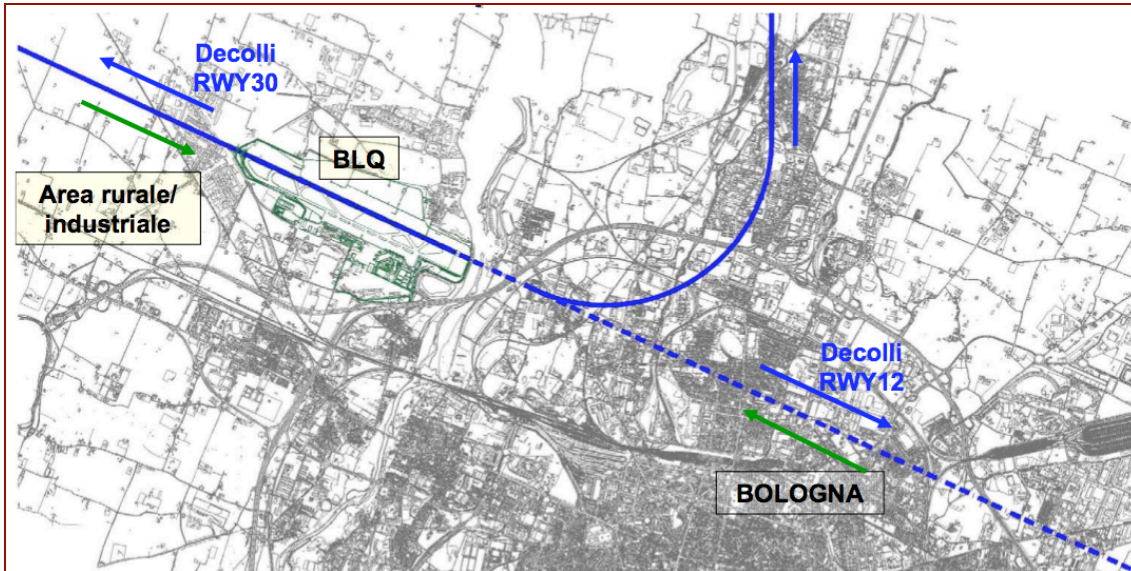


Figura 5.10: Rotte da eseguire per rispettare le procedure antirumore

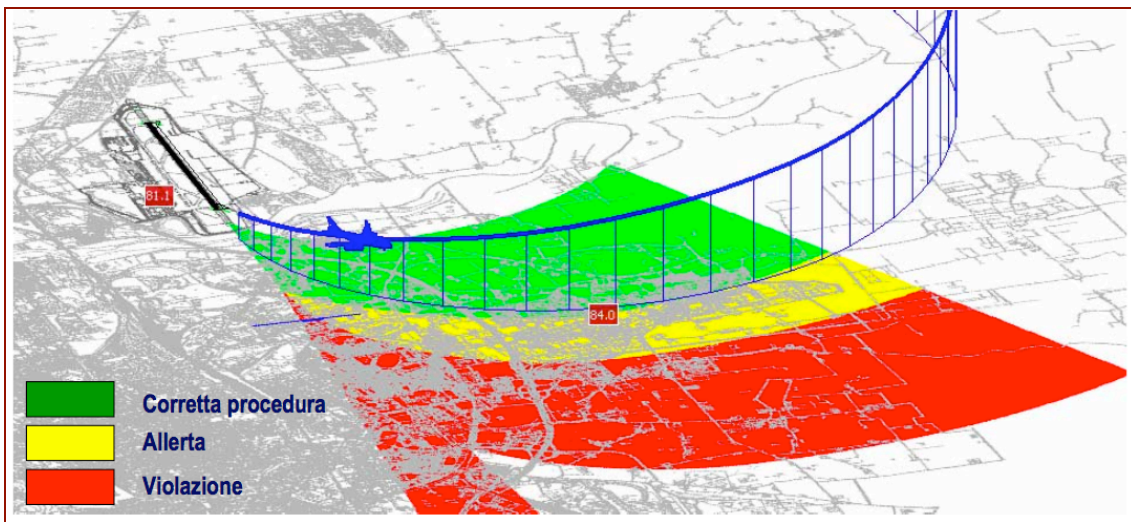


Figura 5.11: Virata da effettuare decollando da pista 12 per evitare di sorvolare Bologna

Per cercare di risolvere i problemi legati all’impatto acustico nel 2004 sono stati effettuati due importanti interventi infrastrutturali:

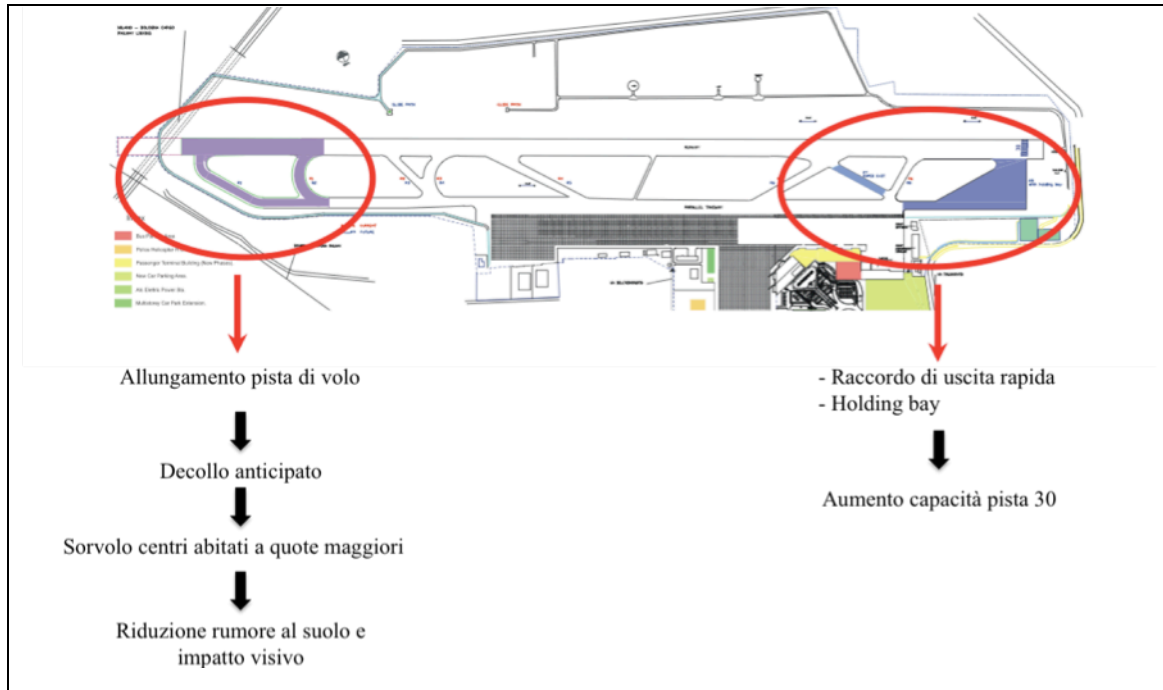


Figura 5.12: Miglioramenti ottenuti dagli interventi infrastrutturali eseguiti nel 2004

5.2.5 Gestione degli imbarchi

L’assegnazione dei *gate* e dei moli d’imbarco viene trasmessa dal COS tramite sistema informatico entro le 12:00 del giorno precedente le operazioni e viene reso disponibile al pubblico tramite il sistema FIDS. I *gate* sono disponibili da 40 minuti prima dell’STD o dell’ultimo ETD a 5 minuti dopo l’STD o l’ultimo ETD. La capacità d’accoglienza dei passeggeri è garantita da:

- 66 banchi di *chek – in* distribuiti su 3 aree;
- 7 varchi per il controllo di sicurezza dei passeggeri (+1 per il personale, +1 nella “*business lounge*”);
- 15 gate d’imbarco;
- 4 nastri trasportatori per la consegna dei bagagli per arrivi *Schengen*;
- 5 nastri trasportatori per la consegna dei bagagli per arrivi *non-Schengen*.

	Arrivi	Partenze
Schengen	2000	2000
Non - Schengen	1000	1000
Totali	3000	3000

Tabella 5.13: Capacità dell'aerostazione (massimo numero di passeggeri orari)

5.2.6 Procedura di *de-icing*



Figura 5.14: Aereo sottoposto al trattamento di *de-icing*

Il servizio viene effettuato a cura dell'*handler* direttamente nelle piazzole assegnate agli aerei e le operazioni possono iniziare solo quando non interferiscono con persone e mezzi presenti nell'area. La richiesta deve essere inviata via telex all'ufficio del fornitore e l'ordine con cui verranno serviti gli aerei è stabilito in base all' orario programmato di partenza del volo (STD) o dei successivi ETD comunicati dal vettore. In caso di STD contemporanei o prossimi si considerano le seguenti precedenze:

- voli con stesso STD o ETD di cui uno soggetto a *slot*: precedenza al volo con slot;
- voli con STD e ETD contemporanei: precedenza al volo in orario (STD);

- voli con stesso STD: precedenza all'aeromobile di minori dimensioni e in caso di uguali dimensioni la precedenza è data al volo con il maggior numero di passeggeri imbarcati.

Il servizio è offerto quotidianamente dalla Marconi *Handling* dalle 05:30 alle 22:00 e in condizioni di prevista neve diventa H24. Il tempo medio per compiere la procedura è di 10 minuti.

5.2.7 Clearance aeroportuale

L'aeroporto di Bologna è classificato come “aeroporto ad orari facilitati”, cioè un aeroporto in cui esiste un rischio di congestione in alcuni periodi del giorno, della settimana o dell'anno. Per questi scali le partenze e gli arrivi degli aeromobili sono subordinate all'assegnazione del corrispondente *slot* da parte di un ente designato a questo scopo (*Assoclearance*). Ogni volo che intende operare su Bologna deve pertanto ottenere la *clearance* da *Assoclearance* di Roma secondo la normativa in vigore, che prevede come termini per le richieste il 31 Agosto per il periodo invernale e il 31 Gennaio per quello estivo e la normativa nazionale ed internazionale prevede sanzioni per il non rispetto dei CTOT (*Calculated Take Off Time*) assegnati. Fanno eccezione i voli dell'aviazione generale, quelli militari e quelli di stato i quali devono richiedere la *clearance* direttamente al gestore aeroportuale. I voli IFR e VFR dell'aviazione generale con destinazione Bologna devono contattare SAB prima della partenza dal loro aeroporto d'origine per richiedere la *clearance* di parcheggio e almeno 20 minuti prima dell'ETA (tempo stimato d'arrivo) per richiedere il servizio di handling.

5.3 Il sistema *Ground Star*

Il *Ground Star* è un sistema di supporto per la gestione delle operazioni nei piazzali e delle risorse a terra. Le operazioni, sia dell'*air – side* che del *land – side*, sono programmate giornalmente e il sistema calcola, in base al traffico in previsione, la necessità a breve, medio e lungo termine di personale e attrezzatura da impiegare per la fornitura dei servizi. Le funzioni principali del sistema sono:

- pianificazione dei voli (i dati relativi alle partenze e agli arrivi sono inseriti nel sistema e costantemente aggiornati);
- pianificazione delle risorse (*stand, check – in*, nastri bagagli destinati a un determinato volo);
- raccolta dati di traffico (numero volo, tipo di aereo, ELDT, ETOT, ALDT, ATOT, SOBT, SIBT, n° di passeggeri imbarcati, numero di bagagli);
- statistiche (sulle risorse impiegate);
- gestione del *check – in* e dell'imbarco;
- gestione FIDS (*Flight Information Display System*): per informare il pubblico del *check – in*, del *gate* d'imbarco, dell'orario del volo e dell'eventuale ritardo;
- CHS (*Cargo Handling System*): sistema per la gestione delle merci in cui sono indicate le tonnellate di merci in arrivo e in partenza divise per destinazione e tipologia.

Applicazioni al terminal	Applicazioni di rampa	Applicazioni generali d'aerodromo
Gestione risorse	<i>Stands</i>	Amministrazione informazioni di volo
Sicurezza	Pulizia	Controllo d'aerodromo
Servizi ai passeggeri	Rifornimento	<i>Hub control</i> ²⁴
	<i>Push – back</i>	Capacità
	Trasporto a terra	Contratti e fatturazioni
	Servizio bagagli	Comunicazioni automatiche
	Carico	
	Servizi all'aereomobile	
	Controllo del carico	
	Catering	
	Deposito merci	
	Cargo	

Tabella 5.15: Funzioni svolte dal sistema *Ground Star*

²⁴ Non presente a Bologna

Recentemente è stato installato sui terminali di SAB un nuovo *software* di proprietà ENAV (sistema ADM) per poter condividere alcune informazioni utili al coordinamento del movimento degli aerei sul piazzale. Il sistema permette la gestione automatizzata delle informazioni scambiate tra i sistemi informativi dell'ENAV e della società di gestione, in sintesi l'ENAV trasferisce informazioni relative ai dati di volo in partenza ed in arrivo, mentre la società di gestione dell'*handling* trasferisce il *READY*, *BLOCK*, *PKB – DEP* e *PKB – ARR*. Con una semplice interfaccia (HMI) tra COS e torre si possono comunicare i dati in tempo reale in modo da evitare possibili conflitti nell'assegnazione di *stand* e *gate*.

L'immagine 5.16 mostra una possibile schermata dell'*Apron Client* contenente i dati per i voli in partenza.

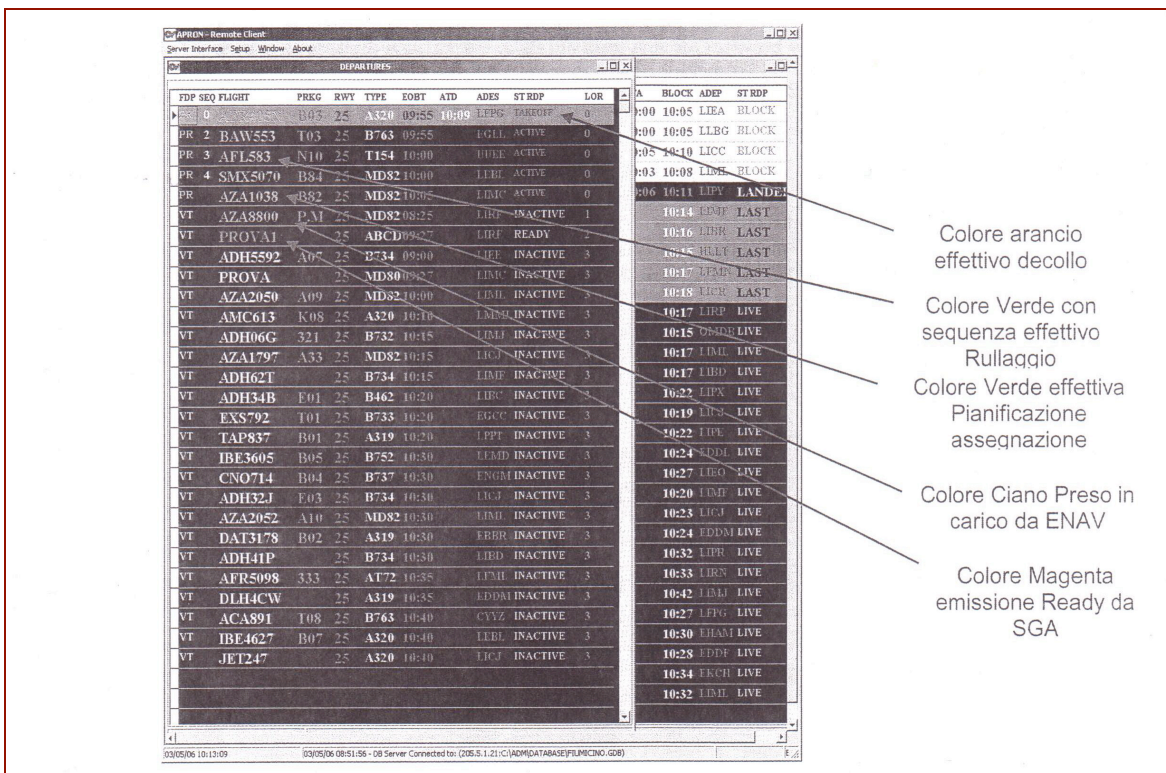


Figura 5.16: Interfaccia grafica dell'*Apron Client*

Per inviare il comando *READY*, utilizzando l'applicazione *Apron Client*, l'operatore si deve posizionare sul nominativo del volo (*Colonna Flight*) e cliccare due volte con il tasto sinistro del mouse. Dopo pochi secondi il volo da colore bianco (stato *inactive*) diventa magenta (stato *ready*) e gli stati di evoluzione del volo nel sistema ADM sono:

Stato del volo	Codifica FDP
Il volo è stato ricevuto ed inserito nel <i>database</i> dei voli passivi	PS (Passivo)
Il volo è preattivo ed è reso disponibile ai controllori dei settori interessati; è presente nel <i>database</i> dei voli attivi circa un'ora prima dello stimato di partenza	VT (Preattivo)
Ad un volo <i>inbound</i> è stato dato l'ordine di <i>clearance</i> , ma non è stato ancora dato alcun riporto di posizione	PA (Pianificato in arrivo)
Al volo è stata fornita una <i>clearance</i> di partenza o di rotta	PR (Attivo)
Al volo è stato dato un ordine di <i>take – off</i>	DR (Attivo in rotta)
Il volo <i>inbound</i> è a circa 30/10 minuti dall'inizio della discesa (TOD). Da ora in poi è possibile dare la <i>clearance</i> di arrivo per il volo	DA (30 minuti al TOD)
Il volo <i>inbound</i> inizia la discesa	TA (Terminale in arrivo)
Il volo <i>inbound</i> sta entrando in APP	TP (Terminale in avvicinamento)
Il volo <i>inbound</i> ha ricevuto un ordine di atterraggio. Rimane presente nelle liste per 10 minuti	TL (Terminato – Atterrato)
Il volo <i>outbound</i> ha ricevuto il riporto sull'ultimo <i>fix</i> di traiettoria. Rimane presente nelle liste per 15 minuti	TE (Terminato – Uscito dalla FIR)

Tabella 5.17: Evoluzione dello stato di un volo

5.4 Comunicazione tra ATC e CFMU

Per l'aeroporto di Bologna l'unità CFMU di riferimento è quella di Brétigny in Francia e le compagnie aeree o i privati devono presentare i loro piani di volo almeno 3 ore prima dell'EOBT. Le compagnie aeree si rivolgono direttamente al CFMU inviandogli i piani di volo in formato digitale, mentre i privati si rivolgono all'ufficio ARO dell'aeroporto di partenza o a società private che compilano i FLP per loro. L'ARO raccogli tutti i piani di volo è li inserisce nei sistemi informatici (AOIS e AFTN) connessi con i database di Roma, connessi a loro volta con il CFMU che raccogli i FLP per tutta l'aerea IFPS (area dei paesi europei). I sistemi AOIS e AFTN (ufficialmente riconosciuti dall'ICAO) sono aggiornati in tempo reale e si scambiano messaggi riguardanti le richieste di *delay*, le sospensione del FLP, l'allocazione degli *slot* (SAM) o la revisione degli *slot* (SRM). Il CFMU accetta solo i piani relativi a voli che

rispettano i requisiti imposti dall'ICAO e scarta automaticamente gli altri, in più, conoscendo la situazione aggiornata del traffico su tutta l'area IFPS può prevedere eventuali situazioni di congestione e, tramite l'emanazione di SAM e SRM, può evitare che venga superata la capacità dello spazio aereo.

Ad esempio, quando la capacità aeroportuale diminuisce a causa della nebbia si passa da 24 movimenti/ora per pista 12 a 12 movimenti/ora e l'ATC di Bologna si mette in comunicazione con l'ACC di Padova e con il CFMU informandoli della variazione. Di conseguenza i voli con destinazione Bologna verranno riprogrammati e gli sarà assegnato un CTOT nel loro aeroporto d'origine, così che se sono previsti 18 arrivi in una giornata in cui si lavora con la capacità ridotta, 6 sono accettati, la restante risorsa di 6 movimenti/ora di capacità è lasciata agli aerei in partenza, e i 12 arrivi in eccesso vengono scaglionati nelle ore successive (slotlandoli nel loro aeroporto di partenza) fino a quando non si ritorna alla situazione operativa normale.

Trenta minuti prima dell'EOBT sono stampate in automatico le *strip* per torre e avvicinamento, ma è sempre possibile fare una “chiamata di *delay*” prima dell'EOBT se la compagnia o il pilota prevedono di non riuscire a rispettare quanto pianificato.

5.5 Ipotesi d'implementazione del CDM

Prima di vedere quali *milestone* potrebbero essere adottate per uno scalo come il G. Marconi è riportata di seguito una sintesi dei dati, delle stime e delle informazioni necessarie per l'attuazione del progetto (vedi capitolo 4). I dati che devono essere resi disponibili a tutti i partners possono essere collegati al tempo o indipendenti da questo.

Dati non collegati al tempo:

- correlazione tra *Airport Schedule* e FPL: si verifica l'aderenza tra le operazioni programmate dell'aeroporto e il piano di volo;
- informazioni su parcheggi e *gate* (posizione, numero, disponibilità);
- collegamenti tra voli in arrivo (ARR) e in partenza (DEP): si programmano i flussi in modo da avere sempre dei parcheggi disponibili;
- informazioni su pista in uso (RWY) e SID/s (per la determinazione del *taxi time*).

Dati collegati al tempo:

- dall'ATOT dall'aeroporto di partenza è possibile determinare se un volo parte già con un determinato ritardo;
- dall'orario di entrata nella FIR si aggiorna l'ELDT e l'EIBT;
- dall'ELDT, ALDT si verifica che i due valori siano concordi e in caso contrario si aggiornano le stime per le *milestone* a valle;
- conoscendo l'AIBT (o l'EIBT) e il tempo necessario per il *turn-round* si può calcolare l'EOBT;
- conoscendo l'EOBT, il TOBT, il TSAT, l'AOBT e il *taxi time* (EXOT) si può calcolare l'ETOT;
- ETOT, TTOT, ATOT.

Gli stati operativi in cui può trovarsi un aereo sono (fig. 5.18):

- Scheduled;
- Iniziato;
- Airborne;
- Entrata nella FIR;
- Volo in finale;
- Atterrato;
- In – block;
- Imbarco in atto
- Aereo pronto (ready);
- Off – block;
- Decollato.

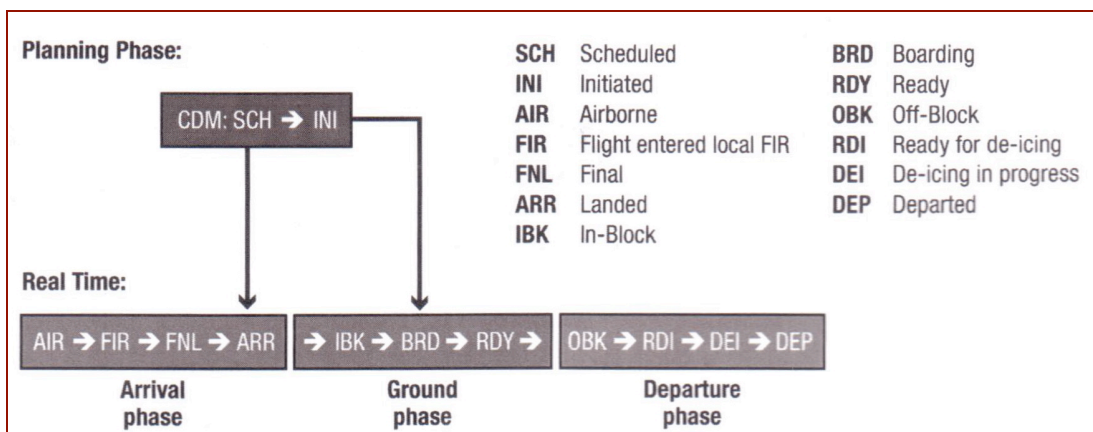


Figura 5.18: Evoluzione dello stato di un volo

La stima del tempo di rullaggio in ingresso (EXIT) e in uscita (EXOT) può essere fatta in base ai rilievi in aeroporto, alle serie storiche o alle esperienze operative. Ogni stima di orario deve essere comunicata tempestivamente e con una determinata precisione (tab. 5.19).

Orario	Accuratezza
ELDT	È confrontato con l'ALDT ogni 3 ore, 2 ore, 30 minuti
ALDT	1 minuto
EIBT	ELDT + EXIT
AIBT	1 minuto
EOBT/TOBT/TSAT	Sono confrontati con l'AOBT ogni 3 ore, 2 ore, 30 minuti
TOBT	Definito dal vettore aereo in accordo con la stima della durata del <i>turn-round</i> fornita dall' <i>handling</i> . Il TOBT è rispettato se: - l' <i>handler</i> finisce prima di TOBT+1 - il pilota chiede la messa in moto prima di TOBT + 1 - la torre concede l'autorizzazione dopo un minuto dalla richiesta
TSAT	È fornito dalla torre al pilota in base a: - TOBT - CTOT - condizioni meteo - densità di traffico in aria e sull'area di manovra
ETOT	Può essere calcolato da: - EOBT + <i>default taxi time</i> - EOBT + EXOT - TOBT + <i>default taxi time</i> - TOBT + EXOT
TTOT	Può essere calcolato da: - TSAT + <i>default taxi time</i> - TSAT + EXOT - AOBT + <i>default taxi time</i> - AOBT + EXOT
STTT	Può essere calcolato da: SOBT - SIBT
ATTT	Può essere calcolato da: AOBT - AIBT

Tabella 5.19: Orari fondamentali per l'implementazione del *Milestones Approach*

Mentre per gli arrivi (ARR) si confrontano il SIBT e il AIBT, per le partenze (DEP) si confrontano il SOBT e l'AOBT e, per verificare il rispetto dello *Scheduled Turn-round Time*, si confronta l'ATTT con l'STTT. In più, se un volo è "regolato", si deve verificare che il CTOT e l'ATOT non differiscano di -5/+10 minuti, mentre se un volo

“non è regolato” si verifica il rispetto tra l’EOBT (+ 15 minuti di tolleranza) + *taxi time* con l’ATOT. Per quel che riguarda le procedure essenziali per l’implementazione del CDM è necessario:

- creare una situazione di comune consapevolezza su tutte le operazioni che riguardano un volo (*Information Sharing*);
- Monitorare la catena di eventi che si verificano dall’attivazione del piano di volo (EOBT – 3 ore) fino al decollo (*Milestones Approach*);
- definire dei *Target Time* per migliorare la gestione delle operazioni che coinvolgono ATC, compagnie aeree ed *handling* e per facilitare la programmazione degli eventi;
- che gli operatori aerei definiscano il TOBT in funzione di ELDT+EXIT+ETTT e che lo aggiornino una volta che l’aereo è “in blocco” (AIBT + ETTT);
- che la torre di controllo calcoli i TSAT in modo da definire la *pre – departure sequence*;
- stabilire una connessione e uno scambio di dati automatico tra il CFMU e l’aeroporto in modo da adattare i CTOT alle esigenze locali (*Collaborative Management of Flight Updates* e scambio di messaggi FUM e DPI).

5.6 Definizione delle *milestones*

Delle 16 *milestones* proposte dal manuale di EUROCONTROL, in un ipotetica definizione per l’aeroporto di Bologna ne sono state scelte 14.

- 1) attivazione del piano di volo ATC (EOBT – 3 ore);
- 2) allocazione dello *slot* (EOBT – 2 ore);
- 3) calcolo dell’ELDT (EOBT – 20 minuti);
- 4) atterraggio (ALDT);
- 5) *in – block* (AIBT);
- 6) operazioni di *handling* in corso (AGHT);
- 7) aggiornamento finale dell’TOBT (EOBT – 25 minuti);
- 8) comunicazione del *Target Start – Up Time* (EOBT – 20 minuti);
- 9) inizio imbarco passeggeri;
- 10) aereo pronto (ARDT);

- 11) richiesta *start – up* (ASRT);
- 12) autorizzazione allo *start – up* (ASAT);
- 13) *off – block* (AOBT);
- 14) decollo (ATOT).

Di seguito sono analizzate in dettaglio le procedure da intraprendere al raggiungimento di ogni *milestone*.

1) Attivazione del piano di volo ATC (EOBT – 3 ore)

Gli aeromobili che vogliono utilizzare l'aeroporto di Bologna devono informare il CFMU del piano di volo almeno 3 ore prima dell'EOBT. Dal piano di volo ENAV può estrarre l'EOBT e il dato è inserito nel sistema informatico di SAB (*Ground Star*). Viene spedito un messaggio DPI contenente l'ETOT ricavato dall' EOBT + *taxi – time*, e ogni volta che l'ETOT varia di 5 minuti si informa il CFMU del cambiamento.

2) Allocazione dello slot (EOBT – 2 ore)

È l'orario in cui viene assegnato il primo *slot* al volo e il CTOT viene comunicato a tutte le unità ATC interessate dal volo. Tramite un sistema di *Information Sharing* (AOIS) l'EOBT e il CTOT sono comunicati a tutti i *partenr*. Sempre 2 ore prima dell'EOBT il CFMU spedisce all'aeroporto un FUM con l'ELDT e l'informazione è aggiornata ogni volta che si ha una variazione di 5 minuti.

3) Calcolo dell'ELDT (EOBT – 20 minuti)

ENAV ricava l'ELDT dal piano di volo contenuto nell'AOIS, ma, ad oggi, la stima dell'orario di atterraggio non è aggiornata regolarmente in base alla conduzione del volo e si potrebbe pensare di monitorare la traccia radar dell'aereo a partire dall'ingresso della FIR di Padova. La torre di controllo può calcolare il TLDT in base a messaggi che la informano quando l'aereo si trova a 40 Miglia (FMO²⁵) o 10 Miglia (TMO²⁶) dall'aeroporto (rispettivamente 20 minuti o 5 minuti prima dell'atterraggio) e sulla situazione degli aerei in avvicinamento in finale. Dal TLDT + *taxi in time* si può calcolare il TIBT (*Target In Block Time*). Noti questi dati si possono coordinare le operazioni con tutti i soggetti coinvolti nell'accoglienza e nell'assistenza del volo:

²⁵ FMO: *Fouty Miles Out*

²⁶ TMO: *Ten Miles Out*

- il mezzo *follow – me* è informato dal controllore di terra sull'uscita dalla via di rullaggio che utilizzerà l'aereo e il COS gli comunica in quale parcheggio portarlo;
- eventuali mezzi per il trasporto dei passeggeri al terminal sono portati in prossimità del parcheggio.

4) *Atterraggio (ALDT)*

L'ATC rileva automaticamente il momento dell'atterraggio e lo comunica tramite il sistema informatico al SAB con una precisione di ± 1 minuto. Nota l'ALDT si aggiornano il TOBT e il TTOT in base al tempo previsto per il *turn-round*.

5) *In – block (AIBT)*

L'orario effettivo in cui l'aereo viene posto "in blocco" può essere inserito manualmente nel sistema informatico da ALOA, Marconi Handling o SAB. In più si potrebbero utilizzare le informazioni automatiche del sistema ACARS, che comunica immediatamente alle compagnie aeree o ai loro uffici locali il momento della messa in blocco. Se in base a questo dato non è più possibile rispettare quanto precedentemente programmato, il TOBT e il TTOT vengono ricalcolati.

6) *Operazioni di handling in corso (AGHT)*

Questa *milestone* è utilizzata solo per i primi voli della giornata o per gli aerei fermi da molto tempo e nei *turn-round* ordinari si considera che l'AGHT coincida con l'AIBT. L'orario deve essere inserito nel sistema di condivisione delle informazioni dall'operatore dell'aereo o dal responsabile dell'*handling* entro un minuto dall'inizio delle operazioni. Dopo l'attivazione di questa *milestone* vengono aggiornati l'ETTT il TOBT e il TTOT.

7) *Aggiornamento finale dell'TOBT (EOBT – 25 minuti)*

Per adesso, nella gestione delle operazioni nell'aeroporto di Bologna, il TOBT non è utilizzato, ma per l'introduzione del CDM gli operatori aerei dovranno concordare con l'*handler* l'orario previsto di *off – block* 25 minuti prima dell'EOBT. Affinché il TOBT venga accettato dalla torre di controllo deve essere verificata la relazione:

$$CTOT - 5' < TOBT + EXOT < CTOT + 10'$$

In caso contrario deve essere proposto un altro TOBT. La tolleranza sulla precisione dell'informazione è di ± 5 minuti rispetto l'AOBT e una volta accettato il TOBT la torre deve fissare il ESDT (*Estimated Start – up Delivery Time*). Sempre 25 minuti prima del EOBT dovrebbe essere calcolato l'EXOT (*Estimated Taxi – Out Time*) in base al grado di congestione dei piazzali, dei raccordi, delle vie di rullaggio e alle condizioni meteo.

8) *Comunicazione del Target Start – Up Time (EOBT – 20 minuti)*

Il TSAT deve essere calcolato dalla torre in funzione del TOBT, del TXOT e del CTOT e deve essere comunicato all'operatore dell'aereo (e a tutti i *partner*) 20 minuti prima dell'orario stimato di *off – block*. La precisione del dato deve essere di ± 5 minuti rispetto al ASAT e dai TSAT degli aerei in procinto di partire i voli sono ordinati nella sequenza di pre-partenza.

9) *Inizio imbarco passeggeri*

La *milestone* è attivata automaticamente o manualmente dall'*handler* entro 1 minuto dall'inizio dell'operazione e da questo orario è possibile vedere se sarà rispettato il TOBT. In caso contrario si procede ad informare tutti i *partner* ed ad aggiornare le successive *milestones*.

10) *Aereo pronto (ARDT)*

La comunicazione deve essere fatta dal responsabile di rampa alla SAB che la rende disponibile a tutti i *partenr*. Da questo momento in poi l'aereo è pronto a rullare e aspetta solo l'autorizzazione della torre per farlo. Se l'ARDT non avviene entro un minuto dal TOBT l'operatore deve proporre all'ATC un nuovo TOBT e viene modificata la sequenza pre – partenza.

11) *Richiesta start – up (ASRT)*

Quando un aereo chiede il permesso allo *start – up* e al *push – back* i controllori di torre devono valutare i seguenti vincoli:

- se il ritardo rispetto all'EOBT è maggiore di 15 minuti, si informa il pilota che deve essere fatta una richiesta di *delay (DLA message)* e deve essere definito un nuovo EOTB;
- l'EOTB deve essere modificato dall'operatore dell'aereo anche quando non è compatibile con il CTOT fissato dal CFMU cioè quando l'ETOT non è compreso tra - 5 minuti e + 10 minuti dal CTOT.

La richiesta del permesso allo *start-up* e al *push-back* deve essere fatta dal pilota al controllore *ground* entro 1 minuto dal TSDT, se invece avviene che $ASRT > TSDT + 1$ minuto, deve essere proposto un nuovo TOBT e viene aggiornata la sequenza di partenza.

12) *Autorizzazione allo start – up (ASAT)*

Solo quando l'aeromobile risulta essere pronto il controllore concede l'autorizzazione e da questo momento in poi la responsabilità di far rispettare il TTOT è dell'ENAV. L'informazione sull'avvenuta concessione deve essere resa disponibile automaticamente agli altri *partner* entro 1 minuto.

13) *Off – block (AOBT)*

La comunicazione dell'AOBT, può essere fatta direttamente dal pilota o automaticamente dal sistema ACARS entro 1 minuto da quando si verifica. In base all'EXOT è possibile aggiornare il TTOT e in caso fosse diverso da quello precedentemente calcolato si informa il CFMU.

14) *Decollo (ATOT)*

L'informazione è resa disponibile entro 1 minuto dall'effettivo decollo e può essere appresa o dal sistema ACARS o attraverso i tracciati radar di ENAV. Si informano tutti i diretti interessati del decollo, viene generato un messaggio di *airborne* e il volo è rimosso dalla sequenza delle partenze.

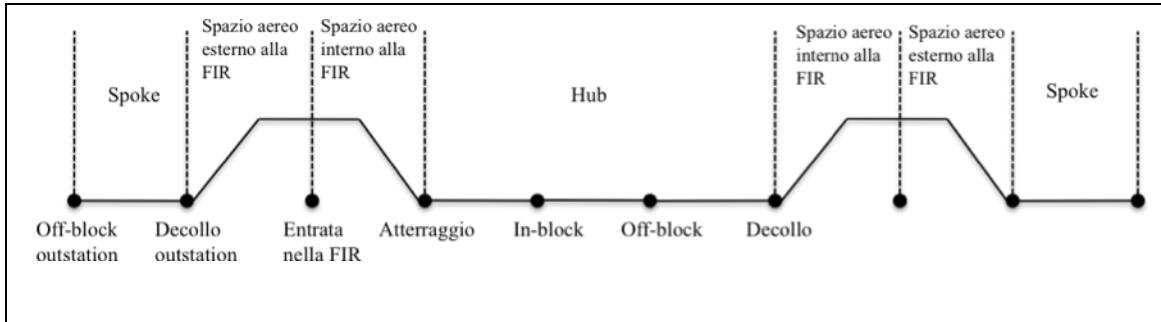


Figura 5.20: Sequenza di *milestone* e relativi spazi aerei

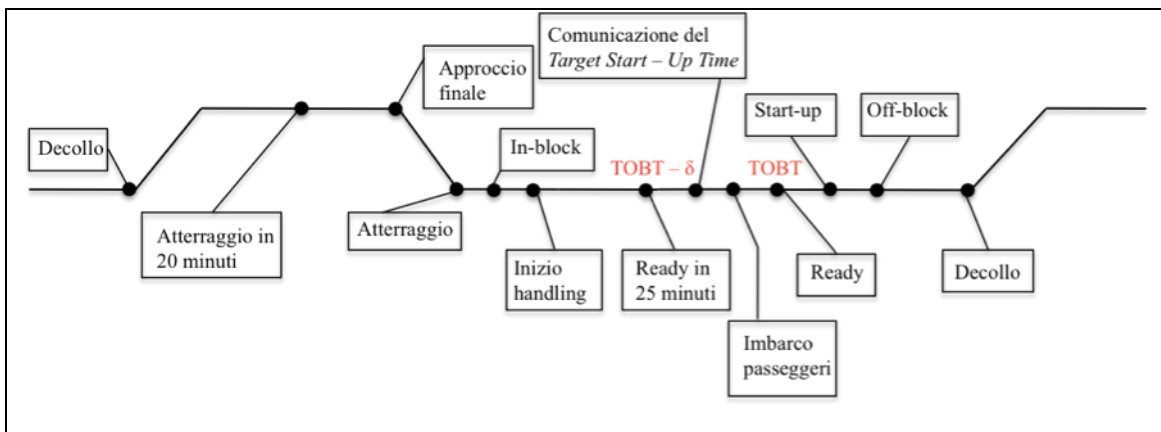


Figura 5.21: *Milestone Approach*

5.7 Stime del tempo di rullaggio

Come visto nel paragrafo 4.5 i fattori che possono influenzare il tempo di rullaggio sono numerosi e i principali sono: la densità di traffico, le condizioni meteo, la disposizione delle infrastrutture, la tipologia di aereo e le procedure operative adottate. Per poter creare delle sequenze di arrivo e partenza ottimali è necessario valutare con precisione il tempo che impiegano gli aerei a spostarsi dai parcheggi alle testate della pista e per lo scalo di Bologna, ENAV considera:

- 10 minuti di rullaggio per entrambe le testate, in condizioni di buona visibilità;
- da 10 a 20 minuti per entrambe le testate, in condizioni di scarsa visibilità.

Il *taxi-time* può essere stimato in base alle serie storiche dei movimenti o a considerazioni statistiche fatta sulla base di un certo numero di misurazioni effettuate direttamente dalla torre di controllo. L'obiettivo che si vuole raggiungere è quello di calcolare automaticamente, per ogni singolo volo e in base alla situazione di traffico in atto, il tempo di rullaggio effettivo.

Gli enti da cui si possono reperire le informazioni necessarie per questo calcolo sono:

- ENAV (sui tempi di rullaggio);
- SAB (sui parcheggi nei due piazzali);
- compagnie aeree (sulla velocità a terra degli aeromobili).

Per la costruzione del *database* su cui lavorare per il calcolo statistico del *taxi-time* verranno prese in considerazione:

- il tipo di aereo;
- il parcheggio utilizzato;
- la pista in uso.

Nell'aeroporto di Bologna l'eventuale tempo necessario per il *de – icing* non viene preso in considerazione in quanto l'operazione viene eseguita direttamente nel parcheggio con apposite attrezzature mobili.

Per densità del traffico a terra si intende il numero di aeromobili in movimento o in attesa sull'area di manovra (N) e può essere:

- Bassa: $N < 5$;
- Normale: $5 < N < 10$;
- Alta: $10 < N$

Densità di traffico a terra

$$= \sum_{\text{Arrivi}} \text{numero voli tra ALDT e AIBT} + \sum_{\text{Partenze}} \text{Numero voli tra AOBT e ATOT}$$

Periodo temporale	Densità di traffico
00:00 – 05:00	Bassa
05:00 – 07:00	Normale
07:00 – 10:00	Alta
10:00 – 12:00	Normale
12:00 – 15:00	Bassa
15:00 – 17:00	Normale
17:00 – 20:00	Alta
20:00 – 22:00	Normale
22:00 – 00:00	Bassa

Tabella 5.22: Andamento della densità di traffico nell'arco della giornata

I parcheggi assegnati agli aerei possono essere nel Piazzale 1 o nel Piazzale 2 e le combinazioni considerate sono:

- *Taxi time* tra il piazzale 1 e la testata 12
- *Taxi time* tra il piazzale 1 e la testata 30
- *Taxi time* tra il piazzale 2 e la testata 12
- *Taxi time* tra il piazzale 2 e la testata 30



Figura 5.23: Percorsi di rullaggio per raggiungere le testate della pista


Dai sistemi FDP o AOIS, ENAV riceve le seguenti informazioni:

Voli in Arrivo	Voli in Partenza
Codice ICAO o IATA del volo	Codice ICAO o IATA del volo
Numero di registrazione dell'aereo	Numero di registrazione dell'aereo
ALDT	AOBT
AIBT	ATOT
AXIT = AIBT – ALDT	AXOT = ATOT – AOBT
Pista in uso	Pista in uso

Numero di voli tra ALDT e AIBT (densità di traffico)	Numero di voli tra AOBT e ATOT (densità di traffico)
Parcheggio utilizzato	Parcheggio utilizzato

Tabella 5.24: Informazioni ricevute da ENAV

Dal 23 Febbraio al 13 Marzo è stato possibile rilevare i tempi di rullaggio effettivi direttamente dalla torre di controllo dell'aeroporto di Bologna e di seguito è riportata una parte del database creato:

B737						
Passeggeri: 108-168 Apertura alare: 28,88 m Lunghezza: 36,45 m Altezza: 11,13 m Superficie alare: 91,04 mq Peso massimo al decollo: 64040 kg Massimo carico pagante: 18280 kg						
Pista in uso	Capacità pista	Numero di attraversamenti	Meteo	Piazzale	Taxi out	Push-back
30	12	1	Buono	1	02:23	
30	12	1	Buono	1	02:25	03:06
12	24	1	Buono	1	04:04	02:49
12	24	1	Buono	1	03:47	02:31
30	12	1	Buono	1	02:03	02:57
30	12	1	Buono	1	02:57	03:24
30	12	1	Buono	1	02:03	03:24
12	24	1	Buono	1	05:20 ²⁷	02:41
30	12	1	Buono	1	02:05	02:29
12	24	1	Buono	1	03:05	02:30
30	12	1	Buono	1	02:54	02:10

²⁷ Accodato ad un aereo privato

B757 - B767

Passeggeri: 210-327
 Apertura alare: 47,57 m
 Lunghezza: 54,94 m
 Altezza: 15,85 m
 Superficie alare: 283,35 mq
 Peso massimo al decollo: 186900 kg
 Massimo carico pagante: 44500 Kg²⁸



Pista in uso	Capacità pista	Numero di attraversamenti	Meteo	Piazzale	Taxi out	Push-back
30	12	1	Buono	1	02:22	02:51
12	24	1	Buono	1	03:25	05:25
30	12	1	Buono	1	03:25	02:03
12	24	1	Buono	1	03:34	03:35
30	12	1	Buono	1	01:36	05:34
30	12	1	Buono	1	03:07	06:30

A318 - A319 - A320 - A321

Passeggeri: 132-179
 Apertura alare: 34,10 m
 Lunghezza: 37,60 m
 Altezza: 11,80 m
 Superficie alare: 123 mq
 Peso massimo al decollo: 77700 kg
 Massimo carico pagante: 19150 kg²⁹



Pista in uso	Capacità pista	Numero di attraversamenti	Meteo	Piazzale	Taxi out	Push-back
30	12	1	Buono	1	02:50	01:56
30	12	1	Buono	2	03:07	02:54
30	12	1	Buono	1	02:26	01:30
12	24	1	Buono	1	02:58	02:16
12	24	1	Buono	1	03:41	02:00
12	24	1	Buono	1	02:40	02:10
12	24	1	Buono	1	03:39	03:05
12	24	1	Buono	1	05:03	02:10
12	24	1	Buono	2	02:40	02:30
12	24	1	Buono	1	03:25	02:05

²⁸ Dati riferiti al Boeing 767

²⁹ Dati riferiti all'Airbus 320

ATR42 - ATR72

Passeggeri: 45-50
 Apertura alare: 24,57 m
 Lunghezza: 22,67 m
 Altezza: 7,59 m
 Superficie alare: 54,50 mq
 Peso massimo al decollo: 18600 kg
 Massimo carico pagante: 4500 kg




Pista in uso	Capacità pista	Numero di attraversamenti	Meteo	Piazzale	Taxi out	Push-back
12	24	1	Buono	1	0:03:00	--
12	24	1	Buono	2	0:02:30	--
12	24	1	Buono	2	0:03:22	--
12	24	1	Buono	1	0:03:30	--
12	24	1	Buono	1	0:03:52	--
30	12	1	Buono	1	0:03:54	--
30	12	1	Buono	1	0:02:22	--
30	12	1	Buono	1	0:01:53	--

MD80 - MD82

Passeggeri: 155-172
 Apertura alare: 32,8 m
 Lunghezza: 45,1 m
 Altezza: 9,05 m
 Peso massimo al decollo: 63503 kg



Pista in uso	Capacità pista	Numero di attraversamenti	Meteo	Piazzale	Taxi out	Push-back
12	24	1	Buono	1		0.03.29
30	12	1	Buono	1	0.02.00	0.02.30
30	12	1	Buono	2	0.02.15	0.02.30
30	12	1	Buono	1	0.02.11	0.02.14
30	12	1	Buono	1	0.02.48	0.02.24
30	12	1	Buono	1	0.02.07	
30	12	1	Buono	1	0.02.36	0.01.54
12	24	1	Buono	1	0.04.35	0.02.59

DHC – 8						
Passeggeri: 36-40 Apertura alare: 25,89 m Lunghezza: 22,25 m Altezza: 7,49 m Superficie alare: 54,35 mq Peso massimo al decollo: 14969 kg Massimo carico pagante: 3550 kg						
Pista in uso	Capacità pista	Numero di attraversamenti	Meteo	Piazzale	Taxi out	Push-back
12	24	1	Buono	2	00:02:59	--
12	24	1	Buono	1	00:02:46	--
12	24	1	Buono	2	00:03:30	--
12	24	1	Buono	1	00:04:10	--
30	12	1	Buono	1	00:02:40	--
12	24	1	Buono	1	00:04:26	--
12	24	1	Buono	2	00:02:55	--
30	12	1	Buono	1	00:03:13	--
30	12	1	Buono	2	00:02:59	--
12	24	1	Buono	2	00:02:36	--

Grazie ad un apposito software è stata calcolata la distribuzione dei tempi di rullaggio in uscita sia per pista 30 che per pista 12 indipendentemente dalla posizione del parcheggio ed è risultato:

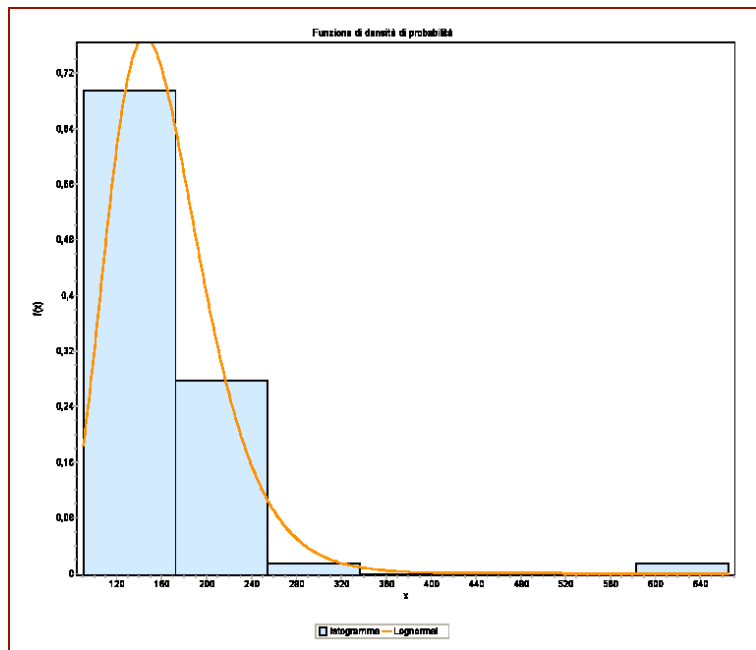


Figura 5.25: Funzione di densità di probabilità per la pista 30

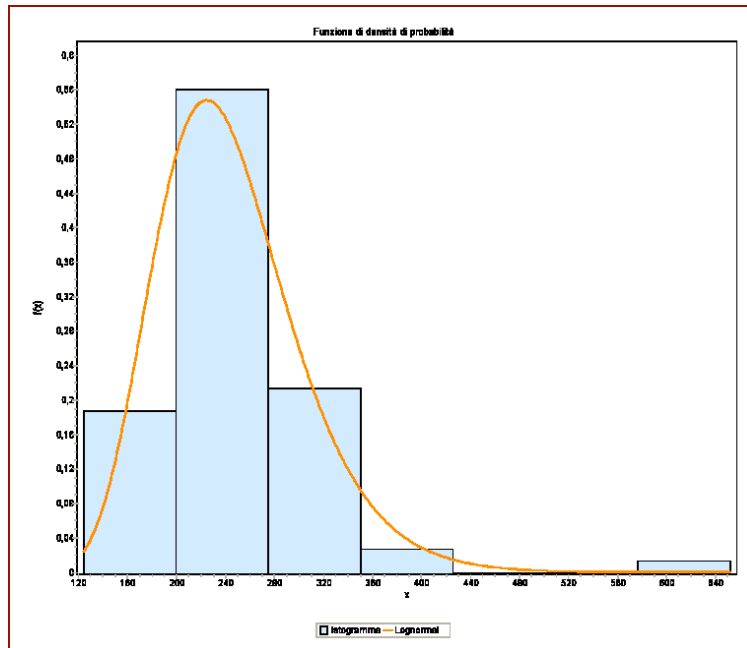


Figura 5.26: Funzione di densità di probabilità per la pista 12

Entrambe le funzioni di densità di probabilità sono risultate essere log-normali e sono descritte dall'equazione:

$$f(x) = \frac{\exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln x - \mu}{\sigma}\right)^2\right)}{x\sigma\sqrt{2\pi}}$$

Per la prima distribuzione:

- il valore medio del tempo di rullaggio è 163,31 secondi;
- il valore della deviazione standard è 46,92 secondi;
- $\mu = 5,056$
- $\sigma = 0,28163$

Per la seconda distribuzione:

- il valore medio del tempo di rullaggio è 244,44 secondi;
- il valore della deviazione standard è 58,94 secondi;
- $\mu = 5,471$
- $\sigma = 0,2377$
- con:
- $\mu = E[\log(x)]$

$$\sigma = \text{radq}(\text{var}(\log(x)))$$

Poichè i risultati ottenuti da un campione non sempre concordano esattamente con i risultati teorici attesi secondo le regole di probabilità, per verificare se le frequenze osservate differiscono significativamente dalle frequenze teoriche si ricorre al test chi quadro (χ^2). Questo è uno dei test di verifica d'ipotesi usati in statistica che utilizzano la variabile casuale Chi Quadrato per verificare se l'ipotesi nulla è probabilisticamente compatibile con i dati.

Se $\chi^2 = 0$, le frequenze osservate coincidono esattamente con quelle teoriche, se invece $\chi^2 > 0$, esse differiscono. Più grande è il valore di χ^2 , più grande è la discrepanza tra le frequenze osservate e quelle teoriche. Nella pratica le frequenze teoriche vengono calcolate sulla base di un'ipotesi H_0 e se sulla base di questa ipotesi il valore calcolato di χ^2 è più grande di un certo valore critico (come 20.95 o 20.99, che sono i valori critici rispettivamente ai livelli di significatività 5 % e 1 %), ne consegue che le frequenze osservate differiscono significativamente dalle frequenze attese e dovremmo rifiutare H_0 al corrispondente livello di significatività, altrimenti dovremmo accettarla, o almeno non rifiutarla. Dal test χ^2 per le due distribuzioni delle frequenze è risultato:

ipotesi nulla: le due distribuzioni coincidono; dimensione del test: 5% statistica di test: 6,16 valore critico (rango 17) = 12,59 ipotesi nulla accettata.	ipotesi nulla: le due distribuzioni coincidono; dimensione del test: 5% statistica di test: 6,53 valore critico (rango 17) = 12,59 ipotesi nulla accettata.
---	---

Tabella 5.27: Risultati del test χ^2

Piazzale	Pista in uso	Distanza (km)	Taxi – out medio (minuti) EXOT	Velocità media a terra degli aerei (km/h)
1	12	1.8	4:00	27
1	30	0.5	2:40	11
2	12	1.5	3:00	30
2	30	1	3:10	19

Tabella 5.28: Tempo di rullaggio e velocità media in uscita

Piazzale	Pista in uso	Distanza (km)	Taxi – in medio (minuti) EXIT	Velocità media a terra degli aerei (km/h)
1	12	0.5	2:25	12
1	30	2	3:14	37
2	12	1	3:05	20
2	30	1.5	2:22	37

Tabella 5.29: Tempo di rullaggio e velocità media in ingresso

EXIT = f (tipo di aereo, capacità della pista, densità di traffico, pista in uso, piazzale, meteo, attraversamenti *taxi way*) =

$$EXIT = \frac{\sum \text{EXIT}}{\text{n}^\circ \text{ arrivi}}$$

EXOT = f (tipo di aereo, capacità della pista, densità di traffico, pista in uso, piazzale, meteo, attraversamenti *taxi way*) =

$$EXOT = \frac{\sum \text{EXOT}}{\text{n}^\circ \text{ partenze}}$$

Per condizioni di traffico più intense e per aeroporti con disposizione delle piste che prevede uno o più attraversamenti è possibile raffinare la stima del tempo di rullaggio considerando anche:

- le condizioni meteo;
- la densità del traffico a terra;
- la capacità dichiarata della pista;
- il numero di attraversamenti di *taxiway* e di *runway*.

Le condizioni meteorologiche possono essere, ottimali, buone, vento forte, pioggia, nebbia, ghiaccio e neve. Nel periodo di monitoraggio sono state:

Data	Visibilità media (km)	Velocità media vento (km/h)	Velocità massima vento (km/h)	Raffiche	Pioggia	Condizione generale
23 Febbraio	4	4	6	-	-	coperto
24 Febbraio	3	5	12	-	-	coperto
27 Febbraio	6	4	9	-	-	poco nuvoloso
2 Marzo	1	3	6	-	✓	nebbia
3 Marzo	1	5	7	-	✓	nebbia

4 Marzo	2	7	13	-	✓	nebbia
5 Marzo	4	6	10	-	✓	pioggia
6 Marzo	5	6	14	-	✓	poco nuvoloso
9 Marzo	10	13	29	40	-	poco nuvoloso
10 Marzo	10	6	10	-	-	poco nuvoloso
11 Marzo	10	8	14	28	✓	poco nuvoloso
12 Marzo	-	7	39	-	-	sereno
13 Marzo	-	7	12	-	-	sereno

Tabella 5.30: Condizioni meteo nel periodo di monitoraggio

Un modello di calcolo per il *taxi time* potrebbe essere:

$$EXOT = EXOT_0 (1 - \alpha)$$

Con $\alpha = f$ (tipo di aereo, densità di traffico, pista in uso, parcheggio in uso, meteo, attraversamenti di *taxiways*, capacità della pista).

$EXIT_0$ e $EXOT_0$ sono costanti (10 minuti) e rappresentano il tempo di rullaggio di *default* o quello di un aereo scelto convenzionalmente (ad esempio gli Airbus 318, Airbus 319, Airbus 320 sono quelli che operano con più frequenza nello scalo in fasce d'orario in cui la densità è bassa, $n < 5$).

Per il calcolo del parametro α , necessario per passare da un valore medio del rullaggio ad uno più realistico, si dovrebbe disporre di un numero sufficiente di rilevazioni dirette e per il procedimento di calibrazione bisognerebbe:

- fissare un determinato tipo di aeromobile ed essere a conoscenza dei suoi tempi di rullaggio in condizioni meteo buone e con densità di traffico bassa;
- valutare di quanto il tempo medio sia superiore o inferiore a $EXIT_0$ e $EXOT_0$ e calcolare la variazione percentuale;
- valutare l'incremento di tempo dovuto alla posizione del parcheggio rispetto a quella utilizzata per il calcolo del valore standard;
- valutare gli incrementi apportati da tutte le variabili che influenzano α .

Ad esempio:

$EXIT_0 = 10$ minuti

$EXIT_{B767} = 11$ minuti

$\Delta EXIT = 1$ minuto $\rightarrow +10\% \rightarrow \alpha$ subisce un incremento di 0.1

Se la posizione del parcheggio è la n°102 invece che la n°107 $\rightarrow +5\%$ nel tempo di rullaggio $\rightarrow \alpha$ subisce un incremento di 0.05

$$\alpha_{\text{tot}} = 0.1 + 0.05 + \dots$$

Per la calibrazione del coefficiente si è fatto riferimento al tempo di *default* assegnato da ENAV per il rullaggio (10 minuti compreso il *push – back*) invece che all'aereo tipo che maggiormente usa l'aeroporto. Di seguito sono riportate le tabelle con i tempi di rullaggio (specifici per tipo di aereo, pista e piazzale in uso), le variazioni percentuali rispetto il tempo di *default* e i relativi coefficienti α .

A318 - A319 - A320 - A321						
Piazzale	Pista in uso	Push-beck time	Rullaggio	Taxi time	Var. %	Coeff α
1	12	0.02.20	0.03.53	0.06.14	-37.7%	0.37
1	30	0.02.39	0.02.55	0.05.35	-44.2%	0.44
2	12	0.02.19	0.03.04	0.05.23	-46.2%	0.46
2	30	0.02.25	0.03.19	0.05.44	-42.7%	0.42

ATR72 - ATR42						
Piazzale	Pista in uso	Push-beck time	Rullaggio	Taxi time	Var. %	Coeff α
1	12		0.03.27	0.03.27	-65.5%	0.65
1	30		0.02.33	0.02.33	-74.5%	0.74
2	12		0.02.56	0.02.56	-70.7%	0.7

MD80 - MD82						
Piazzale	Pista in uso	Push-beck time	Rullaggio	Taxi time	Var. %	Coeff α
1	12	0.02.59	0.04.35	0.07.34	-24.3%	0.24
1	30	0.02.16	0.02.20	0.04.36	-54%	0.54
2	30	0.02.30	0.02.15	0.04.45	-52.5%	0.52

F70 - F100						
Piazzale	Pista in uso	Push-beck time	Rullaggio	Taxi time	Var. %	Coeff α
1	12	0.02.17	0.04.04	0.06.21	-36.5%	0.36
1	30	0.02.14	0.02.20	0.04.34	-54.3%	0.54
2	12	0.02.05	0.02.53	0.04.58	-50.3%	0.50
2	30	0.02.31	0.02.26	0.04.57	-50.5%	0.50

CRJ200ER - CRJ900 - Embraer 135						
Piazzale	Pista in uso	Push-beck time	Rullaggio	Taxi time	Var. %	Coeff α
1	12	0.03.37	0.03.21	0.06.58	-30.3%	0.3
1	30	0.03.44	0.02.05	0.05.49	-41.8%	0.41
2	12	0.02.00	0.02.32	0.04.32	-54.7%	0.54
2	30	0.04.15	0.02.38	0.06.53	-31.2%	0.31

RJ85						
Piazzale	Pista in uso	Push-beck time	Rullaggio	Taxi time	Var. %	Coeff α
1	12	0.02.18	0.04.26	0.06.44	-32.7%	0.32
1	30	0.01.57	0.02.40	0.04.37	-53.8%	0.53
2	12	0.02.21	0.02.51	0.05.12	-48%	0.48
2	30	0.01.58	0.03.29	0.05.27	-45.5%	0.45

DHC - 8						
Piazzale	Pista in uso	Push-beck time	Rullaggio	Taxi time	Var. %	Coeff α
1	12		0.03.47	0.03.47	-62.2%	0.62
1	30		0.02.57	0.02.57	-70.5%	0.7
2	12		0.03.00	0.03.00	-70.0%	0.7
2	30		0.02.59	0.02.59	-70.2%	0.7

A330						
Piazzale	Pista in uso	Push-beck time	Rullaggio	Taxi time	Var. %	Coeff α
1	12	0.03.02	0.04.15	0.07.17	-27.2%	0.27
2	12	0.01.58	0.03.42	0.05.40	-43.3%	0.43

B757 - B767						
Piazzale	Pista in uso	Push-beck time	Rullaggio	Taxi time	Var. %	Coeff α
1	12	0.04.30	0.03.29	0.07.59	-20.2%	0.2
1	30	0.04.15	0.02.38	0.06.53	-31.2%	0.31

B737						
Piazzale	Pista in uso	Push-beck time	Rullaggio	Taxi time	Var. %	Coeff α
1	12	0.02.40	0.04.24	0.07.04	-29.3%	0.29
1	30	0.03.26	0.02.23	0.05.49	-41.8%	0.41

Per gli aerei per cui è stato possibile rilevare più dati (A318, A319, A320, A321) si è vista inoltre l'influenza che ha la piazzola di parcheggio sul tempo di rullaggio. Di seguito sono riportati i tempi di *push-back* e di rullaggio relativi agli aerei che si trovavano nelle piazzole 106, 107 e 108 e che sono decollati dalla pista 12 (in appendice 5 sono presenti le tabelle contenenti i tempi rilevati alle altre piazzole, il piazzale 2 e la pista 30).

A318 - A319 - A320 - A321						
Pista 12						
Piazzale 1, piazzole 106 - 107 - 108						
Inizio P-B	Fine P-B	Inizio rullaggio	Fine rullaggio	Durata P-B	Rullaggio	EXOT
10.40.57	10.43.13	10.43.30	10.46.28	0.02.16	0.02.58	0.05.14
11.21.10	11.23.10	11.25.34	11.29.15	0.02.00	0.03.41	0.05.41
12.18.20	12.20.30	12.21.33	12.26.36	0.02.10	0.05.03	0.07.13
11.13.55	11.16.00	11.17.05	11.20.30	0.02.05	0.03.25	0.05.30
11.23.29	11.26.46	11.34.06	11:37:58	0.03.17	0.03.52	0.07.09
11.47.14	11.49.00	11.50.44	11.54.07	0.01.46	0.03.23	0.05.09
11.14.30	11.16.00	11.16.50	11.19.42	0.01.30	0.02.52	0.04.22
11.07.55	11.09.50	11.11.43	11.15.17	0.01.55	0.03.34	0.05.29
11.39.22	11.41.55	11.42.45	11.46.52	0.02.33	0.04.07	0.06.40
10.09.04	10.10.52	10.11.20	10.15.00	0.01.48	0.03.40	0.05.28
11.14.26	11.16.25	11.18.53	11.23.11	0.01.59	0.04.18	0.06.17

Tempo di rullaggio medio dal piazzale 1 alla pista 12	0.06.14
Durata del <i>push-back</i> media	0.02.07
Tempo di rullaggio medio da queste piazzole	0.03.44
<i>Taxi time</i>	0.05.51
Variazione rispetto ai tempi di rullaggio medio	-6.15%
Variazione rispetto al tempo di rullaggio di <i>default</i>	-41.5%
Coefficiente alfa relativo al parcheggio	0.06

Tabella 5.30: Calcolo del coefficiente alfa relativo al tempo di rullaggio dal piazzale 1 alla pista 12 di un A 318

5.8 Analisi delle *strip* di progresso volo

Nello stesso periodo in cui sono stati rilevati i tempi di rullaggio è stato inoltre possibile trascrivere i dati contenuti sulle *strip* di partenza del mese di Dicembre 2008 di circa 1400 voli. Le *strip* vengono stampate in automatico davanti la postazione del controllore di terra e di quello responsabile dei decolli e atterraggi 30 minuti prima dell'EOBT o dell'ELDT. Ordinando queste su appositi sostegni i controllori riescono a definire manualmente le sequenze degli arrivi e delle partenze in base alle informazioni che ricevono. Le *strip* si possono classificare in relazione alle regole adottate dal volo e all'operazione a cui si riferiscono e possono essere:

- *strip* per partenze VFR (bianca);
- *strip* per arrivi VFR (gialla);
- *strip* per partenze IFR (bianca);
- *strip* per arrivi IFR (gialla);
- *strip* per voli locali (rosa).

Le *strip* analizzate sono quelle relative i voli IFR in partenza e le informazioni che vi sono riportate sono:

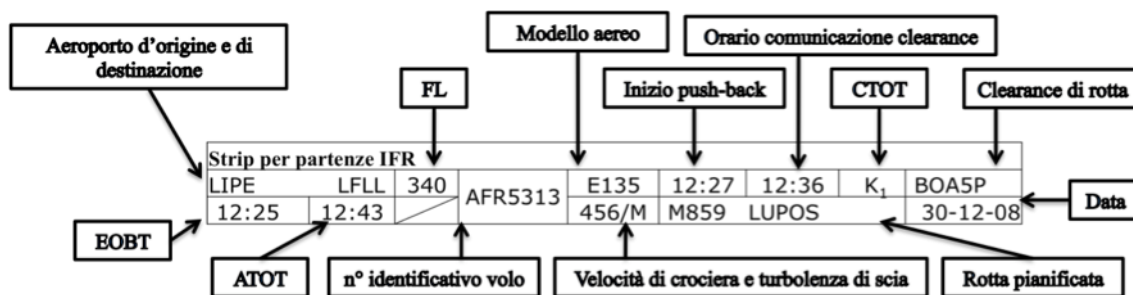


Figura 5.31: Strip per partenze IFR

Da queste è possibile calcolare alcuni intervalli temporali importanti per lo studio delle prestazioni del servizio, come il tempo che intercorre tra l'inizio del *push-back* e l'orario di *off-block* stimato (EOBT), tra l'orario di decollo effettivo e l'EOBT e tra il CTOT e l'orario di decollo effettivo (ATOT).

Dai dati raccolti è emerso che l'intervallo medio tra il *push-back* e l'EOBT è di 2 minuti, quello tra l'ATOT e l'EOBT è di 16 minuti e quello tra l'ATOT e il CTOT è di 2 minuti.

CONCLUSIONI

Il progetto *Collaborative Decision Making* (CDM), sviluppato da EUROCONTROL, permette di migliorare la gestione dei flussi e della capacità (ATFCM) negli aeroporti riducendo i ritardi, aumentando la prevedibilità degli eventi e ottimizzando l'uso delle risorse disponibili. La corretta applicazione del progetto dovrebbe evitare che gli aeroporti diventino dei "colli di bottiglia" dell'intera rete di trasporto aereo, cioè punti in cui si ha una concentrazione della domanda e in cui è facile giungere al limite della capacità operativa dell'offerta. In più, i soggetti partecipanti al progetto trarrebbero numerosi vantaggi, tra cui: il miglioramento della puntualità delle operazioni, la riduzione del costo dei movimenti a terra, l'ottimizzazione dell'uso delle infrastrutture e la riduzione della congestione nelle aerovie, nelle vie di rullaggio e nei piazzali. I sei punti chiave in cui è articolato il progetto servono a definire gli *standard* da rispettare per la condivisione delle informazioni (*information sharing*), a descrivere il progresso del volo tramite l'utilizzo di punti o momenti significativi nella sua programmazione e gestione (*milestone approach*), a stimare con precisione il tempo di rullaggio in ingresso e in uscita (*variable taxi time*), a pianificare l'ordine di partenza degli aerei (*pre-departure sequencing*), a gestire situazioni impreviste che comportano una riduzione della capacità (*adverse condition*) e a scambiare informazioni riguardanti l'andamento del traffico tra l'aeroporto e il CFMU (*collaborative management of flight updates*).

Il sistema di scambio e condivisione delle informazioni tra ARO, ATC e CFMU utilizzato a Bologna risulta essere molto efficiente e allo stato attuale non sono necessarie le modifiche descritte dal manuale di implementazione del progetto. La definizione delle *milestone* (attualmente assenti) consentirebbe, invece, di migliorare l'accuratezza e la tempestività di trasmissione dei dati e degli orari. Inoltre, calcolando con precisione il tempo necessario per eseguire il *turn-round* si migliorerebbe la gestione e il coordinamento dei servizi di *handling* in modo da evitare i tempi d'attesa. Permettendo a tutti i *partner* del progetto di inserire le informazioni in loro possesso

sarà possibile fronteggiare gli imprevisti che possono verificarsi durante lo svolgimento delle operazioni e determinare le procedure migliori per continuare a svolgere il servizio.

Un ulteriore aspetto affrontato in questa tesi è il calcolo del tempo di rullaggio in ingresso (EXIT: *Estimated taXi In Time*) e in uscita (EXOT: *Estimated taXi Out Time*) specifico per ogni aereo e situazione. Nei mesi di Febbraio e Marzo 2009 è stato possibile rilevare i tempi di rullaggio effettivi degli aerei direttamente dalla torre di controllo e si è visto che i 10 minuti considerati da ENAV per compiere l'operazione non rispecchiano ciò che avviene nella pratica. Il tempo che impiega un aereo per portarsi dalla sua piazzola di parcheggio alla testata che utilizzerà per il decollo (o viceversa per l'atterraggio) è influenzato da numerose variabili tra cui: la densità del traffico a terra, le condizioni meteo, la disposizione delle infrastrutture, la tipologia d'aereo e il percorso di rullaggio assegnato dal controllore *ground* di torre all'aereo. L'aeroporto di Bologna non presenta attraversamenti di piste nella fase di rullaggio in quanto la pista utilizzata per i decolli e atterraggi è unica (ma usata in entrambe le direzioni). Inoltre, durante il periodo di monitoraggio, le condizioni meteo sono state sempre relativamente buone e la densità di traffico a terra bassa. Il modello ipotizzato per il calcolo del *taxi-time* è:

$$EXOT = EXOT_0 (1 - \alpha)$$

Con $\alpha = f(\text{tipo di aereo, pista in uso, piazzale, parcheggio})$ e $EXOT_0 = 10$ minuti.

I tempi rilevati sono stati inizialmente suddivisi in base alla tipologia di aereo e in seguito sono state create delle categorie di mezzi con caratteristiche cinematiche e geometriche simili. Per ogni categoria è stata poi fatta un'ulteriore suddivisione dei dati in funzione del percorso di rullaggio. Poiché i piazzali di parcheggio sono due (più quello per l'aviazione privata), e la pista di volo può essere utilizzata in entrambe le direzioni, i possibili percorsi sono quattro: dal piazzale 1 alla testata della pista 12, dal piazzale 1 alla testata della pista 30, dal piazzale 2 alla testata della pista 12 e dal piazzale 2 alla testata della pista 30. Terminata la disgregazione dei dati è stata calcolata la variazione percentuale tra i 10 minuti assegnati di *default* da ENAV (comprensivi del tempo necessario per effettuare il *push-back*) e il tempo impiegato effettivamente per compiere l'operazione. Per le tipologie di aereo per cui è stato possibile rilevare più dati (A318, A319, A320, A321) è stata, inoltre, misurata l'influenza che ha sul tempo di

rullaggio la precisa posizione della piazzola di parcheggio all'interno del piazzale. Come risultato finale si sono ottenuti una serie di coefficienti α , utilizzabili in base alla situazione in atto. Il vantaggio nell'utilizzare il modello di calcolo proposto rispetto ad un tempo *standard* risulta evidente considerando i coefficienti relativi ad un A318, ad un B757 e ad un DHC - 8 che dal piazzale 1 si devono portare alla testata della pista 12:

$$\alpha(\text{A318})_{\text{pista 12}}^{\text{piazzale 1}} = 0.37$$

$$\alpha(\text{DHC - 8})_{\text{pista 12}}^{\text{piazzale 1}} = 0.62$$

$$\alpha(\text{B757})_{\text{pista 12}}^{\text{piazzale 1}} = 0.2$$

Inserendo i valori nel modello si ottengono infatti dei tempi di rullaggio minori rispetto ai 10 minuti considerati da ENAV (rispettivamente 6'30'', 4' e 8') e nell'esempio in questione il coefficiente relativo al DHC-8 risulta maggiore rispetto agli altri poiché questo tipo di aereo (come anche l'ATR72 e l'ATR42) non necessita del push-back per portarsi nella posizione che gli consente di iniziare a muoversi. Le variabili considerate hanno un peso diverso nel calcolo del *taxi-time* e le più influenti sono sicuramente quelle sulla pista in uso scelta dal controllore e sul piazzale di parcheggio dell'aereo. Le prestazioni a terra degli aerei per il traffico commerciale (di linea o charter) sono abbastanza simili, ma per un'eventuale applicazione del progetto CDM bisognerebbe tenere in considerazione le interferenze e i rallentamenti provocati dai velivoli privati (più piccoli e notevolmente più lenti nella fase di rullaggio). La situazione più critica (soprattutto nel periodo estivo quando si ha un aumento del traffico) è quella in cui un aereo privato, parcheggiato nel piazzale TAG, deve decollare dalla pista 30. Per questa operazione il velivolo occupa la via di rullaggio per 8-9 minuti rallentando tutto il resto del traffico.

Infine, nello stesso periodo in cui è stato condotto il monitoraggio dalla torre di controllo, è stato possibile trascrivere i dati contenuti sulle *strip* di partenza del mese di Dicembre 2008 di circa 1400 voli. Le *strip* vengono stampate in automatico davanti la postazione del controllore di terra e di quello responsabile di decolli e atterraggi 30 minuti prima dell'EOBT (Estimated Off-Block Time) o dell'ELDT (Estimated Landing Time) in modo da consentire la programmazione delle sequenze di arrivi e partenze.

Dalla loro analisi è emerso che il tempo medio che intercorre tra l'EOBT e l'inizio del push-back è di 2 minuti, quello tra l'orario di decollo e lo slot assegnato all'aereo è di 2 minuti e quello tra l'EOBT e l'orario di decollo è di 16 minuti. Tali intervalli temporali rispecchiano l'elevata puntualità nello svolgere le operazioni che caratterizza l'aeroporto bolognese.

APPENDICE 1

Definizioni e acronimi

Per una migliore comprensione del testo sono riportati di seguito tutti gli acronimi e le definizioni utilizzati:

Acronimo	Definizione	Spiegazione
ACARS	Aircraft Communications Addressing and Reporting System	Sistema che comunica automaticamente le informazioni sulla posizione dell'aereo
ACC	Area Control Center	Unità di controllo degli aerei in rotta
ACGT	Actual Commence of Ground Handling Time	Tempo in cui iniziano effettivamente le operazioni di ground <i>handling</i> su un aereo
ACISP	Airport CDM Information Sharing Platform	Sistema informatico in cui convergono tutti i dati inseriti dai <i>partner</i> del progetto
ACZT	Actual Commence of de-icing Time	Tempo in cui iniziano effettivamente le operazioni di <i>de-icing</i>
ADEP	Aerodromo di partenza	
ADES	Aerodromo di destinazione	
ADIT	Actual de-icing time	Effettiva durata del <i>de-icing</i> data da AEZT – ACTZ
A-DPI	ATC-Departure Planning Information message	Il messaggio DPI è mandato dal CDM <i>airport</i> al CFMU e notifica il TTOT tra il tempo ATC delle sequenze pre-partenza e il ATOT
AEGT	Actual End of Ground handling Time	Orario effettivo in cui terminano le operazioni di <i>handling</i> su un aereo
AEZT	Actual End of de-icing Time	Orario in cui terminano le operazioni di <i>de-icing</i>
AGHT	Actual Ground Handling Time	Durata totale delle operazioni di <i>handling</i> ottenuto da ACGT – AEGT
AIBT	Actual In – Block Time	Orario in cui un aereo arriva <i>in-block</i>
ALDT	Actual Landing Time	Orario effettivo d'atterraggio
AMAN	Arrival Manager	Sistema di gestione degli arrivi
ANSP	Air Navigation Service Provider	Organizzazione responsabile della gestione del traffico aereo a nome di una compagnia, una regione o uno stato
AOBT	Actual Off-Block Time	Orario in cui l'aereo è spinto dai trattori <i>push-back</i> e libera la posizione di parcheggio
APP	Approach Control Unit	Unità di controllo delle operazioni degli aerei nella loro fase di salita verso il livello di crociera e in quella di discesa finale
ARDT	Actual Ready Time (per i movimenti)	Orario in cui l'aereo è pronto per accendere i motori ed essere spinto o in cui inizia il rullaggio

		subito dopo la ricezione dell'autorizzazione
ARR	Arrival	Volo in arrivo
ARZT	Actual Ready for de-icing	Orario effettivo in cui l'aereo è pronto per essere sottoposto al trattamento di <i>de-icing</i>
ASAT	Actual Start Up Approval Time	Orario in cui l'aereo riceve l'autorizzazione allo <i>start-up</i>
ASBT	Actual Start Boarding Time	Orario in cui i passeggeri entrano nei ponti d'imbarco o nei bus per l'aereo
ASRT	Actual Start Up Request Time	Orario in cui il pilota richiede l'autorizzazione allo <i>start-up</i>
ATC	Air Traffic Control	Servizio fornito dai controllori per direzionare gli aerei in aria e a terra, è necessario per separare, organizzare e velocizzare i flussi di traffico
ATFCM	Air Traffic Flow and Capacity Management	ATFM esteso all'ottimizzazione dei percorsi di traffico e della gestione della capacità. Attraverso il bilanciamento della capacità e della domanda l'obiettivo dell'ATFCM è quello di rendere il trasporto puntuale ed efficiente in relazione alle risorse disponibili grazie all'aiuto nell'ottimizzazione della capacità della rete dato dalle operazioni CDM
ATFM	Air Traffic Flow Management	Servizio istituito con l'obiettivo di rendere i flussi di traffico sicuri, ordinati e spediti facendo in modo che la capacità venga utilizzata il meglio possibile e che i volumi di traffico siano compatibili con essa
ATM	Air Traffic Management	Servizio che gestisce la domanda e l'uso degli spazi aerei
ATOT	Actual Take Off Time	Orario effettivo di decollo
ATS	Air Traffic Service	Servizio fornito dai controllori del traffico che lavorano in aeroporto per le fasi di arrivo e partenza degli aerei o dai controllori dell'ACC per la fase di volo in rotta
ATTT	Actual Turn-round Time	AOBT – AIBT
AXIT	Actual Taxi-In Time	AIBT – ALDT
AXOT	Actual Taxi-Out Time	ATOT – AOBT
C-DPI	Cancel – Departure Planning Information message	Con questo messaggio si informa il CFMU che un messaggio DPI precedentemente inviato non è più valido
CFMU	Central Flow Management Unit	Unità di gestione dei flussi con sede a Brussels, presso l'EUROCONTROL
CTOT	Calculated Take Off Time	Orario calcolato dal CFMU, come risultato dell'allocazione degli slot, nel quale si vuole che abbia inizio il volo
DLA	Delay Message	Messaggio spedito al CFMU per comunicare un ritardo nell' <i>off-block time</i>

DMAN	Departure Manager	Sistema di pianificazione che consente di migliorare i flussi in partenza da un aeroporto calcolando per ogni volo il TTOT e il TSAT
DPI	Departur Planning Information message	Messaggio spedito dall'aeroporto al CFMU
ECZT	Estimated Commencement of De-icing Time	Orario stimato d'inizio <i>de-icing</i>
EDIT	Estimated De-icing Time	Durata stimata del <i>de-icing</i>
E-DPI	Early – Departure Planning Information message	Messaggio inviato dall'aeroporto al CFMU per confermare l'esistenza del volo
EET	Estimated Elapsed Time	Tempo stimato per procedere da un punto significativo ad un altro
EEZT	Estimated End of De-icing Time	Orario stimato per la fine <i>del de-icing</i>
EIBT	Estimated In-Block Time	Orario stimati di <i>In-Block</i>
ELDT	Estimated Landing Time	Orario stimato d'atterraggio
EOBT	Estimated Off-Block Time	Orario stimato di <i>Off-Block</i>
ERZT	Estimated Ready for De-icing Time	Orario stimato in cui l'aereo è pronto per il <i>de-icing</i>
ETO	Estimated Time Over	Tempo di viaggio stimato rimanente
ETOT	Estimated Take Off Time	Orario stimato di decollo
ETTT	Estimated Turn-round Time	Tempo stimato necessario per compiere le operazioni di <i>turn-round</i>
EXIT	Estimated Taxi-In Time	Tempo stimato necessario per compiere il rullaggio in ingresso
EXOT	Estimated Taxi-Out Time	Tempo stimato necessario per compiere il rullaggio in uscita
FIR	Flight Information Region	
FLS	Flight Suspension message	Messaggio relativo alla sospensione di un volo
FMP	Flow Management Position	Fornisce le informazioni circa la situazione nell'ACC e nell'aeroporto dalle unità ATC al CFMU
FLP	Flight Plan	Piano di volo
FUM	Flight Update Message	Messaggio spedito dal CFMU all'aeroporto contenente l'ELDT, l'ETO e l'ultimo livello di volo in rotta.
ICAO	International Civil Aviation Organisation	
IFPS	Integrated Initial Flight Plan Processing System	Sistema del CFMU designato a raccogliere, elaborare e distribuire i piani di volo IFR
IFR	Instrumental Flight Rules	Regole per il volo strumentale
LVP	Low Visibility Procedures	Procedure per bassa visibilità
MTTT	Minimum Turn-round Time	Tempo minimo necessario per coimpiere il <i>turn-round</i>
REA	Ready message	Messaggio che comunica che i passeggeri sono imbarcati, i portelloni chiusi, il mezzo necessario per il <i>push-back</i> connesso e pronto a spingere e che l'aereo si muoverà non appena riceve

		l'autorizzazione dalla torre
RWY	Runway	Pista di volo per decolli e atterraggi
SAM	Slot Allocation Message	Messaggio con cui il CFMU attribuisce uno <i>slot</i> ad un volo
SIBT	Scheduled In-Block Time	Orario programmato in cui l'aereo giunge nella sua posizione di parcheggio
SID	Standard Instrumental Departure	Procedure standard utilizzate per la partenza
SIT1	CFMU Slot Issue Time	Orario in cui il CFMU comunica il SAM. Di norma è 2 ore prima dell'EOBT
SLC	Slot Cancellation Message	Messaggio con cui il CFMU cancella lo <i>slot</i> di un volo
SOBT	Scheduled Off-Block Time	Orario programmato in cui l'aereo dovrebbe lasciare la posizione di parcheggio
SRM	Slot Revision Message	Messaggio con cui il CFMU modifica l'orario di <i>slot</i> di un volo
STTT	Scheduled Turn-round Time	SOBT - SIBT
T-DPI	Target – Departure Planning Information message	Messaggio spedito dall'aeroporto al CFMU contenente il TTOT
TOBT	Target Off-Block Time	Orario in cui la compagnia o l' <i>handler</i> stimano che l'aereo sarà pronto
TSAT	Target Start Up Approval Time	Orario fornito dall'ATC che indica il momento in cui verrà autorizzato lo <i>start-up</i> tenendo in considerazione il TOBT e il CTOT
TLDT	Target Landing Time	Orario in cui l'aereo atterrerà nell'aeroporto di destinazione
TTOT	Target Take Off Time	Orario in cui si ritiene che l'aereo decolli e che tiene conto del TOBT/TSAT e dell'EXOT
TWR	Control Tower	Torre di controllo d'aerodromo
VFR	Visual Flight Rules	Regole per il volo a vista
VTT	Variable Taxi Time	Termine generico per indicare l'EXIT e l'EXOT

Tabella A: Acronimi e definizioni

APPENDICE 2

Operazione di *de-icing*

Questo processo può essere visto come parte integrante delle operazioni invernali, ma a causa del suo significativo impatto sulla capacità è necessario affrontarlo con specifiche procedure. Ricollegandosi al concetto di *milestone* si può dire che il *de-icing* influenzi le azioni che devono essere svolte in seguito ad esso e per quel che riguarda il processo di condivisione delle informazioni è importante che collaborino anche le società che se ne occupano. La procedura da seguire è stabilita dalle compagnie addette al suo svolgimento in collaborazione con i servizi di *handling*, le compagnie aeree e l'ATC e per raggiungere la massima efficienza del processo è necessario che i vari *partner* si scambino le seguenti informazioni:

- *Target Off-Block Time* (TOBT);
- *Target Start up Approval Time* (TSAT);
- orario di decollo calcolato, stimato e obiettivo (CTOT, ETOT, TTOT);
- tipo di *de-icing* (in piazzola o remoto);
- tempo d'azione del fluido utilizzato (dipende dal tipo di fluido e dalla temperatura);
- livello di *de-icing* (totale o parziale).

Inoltre devono essere presi in considerazione una serie di orari significativi elencati nella tabella 2:

Acronimo	Definizione	Descrizione
ARZT	Actual Ready for De-icing Time	Orario in cui l'aereo è pronto per l'operazione
ERZT	Estimated Ready for De-icing Time	Orario stimato in cui ci si aspetta che l'aereo sia pronto per l'operazione
ACZT	Actual Commence of De-icing Time	Orario in cui le operazioni iniziano
ECZT	Estimated Commence of De-icing Time	Orario stimato in cui ci si aspetta che inizino le operazioni
AEZT	Actual End of De-icing Time	Orario in cui le operazioni sull'aereo finiscono

EEZT	Estimated End of De-icing Time	Orario stimato in cui ci si aspetta che finiscano le operazioni
ADIT	Actual De-icing Time	Tempo effettivo per l'operazione dato da AEZT - ACZT
EDIT	Estimated De-icing Time	Tempo stimato per l'operazione EEZT - ECZT

Tabella B: Orari significativi nell'operazione di *de-icing*

L'operazione di *de-icing* può essere effettuata nel piazzale di parcheggio (*on-stand*) o in una posizione compresa tra il piazzale e la pista (*de-icing* remoto). In alcuni aeroporti la disposizione dei piazzali consente che il processo sia condotto quando l'aereo è ancora parcheggiato. In questo modo l'operazione è parte integrante del *turn-round* e deve essere considerato nel calcolo del *Target Off-Block Time* (TOBT). La responsabilità è affidata alla compagnia di *de-icing* e/o dell'*handling* le quali lavorano in collaborazione con la compagnia aerea e il pilota (l'ATC non è interessato in questa fase).

In un primo momento, per ogni volo, le compagnie aeree o la società di *handling* comunicano a quella che svolge il trattamento, l'orario stimato in cui ritengono che gli aerei siano pronti (EZRT). In seguito, la compagnia di *de-icing* considerata la sequenza degli EZRT per gli aerei sotto la sua responsabilità e fornisce l'orario stimato in cui ritiene che l'operazione abbia inizio (ECZT). L'obiettivo è quello di riuscire ad aggiornare la sequenza di *de-icing* in tempo reale, tenendo conto dell'effettivo avanzamento delle operazioni sugli aerei.

Per il *de-icing* remoto, invece, la compagnia aerea e la società di *handling* sono interessate solo nella definizione dell'TOBT, mentre l'ATC collabora con la società di *de-icing* per portare gli aerei nella posizione richiesta in un determinato ordine. Il risultato sarà che per ogni aereo la stima del *Target Start-up Approval Time* (TSAT) e dell'ECZT sono collegate, sia con quelle degli altri aerei, che con l'EXOT. Il tempo necessario per completare il *de-icing* è incluso nel tempo di rullaggio in uscita (AXOT).

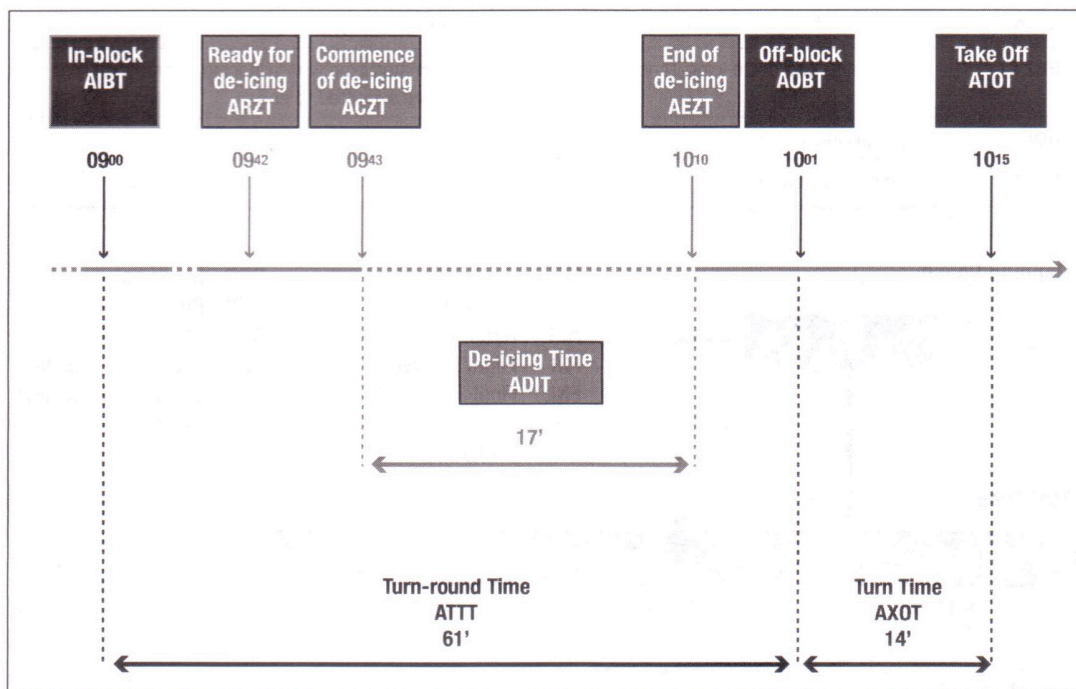


Figura C: Procedura di *de-icing on stand*

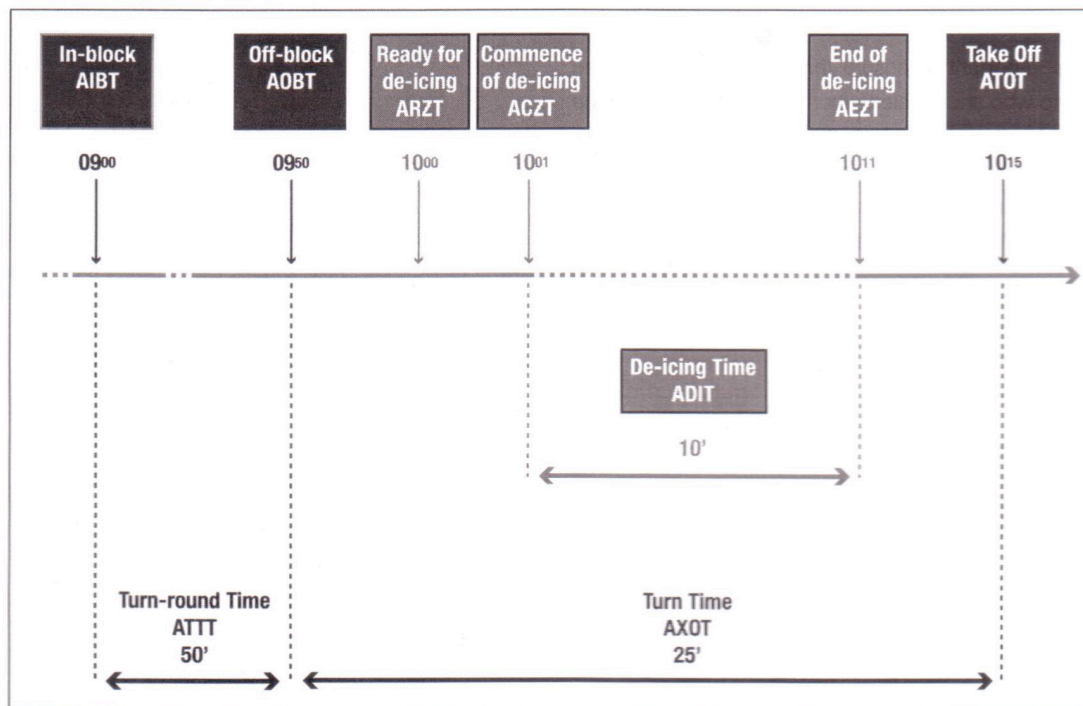


Figura D: Procedura di *de-icing remota*

Gli stati in cui un aereo può trovarsi (in relazione al *de-icing*) possono essere:

- RDI, Pronto per il *de-icing*;
- DEI, *de-icing* in corso.

Nel caso in cui l'operazione venga effettuata nella piazzola di parcheggio i due stati si verificano tra quello di aereo pronto (*ready*, RDY) e quello di *off-block* (OBK), se invece l'aereo deve essere portato in una posizione specifica per essere sottoposto al trattamento si verificheranno tra quello di *off-block* e la partenza (DEP).

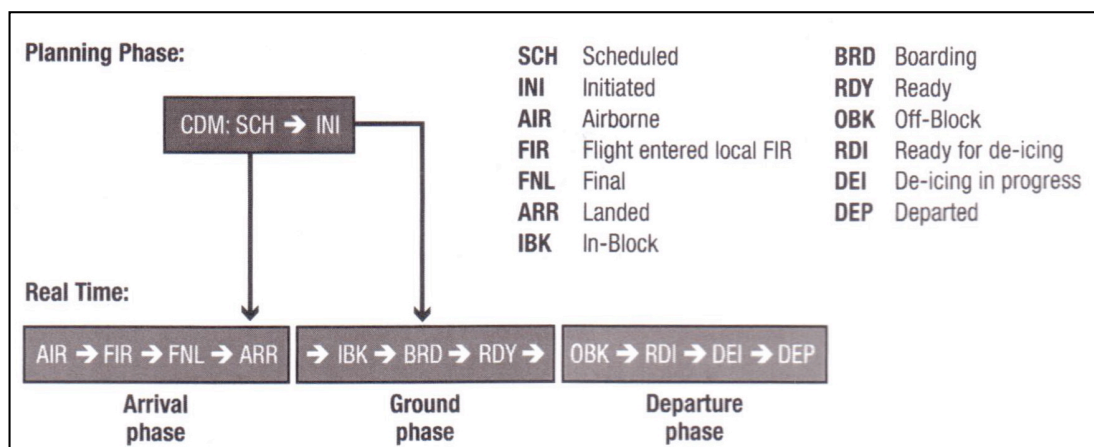


Figura E: Fasi in cui si può trovare un aereo

La figura 5 mostra la sequenza temporale delle fasi in cui si può trovare un aereo e in fase di pianificazione (anche molti mesi prima della partenza) il volo è inserito del database dell'aerodromo nello stato di *scheduled* (SCH). Quando si ha conferma della partenza del piano di volo il volo passa allo stato successivo *initiated* (INI).

Durante il volo l'aggiornamento del suo stato avviene automaticamente e, a partire dallo stato AIR, si ha la successione di tre fasi:

- fase d'arrivo: attraversamento delle varie FIR, entrata in finale (stato FNL) e atterraggio (ARR);
- fase a terra: l'aereo viene posto in blocco (IBK), inizio dell'imbarco (BRD), aereo pronto a rullare (RDY);
- fase di partenza: vengono rimossi i blocchi (OBK) e decolla (DEP).

APPENDICE 3

Milestone

Di seguito sono analizzate in dettaglio tutte le *mileston* proposte da EUROCONTROL.

Milestone 1		Attivazione del piano di volo ATC
Definizione		Compilazione e invio del piano di volo all'ATC
Origine e priorità		L'informazione è fornita dalla compagnia aerea e distribuita tramite il sistema IFPS
Orario		Minimo 3 ore prima dell'EOBT
Precisione del dato		Il piano di volo deve rispettare il programma degli <i>slot</i> aeroportuali
Effetto		Ad un volo che effettua il <i>turn-round</i> sono associati due piani di volo (uno per la partenza e uno per l'arrivo) e un aereo deve presentarsi pronto entro 15 minuti dall'EOBT
Cambiamento nello stato del volo	nello	<i>Scheduled</i>
Azioni intraprendere nelle operazioni (ACISP)	da nelle CDM	L'ELDT e l'EIBT sono aggiornati per l'arrivo e l'EOBT e l'ETOT sono aggiornati per la partenza. Inizia il processo di scambio dei messaggi DPI
Milestone 2		EOBT – 2 ore
Definizione		Orario in cui viene assegnato lo <i>slot</i> (CTOT) dal CFMU
Origine e priorità		Il CFMU invia il dato a tutti gli enti ATS interessati
Orario		Il CTOT viene emesso 2 ore prima dell'EOBT
Effetto		Per i voli in arrivo, l'ELDT è aggiornato in base ai messaggi FUM ricevuti. Per i voli in partenza il decollo deve avvenire entro -5/+10 minuti dal CTOT.
Cambiamento nello stato del volo	nello	Segnato come "regolato"
Azioni intraprendere nelle operazioni (ACISP)	da nelle CDM	Definizione dell'ETOT, del TTOT e del CTOT

Milestone 3		Decollo dall'aerodromo di partenza
Definizione		Orario in cui l'aereo decolla dall'aerodromo di partenza (ADEP)
Origine e priorità		L'ADEP fornisce al CFMU l'orario effettivo di decollo (ATOT)
Orario		L'informazione è direttamente disponibile dopo che l'evento si è verificato
Precisione del dato		L'accuratezza è di +/- 1 minuto
Effetto		L'aeroporto di destinazione (ADES) riceve il dato e calcola l'orario previsto d'arrivo (ELDT) in base al piano di volo
Cambiamento nello stato del volo	nello	<i>Airborne</i>
Azioni intraprendere nelle operazioni (ACISP)	da	Vengono aggiornati l'ELDT, l'EIBT, il TOBT e il TTOT nelle operazioni CDM

Milestone 4		Aggiornamento radar locale
Definizione		Il volo entra nella FIR o nello spazio aereo dell'aeroporto di destinazione
Origine e priorità		L'informazione è resa disponibile dal controllo d'area (ACC) o dal controllo d'avvicinamento (APP) dell'aeroporto.
Orario		Dipende dalla posizione dell'aeroporto rispetto al confine della FIR
Precisione del dato		Deve essere uguale alla precisione del sistema ATC
Effetto		L'accuratezza dell'ELDT è importante perché da essa dipendono le decisioni successive come l'assegnazione di <i>gate</i> , <i>stand</i> , servizi di <i>handling</i> . L'EIBT può essere calcolato dall'ELDT + il tempo di rullaggio (EXIT)
Cambiamento nello stato del volo	nello	FIR
Azioni intraprendere nelle operazioni (ACISP)	da	Vengono aggiornati l'ELDT, l'EIBT, il TOBT e il TTOT nelle operazioni CDM

Milestone 5		Approccio finale
Definizione		Il volo entra nella fase di avvicinamento finale dell'aeroporto di destinazione
Origine e priorità		L'informazione è resa disponibile dall'ATC
Orario		Dipende dai parametri definiti dall'ATC
Precisione del dato		Deve essere uguale alla precisione del sistema ATC
Effetto		Da questa <i>milestone</i> si deduce che l'aereo si trova da 2 a 10 minuti dall'atterraggio. Inizia la movimentazione dei mezzi di servizio presso l'area di parcheggio
Cambiamento nello stato del volo	nello	<i>Final</i>
Azioni da intraprendere nelle operazioni (ACISP)	da nelle operazioni CDM	Vengono aggiornati l'ELDT, l'EIBT, il TOBT e il TTOT

Milestone 6		Atterraggio
Definizione		ALDT: <i>Actual LanDing Time</i> (orario effettivo d'atterraggio). E' il momento in cui l'aereo tocca la pista (equivalente all'orario ATC: ATA, <i>Actual Time of Arrival landing</i>)
Origine e priorità		Fornito dal sistema ATC o dall'ACARS
Orario		L'informazione è direttamente disponibile dopo che l'evento si è verificato
Precisione del dato		L'accuratezza è di +/- 1 minuto
Effetto		Il rilievo dell'ALDT comporta un aggiornamento dei tempi stimati per gli eventi successivi nella linea temporale: TOBT, TTOT sono aggiornati automaticamente o inseriti manualmente dall'operatore dell'aereo o dal responsabile dell' <i>handling</i> e sono calcolati sulla base del periodo definito per il <i>turn-round</i> per il volo in partenza. L'EIBT può essere aggiornato in base a: ALDT + EXIT.
Procedure		Il CFMU viene informato quando cambia il TTOT
Cambiamento nello stato del volo	nello	Atterrato
Azioni da intraprendere nelle operazioni (ACISP)	da nelle operazioni CDM	L'ELDT cambia in ALDT e sono aggiornati l'EIBT, il TOBT e il TTOT

Milestone 7		<i>In-Block</i>
Definizione		AIBT: <i>Actual In-Block Time</i> . E' l'orario in cui un aereo arriva effettivamente in-block (è equivalente all'ATA: <i>Actual Time of Arrival</i> per le compagnie e per l' <i>handling</i>)
Origine e priorità		L' <i>input</i> è fornito dal sistema ACARS (per gli aerei forniti), da sistemi automatici per il rilevamento nella posizione di blocco, dal sistema ATC, o manualmente
Orario		L'informazione è direttamente disponibile dopo che l'evento si è verificato
Precisione del dato		L'accuratezza è di +/- 1 minuto
Effetto		Il verificarsi dell'AIBT dovrebbe provocare un aggiornamento dei tempi stimati per gli eventi successivi: TOBT, TTOT sono aggiornati automaticamente o inseriti manualmente dall'operatore dell'aereo o dal responsabile dell' <i>handling</i> e sono calcolati sulla base del periodo definito per il <i>turn-round</i> per il volo in partenza
Procedure		
Cambiamento nello stato del volo	nello	<i>In-block</i>
Azioni intraprendere nelle operazioni (ACISP)	da	L'EIBT cambia in AIBT e sono aggiornati il TOBT e il TTOT nelle CDM
Milestone 8		Operazioni di <i>handling</i> iniziate
Definizione		Inizio delle operazioni di <i>handling</i> (AGHT). Questa <i>milestone</i> è specifica per i voli che sono alla prima operazione del giorno o che sono stati parcheggiati per lunghi periodi. Per i voli che effettuano un <i>turn-round</i> normale l'inizio è considerato in corrispondenza dell'AIBT.
Origine e priorità		L'informazione è fornita dall'operatore dell'aereo o dal responsabile dell' <i>handling</i> .
Orario		L'informazione è direttamente disponibile dopo che l'evento si è verificato
Precisione del dato		L'accuratezza è di +/- 1 minuto
Effetto		
Procedure		Questo processo è innescato da: - <i>Actual Commence of Ground Handling</i> : ACGT.
Cambiamento nello stato del volo	nello	<i>In-Block</i>
Azioni intraprendere nelle operazioni (ACISP)	da	ETTT, TOBT e TTOT sono aggiornati nelle CDM

L'obiettivo delle *milestone* 9, 10 e 11 è quello di controllare se il TOBT fornito dagli operatori aerei e dall'*handling* è coerente con il piano di volo ATC; il CFMU viene informato solo quando il TTOT cambia più di un determinato valore di tolleranza.

Milestone 9		Aggiornamento finale del TOBT
Definizione	Momento in cui l'operatore dell'aereo o il responsabile dell' <i>handling</i> forniscono il loro più accurato TOBT tenendo conto dell'avanzamento nelle operazioni.	
Origine e priorità	L'informazione è fornita dall'operatore dell'aereo o dal responsabile dell' <i>handling</i> .	
Orario	L'informazione è fornita T minuti prima del EOBT. (T è un parametro stabilito localmente)	
Precisione del dato	La precisione è stabilita localmente.	
Effetto	<p>L'intento del TOBT finale è quello di dare un'opportuna, accurata e attendibile valutazione del orario di <i>off-block</i>. Un'accurata valutazione del TOBT (EOBT – T) è un pre-requisito per l'ATC per predisporre una sequenza di <i>push back</i> prima della partenza.</p> <p>In base alle indicazioni del TOBT il sistema ATC calolerà e fornirà il tempo stimato per il rullaggio in uscita (EXOT: <i>Estimated Taxi-Out Time</i>) basato su:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Il traffico a terra e in volo; - La posizione del gate e della piazzola; - La pista in uso; - Il tempo speso nella posizione d'attesa. <p>È il momento in cui il volo entra nella sequenza di pre-partenza.</p>	
Procedure	Il confronto del TOBT con il piano di volo ATC è costante da parte dell'operatore del volo o del responsabile dell' <i>handling</i> e se cambia rispetto a quello stabilito se ne deve informare il CFMU.	
Cambiamento nello stato del volo	In sequenza pre-partenza	
Azioni da intraprendere nelle operazioni CDM (ACISP)	Il TTOT è aggiornato	

Milestone 10		Concessione del TSAT
Definizione		Momento in cui l'ATC emette il <i>Target Start Up Approval Time</i>
Origine e priorità		È fornita dall'ATC.
Orario		L'informazione è fornita T-minuti prima dell'EOBT, dove T è un parametro definito localmente.
Precisione del dato		La precisione è stabilita localmente.
Effetto		Il volo è in piena sequenza pre-partenza e il responsabile dell' <i>handling</i> può di conseguenza predisporre, in accordo con l'equipaggio dell'aereo, le operazioni per il <i>turn-round</i> .
Procedure		Primo passo: informare tutti i <i>partner</i> interessati del TSAT che è stato assegnato al volo. Secondo passo: verificare se il valore del TOBT eccede la tolleranza stabilita localmente dopo che è stato concordato il TSAT. Questo processo è innescato da: - Un definito momento prima del TOBT
Cambiamento nello stato del volo	nello stato del volo	Nessuno
Azioni intraprendere nelle operazioni (ACISP)	da CDM	Il TTOT è aggiornato

Milestone 11		Inizio imbarco passeggeri
Definizione		Il <i>gate</i> d'imbarco è aperto e i passeggeri iniziano a salire sull'aereo. Questo momento non deve essere confuso con quello in cui i passeggeri sono pre-chiamati al gate d'imbarco.
Origine e priorità		Fornito automaticamente dal sistema dell'aeroporto o manualmente dall'operatore dell'aereo o dal responsabile dell' <i>handling</i> .
Orario		L'informazione è direttamente disponibile dopo che l'evento si è verificato.
Precisione del dato		L'accuratezza è di +/- 1 minuto.
Effetto		Quando inizia l'imbarco è data a tutti i <i>partner</i> del CDM una buona indicazione sul rispetto o meno del TOBT/TSAT.
Procedure		Primo passo: informare tutti gli interessati sul ASBT: <i>Actual Start Boarding Time</i> (Orario effettivo d'inizio imbarco). Secondo passo: Controllare che l'imbarco inizi in tempo rispetto al TOBT e informare i diretti interessati se quest'ultimo ha bisogno di essere aggiornato. Questo processo ha inizio: - A un tempo variabile espresso in minuti prima del TOBT.
Cambiamento nello stato del volo	nello stato del volo	Imbarco

Milestone 12		Aereo pronto
Definizione		Momento in cui i portelli sono chiusi, i ponti di carico rimossi, il trattorino <i>push-back</i> è connesso e l'aereo è pronto ad effettuare il rullaggio immediatamente dopo la ricezione delle istruzioni dalla torre (ARDT).
Origine e priorità		L'informazione è fornita dall'operatore del volo o dal responsabile dell' <i>handling</i> .
Orario		L'informazione è direttamente disponibile dopo che l'evento si è verificato.
Precisione del dato		L'accuratezza è di +/- 1 minuto
Effetto		L'ATC perfeziona la sequenza pre-partenza e il pilota richiede il permesso allo <i>start-up</i> appena prima del TSAT seguendo le indicazioni del responsabile dell' <i>handling</i> .
Procedure		Primo passo: informare tutti i <i>partners</i> interessati della condizione dell'aereo e dell'ARDT e che è pronto per lo <i>start-up</i> il <i>push-back</i> . Secondo passo: informare l'operatore del volo e il responsabile dell' <i>handling</i> che il TOBT è passato e che l' <i>Airport CDM Platform</i> non ha ancora ricevuto la comunicazione di aereo pronto (ARDT).
Cambiamento nello stato del volo	nello stato del volo	Pronto
Azioni intraprendere (ACISP)	da nelle operazioni CDM	Nessuna

Milestone 13		Richiesta per lo <i>Start-UP</i>
Definizione		ASRT: momento effettivo in cui è richiesto lo <i>start-up</i> .
Origine e priorità		ATC su richiesta del pilota
Orario		L'informazione è direttamente disponibile dopo che l'evento si è verificato.
Precisione del dato		L'accuratezza è di +/- 1 minuto
Effetto		L'ATC conferma il TSAT al pilota e tenendo conto che l'aereo era pronto in tempo (ARDT) è dell'ATC la responsabilità che il volo rispetti il suo CTOT.
Procedure		Primo passo: informare tutti i <i>partner</i> interessati sulla richiesta di <i>start-up</i> . Secondo passo: allertare tutti gli interessati in caso non venga fatta nessuna richiesta entro la finestra di tempo di tolleranza per il TSAT. Se la richiesta non è fatta nel momento TSAT + tolleranza è necessario aggiornare il TOBT.
Cambiamento nello stato del volo	nello stato del volo	Nessuna

Milestone 14		Approvazione dello <i>Start-Up</i>
Definizione		ASAT: <i>Actual Start-up Approval Time</i> (effettivo momento d'approvazione dello <i>start-up</i>).
Origine e priorità		ATC
Orario		L'informazione è direttamente disponibile dopo che l'evento si è verificato
Precisione del dato		L'accuratezza è di +/- 1 minuto
Effetto		Alla ricezione dell'approvazione da parte dell'ATC, l'aereo accende i motori effettua il <i>push-back</i> e inizia il rullaggio.
Procedure		Primo passo: informare tutti i diretti interessati che l'aereo ha ricevuto l'autorizzazione. Secondo passo: controllare che l'ASAT sia in accordo con il TSAT e informare se l'accensione non può essere garantita.
Cambiamento nello stato del volo	nello	Nessuna
Azioni intraprendere nelle operazioni (ACISP)	da nelle operazioni CDM	Nessuna

Milestone 15		Off-Block
Definizione		AOBT: <i>Actual off-block time</i> . Momento in cui l'aereo è spinto indietro e libera la posizione di parcheggio (equivalente all'orario <i>ATD-Actual Time of Departure</i> , delle compagnie aeree).
Origine e priorità		L' <i>input</i> è fornito dal sistema ACARS, da sistemi automatici per il rilevamento nella posizione di parcheggio, dal sistema ATC, o manualmente.
Orario		L'informazione è direttamente disponibile dopo che l'evento si è verificato.
Precisione del dato		L'accuratezza è di +/- 1 minuto
Effetto		Aggiornamento dell'TTOT tenendo in considerazione l'EXOT
Procedure		Primo passo: informare tutti i diretti interessati dell'AOBT è che l'aereo ha incominciato la fase di rullaggio dalla posizione di parcheggio. Secondo passo: controllare se il TTOT è rispettato e in caso di grande discrepanza informare il CFMU.
Cambiamento nello stato del volo	nello	<i>Off-Block</i>
Azioni intraprendere nelle operazioni (ACISP)	da nelle operazioni CDM	Registrazione dell'AOBT

Milestone 16		Decollo
Definizione	ATOT: <i>Actual take-off Time</i> (Orario effettivo di decollo). Equivalente all'ATD: <i>Actual Time of Departure per l'ATC</i> .	
Origine e priorità	L' <i>input</i> è fornito dal sistema ACARS, o dal sistema ATC.	
Orario	L'informazione è direttamente disponibile il più presto possibile dopo che l'evento si è verificato.	
Precisione del dato	L'accuratezza è di +/- 1 minuto	
Effetto	Sono spediti i messaggi FSA e MVT.	
Procedure	Si informano tutti i diretti interessati del decollo, viene generato un messaggio di <i>airborne</i> e il volo è rimosso dalla sequenze delle partenze.	
Cambiamento nello stato del volo	Partito / Decollato	
Azioni intraprendere nelle operazioni (ACISP)	da	Registrazione dell'ATOT nelle CDM

APPENDICE 4

Tabelle per il calcolo dei costi del ritardo

Table J68	ATR72 (AT72) / 15 minutes' delay / BASE cost scenario										AT72_15_N			
cost allocation phase ▶	direct @ ground A					direct airborne					incurred @ ground B			
OOOI sequence ▶	- (IN) -		- OUT -			- OFF -					- ON -		- IN -	
description ▶	@ gate A		off-gate A			airborne					off-gate B			@ gate B
	GPU only	APU only	active taxi out	statnry ground	take-off roll	climb-out (to ToC)	en-route	arrival mngmnt	ToD to t'down	landing roll	statnry ground	active taxi in		
▼ cost element														
fuel		7.4	23.3	18.6		---	48.8	39.1	---		---	---	---	
maintenance	4.7	4.7	6.7	6.3		---	10.6	9.9	---		---	---	---	
flight crew salaries and expenses	0.0	0.0	0.0	0.0		---	0.0	0.0	---		---	---	---	
cabin crew salaries and expenses														
depreciation of flight equipment														
rental of flight equipment	0.0	0.0	0.0	0.0		---	0.0	0.0	---		---	---	---	
amortisation of flight equipment leases														
flight equipment insurance	---	---	---	---		---	---	---	---		---	---	---	
station expenses (ground & pax handling)	---	---											0.0	
passenger service staff (terminal)														
ground equipment, property and staff	---	---	---	---										
airport charges (e.g. landing)	4.2	4.2			0.0					-0.2			0.0	
en-route & approach air navgn charges						---	---	---	---					
all other pax costs	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	
column totals	8.9	16.2	29.9	24.9	0.0		59.4	49.0		-0.2			0.0	
proportion of col. total allocated to phase	0.81	0.09	0.04	0.06	1		0.2	0.8		1			1	
=> average cost per minute for phase			0.8					3.4			0.0			
avg cost per min incl. incurred costs @ B			0.7					3.4						

Tabella F: Costi causati da un ritardo di 15' per un ATR 72 (scenario base)

Table J35	B767-300ER (B763) / 65 minutes' delay / BASE cost scenario										B763_65_N			
cost allocation phase ▶	direct @ ground A					direct airborne					incurred @ ground B			
OOOI sequence ▶	- (IN) -		- OUT -			- OFF -					- ON -		- IN -	
description ▶	@ gate A		off-gate A			airborne					off-gate B			@ gate B
	GPU only	APU only	active taxi out	statnry ground	take-off roll	climb-out (to ToC)	en-route	arrival mngmnt	ToD to t'down	landing roll	statnry ground	active taxi in		
▼ cost element														
fuel		50.4	470.2	376.1		---	1587.1	1312.4	---		---	---	---	
maintenance	50.1	50.1	70.8	67.3		---	112.2	105.3	---		---	---	---	
flight crew salaries and expenses	1064.0	1064.0	1064.0	1064.0		---	1064.0	1064.0	---		---	---	---	
cabin crew salaries and expenses														
depreciation of flight equipment														
rental of flight equipment	0.0	0.0	0.0	0.0		---	0.0	0.0	---		---	---	---	
amortisation of flight equipment leases														
flight equipment insurance	---	---	---	---		---	---	---	---		---	---	---	
station expenses (ground & pax handling)	---	---											0.0	
passenger service staff (terminal)														
ground equipment, property and staff	---	---	---	---										
airport charges (e.g. landing)	35.0	35.0			0.0					-2.9			0.3	
en-route & approach air navgn charges						---	---	---	---					
all other pax costs	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	▶	
column totals	1149.1	1199.4	1605.0	1507.5	0.0		2763.4	2481.8		-2.9			4368.3	
proportion of col. total allocated to phase	0.81	0.09	0.04	0.06	1		0.7	0.3		1			1	
=> average cost per minute for phase			18.4					41.2			67.2			
avg cost per min incl. incurred costs @ B			85.5					108.4						

Tabella G: costi causati da un ritardo di 65' per un B767-300ER (scenario base)

Table J71	ATR72 (AT72) / 65 minutes' delay / BASE cost scenario										AT72_65_N		
cost allocation phase ▶	direct @ ground A					direct airborne				incurred @ ground B			
OOOI sequence ▶	- (IN) -		- OUT -			- OFF -				- ON -		- IN -	
description ▶	@ gate A		off-gate A			airborne				off-gate B			@ gate B
	GPU only	APU only	active taxi out	statnry ground	take-off roll	climb-out (to ToC)	en-route	arrival mngmnt	ToD to t'down	landing roll	statnry ground	active taxi in	
▼ cost element													
fuel		31.9	100.8	80.6		---	211.6	169.3	---		---	---	---
maintenance	20.5	20.5	28.9	27.5		---	45.8	43.0	---		---	---	---
flight crew salaries and expenses cabin crew salaries and expenses	411.0	411.0	411.0	411.0		---	411.0	411.0	---		---	---	---
depreciation of flight equipment rental of flight equipment amortisation of flight equipment leases flight equipment insurance	0.0	0.0	0.0	0.0		---	0.0	0.0	---		---	---	---
station expenses (ground & pax handling)	---	---											0.0
passenger service staff (terminal) ground equipment, property and staff	---	---	---	---			---	---			---	---	---
airport charges (e.g. landing) en-route & approach air navgn charges	18.8	18.8			0.0					-0.2			0.3
all other pax costs													1170.0
column totals	450.2	482.1	540.7	519.1	0.0		668.4	623.3		-0.2			1170.3
proportion of col. total allocated to phase => average cost per minute for phase	0.81	0.09	0.04	0.06	1		0.7	0.3		1	---	---	1
avg cost per min incl. incurred costs @ B			25.1					28.1			18.0		

Tabella H: Costi causati da un ritardo di 65' per un ATR 72 (scenario base)

Table J32	B767-300ER (B763) / 15 minutes' delay / BASE cost scenario										B763_15_N		
cost allocation phase ▶	direct @ ground A					direct airborne				incurred @ ground B			
OOOI sequence ▶	- (IN) -		- OUT -			- OFF -				- ON -		- IN -	
description ▶	@ gate A		off-gate A			airborne				off-gate B			@ gate B
	GPU only	APU only	active taxi out	statnry ground	take-off roll	climb-out (to ToC)	en-route	arrival mngmnt	ToD to t'down	landing roll	statnry ground	active taxi in	
▼ cost element													
fuel		11.6	108.5	86.8		---	366.3	302.9	---		---	---	---
maintenance	11.6	11.6	16.3	15.5		---	25.9	24.3	---		---	---	---
flight crew salaries and expenses cabin crew salaries and expenses	0.0	0.0	0.0	0.0		---	0.0	0.0	---		---	---	---
depreciation of flight equipment rental of flight equipment amortisation of flight equipment leases flight equipment insurance	0.0	0.0	0.0	0.0		---	0.0	0.0	---		---	---	---
station expenses (ground & pax handling)	---	---											0.0
passenger service staff (terminal) ground equipment, property and staff	---	---	---	---			---	---			---	---	---
airport charges (e.g. landing) en-route & approach air navgn charges	7.8	7.8			0.0					-2.9			0.0
all other pax costs													0.0
column totals	19.4	31.0	124.8	102.3	0.0		392.2	327.2		-2.9			0.0
proportion of col. total allocated to phase => average cost per minute for phase	0.81	0.09	0.04	0.06	1		0.2	0.8		1	---	---	1
avg cost per min incl. incurred costs @ B			1.8					22.5			-0.2		

Tabella I: Costi causati da un ritardo di 15' per un B767-300ER (scenario base)

APPENDICE 5

Calcolo del tempo di rullaggio

Nelle seguenti tabelle sono riportati i coefficienti alfa che tengono conto della posizione del parcheggio all'interno del piazzale.

A318 - A319 - A320 - A321						
Pista 30						
Piazzale 1, piazzole 106 - 107 - 108						
Inizio P-B	Fine P-B	Inizio rullaggio	Fine rullaggio	Durata P-B	Rullaggio	EXOT
11.07.58	11.10.04	11.11.25	11.14.15	0.02.06	0.02.50	0.04.56
11.29.29	11.31.25	11.31.55	11.34.45	0.01.56	0.02.50	0.04.46
11.23.56	11.27.11	11.28.20	11.31.05	0.03.15	0.02.45	0.06.00
11.08.28	11.11.49	11.13.22	11.15.50	0.03.21	0.02.28	0.05.49
11.52.04	11.54.04	11.54.40	11.57.56	0.02.00	0.03.16	0.05.16
11.15.15	11.17.36	11.19.09	11.22.27	0.02.21	0.03.18	0.05.39
11.30.28	11.32.41	11.33.15	11.36.15	0.02.13	0.03.00	0.05.13
11.15.02	11.17.30	11.18.30	11.20.54	0.02.28	0.02.24	0.04.52
11.57.30	11.59.55	12.01.05	12.03.33	0.02.25	0.02.28	0.04.53
11.21.55	11.24.16	11.25.01	11.27.50	0.02.21	0.02.49	0.05.10
Tempo di rullaggio medio dal piazzale 1 alla pista 30				0.05.35		
Durata del push-back media				0.02.27		
Tempo di rullaggio medio da queste piazzole				0.02.49		
Taxi time				0.05.15		
Variazione rispetto ai tempi di rullaggio medio				-5.97%	$\alpha=0.05$	
Variazione rispetto al tempo di rullaggio di default				-47.5%		

A318 - A319 - A320 - A321						
Pista 30						
Piazzale 1, piazzole 111 - 112 - 113						
Inizio P-B	Fine P-B	Inizio rullaggio	Fine rullaggio	Durata P-B	Rullaggio	EXOT
11.53.20	11.54.50	11.56.34	11.59.00	0.01.30	0.02.26	0.03.56
11.34.43	11.38.00	11.39.07	11.41.45	0.03.17	0.02.38	0.05.55
11.42.51	11.44.36	11.46.30	11.48.16	0.01.45	0.01.46	0.03.31
11.52.12	11.55.00	11.56.30	11.58.45	0.02.48	0.02.15	0.05.03
11.39.35	11.42.42	11.43.21	11.45.40	0.03.07	0.02.19	0.05.26
11.25.44	11.30.18	11.32.10	11.35.33	0.04.34	0.03.23	0.07.57
11.49.22	11.51.20	11.56.08	11.58.16	0.01.58	0.02.08	0.04.06
10.24.26	10.26.29	10.29.38	10.31.58	0.02.03	0.02.20	0.04.23
11.45.30	11.48.00	11.49.00	11.51.41	0.02.30	0.02.41	0.05.11
11.28.24	11.31.20	11.31.28	11.33.09	0.02.56	0.01.41	0.04.37
14.39.04	14.43.07	14.43.16	14.45.26	0.04.03	0.02.10	0.06.13
Tempo di rullaggio medio dal piazzale 1 alla pista 30				0.05.35		
Durata del push-back media				0.02.46		
Tempo di rullaggio medio da queste piazzole				0.02.21		
Taxi time				0.05.07		
Variazione rispetto ai tempi di rullaggio medio				-8.36%	$\alpha=0.08$	
Variazione rispetto al tempo di rullaggio di default				-48.8%		

A318 - A319 - A320 - A321						
Pista 12						
Piazzale 1, piazzole 111 - 112 - 113						
Inizio P-B	Fine P-B	Inizio rullaggio	Fine rullaggio	Durata P-B	Rullaggio	EXOT
11.47.30	11.50.35	11.51.40	11.55.19	0.03.05	0.03.39	0.06.44
10.42.27	10.44.19	10.45.16	10.49.16	0.01.52	0.04.00	0.05.52
10.27.42	10.30.00	10.30.49	10.34.34	0.02.18	0.03.45	0.06.03
Tempo di rullaggio medio dal piazzale 1 alla pista 12				0.06.14		
Durata del push-back media				0.02.25		
Tempo di rullaggio medio da queste piazzole				0.03.48		
Taxi time				0.06.13		
Variazione rispetto ai tempi di rullaggio medio				-0.2%	$\alpha = 0.002$	
Variazione rispetto al tempo di rullaggio di default				-37.8%		

BIBLIOGRAFIA

- Andrew Cook (2008), *European Air Traffic Management*, Ashgate
- EUROCONTROL (2008), *Airport CDM implementation manual*
- A.Falzone, D.Fiacchino (2008), *Air traffic (vol.1: Visual Flight Rules e vol.2:Instrumental Flight Rules)*, Scuola Press editrice
- Alessandro Orlandi (1995), *Trasporti aerei*, Pitagora Editrice Bologna
- Regolamento di scalo dell'aeroporto "G.Marconi" di Bologna
- Prof. Ing. A. E. Serrau (2003-2004), *Appunti di gestione della circolazione aerea*

SITOGRAFIA

- www.airports.org
- www.enac-italia.it
- www.erocontrol.int
- www.iata.org
- www.euro-cdm.org
- www.traffico-aereo.it
- www.wikipedia.org
- www.enav.it
- www.skybrary.aero