

**ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITÀ DI BOLOGNA**

---

**SCUOLA DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA**

**CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA CIVILE**

Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica, Ambientale e dei Materiali - DICAM

**TESI DI LAUREA**

**in**

**TEORIA E TECNICA DELLA CIRCOLAZIONE M**

***AEROPORTI E CARBON FOOTPRINT: INFLUENZA  
DELLA MOVIMENTAZIONE DEGLI AEROMOBILI  
A TERRA – UTILIZZO DEL MODELLO ANALITICO  
PREVISIONALE EDMS***

Candidato:

FEDERICA SCHIFINO

Relatore:

Prof. Ing. LUCA MANTECCHINI

Correlatori:

Ing. TOMASO BARILLI

Ing. DAVIDE SERRAU

Anno Accademico 2013/ 2014

Sessione II



*Ai miei genitori*



# INDICE

INTRODUZIONE .....	i
1. IL MUTAMENTO CLIMATICO .....	1
1.1 L'effetto serra e il Global Warming.....	2
1.1.1 I meccanismi dell'effetto serra .....	3
1.1.2 I gas effetto serra .....	5
1.1.3 Il surriscaldamento globale.....	12
1.1.4 Il Protocollo di Kyoto .....	17
1.2 Contributo del trasporto aereo al cambiamento climatico .....	20
1.2.1 Previsioni di traffico aereo.....	21
1.2.2 Emissioni gassose prodotte dagli aeromobili.....	22
1.3 Politiche internazionali per l'efficientamento del trasporto aereo .....	25
1.3.1 L'Emission Trading System (ETS).....	26
2. AEROPORTI ED EMISSIONI IN ATMOSFERA.....	29
2.1 L'infrastruttura aeroportuale.....	31
2.1.1 Classificazione ICAO .....	32
2.1.2 Gli elementi dell'infrastruttura aeroportuale .....	33
2.2 L'Aeroporto G. Marconi di Bologna .....	42
2.2.1 Caratteristiche dell'Aeroporto G. Marconi .....	43
2.2.2 La gestione ambientale dell'aeroporto.....	53
2.3 Le emissioni di origine aeroportuale.....	55
2.3.1 Emissioni da aeromobili.....	56
2.3.2 I mezzi di supporto a terra.....	61
2.3.3 Traffico stradale e parcheggi .....	64

3. IL MODELLO ANALITICO PREVISIONALE EDMS .....	67
3.1 La struttura del sistema .....	68
3.2 Generalità sui modelli di emissione .....	70
3.3 La simulazione di emissione .....	72
3.2.1 Il traffico aereo e il Ground Support Equipment .....	74
3.2.2 I parcheggi e il traffico veicolare su strada .....	85
3.2.3 Le sorgenti stazionarie .....	90
4. LO SCENARIO EMISSIVO AEROPORTUALE .....	95
4.1 Caratterizzazione della flotta operante .....	95
4.2 Rappresentazione del sito .....	108
4.3 Rilevamento dei taxi-time per le operazioni di decollo e atterraggio .....	112
4.4 Rielaborazione dei dati .....	124
4.5 Carbon footprint aeroportuale .....	141
5. IPOTESI DI OTTIMIZZAZIONE DELLA GESTIONE A TERRA DEL TRAFFICO....	143
5.1 Determinazione delle emissioni degli aeromobili a parità di variabili .....	143
5.2 Scenario ottimale di disposizione degli aeromobili .....	147
5.3 Risultati ottenuti .....	153
CONCLUSIONI .....	155
Bibliografia .....	159

*Allegati*

## INTRODUZIONE

Negli ultimi cinquant'anni, il trasporto aereo ha sperimentato una rapida espansione, parallelamente alla crescita dell'economia globale.

Gli aeroporti, oggi, rappresentano strutture complesse, sulle quali si concentrano interessi economici, sociali e strategici di notevole importanza.

Il traffico passeggeri, espresso in RPK (*Revenue Passenger Kilometers* – ricavo per passeggero-chilometro trasportato), dal 1960, è cresciuto di quasi il 9% l'anno, più del doppio del Prodotto Interno Lordo (PIL), e con un tasso di crescita superiore rispetto alle altre modalità di trasporto.

Si prevede che il traffico aereo, sia passeggeri che merci, continuerà ad aumentare nel prossimo futuro: le stime di crescita del traffico aereo riportate nell'ultimo rapporto di valutazione ambientale prodotto dall'ICAO (*ICAO Environmental Report 2013*) prevedono, per il periodo 2010-2030, un aumento del tasso di crescita annuo dei passeggeri, espresso in RPK, pari al +4,9%. Il valore stimato di RPK per il 2030 è pari a 13 bilioni, quasi tre volte maggiore di quello registrato nel 2010.

Come conseguenza, anche le emissioni nocive per l'ambiente e per il clima direttamente legate al trasporto aereo sono aumentate, perché l'aumento della domanda di trasporto aereo ha superato la riduzione delle emissioni dovute ai continui miglioramenti apportati dalla tecnologia e dall'ottimizzazione delle procedure operative.

I motori degli aerei producono emissioni di sostanze in atmosfera, che possono dare luogo ad importanti problemi ambientali, sia per quanto riguarda il loro impatto sul clima globale, che il loro effetto sulla qualità dell'aria a livello locale.

Il fattore più preoccupante, a livello globale, è l'emissione di anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), avente un ruolo preponderante nel fenomeno del surriscaldamento globale, tema attualmente oggetto di un acceso dibattito scientifico.

Secondo stime recenti, il 22% delle emissioni di CO<sub>2</sub> è attribuibile all'intero settore dei trasporti ed il 2-3% alla sola aviazione.

Il presente elaborato si propone di indagare la *carbon footprint* di origine aeronautica legata alle movimentazioni a terra degli aeromobili, a partire da dati sperimentali desunti direttamente sul posto all'Aeroporto G. Marconi di Bologna.

La *carbon footprint* è una misura che esprime, in tonnellate di CO<sub>2</sub> equivalenti, il totale delle emissioni di gas ad effetto serra associate, direttamente o indirettamente, ad una specifica fonte emissiva.

In conformità al Protocollo di Kyoto, i gas ad effetto serra da considerare sono: anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), protossido d'azoto (N<sub>2</sub>O), idrofluorocarburi (HFCs), esafluoruro di zolfo (SF<sub>6</sub>) e perfluorocarburi (PFCs).

Per quanto riguarda l'aviazione, il principale gas serra emesso è la CO<sub>2</sub>, ed è per questo che nella presente trattazione si è fatto esclusivo riferimento ad esso.

Per determinare l'impronta di carbonio di origine aeronautica dell'Aeroporto di Bologna, si sono rilevati i tempi di taxi degli aeromobili e i dati ottenuti sono stati implementati all'interno del modello analitico-previsionale EDMS (*Emission and Dispersion Modelling System*), il quale permette di redigere un inventario delle emissioni per ciascuna fonte emissiva presente nello scalo aeroportuale.

L'obiettivo è quello di capire in quale misura la configurazione dell'infrastruttura aeroportuale influisce sulle emissioni climalteranti direttamente collegate al ciclo LTO (*Landing and Take-Off cycle*) degli aeromobili.

A questo scopo si è quindi, infine, ipotizzato uno scenario ottimale di disposizione degli aeromobili nelle aree di stazionamento, al fine di ottimizzare i tempi di movimentazione a terra e ridurre le emissioni complessive.

Nel primo capitolo si inquadra il problema del cambiamento climatico, spiegando i principi fisici che stanno alla base dell'effetto serra ed esponendo le conseguenze che l'aumento di temperatura sta e potrebbe portare sull'intero globo terrestre. Si illustra inoltre il contributo dell'aviazione civile a questo fenomeno, facendo cenno alle misure di mitigazione adottate a livello globale per supplire a questo fenomeno.

Nel secondo capitolo viene descritta l'infrastruttura aeroportuale lato aria (*air-side*), sia in generale, sia facendo specifico riferimento all'Aeroporto di Bologna, sede dello studio.

Nella seconda parte del capitolo vengono invece descritte tutte le fonti emissive presenti all'interno di una infrastruttura aeroportuale, focalizzando l'attenzione sulle emissioni direttamente collegate alle operazioni degli aeromobili, all'interno del ciclo LTO.



Il terzo capitolo è dedicato all'illustrazione del modello analitico-previsionale EDMS e della sua modalità di utilizzo, richiamando tutti i dati necessari al software al fine di implementare l'inventario delle emissioni.

Nel quarto capitolo si passa all'esposizione della sperimentazione vera e propria, passando dalla caratterizzazione della flotta operante all'interno dello scalo bolognese e dalla schematizzazione del sito, alla raccolta dei dati e alla loro rielaborazione al fine di poterli implementare all'interno del software. Nella parte finale si espongono i risultati ottenuti per lo scenario preso come riferimento.

Nel quinto capitolo, infine, si ipotizza uno scenario ottimale di disposizione degli aeromobili nelle aree di stazionamento, al fine di ottimizzare i tempi di taxi e ridurre in questo modo le emissioni di CO<sub>2</sub>. Si espongono i risultati ottenuti e si fanno alcune considerazioni sui dati emersi dallo studio.



## 1. IL MUTAMENTO CLIMATICO

Secondo l'UNFCCC (*United Nations Framework Convention on Climate Change* - Convenzione Quadro sul Cambiamento Climatico delle Nazioni Unite), trattato ambientale internazionale prodotto dalla Conferenza sull'Ambiente e sullo Sviluppo delle Nazioni Unite (UNCED, *United Nations Conference on Environment and Development*), tenutasi a Rio de Janeiro nel 1992 con l'obiettivo di ridurre le emissioni dei gas serra, il **mutamento climatico** si definisce come "*cambiamento del clima che sia attribuibile direttamente o indirettamente ad attività umane che alterino la composizione dell'atmosfera planetaria e che si sommino alla naturale variabilità climatica osservata su intervalli di tempo analoghi*".

Il cambiamento climatico così definito deve essere misurabile, in prima analisi, attraverso variazioni sistematiche delle grandezze statistiche delle variabili meteorologiche (temperature, precipitazioni, nuvolosità ecc.), calcolate in un intervallo di tempo di diversi decenni, di norma almeno trentennale.

È opportuno sottolineare come questa definizione contenga due concetti fondamentali: il primo è quello della naturale variabilità climatica, legata ai complessi processi naturali esterni ed interni al pianeta, connessi cioè alle interazioni tra le unità geofisiche dell'atmosfera (insieme dei gas che circondano un corpo celeste), dell'idrosfera (insieme delle acque presenti nel sottosuolo e nella superficie del pianeta), della criosfera (porzione di superficie terrestre coperta dall'acqua allo stato solido), della terra solida e della biosfera (insieme delle zone della Terra in cui le condizioni ambientali permettono lo sviluppo della vita); il secondo è quello dell'alterazione di tale complessa variabilità naturale attribuibile alle attività umane, ossia all'intervento della cosiddetta *antroposfera*.

L'uomo è il più recente dei fattori che influenzano il cambiamento climatico e lo è da relativamente poco tempo. La sua influenza iniziò con lo sviluppo dell'agricoltura e la conseguente deforestazione dei boschi per convertirli in terre coltivabili e in pascoli, fino ad arrivare, ad oggi, alle grandi emissioni di *gas serra*: anidride carbonica dalle industrie e dai mezzi di trasporto e metano dagli allevamenti intensivi e dalle risaie.

L'uomo, attraverso le sue emissioni di gas serra, è responsabile di gran parte del *Global Warming*, o surriscaldamento climatico, che sta interessando oggi la Terra: le temperature terrestri sono cambiate sulle terre emerse, sugli oceani, in troposfera e nella bassa stratosfera, invariabilmente nella direzione di un riscaldamento globale che è senza precedenti per la sua entità e velocità.

Il peso delle attività umane sul clima è ancora oggetto di un acceso dibattito scientifico.

In questo capitolo si discuterà dell'effetto serra, ponendo l'accento sul contributo fornito dal trasporto aereo a questo fenomeno e sulle politiche internazionali di mitigazione per l'efficientamento dell'aviazione civile.

## 1.1 L'effetto serra e il Global Warming

L'**effetto serra** è un fenomeno atmosferico-climatico che indica la capacità di un pianeta di trattenere nella propria atmosfera parte dell'energia proveniente dal Sole, esso fa quindi parte dei complessi meccanismi di regolazione dell'equilibrio termico di un pianeta.

Questo fenomeno avviene grazie alla presenza in atmosfera di alcuni gas, detti appunto *gas serra*, che hanno come effetto globale quello di mitigare la temperatura dell'atmosfera terrestre, isolandola parzialmente dai grandi sbalzi termici a cui sarebbe soggetta in loro assenza.

Questi gas, infatti, per le proprie particolari proprietà molecolari-spettroscopiche, risultano trasparenti alla radiazione solare entrante ad onda corta, ma opachi alla radiazione infrarossa ad onda lunga, riemessa dalla superficie del pianeta riscaldata dai raggi solari diretti: i raggi solari a corta lunghezza d'onda penetrano facilmente nell'atmosfera raggiungendo in buona parte la superficie del pianeta Terra, dove vengono in parte riflessi ed in parte assorbiti dalla superficie e convertiti in calore. Il calore viene dissipato verso lo spazio sotto forma di irraggiamento infrarosso, secondo le leggi fondamentali dell'irradiazione elettromagnetica (legge del corpo nero di Planck, la legge di Stefan-Boltzmann e la legge di Wien).

L'interferenza dei gas serra (sotto forma di assorbimento o opacità) alla dissipazione della radiazione infrarossa terrestre comporta l'accumulo di energia termica in atmosfera e quindi l'innalzamento della temperatura superficiale, fino al raggiungimento di un punto di equilibrio termico-radiativo tra radiazione solare in arrivo e radiazione infrarossa in uscita.

Per dare un'idea dell'entità del fenomeno, in assenza di gas serra, a partire dall'equazione di equilibrio tra radiazione entrante e radiazione uscente, la temperatura superficiale media della Terra sarebbe di circa  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ , mentre, grazie alla presenza dei gas serra, il valore effettivo della temperatura risulta di circa  $+14\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ovvero molto al di sopra del punto di congelamento dell'acqua, e questo ha consentito lo sviluppo della vita così come la conosciamo.

L'inquinamento atmosferico, dovuto alla continua e crescente combustione di fonti fossili a scopo energetico, alla deforestazione tropicale, all'agricoltura industrializzata e all'estensione della zootecnia, determina un aumento dei gas serra in atmosfera, in particolare dell'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), del metano (CH<sub>4</sub>), dell'ossido di diazoto (N<sub>2</sub>O) e dell'ozono (O<sub>3</sub>), innalzando così l'effetto serra naturale di una componente antropica tutt'altro che trascurabile, dando origine ai cambiamenti climatici attuali sotto forma di riscaldamento globale.

### 1.1.1 I meccanismi dell'effetto serra

La Terra riceve energia dal Sole sotto forma di radiazione, distribuita su un ampio campo di lunghezze d'onda  $\lambda$ . Ogni corpo, infatti, emette radiazione elettromagnetica su uno spettro di lunghezze d'onda  $\lambda$ . La radiazione emessa da un corpo, come effetto della sua temperatura, è detta *radiazione termica*.

Un corpo che ha un'efficienza del 100% nell'assorbire l'energia che vi incide e un'efficienza del 100% nell'emettere energia radiante è detto *corpo nero*.

Se si ipotizza che lo spettro di emissione della radiazione solare sia simile a quello di un corpo nero, è possibile, attraverso la *legge di Wein*, calcolare la lunghezza d'onda alla quale si verifica la massima emissione radiativa del Sole. Secondo questa legge, la lunghezza d'onda  $\lambda_{max}$ , misurata in micrometri, in corrispondenza della quale si ha la massima emissione, è legata alla temperatura superficiale T del corpo, in gradi Kelvin, attraverso la relazione:

$$\lambda_{max} = \frac{2897}{T}$$

Poiché la temperatura superficiale del sole è di circa 5800 K, la massima emissione si ha per una lunghezza d'onda  $\lambda_{max}$  pari a 0.50  $\mu\text{m}$ , valore che cade nella regione delle lunghezze d'onda del visibile, comprese tra 0.40 e 0.75  $\mu\text{m}$  (400-750 nm).

Della radiazione solare complessiva che raggiunge la Terra, circa il 50% raggiunge la superficie, da cui viene assorbita, un altro 20% viene assorbito dai gas presenti dall'atmosfera (le radiazioni UV dall'ozono e dall'ossigeno biatomico e della stratosfera, quelle IR dalla CO<sub>2</sub> e dall'H<sub>2</sub>O) e dalle goccioline d'acqua ivi presenti. Il restante 30% viene riflesso verso lo spazio dalle nubi (*aerosol*), dalle superfici innevate e ghiacciate, dalle distese di sabbia e da altri corpi riflettenti senza essere assorbito (figura 1.1).

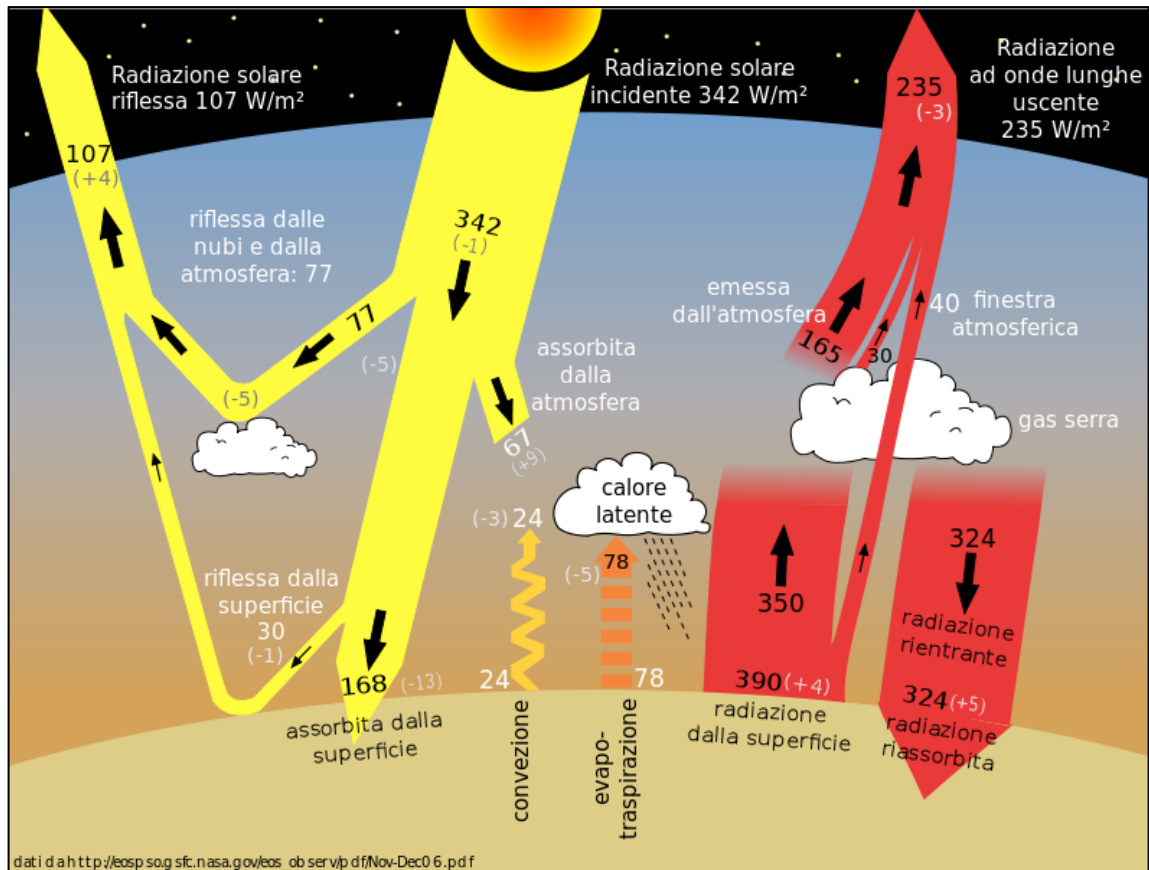


Figura 1.1 Il bilancio energetico terrestre

Affinché la temperatura di un corpo rimanga costante, è necessario che la quantità di energia assorbita da quest'ultimo sia uguale a quella emessa. Di conseguenza, per il principio dell'equilibrio termico, la Terra deve emettere in media lo stesso quantitativo di energia che assorbe. Tutta la radiazione emessa dalla Terra cade nello spettro dell'infrarosso, con una lunghezza d'onda superiore a 4  $\mu\text{m}$  (radiazione ad onda lunga) ed ha il massimo in corrispondenza di un valore compreso tra 10-15  $\mu\text{m}$  (figura 1.2).

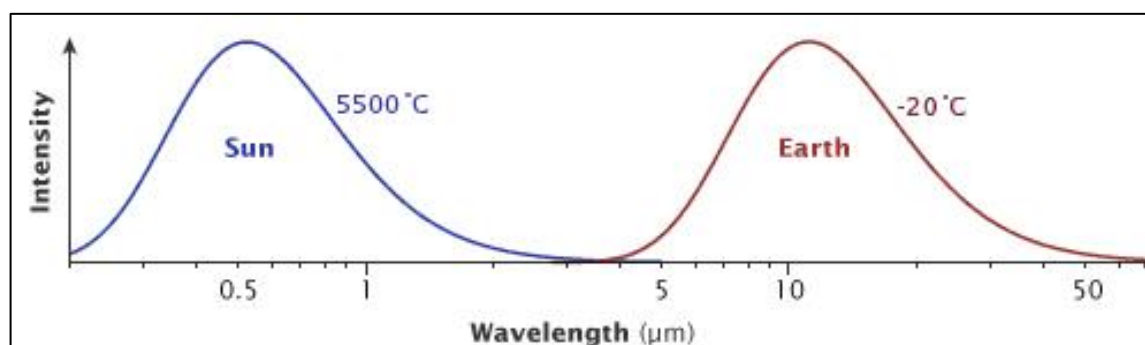


Figura 1.2 Spettri di emissione del Sole e della Terra in funzione della lunghezza d'onda

A causa dell'assorbimento da parte dei gas ad effetto serra presenti nell'atmosfera, non tutta la radiazione terrestre raggiunge lo spazio, ma viene trattenuta dalle molecole dei gas le quali la riemettono, in maniera casuale, in tutte le direzioni. Parte della radiazione viene quindi diretta nuovamente verso la superficie terrestre, andando a riscaldare la parte bassa dell'atmosfera e la superficie stessa.

Ciò fa sì che la temperatura terrestre sia più alta di quanto non sarebbe in assenza di atmosfera.

### 1.1.2 I gas effetto serra

I vari gas che formano l'atmosfera non contribuiscono tutti allo stesso modo per l'effetto serra, infatti molecole come quella di azoto ( $N_2$ ) o ossigeno ( $O_2$ ), che costituiscono il 98% della nostra atmosfera, non sono capaci di assorbire molta radiazione.

I gas migliori per l'effetto serra sono quelli che hanno una struttura molecolare asimmetrica, in generale, quindi, tutti i gas biatomici che si trovano nell'atmosfera non sono buoni gas serra. Caso particolare è l'anidride carbonica ( $CO_2$ ), che pur avendo una struttura lineare (con i tre atomi in fila O-C-O) e quindi non avendo un elevato "potenziale serra", è tuttavia molto più abbondante in atmosfera rispetto ad altri gas a maggior potenziale.

I gas serra possono essere di origine sia naturale che antropica e assorbono ed emettono a specifiche lunghezze d'onda nello spettro della radiazione infrarossa.

I principali gas serra sono:

- Vapore acqueo ( $H_2O$ );
- Anidride carbonica o biossido di carbonio ( $CO_2$ );
- Metano ( $CH_4$ );
- Protossido di azoto ( $N_2O$ );
- Esafluoruro di zolfo ( $SF_6$ );
- Idrofluorocarburi (HFC);
- Perfluorocarburi (PFC);
- Ozono ( $O_3$ ).

Il gas serra più importante e presente in atmosfera è il vapore acqueo, che contribuisce per i 2/3 all'effetto serra totale. Questo gas però non compare tra quelli elencati nelle negoziazioni internazionali sul cambiamento climatico (come nel *Protocollo di Kyoto*, di cui si discuterà

più avanti), in quanto la sua concentrazione dipende dalla temperatura e da altri effetti meteorologici non controllabili dall'uomo.

Anche l'ozono non compare tra i gas da tenere sotto osservazione ai fini del controllo del surriscaldamento globale: esso nella stratosfera funge da filtro verso le radiazioni ultraviolette provenienti dal Sole, mentre nella troposfera si comporta da gas serra, ma il suo contributo risulta essere minimo.

Esiste poi una classe di gas, i cosiddetti gas ad effetto serra indiretti, che fungono da precursori di gas serra in quanto si trasformano in ozono, in seguito a trasformazioni chimiche. Appartengono a questa classe alcuni prodotti provenienti dalla combustione di combustibili fossili come il gruppo degli ossidi azoto (NO<sub>x</sub>), il monossido di carbonio (CO), l'anidride solforosa (SO<sub>2</sub>) e i composti organici volatili non metanici (NMVOC).

I gas serra, e di conseguenza la loro capacità di alterare il bilancio energetico terrestre, si differenziano fra loro per due aspetti: il *forzante radiativo* (*Radiative Forcing, R*), espresso in W/m<sup>2</sup>, ovvero il fattore di assorbimento dell'energia irradiata, e il *tempo di persistenza medio in atmosfera*, in anni.

Il primo aspetto riguarda la capacità di intrappolare l'energia che va dalla Terra verso lo spazio, il secondo il fatto che diversi gas hanno un diverso tempo di decadimento.

Per poter rendere possibile il confronto tra gas con differenti caratteristiche, è stato sviluppato un metodo che permette di valutare i diversi gas evidenziando il loro potenziale di riscaldamento globale (*Global Warming Potential* o *GWP*), tenendo conto sia del tempo di permanenza in atmosfera che del potenziale di assorbimento.

Il GWP è la misura dell'effetto serra relativo di un gas. L'indice tiene conto degli effetti cumulati (in un dato periodo di tempo) di un'unità di gas emessa, utilizzando come gas di riferimento l'anidride carbonica. Il periodo di valutazione convenzionalmente considerato è di 100 anni.

Il GWP è espresso come un numero indice: se si afferma che, utilizzando un secolo come base di riferimento, il GWP del metano è pari a 21, significa che gli effetti in termini di riscaldamento globale, valutati cumulativamente per 100 anni, di una molecola di metano emessa oggi, saranno 21 volte maggiori di una unità corrispondente di anidride carbonica.

I GWP sono calcolati dall'*Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), l'organo costituito nel 1988 dall'Onu con l'obiettivo di valutare le informazioni scientifiche, tecniche e socio-economiche dei cambiamenti climatici, il loro potenziale impatto e le opzioni per l'adattamento agli stessi o la loro mitigazione.



Utilizzando il GWP, è possibile calcolare l'emissione equivalente di CO<sub>2</sub> (CO<sub>2e</sub>) riferita all'emissione reale di qualsiasi gas serra la seguente formula:

$$CO_{2e} = \text{quantità emessa di gas serra } i * GWP_i$$

Di seguito si riportano i Global Warming Potential per i principali gas serra (tabella 1.1):

Gas	Formula chimica	Tempo di permanenza in atmosfera (anni)	Efficienza radiativa (W m <sup>-2</sup> ppb <sup>-1</sup> )	Potenziale di riscaldamento globale (GWP) per un dato orizzonte temporale (anni)		
				20	100	500
Anidride carbonica	CO <sub>2</sub>		1,4*10 <sup>-5</sup>	1	1	1
Metano	CH <sub>4</sub>	12	3,7*10 <sup>-4</sup>	72	25	7,6
Protossido di azoto	N <sub>2</sub> O	114	3,03*10 <sup>-3</sup>	289	298	153
Esafluoruro di zolfo	SF <sub>6</sub>	3200	0,52	16.300	22.800	32.600
<b>Idrofluorocarburi</b>						
HFC-23	CHF <sub>3</sub>	270	0,19	12.000	14.800	12.200
HFC-32	CH <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	4,9	0,11	2.330	675	205
<b>Perfluorati</b>						
PCF-218	C <sub>3</sub> F <sub>8</sub>	2.600	0,26	6.310	8.830	12.500
PCF-318	c-C <sub>4</sub> F <sub>8</sub>	3.200	0,32	7.310	10.300	14.700

*Tabella 1.1 Global Warming Potential per i principali gas serra (IPCC 2007)*

Le sostanze e i processi naturali e antropogenici che alterano il bilancio energetico della Terra sono i driver del cambiamento climatico. Il forzante radiativo, come è già stato accennato, misura la variazione dei flussi di energia causata dai cambiamenti di questi driver. RF positivi portano ad un riscaldamento della superficie terrestre, RF negativi portano invece a un suo raffreddamento. Il forzante radiativo è stimato sulla base di osservazioni in-situ e a distanza, sulla base delle proprietà dei gas serra e degli aerosol, e sulla base di modelli numerici in grado di rappresentare i processi osservati.

Il forzante radiativo totale è positivo ed ha portato a un assorbimento di energia da parte del sistema climatico. Il più grande contributo al forzante radiativo totale è dovuto a un aumento della concentrazione atmosferica di CO<sub>2</sub> dal 1750.

Il forzante radiativo totale antropogenico per il 2011 rispetto al 1750 è 2,29 W/m<sup>2</sup> ed è aumentato più rapidamente dal 1970 che nel corso dei decenni precedenti. La migliore stima del forzante radiativo totale antropogenico per il 2011 è del 43% più alta di quella riportata nel rapporto di valutazione dell'IPCC del 2005 (IPCC 2013).

Di seguito si riporta una tabella rappresentante le stime del forzante radiativo nel 2011 rispetto al 1750 e le incertezze aggregate per i principali driver del cambiamento climatico (tabella 1.2):

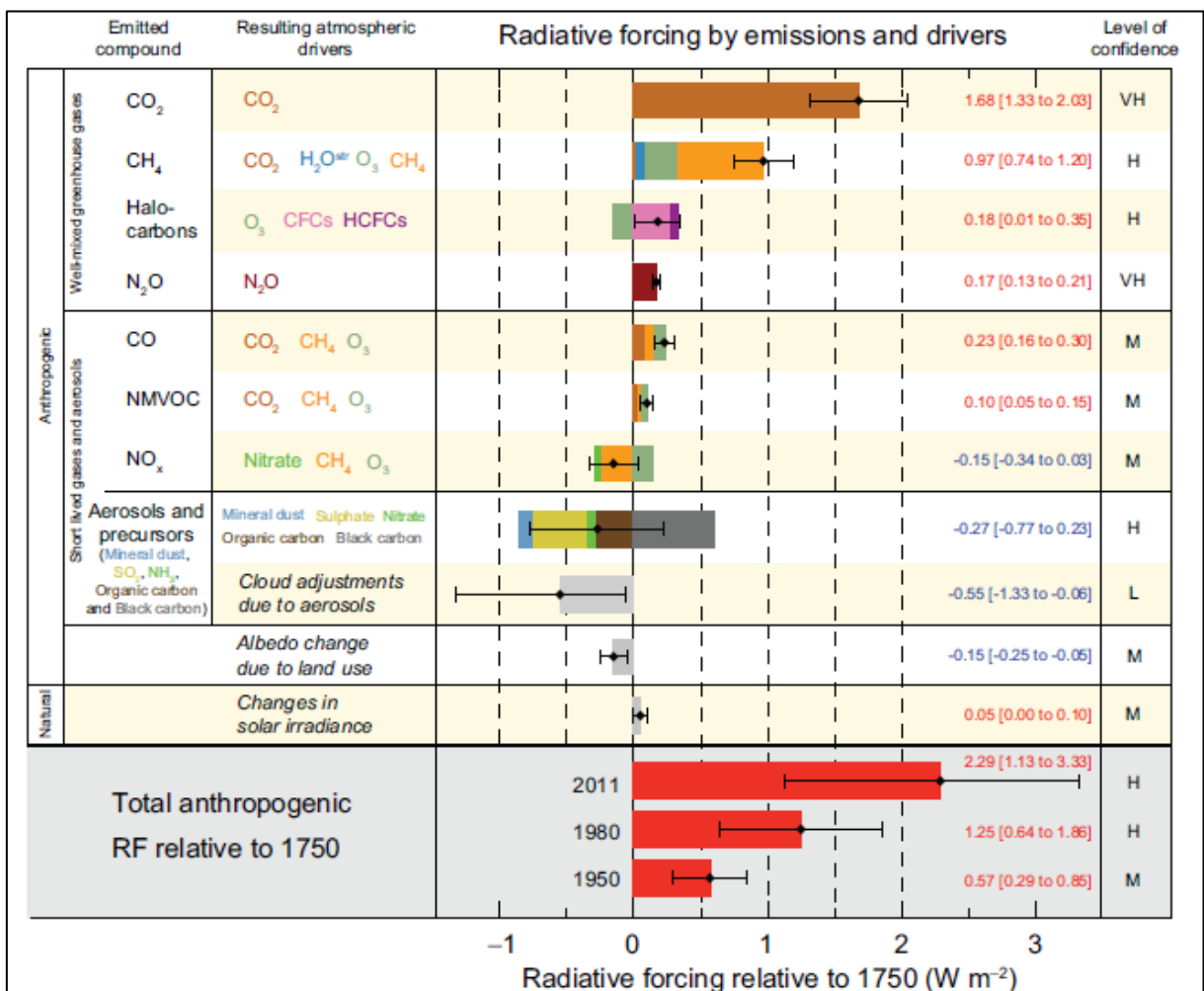


Tabella 1.2 Valori stimati di forzante radiativo (IPCC 2013)

I valori rappresentano il forzante radiativo medio globale, suddiviso sulla base dei composti emessi o dei processi che danno origine a una combinazione di driver.

Le stime migliori del forzante radiativo netto sono mostrate come rombi neri insieme agli intervalli di incertezza corrispondenti. I valori numerici sono forniti sulla destra della figura, insieme al livello di confidenza del forzante netto (VH - molto alto, H - alto, M - medio, L - basso, VL - molto basso).

Il forzante radiativo antropogenico totale è fornito per tre diversi anni rispetto al 1750.

Si riporta ora una breve descrizione di ciascuno dei gas serra sopra citati, direttamente responsabili dell'aumento dell'effetto serra globale e quindi soggetti a regolamentazione.

- **Anidride carbonica (CO<sub>2</sub>)**

L'anidride carbonica è il più importante gas serra prodotto dell'attività umana.

Essa interagisce con l'atmosfera sia per cause naturali che per cause antropiche.

I quattro serbatoi naturali della CO<sub>2</sub> sono: gli oceani (che costituiscono il maggior serbatoio di carbonio del pianeta), i sedimenti (che includono anche i combustibili fossili), la biosfera terrestre (che include solitamente i sistemi di acqua dolce) e l'atmosfera.

Gli ecosistemi derivano gran parte della loro anidride carbonica dall'atmosfera. Alcuni organismi, come le piante, hanno la capacità di assorbire l'anidride carbonica: questi organismi, grazie alla fotosintesi, combinano anidride carbonica e acqua in presenza dell'energia solare, per trasformare le molecole di carbonio in molecole di glucosio e poi ancora in molecole più complesse.

Si possono individuare delle variazioni annuali della concentrazione di CO<sub>2</sub> atmosferica: durante l'inverno si verifica un aumento della concentrazione dovuto al fatto che nelle piante a foglia caduca prevale la respirazione, mentre durante l'estate la concentrazione di CO<sub>2</sub> atmosferica diminuisce per l'aumento totale della fotosintesi.

L'anidride carbonica è invece emessa dagli ecosistemi attraverso la respirazione di piante e animali.

Gli oceani hanno un ruolo fondamentale nel bilancio del carbonio: costituiscono una vera e propria riserva di carbonio sotto forma di ione bicarbonato e contengono quantità enormi di CO<sub>2</sub>, fino al 79% di quella naturale. Gli oceani possono rilasciare o assorbire anidride carbonica, in quanto è solubile in acqua, svolgendo così un ruolo di equilibratori. L'incremento di temperatura dell'acqua diminuisce la solubilità del biossido di carbonio,

pertanto l'aumento della temperatura degli oceani sposta CO<sub>2</sub> dal mare all'atmosfera, mentre una sua diminuzione fa avvenire il contrario.

Questo bilancio naturale, in assenza di attività antropica, in prima approssimazione, è sempre in pareggio. Esso coinvolge valori di emissione e assorbimento maggiori delle emissioni antropiche. Tuttavia, per quanto piccole rispetto al totale, le emissioni antropiche sono sufficienti a squilibrare l'intero sistema.

L'anidride carbonica si va così accumulando nell'atmosfera, in quanto i processi di assorbimento non riescono a compensare del tutto il flusso entrante di carbonio.

Le emissioni legate all'attività umana sono dovute all'uso di energia fossile, ossia petrolio, carbone e gas naturale, la restante parte, invece, è dovuta a fenomeni di deforestazione e cambiamenti d'uso delle superfici agricole.

Per dare un'indicazione molto sintetica si può affermare che le emissioni complessive di anidride carbonica per fonti non legate all'attività umana sono circa 150 GtC/anno (giga tonnellate di carbonio all'anno), quelle invece legate alle attività umane sono tra i 6 e gli 8.2 GtC/anno. Il contributo della deforestazione è peraltro molto incerto ed oggi al centro di molti dibattiti: le stime indicano valori compresi tra un massimo di 2 ad un minimo di 0.6 GtC/anno (IPCC 2001).

Per quanto concerne la persistenza media, in anni, della CO<sub>2</sub> in atmosfera, l'IPCC considera un intervallo compreso tra i 50 e i 200 anni, a seconda del mezzo di assorbimento.

La concentrazione globale di anidride carbonica è cresciuta da un valore pre-industriale di circa 280 ppm ad un valore di 379 ppm nel 2005. La concentrazione atmosferica di anidride carbonica nel 2005 supera notevolmente il range naturale degli ultimi 650000 anni (da 180 a 300 ppm), come determinato dall'analisi delle carote di ghiaccio. Il tasso annuo di crescita della concentrazione di anidride carbonica negli ultimi dieci anni è stato il più alto da quando sono iniziate le misure dirette in continuo sull'atmosfera, nonostante vi sia una variabilità da un anno all'altro nei tassi di crescita (IPCC 2007).

La fonte principale dell'incremento della concentrazione atmosferica di anidride carbonica rispetto al periodo pre-industriale deriva dall'uso dei combustibili fossili e dai cambiamenti di uso del suolo, anche se questi ultimi apportano un contributo minore, ma pur sempre significativo. Le emissioni annue di biossido di carbonio fossile sono cresciute da una media di 6.4 GtC all'anno durante gli anni novanta, a 7.2 GtC all'anno nel periodo 2000-2005. Le

stime delle emissioni di anidride carbonica associate al cambiamento di uso del suolo sono 1.6 GtC all'anno dopo gli anni novanta, sebbene queste stime abbiano un elevato grado di incertezza (IPCC 2007).

- **Metano (CH<sub>4</sub>)**

Il metano è il prodotto della degradazione di materiale organico in ambiente anaerobico.

La sua capacità nel trattenere il calore è 30 volte maggiore a quella dell'anidride carbonica.

Le principali fonti di metano sono i terreni paludosi, le risaie, la fermentazione del concime organico, la combustione delle biomasse, la produzione e la distribuzione di gas naturale e l'estrazione del carbone, per un incremento dello 0.6% annuo.

E' da rilevare il forte aumento delle emissioni di metano da parte delle discariche, inoltre si è avuto un aumento delle emissioni provenienti dal settore energetico e una diminuzione di quelle provenienti dal settore agricolo.

La concentrazione atmosferica globale di metano è cresciuta da un valore pre-industriale di circa 715 ppb a 1732 ppb nei primi anni novanta, ed ha raggiunto un valore di 1774 ppb nel 2005. La concentrazione atmosferica di metano del 2005 eccede abbondantemente il range naturale degli ultimi 650000 anni (da 320 a 790 ppb). I tassi di crescita sono diminuiti a partire dai primi anni novanta, consistentemente con le emissioni totali (somma delle sorgenti antropogeniche e naturali), che sono rimaste quasi costanti durante questo periodo. L'incremento osservato della concentrazione di metano è dovuto perlopiù alle attività antropiche, principalmente l'agricoltura e l'uso dei combustibili fossili, ma i contributi relativi delle diverse tipologie di sorgenti non sono stati ancor ben determinati (IPCC 2007).

- **Protossido di azoto (N<sub>2</sub>O)**

Il protossido di azoto ha una bassa concentrazione in atmosfera, ma possiede una elevata capacità di agire quale gas serra: una molecola di protossido di azoto è circa 200 volte più efficiente di una molecola di anidride carbonica nel produrre riscaldamento globale e, per di più, ha una elevata persistenza atmosferica (circa 120 anni), che lo rende particolarmente pericoloso, soprattutto nel lungo periodo.

Più di un terzo di tutte le emissioni di protossido di azoto sono antropogeniche e principalmente dovute all'agricoltura, in particolare all'utilizzo di fertilizzanti azotati.

La concentrazione atmosferica globale di protossido di azoto è cresciuta da un valore pre-industriale di circa 270 ppb a 319 ppb nel 2005. Il tasso di crescita è rimasto approssimativamente costante dal 1980 (IPCC 2007).

- **Esafluoruro di zolfo (SF<sub>6</sub>)**

L'esafluoruro di zolfo è un gas ad effetto serra che viene utilizzato nell'industria elettrica come isolante. Un'altra fonte di emissione è data dalle fonderie di magnesio.

Le stime e le ipotesi su questo gas sono circondate da profonde incertezze.

Un elemento assai controverso riguarda la valutazione del potenziale di riscaldamento globale. L'SF<sub>6</sub> ha una persistenza atmosferica di 3200 anni e il suo GWP, misurato a 100 anni, è uguale a 23900, un valore considerevole che rende questo gas degno di attenzione, anche se le quantità, in senso assoluto, sono piccole in confronto all'anidride carbonica.

- **Alocarburi**

Tra questi gas i più conosciuti sono i clorofluorocarburi (CFC), gli idrofluorocarburi (HFC) e i perfluorocarburi (PFC). Sono dei composti chimici a base di carbonio, ma che contengono anche cloro, fluoro, iodio o bromo.

La concentrazione di questi gas in atmosfera è molto bassa, ma il loro potenziale di riscaldamento è da 3000 a 13000 volte superiore della CO<sub>2</sub>.

Gli alocarburi non derivano da processi naturali: la loro presenza in atmosfera è attribuibile per la maggior parte alle attività umane.

Fino alla metà degli anni '70, i CFC erano largamente impiegati come propellenti per le bombolette spray, nei solventi e in alcuni collanti.

Nel 1987, siglando il Protocollo di Montreal, le nazioni del mondo hanno stretto un accordo per ridurre drasticamente l'uso di questi gas perché considerati lesivi dell'ozono atmosferico.

I CFC sono stati in gran parte sostituiti dagli HFC, meno dannosi per l'ozono ma comunque nocivi per l'effetto serra, poiché contribuiscono al riscaldamento globale.

Oltre ad essere molto potenti, questi gas permangono in aria per periodi molto lunghi, fino a 400 anni.

### **1.1.3 Il surriscaldamento globale**

Secondo la prima parte del quinto rapporto dell'IPCC (2013), il riscaldamento globale è un dato inequivocabile: esso risulta evidente dall'incremento delle temperature medie globali

dell'aria e degli oceani, dallo scioglimento della neve e del ghiaccio e dall'innalzamento del livello medio globale del mare.

A livello continentale, regionale e degli oceani, sono stati osservati numerosi mutamenti a lungo termine.

Tra questi vi sono i cambiamenti delle temperature artiche e della quantità di ghiaccio presente su tale continente, dell'entità delle precipitazioni, della salinità degli oceani, dei percorsi del vento e di alcuni aspetti delle condizioni climatiche estreme (siccità, piogge torrenziali, ondate di calore e intensità dei cicloni tropicali).

Nell'immagine seguente (figura 1.3) sono riportati i cambiamenti osservati di temperatura media globale alla superficie, del livello del mare medio globale e della copertura nevosa dell'emisfero Nord.

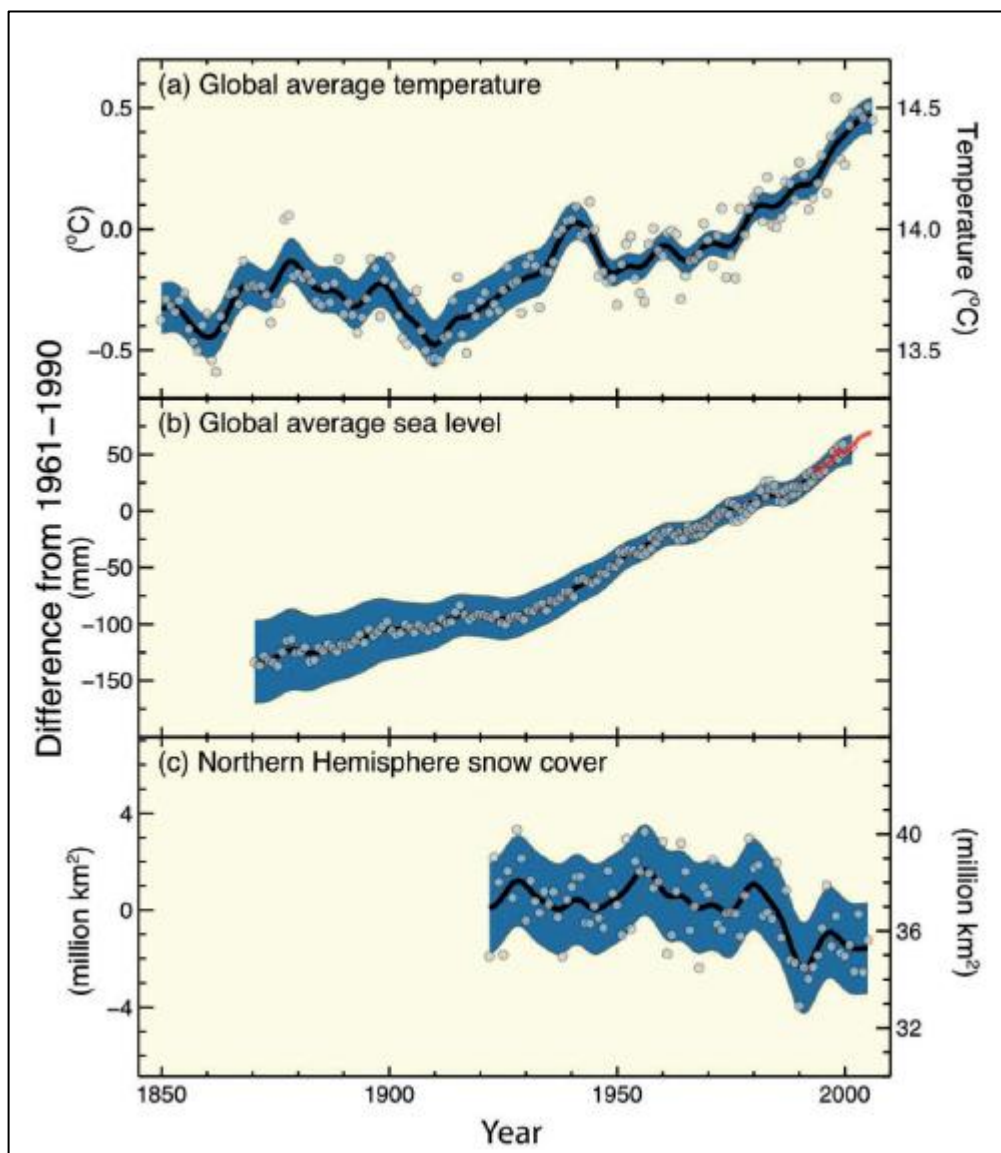
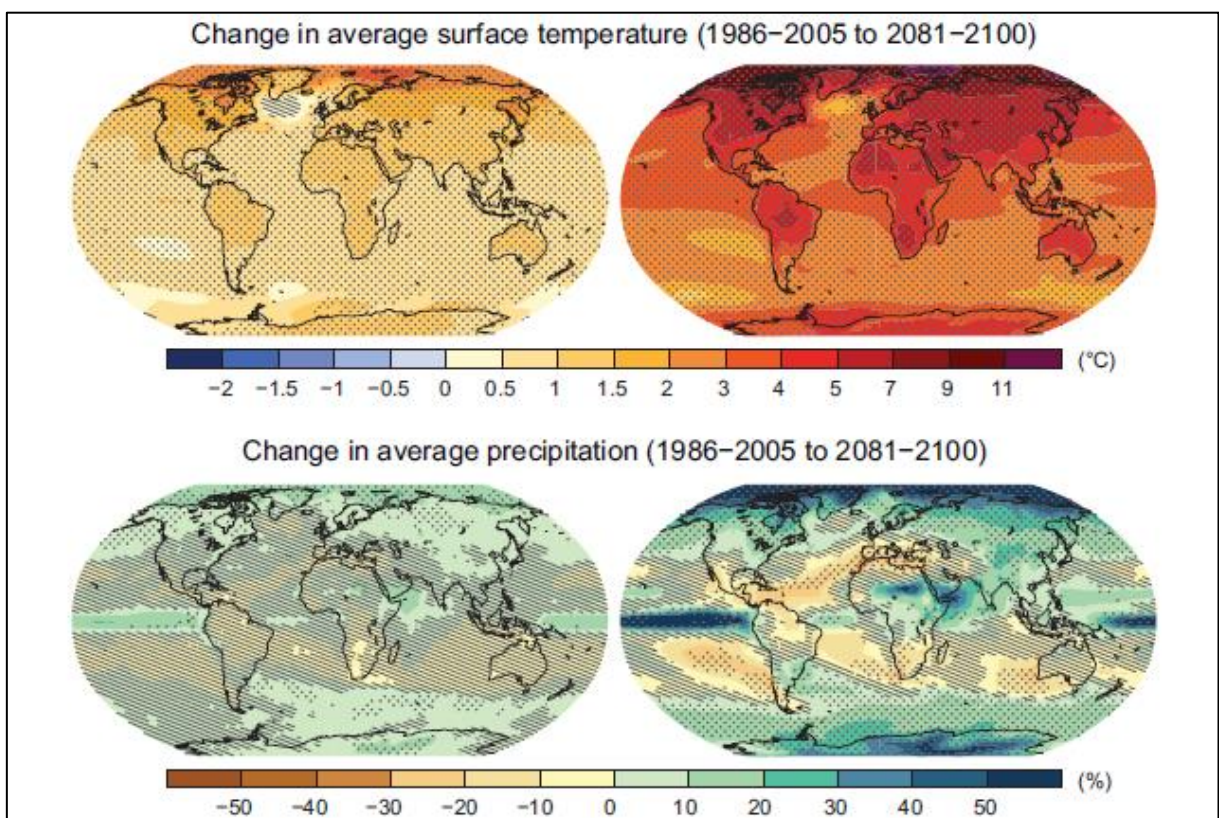


Figura 1.3 Variazioni della temperatura, del livello del mare e della copertura nevosa dell'Emisfero Nord (IPCC 2013)



Le informazioni dedotte da studi paleoclimatici affermano che, nell'emisfero nord, la temperatura media dell'ultima metà del secolo XX è molto probabilmente (probabilità maggiore del 90%) la più elevata mai registrata, non solo rispetto a tutte le temperature medie registrate negli ultimi 500 anni, ma forse addirittura (con probabilità maggiore del 66%) rispetto a quelle registrate negli ultimi 1300 anni. Inoltre, il livello medio globale dei mari nell'ultimo periodo interglaciale (125000 anni fa) era probabilmente 4-6 m superiore a quello del XX secolo. Ciò era dovuto soprattutto al ritiro dei ghiacci polari. I dati ottenuti dall'analisi delle carote di ghiaccio indicano che la temperatura polare media a quel tempo era di 3-5°C superiore alla presente, a causa della differente orbita terrestre (IPCC 2013).

Se le emissioni di gas serra continueranno, ai valori attuali o superiori, è previsto un aumento del riscaldamento globale, con cambiamenti nel sistema climatico globale del XXI secolo molto probabilmente (probabilità maggiore del 90%) superiori a quelli osservati nel XX secolo. Il rapporto, tenendo conto degli scenari di emissioni più probabili (*Special Report on Emission Scenarios*), afferma che per i prossimi vent'anni è previsto un riscaldamento di 0,2°C ogni dieci anni. Tutte le proiezioni che considerano la complessità degli scenari prevedono che la temperatura media globale superficiale atmosferica nel 2100 potrebbe variare in un range tra 1,1 e 6,4°C.

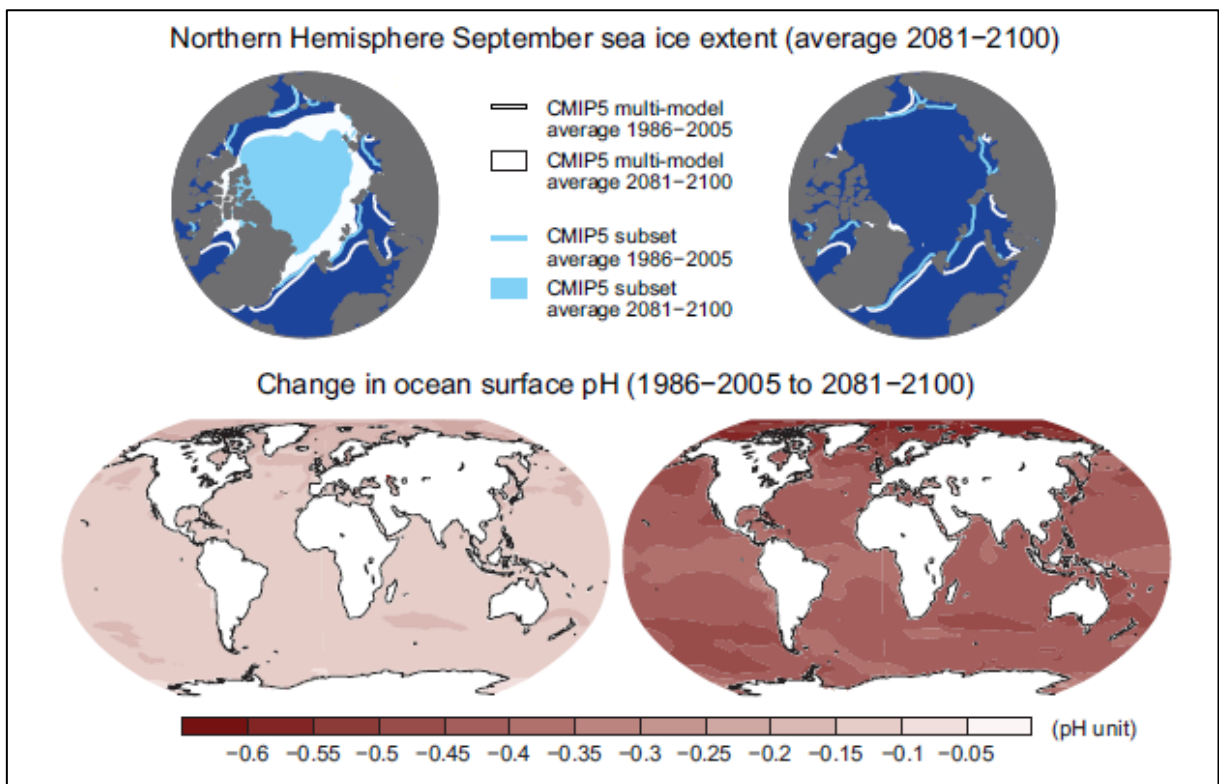


**Figura 1.4** *Variazione della temperatura superficiale media annuale e variazione media percentuale delle precipitazioni medie annuali, cambiamenti rispetto al periodo 1986-2005 e 2081-2100 (IPCC 2013)*



In maniera similare, le proiezioni prevedono che il livello medio globale del mare, nel 2100, potrebbe variare in un range tra 0,19 e 0,58 m.

Il ghiaccio marino si ridurrà sia nell'Artico che nell'Antartico ed è molto probabile che gli estremi di calore, le onde di calore e gli eventi di intensa precipitazione diverranno più frequenti.



**Figura 1.5** Estensione del ghiaccio marino dell'emisfero settentrionale a settembre e variazioni di pH dell'oceano superficiale, cambiamenti rispetto al periodo 1986-2005 e 2081-2100 (IPCC 2013)

La sensibilità del ciclo idrologico alla variazione della temperatura e delle precipitazioni comporterà significative modificazioni nell'umidità del suolo, nello scorrimento superficiale dell'acqua, nella portata dei fiumi e dei laghi. Questo esporrà gli ecosistemi e le comunità umane a sostanziali cambiamenti nella disponibilità di acqua, nella qualità della stessa e nel rischio di alluvioni e siccità.

Il cambiamento climatico creerà poi significativi disequilibri negli ecosistemi per lunghi periodi di tempo e questo porterà una riduzione della biodiversità.

Cambiamenti nella distribuzione di animali e piante sono già stati osservati e continueranno negli anni a venire, con spostamenti di 400-600 chilometri verso Nord per un aumento di soli pochi gradi centigradi. Laddove questi spostamenti non fossero possibili, o risultassero troppo lenti rispetto alle modifiche del clima, i cambiamenti climatici potrebbero minacciare o danneggiare in maniera irreversibile alcuni sistemi e alcune specie.

Molte aree costiere sperimenteranno poi un aumento dell'invasione delle acque marine, dell'erosione e della salinizzazione delle falde. Il rischio è particolarmente alto nelle aree tropicali e subtropicali.

Infine, per quanto riguarda la salute umana, la modifica delle condizioni climatiche potrebbe comportare l'aumento dei decessi dovuti ad ondate di caldo, l'aumento della frequenza e dell'intensità di eventi climatici estremi come alluvioni e cicloni con le relative conseguenze, una maggiore diffusione di malattie come la malaria (nel 2080 dai 260 ai 320 milioni di persone che oggi vivono in aree non a rischio saranno esposte a questa malattia).

I cambiamenti previsti varieranno in maniera significativa tra le varie regioni del globo. Particolarmente gravi saranno le conseguenze per i Paesi in via di sviluppo, i più vulnerabili anche per effetto delle loro ridotte capacità di adattamento. Nel settore agricolo, ad esempio, i Paesi in via di sviluppo rischiano di andare incontro a crescenti incertezze per quanto riguarda la disponibilità di cibo e persino a un aumento della frequenza e della durata delle carestie. La ridotta disponibilità di cibo potrebbe far crescere la migrazione di popolazioni alla ricerca di territori più idonei allo sviluppo di condizioni normali di vita. Per i Paesi industrializzati, gli impatti più significativi riguarderanno l'intensità e la frequenza degli eventi estremi, il ciclo idrologico e la disponibilità di acqua, la salute. L'esperienza di alcuni eventi estremi recenti suggerisce che, per le aree urbane, i processi di adattamento potrebbero risultare costosi e comportare elevati costi sociali.

Il quadro degli impatti previsti risulta particolarmente critico per l'Italia, che soffre peraltro di condizioni di dissesto idrogeologico del territorio, che compromettono la capacità di rigenerazione delle sue risorse, nonché la sua capacità di mitigare gli effetti di eventi climatici estremi. Le analisi più recenti delle serie meteorologiche effettuata dal CNR (*Consiglio Nazionale delle Ricerche*) mettono infatti in evidenza che, già oggi, l'andamento dei principali parametri climatici risulta in linea con quello riscontrato a livello globale e previsto dall'IPCC per il 21° secolo.

In generale, il clima italiano sta infatti diventando più caldo e più secco, in particolare nel Sud, a partire dal 1930. Nello stesso tempo, in tutta l'Italia settentrionale, l'intensità delle precipitazioni è andata crescendo negli ultimi 60-80 anni, con un aumento del rischio di alluvioni in questa regione, in particolare nella stagione autunnale quando il rischio di alluvioni è massimo.

#### 1.1.4 Il Protocollo di Kyoto

Il protocollo di Kyoto, che fa seguito alla Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici (UNFCCC), è uno dei più importanti strumenti giuridici internazionali volti a combattere i cambiamenti climatici. Esso, sottoscritto nella città giapponese di Kyoto l'11 dicembre 1997 da più di 160 paesi, contiene gli impegni dei paesi industrializzati a ridurre le emissioni di alcuni gas ad effetto serra, responsabili del riscaldamento del pianeta.

Nel 1991, il Consiglio europeo ha autorizzato la Commissione europea a partecipare, a nome della Comunità europea, ai negoziati della Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici, tenutasi a Rio De Janeiro nel 1992.

La Convenzione Quadro è stata ratificata dalla Comunità europea il 15 dicembre 1993 ed è entrata in vigore il 21 marzo 1994.

La Convenzione Quadro ha contribuito notevolmente alla definizione di principi chiave in materia di lotta internazionale ai cambiamenti climatici: essa definisce il principio di “responsabilità comuni ma differenziate” e ha contribuito ad una maggiore sensibilizzazione dei cittadini di tutto il mondo ai problemi collegati ai cambiamenti climatici.

Tuttavia, la Convenzione non contiene gli impegni quantificati e dettagliati di ciascun Paese in termini di riduzione delle emissioni di gas a effetto serra.

Nella prima conferenza delle parti, svoltasi a Berlino nel marzo 1995, le parti contraenti della Convenzione hanno quindi deciso di negoziare un protocollo contenente misure atte a ridurre le emissioni nei paesi industrializzati per il periodo successivo all'anno 2000.

Dopo lunghi lavori preparatori, l'11 dicembre 1997 è stato redatto, nella città giapponese a Kyoto, il **Protocollo di Kyoto**.

Affinché il trattato entrasse in vigore si richiedeva che fosse ratificato da almeno 55 nazioni firmatarie e che la somma delle emissioni inquinanti arrivasse almeno al 55%. Tale condizione è stata raggiunta nel 2004 con l'adesione della Russia, responsabile del 17,6% delle emissioni.

I gas serra soggetti a limitazione all'interno del Protocollo di Kyoto sono sei e sono i seguenti:

- Biossido di carbonio (CO<sub>2</sub>);
- Metano (CH<sub>4</sub>);
- Protossido di azoto (N<sub>2</sub>O);
- Idrofluorocarburi (HFC);
- Perfluorocarburi (PFC);
- Esafluoro di zolfo (SF<sub>6</sub>).

Esso rappresenta un importante passo in avanti nella lotta contro il riscaldamento planetario, perché contiene obiettivi vincolanti e quantificati di limitazione e riduzione dei gas ad effetto serra.

Globalmente, il trattato prevedeva l'obbligo, da parte dei paesi industrializzati, di operare una riduzione delle emissioni di gas effetto serra nel periodo 2008-2012 di una percentuale non inferiore al 5% rispetto alle emissioni registrate nel 1990, considerato come anno base.

L'allegato B del protocollo contiene gli impegni quantificati sottoscritti dagli Stati contraenti. Per quanto riguarda l'Unione Europea, tra il 2008 e il 2012, gli Stati che erano membri dell'UE prima del 2004 si sono impegnati a ridurre collettivamente le loro emissioni di gas ad effetto serra dell'8%. L'accordo, stabilito sulla base delle condizioni economiche e della struttura industriale di ogni paese, prevedeva per la maggior parte di essi la riduzione delle emissioni, per altri l'aumento fino a un valore limite, e infine per alcuni il mantenimento delle emissioni allo stesso livello del 1990.

L'Italia si era prefissata l'obiettivo di ridurre le proprie emissioni del 6,5%, come mostrato in figura 1.6:

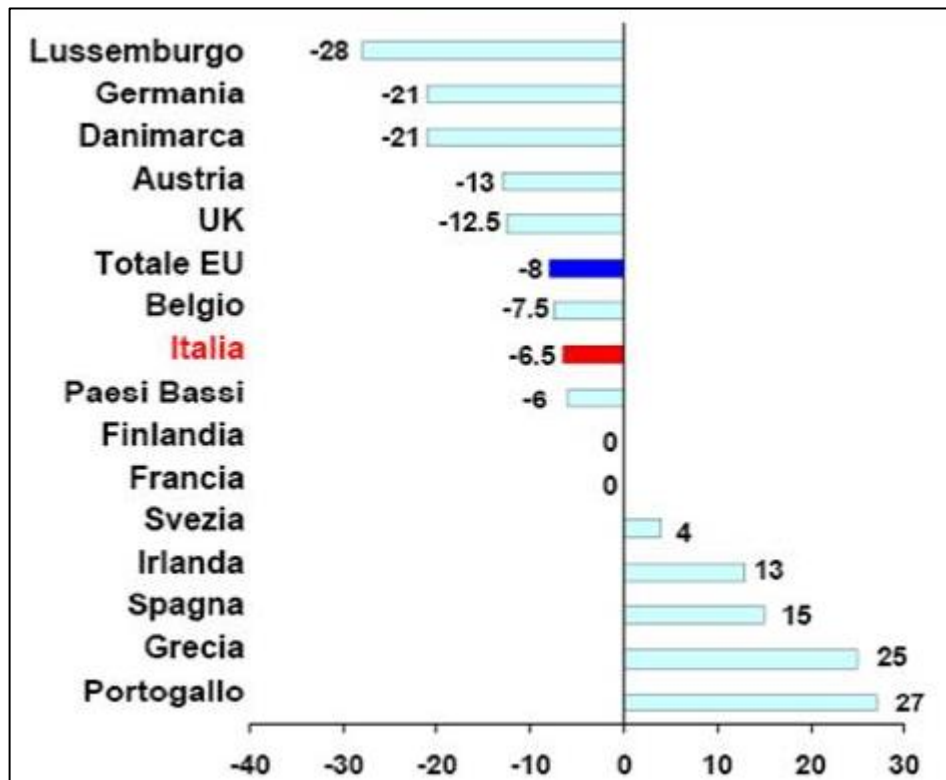


Figura 1.6 Target di riduzione relativi al livello di emissione del 1990 che si sarebbero dovuti raggiungere nel periodo 2008-2012

Gli Stati membri che hanno aderito all'UE dopo il 2004 si sono impegnati anch'essi a ridurre le loro emissioni dell'8 %, ad eccezione della Polonia e dell'Ungheria, che si sono impegnati per una riduzione del 6 %, e di Malta e Cipro, che non figurano tra i Paesi aventi l'obiettivo di ridurre le proprie emissioni di gas serra.

Secondo l'ISPRA (*Istituto Superiore per la Protezione e Ricerca Ambientale*), l'Italia, che, come è già stato detto, avrebbe dovuto ridurre le proprie emissioni medie, nel quinquennio 2008-2012, del 6,5% rispetto ai valori registrati nel 1990, si è fermata ad una riduzione del 4,6% (dato del 2013).

Discorso diverso rappresenta l'Unione Europea nel suo complesso: le emissioni di gas serra nel 2012 sarebbero diminuite del 18% rispetto alle emissioni del 1990 e la Comunicazione ufficiale della Commissione Europea del 22 gennaio 2014 prevede che esse saranno ridotte del 24% entro il 2020 e del 32% entro il 2030, sulla base delle politiche già decise.

Tra i paesi che non hanno voluto ratificare il Protocollo figurano in maniera rilevante gli Stati Uniti, responsabili del 36% delle emissioni totali di biossido di carbonio.

In principio, il presidente Bill Clinton aveva firmato il protocollo, durante gli ultimi mesi del suo mandato, ma George W. Bush, poco tempo dopo il suo insediamento alla Casa Bianca, ritirò l'adesione, inizialmente sottoscritta e promessa in campagna elettorale.

Alcuni stati e grandi municipalità americane, come Chicago e Los Angeles, stanno studiando la possibilità di emettere provvedimenti che permettano a livello locale di applicare il trattato. Anche se il provvedimento riguardasse solo una parte del paese, non sarebbe un evento insignificante: regioni come il New England, da sole, producono tanto biossido di carbonio quanto un grande paese industrializzato europeo come la Germania.

I Paesi in via di sviluppo, al fine di non ostacolare la loro crescita economica frapponendovi oneri per essi particolarmente gravosi, non sono stati invitati a ridurre le loro emissioni. L'Australia, che aveva firmato ma non ratificato il protocollo, lo ha ratificato il 2 dicembre 2007.

L'India e la Cina, che hanno ratificato il protocollo, non sono state tenute a ridurre le emissioni di anidride carbonica nel quadro del presente accordo, nonostante la loro popolazione relativamente grande. Cina, India e altri Paesi in via di sviluppo sono stati esonerati dagli obblighi del protocollo di Kyoto, perché essi non sono stati tra i principali responsabili delle emissioni di gas serra durante il periodo di industrializzazione che si crede stia provocando oggi il cambiamento climatico.

## 1.2 Contributo del trasporto aereo al cambiamento climatico

Gli aeroporti, oggi, rappresentano strutture complesse, sulle quali si concentrano interessi economici, sociali e strategici di notevole importanza.

Essi sono, infatti, elementi essenziali della politica di sviluppo di un Paese, portatori di effetti diretti (imputabili direttamente alle attività svolte in aeroporto dalla società di gestione, dalle compagnie aeree ecc.) e indotti (generati dalle attività che si sviluppano in seguito alla domanda di beni e servizi di persone e imprese che operano nell'aeroporto).

Negli ultimi cinquant'anni, il trasporto aereo ha sperimentato una rapida espansione, parallelamente alla crescita dell'economia globale.

Il traffico passeggeri, espresso in RPK (*Revenue Passenger Kilometers* – ricavo per passeggero-chilometro trasportato), dal 1960, è cresciuto di quasi il 9% l'anno, più del doppio del Prodotto Interno Lordo (PIL), e con un tasso di crescita superiore rispetto alle altre modalità di trasporto.

Nello stesso periodo di tempo, anche il traffico merci, espresso in termini di RTK (*Revenue Tonne-Kilometres* – ricavo per tonnellata-chilometro offerta), ha sperimentato un crescente sviluppo.

Come conseguenza, anche le emissioni nocive per l'ambiente e per il clima direttamente legate al trasporto aereo sono aumentate, perché l'aumento della domanda di trasporto aereo ha superato la riduzione delle emissioni dovute ai continui miglioramenti apportati dalla tecnologia e dall'ottimizzazione delle procedure operative.

Fu negli anni '80 che si iniziò a considerare il problema delle emissioni dei voli subsonici, nell'ottica di un loro potenziale impatto sul cambiamento climatico.

Su esplicita richiesta dell'*International Civil Aviation Organization* (ICAO) e con la collaborazione del *Scientific Assessment Panel to the Montreal Protocol on Substance that Deplete the Ozone Layer*, nel 1999 l'IPCC diffuse la prima pubblicazione completamente dedicata allo studio e alla valutazione del potenziale impatto delle emissioni dell'aviazione sul clima e sull'ozono atmosferico, dal titolo "*Aviation and Global Atmosphere*", il quale rappresenta ancora oggi un importante punto di riferimento per lo studio degli effetti climatici dell'aviazione.

### 1.2.1 Previsioni di traffico aereo

Si prevede che il traffico aereo, sia passeggeri che merci, continuerà ad aumentare nel prossimo futuro: le stime di crescita del traffico aereo riportate nell'ultimo rapporto di valutazione ambientale prodotto dall'ICAO (*ICAO Environmental Report 2013*) prevedono, per il periodo 2010-2030, un aumento del tasso di crescita annuo dei passeggeri, espresso in RPK, pari al +4,9%. Il valore stimato di RPK per il 2030 è pari a 13 bilioni, quasi tre volte maggiore di quello registrato nel 2010.

Nel decennio successivo è previsto un tasso annuo di crescita pari al +4,4% (figura 1.7) (ICAO 2013).

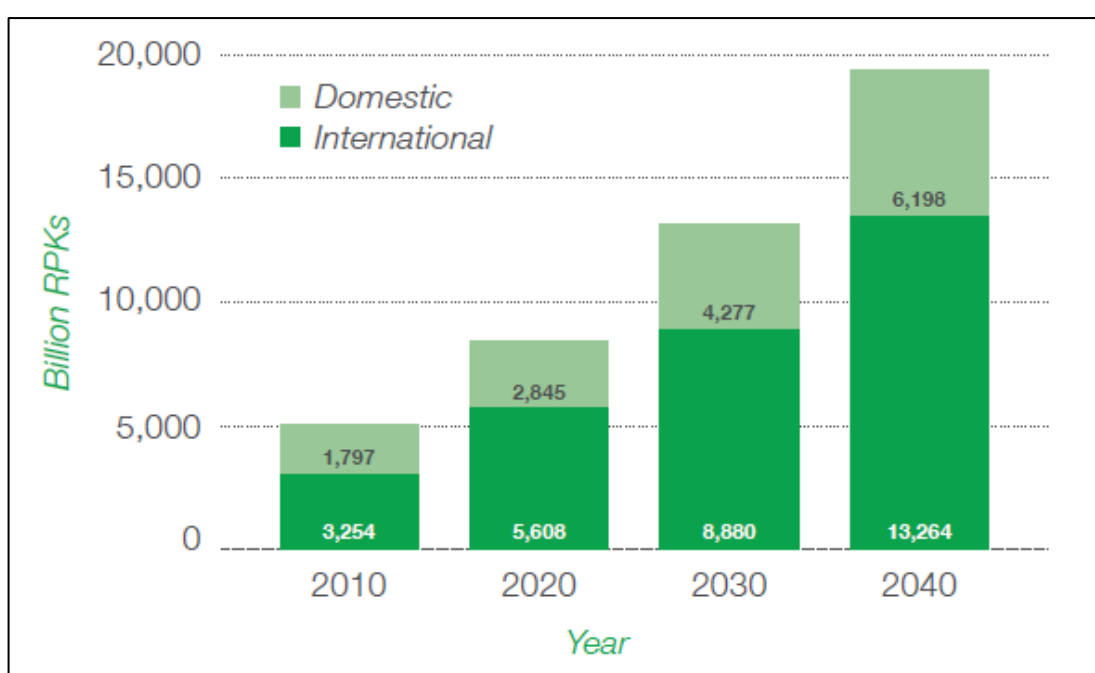


Figura 1.7 Previsione di crescita del traffico passeggeri (ICAO 2013)

Contemporaneamente, secondo lo scenario più probabile, il traffico merci via aria, espresso in termini di RTK (*Revenue Tonne-Kilometres* – ricavo per tonnellata-chilometro offerta) è destinato a crescere di un tasso di crescita medio annuo del 5,2% nel periodo 2010-2030 e del 4,6% tra il 2030 e il 2040.

Di conseguenza, secondo questo scenario, il traffico merci aumenterà da 203,2 miliardi di RTK, nel 2010, a 562 e 885 miliardi di RTK nel 2030 e nel 2040, rispettivamente (figura 1.8) (ICAO 2013).

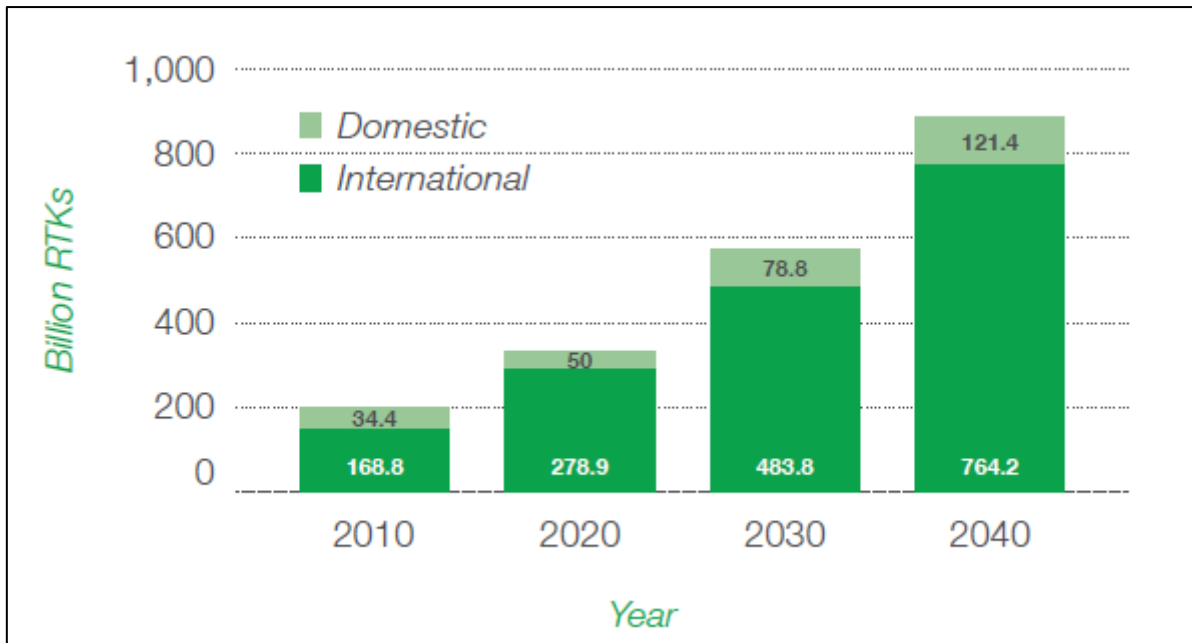


Figura 1.8 Previsione di crescita del traffico merci (ICAO 2013)

Questa crescita porterà benefici alle persone, all'economia, sia dei Paesi sviluppati che di quelli in via di sviluppo, ma tutto ciò non avverrà senza conseguenze: vi sarà la necessità di ulteriori risorse (finanziarie, umane, nonché risorse naturali), di una flotta di aeromobili più consistente, di aeroporti di maggiori dimensioni e di un aumento della capacità dello spazio aereo, di una migliore formazione del personale aeronautico e della progettazione di sistemi di navigazione aerea più efficienti.

Eppure, nonostante tutte le tecnologie innovative e i miglioramenti operativi attesi, si prevede che l'impatto ambientale del trasporto aereo aumenterà.

### 1.2.2 Emissioni gassose prodotte dagli aeromobili

I motori degli aerei producono emissioni che possono dare luogo ad importanti problemi ambientali, sia per quanto riguarda il loro impatto sul clima globale, che il loro effetto sulla qualità dell'aria a livello locale.

L'attuale tecnologia dei motori a reazione si basa sulla combustione di combustibili fossili, similmente a quanto avviene per altri mezzi di trasporto, ma le emissioni dovute all'aviazione influenzano la composizione atmosferica in maniera differente rispetto alle sostanze che vengono rilasciate a terra, infatti esse avvengono principalmente alle altitudini di crociera.



Attualmente, il carburante più frequentemente utilizzato nell'aviazione, sia civile che militare, è il cherosene.

I carburanti utilizzati per uso civile devono rispettare le normative dell'*American Society of Testing and Material* (ASTM) D1655, che definiscono due tipologie di cherosene: Jet A e Jet A1, le quali differiscono tra loro per il punto di congelamento, rispettivamente  $-40^{\circ}\text{C}$  e  $-47^{\circ}\text{C}$ . La seconda tipologia risulta essere la più diffusa in tutto il mondo.

Gli aerei emettono gas e particelle direttamente nella parte superiore della troposfera e nella bassa stratosfera. Questi gas e particelle variano la composizione atmosferica e alterano le concentrazioni, a livello globale, dei gas serra, responsabili del cambiamento climatico.

Le operazioni di trasporto aereo possono causare anche il cambiamento della nuvolosità, attraverso la formazioni di cirri (nubi presenti alle elevate altitudini della troposfera - dai 6000 m in su - formati da cristalli di ghiaccio, che si presentano sotto forma di delicati filamenti oppure in strette bande, la cui colorazione varia dal bianco al biancastro) e scie di condensazione (nuvole artificiali di vapore acqueo che possono formarsi durante il passaggio degli aerei, generalmente dovute alla rapida condensazione del vapore acqueo derivante dai gas di scarico del velivolo durante la navigazione in alta quota, dove la temperatura è molto bassa) (figura 1.9).



*Figura 1.9 Scie di condensazione prodotte dal motore degli aeromobili*

Le emissioni principali degli aeromobili comprendono gas serra (come vapore acqueo ( $\text{H}_2\text{O}$ ), anidride carbonica ( $\text{CO}_2$ ), ozono ( $\text{O}_3$ ) e metano ( $\text{CH}_4$ )), ossidi di azoto ( $\text{NO}_x$ ), ossidi di zolfo ( $\text{SO}_x$ ), monossido di carbonio (CO), idrocarburi (HC) e fumo.

L'impatto climatico dei gas emessi da parte dell'aviazione è difficile da quantificare rispetto ad altri parametri come, ad esempio, il consumo di carburante, è tuttavia possibile confrontare gli effetti climatici dovuti al trasporto aereo, rispetto alle emissioni climalteranti dovute ad altre fonti, attraverso il concetto di forzante radiativo.

Il Rapporto di Valutazione del 2007 dell'IPCC ha fornito i seguenti dati relativi al contributo dell'aviazione al riscaldamento globale:

- Si stima che l'entità delle scie di condensazione è diminuita e che il forzante radiativo legato all'aviazione contribuisce per il 3% sul forzante radiativo associato a tutte le attività antropogeniche;
- Le emissioni totali di CO<sub>2</sub> relative al trasporto aereo sono circa il 2% delle emissioni globali di gas serra di origine antropogenica;
- Le emissioni di CO<sub>2</sub> da parte del settore aeronautico sono destinate a crescere del 3-4% l'anno;
- La mitigazione a medio termine delle emissioni di CO<sub>2</sub> può potenzialmente avvenire attraverso il miglioramento dell'efficienza del carburante, tuttavia si prevede che tali miglioramenti compenserebbero solo parzialmente la crescita delle emissioni di CO<sub>2</sub> di cui l'aviazione è responsabile;
- Il 13% del consumo di combustibili fossili è imputabile all'aviazione, rispetto alla quantità di combustibili consumati dagli altri mezzi di trasporto;
- 1 ton di carburante consumato equivale a 3,16 ton di CO<sub>2</sub>.

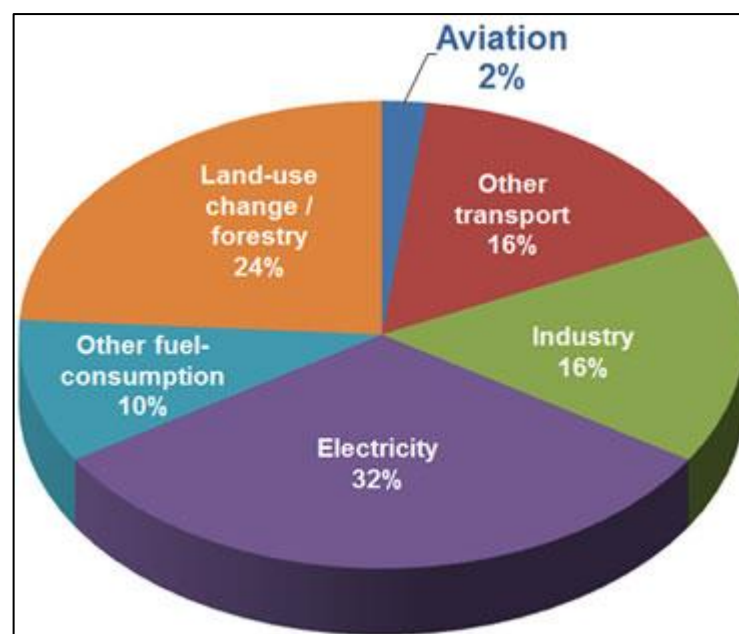


Figura 1.10 Contributo alle emissioni di CO<sub>2</sub> di origine antropogenica dei vari settori

Quindi l'incidenza della CO<sub>2</sub> prodotta dal trasporto aereo nel mondo è complessivamente il 2% rispetto al totale delle emissioni prodotte dall'uomo (figura 1.10).

Poiché risulta evidente che ridurre il consumo di carburante equivale a ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub>, è in corso un forte impegno per ottenere efficaci miglioramenti tecnologici e studiare adeguate misure operative.

### **1.3 Politiche internazionali per l'efficientamento del trasporto aereo**

L'evidenza del progressivo deterioramento degli equilibri climatici ha reso la problematica ambientale un elemento chiave nella definizione delle politiche del trasporto aereo internazionale.

Le autorità dell'aviazione civile del mondo e le organizzazioni internazionali di settore sono impegnate ad affrontare congiuntamente la sfida di coniugare le esigenze del trasporto aereo con le ragioni dell'ambiente.

Una intensa attività è in corso sulle tematiche legate al clima globale ed alla qualità dell'aria locale.

Il cambiamento climatico è uno dei temi più dibattuti dalle istituzioni, dai mass media e dall'industria, e le istanze ambientaliste stanno esercitando una pressione sempre più evidente sull'opinione pubblica.

Come è già stato discusso, la Convenzione Quadro sui Cambiamenti Climatici delle Nazioni Unite (UNFCCC) ed il Protocollo di Kyoto hanno definito le misure per tenere sotto controllo gli impatti ambientali dovuti alle attività industriali.

Le misure strategiche intraprese per la mitigazione degli impatti climatici dell'aviazione possono essere suddivise in tre categorie.

La prima riguarda le normative e i regolamenti emanati da un corpo governativo o da un'agenzia internazionale, i quali ne monitorano l'adempimento. Appartengono a questa categoria la normativa ICAO, che regola le emissioni dei motori di sostanze inquinanti e dannose per la qualità dell'aria da parte dei motori, e le leggi nazionali ed internazionali che determinano i valori massimi di concentrazione di inquinanti.

La seconda categoria riguarda i cosiddetti approcci basati sui meccanismi di mercato (*Market Based Measures*, MBMs), i quali non impongono il rispetto di certi livelli di emissione ma, attraverso la creazione di incentivi o disincentivi economici e finanziari, inducono a mantenere le emissioni dentro a certi limiti. Tra i principali meccanismi di mercato rientrano

il commercio delle quote di emissione (*Emission Trading*, ET), il sistema di tassazione e di tariffazione ambientale (*Environmental Taxes e Emissions Charges*) e l'utilizzo di sussidi.

Il commercio delle quote di emissione rientra, insieme al meccanismo dell'attuazione congiunta (*Joint Implementation*, JI) e a quello di sviluppo pulito (*Clean Development Mechanism*, CDM), nei meccanismi flessibili previsti dal Protocollo di Kyoto (Appendice A), pensati per aiutare i Paesi a rispettare i livelli fissati di riduzione delle emissioni.

La terza categoria comprende tutte le misure volontarie adottate, sia a livello territoriale che su larga scala, da soggetti che decidono di limitare il proprio impatto sull'ambiente. Si possono citare come esempi l'adesione da parte delle società di gestione degli aeroporti al programma *Airport Carbon Accreditation* (ACA) e quella da parte di aeroporti e entità territoriali al programma europeo *Decarbonated AIRport Regions* (D-AIR). Il primo fu lanciato da ACI Europe (*Airport Council International*) nel Giugno 2009 e prevede, attraverso il raggiungimento di quattro livelli di certificazione, la neutralizzazione dell'impronta di carbonio di un aeroporto. Il secondo riunisce diversi *stakeholders* allo scopo di ridurre le emissioni di anidride carbonica legate all'accessibilità terrestre e alle attività di consumo degli aeroporti.

### **1.3.1 L'Emission Trading System (ETS)**

A livello europeo, il Parlamento Europeo ha stabilito di ridurre del 60% le emissioni di anidride carbonica entro il 2050.

Il 13 Ottobre 2003 la Commissione Europea ha pubblicato la Direttiva sul mercato delle emissioni, meglio conosciuta come *Emission Trading System* (ETS).

La Direttiva prevede che, dal 1° gennaio 2005, tutte le imprese "energy intensive" (ad esempio: stabilimenti di produzione di energia elettrica, raffinerie, cementifici, acciaierie) possano continuare a svolgere le loro attività, e quindi da emettere CO<sub>2</sub>, solo in presenza di una specifica autorizzazione.

L'ETS definisce un tetto (*cap*) alle emissioni totali di CO<sub>2</sub>, per tutti gli impianti fissi installati. Alla fine di ogni anno di esercizio, gli operatori degli impianti devono restituire un numero di quote (*allowances*) equivalenti a quelle loro inizialmente assegnate. Il deficit di quote potrà essere acquistato (*trade*) sul mercato delle emissioni, essendo però sanzionato, mentre il surplus di quote potrà essere venduto (*trade*) alle imprese che ne faranno richiesta.

Anche se l'aviazione non è trattata dal Protocollo di Kyoto, la Direttiva 2008/101/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 19 novembre 2008 estende al sistema aviazione il sistema delle quote, già imposto ad altri settori industriali.

Essa prevede l'applicazione di un tetto di tolleranza alla quantità di emissioni consentite per ciascun operatore aereo, l'operatore che si tiene al di sotto della soglia assegnata potrà cedere la sua quota parte risparmiata ad altro operatore, ancora non attrezzato per rispettare i limiti di soglia. Con ciò si premiano gli operatori aerei con una flotta tecnologicamente più avanzata. La direttiva è stata applicata a tutti i voli che arrivano e partono da un aeroporto situato all'interno dell'Unione Europea dal 1° gennaio 2012.



## 2. AEROPORTI ED EMISSIONI IN ATMOSFERA

Le modeste esigenze dei primi aeroplani ad elica, di peso e velocità ridotti, permisero inizialmente di utilizzare, per il decollo e l'atterraggio, gli *aeroscali*, costituiti da terreno erboso, pianeggiante ed asciutto.

Dopo la prima guerra mondiale, con il graduale sviluppo dell'aviazione civile, ci si rese conto che se gli aerei militari avevano richiesto soltanto campi di fortuna e di emergenza, facili da allestire e di costo non eccessivo, l'aereo come mezzo di trasporto per merci e passeggeri aveva ben altre esigenze.

Si rese quindi necessaria l'organizzazione di aeroporti provvisti di piste di decollo e di atterraggio, localizzati nelle vicinanze delle maggiori città e lungo le più importanti rotte internazionali, al fine di favorire la formazione di una rete aeroportuale attiva ed efficiente.

Le spese da affrontare erano però enormi e si ovviò in parte a tali oneri con l'allestimento di *idroscali*, risolvendo così il problema maggiore, costituito dalla pavimentazione delle piste per il decollo e l'atterraggio di grossi e pesanti mezzi.

Gli idroscali, stazioni relativamente poco costose e di facile utilizzazione, si moltiplicarono, finché, con lo sviluppo delle reti aeree nazionali ed internazionali e con l'acquisizione di nuove tecniche, l'idrovolante venne soppiantato dai modelli di aerei con carrello di atterraggio.

Sorsero così gli *aeroporti*, più grandi e funzionali, con la possibilità di smaltire un traffico aereo sempre maggiore (in Italia, nel 1938, i passeggeri furono 100000).

Dopo la seconda guerra mondiale, in Italia la ripresa fu lenta: la riattivazione degli aeroporti venne limitata a quelli più importanti, per i quali si rese immediatamente necessaria un'opera di rimodernamento generale delle piste, degli impianti di assistenza al volo e dei servizi per i voli nazionali ed internazionali.

L'avvento degli aerei a reazione (1945) impose poi una radicale trasformazione del sistema aeroportuale mondiale, che dovette essere rapidamente adeguato alle esigenze del nuovo mezzo tecnico.

L'aeronautica, sia civile che militare, dispone oggi di mezzi sempre più perfezionati e veloci.

La continua trasformazione delle strutture aeroportuali, seppur costosa, è comunque necessaria affinché l'evoluzione del trasporto aereo, essenziale per il mantenimento del ritmo imposto dalla vita moderna, non abbia ad arrestarsi.

Un aeroporto è costituito dall'insieme degli impianti e dei servizi necessari affinché l'aeronautica possa esercitare la sua attività, sia a fini militari che commerciali.

L'efficienza di tali impianti condiziona sia le manovre in senso lato degli aerei, sia la sicurezza di navigazione e l'efficienza delle aerolinee: ciò costituisce una vera e propria servitù per i mezzi aerei, il cui impiego è strettamente legato agli impianti a terra, non soltanto per quanto riguarda la navigazione e la necessità del rifornimento, ma anche per la conservazione dei mezzi stessi e per la loro protezione.

La dislocazione aeroportuale civile risulta condizionata soprattutto dalla configurazione fisica e geografica della nazione, dalle condizioni meteorologiche ed in generale dalla sua situazione economica ed evoluzione industriale.

Poiché la gestione di un aeroporto comporta un continuo impegno finanziario per quanto concerne le piste, le attrezzature di supporto e di manutenzione degli aeromobili, lo smistamento di passeggeri e merci, è necessario, in fase di progetto, uno studio accurato per la scelta dell'ubicazione più adatta e della soluzione più elastica relativamente alle possibili trasformazioni.

L'ubicazione dell'aeroporto è connessa con le così dette *servitù aeroportuali*, che importano speciali obblighi nelle zone adiacenti ad esso, al fine di impedire l'elevazione e la costruzione di ostacoli alla libera circolazione aerea.

Nella scelta gioca un ruolo fondamentale la natura del suolo, dovendosi evitare le depressioni fluviali così come le zone acquitrinose, che facilitano la formazione di banchi di nebbia particolarmente pericolosi per la navigazione aerea in generale e soprattutto per l'atterraggio.

E' inoltre essenziale il collegamento con le arterie più importanti per il rapido raggiungimento di stazioni ferroviarie o marittime.

Una volta decisa l'ubicazione, si passa alla progettazione dei vari impianti, che devono presentare caratteristiche ben precise.

Le piste devono essere disposte tenendo conto dello spirare dei venti e consentire un rapido avvicendamento di decolli e di atterraggi.

I servizi tecnici per la manutenzione e la revisione degli aerei richiedono aviorimesse spaziose e costruite con materiale non combustibile.

Grandissima importanza hanno tutti i mezzi di comunicazione e di segnalazione riguardanti l'attività dell'ufficio meteorologico, della stazione della torre di controllo, gli impianti di radiofari ed aerofari e quelli di illuminazione della pista per i voli notturni.



Gli impianti radar sono resi indispensabili dalla necessità di garantire agli aerei a reazione la possibilità di voli quotidiani, sia diurni che notturni.

Molti altri servizi (tecnico, amministrativo, sanitario, antincendio) fanno parte dell'insieme del complesso aeroportuale, con rilievo proporzionale all'importanza di quest'ultimo.

In questo capitolo si descriverà l'infrastruttura aeroportuale lato *air-side* e le principali fonti di inquinamento presenti all'interno della stessa.

## 2.1 L'infrastruttura aeroportuale

In un aeroporto si è soliti distinguere le operazioni e le strutture in due parti (figura 2.1):

- *Air-side* (lato aria), comprendente le attrezzature ed i servizi impiegati per la movimentazione degli aeromobili: *apron e stand* (piazze di sosta), *taxiway* (pista di rullaggio), *runway* (pista di volo), sistema di controllo e strumentazione del traffico aereo;
- *Land-side* (lato terra), comprendente, invece, tutte le attrezzature, strutture e servizi associati ai passeggeri (in partenza, in arrivo o in transito), il sistema di accesso all'aeroporto, i parcheggi.

I *gate* rappresentano il confine tra le due aree.

La *capacità* del lato aria si misura mediante il numero di operazioni (decolli e atterraggi) per unità di tempo, mentre quella del lato terra si misura in numero di passeggeri serviti nell'unità di tempo.



Figura 2.1 Lato *air-side* (rosso) e lato *land-side* (blu)

Ai fini della presente trattazione risulta utile definire e descrivere tutti gli elementi che compongono l'area air-side, perché è in quest'area che avvengono le movimentazioni a terra degli aeromobili.

### 2.1.1 Classificazione ICAO

L'ICAO (*International Civil Aviation Organization*) ha proceduto alla classificazione degli aeroporti secondo le loro finalità d'impiego.

La normativa ICAO prende come riferimento le esigenze operative del così detto "aereo critico", ovvero quel velivolo che, tra quelli che si prevede utilizzeranno l'infrastruttura aeroportuale, risulta avere le maggiori esigenze.

Gli aeroporti vengono classificati mediante un Codice di riferimento dell'Aeroporto, denominato *Aerodrome Reference Code*, composto da due parti:

- Una parte numerica (*Code Number*), variabile da 1 a 4, che individua la lunghezza della pista di riferimento o lunghezza di campo caratteristica, cioè la minima lunghezza necessaria per il decollo dell'aereo critico, al peso massimo, in condizioni di Atmosfera Standard, in aria calma e con una pendenza di pista nulla;
- Una parte letterale (*Code Letter*), variabile da "A" a "F", che individua l'apertura alare e la larghezza massima del carrello principale dell'aereo critico, scegliendo tra i due dati quello che richiede caratteristiche superiori di pista.

Le due caratteristiche che vengono quindi prese in considerazione per la classificazione di un aeroporto sono: la minima distanza per il decollo dell'aereo critico (parte numerica) e le esigenze di manovra dell'aereo critico in fase di rullaggio (parte letterale) (tabella 2.1).

PRIMO ELEMENTO DEL CODICE		SECONDO ELEMENTO DEL CODICE		
NUMERO DI CODICE	LUNGHEZZA DELLA PISTA DI RIFERIMENTO DELL'AEREO	LETTERA DI CODICE	APERTURA ALARE	LARGHEZZA MASSIMA CARRELLO PRINCIPALE
1	< 800m	A	< 15m	< 4,50m
2	≥ 800m e < 1200m	B	≥ 15m e < 24m	≥ 4,50m e < 6,00m
3	≥ 1200m e < 1800m	C	≥ 24m e < 36m	≥ 6,00m e < 9,00m
4	≥ 1800m	D	≥ 36m e < 52m	≥ 9,00m e < 14,00m
		E	≥ 52m e < 65m	≥ 9,00m e < 14,00m
		F	≥ 65m	≥ 14,00m e < 16,00m

Tabella 2.1 Classificazione ICAO degli aeroporti

### 2.1.2 Gli elementi dell'infrastruttura aeroportuale

Di seguito sono riportati, in sintesi, gli elementi, le caratteristiche ed i requisiti più salienti delle aree sulle quali avviene il passaggio o lo stazionamento degli aeromobili (figura 2.2).

Queste aree sono:

- **Pista di volo** (*runway*): zona destinata al decollo e all'atterraggio degli aeromobili;
- **Vie di rullaggio** (*taxiway*): zone utilizzate dagli aerei in arrivo per raggiungere i piazzali di sosta e l'aerostazione e dagli aerei in partenza per raggiungere la testata della pista di volo. In tali aree i velivoli si muovono come un normale mezzo su strada con velocità non elevata (30÷50 Km/h);
- **Raccordi di uscita rapida** (*Rapid Exit Taxiway*): vie di rullaggio collegate ad angolo acuto alla pista di volo, con la funzione di permettere ai velivoli in atterraggio di liberare la pista ad una velocità maggiore di quella consentita sugli altri raccordi;
- **Aree di attesa**: poste in prossimità delle due testate della pista di volo e aventi la funzione di accogliere gli aerei in attesa di iniziare la fase di decollo;
- **Aree di stazionamento** (*Apron*): utilizzate dagli aeromobili in sosta e per le operazioni di carico, scarico e rifornimento.



Figura 2.2 Principali elementi costitutivi di una infrastruttura aeroportuale

### Pista di volo (runway)

Si definisce “pista di volo” (abb. RWY) la striscia di terreno, generalmente pavimentata, destinata ad accogliere gli aerei in fase di atterraggio o di decollo ed in grado di sopportare le sollecitazioni trasmesse dai pneumatici dei carrelli.

Le piste di volo sono classificate in *strumentali* (per avvicinamento di precisione) e *non strumentali* (adatte esclusivamente per il volo a vista), in relazione al fatto che siano operative o meno in presenza di avverse condizioni meteorologiche.

Le prime si dividono in piste strumentali *di precisione* o *non di precisione*, a seconda che siano dotate o meno di tecnologie in grado di guidare i velivoli sia nelle operazioni di allineamento orizzontale con la pista, che in quelle di discesa (individuazione del sentiero di discesa).

Le piste strumentali di precisione, in funzione degli apparati in dotazione, si dividono in tre categorie (I, II, III) a precisione crescente.

La categoria III presenta tre sottogruppi (A, B, C) a precisione crescente.

La categoria III C consente di atterrare anche in condizioni di visibilità nulla.

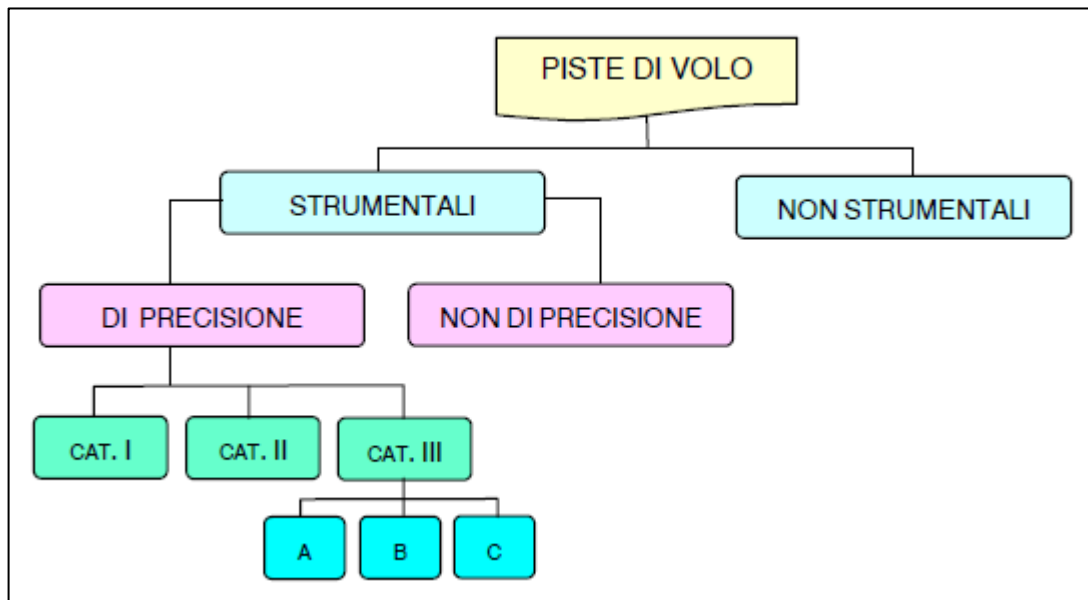


Figura 2.3 Classificazione delle piste di volo

Ogni pista di volo è individuata da una coppia di numeri a due cifre, uno per ogni direzione di pista, pari all’angolo, valutato in senso orario ed espresso in decine, compreso tra il nord magnetico e la direzione considerata (azimut magnetico).



Se, ad esempio, gli azimut magnetici delle due direzioni opposte di una pista di volo sono pari a  $123^\circ$  e  $303^\circ$  ( $123^\circ+180^\circ$ ), i numeri riportati sulle due testate della pista saranno rispettivamente 12 e 30.

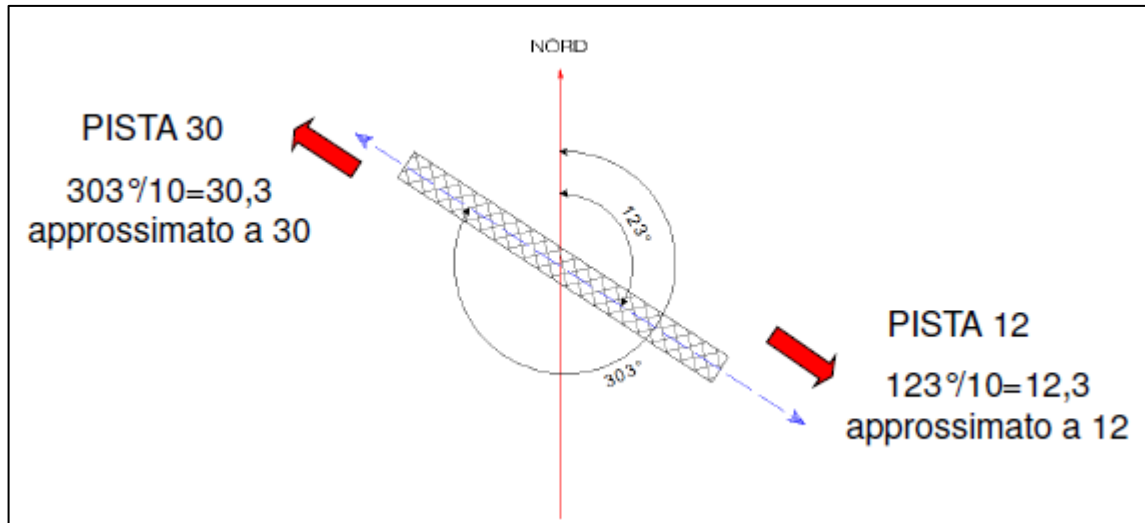


Figura 2.4 Denominazione della pista di volo a seconda del suo orientamento rispetto al nord magnetico

Dal punto di vista geometrico e plano-altimetrico, le specifiche di una pista di volo variano in funzione della classificazione ICAO dell'aeroporto all'interno del quale è ubicata (tabelle 2.2-3).

Caratteristiche Pista di volo	Codice di Riferimento dell'Aeroporto																							
	1						2						3						4					
	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
Larghezza minima (m)	18	18	23	-	-	-	23	23	30	-	-	-	30	30	30	45	-	-	-	-	45	45	45	60
Pendenza longitudinale complessiva max	2%						2%						1%						1%					
Pendenza longitudinale media max	2%						2%						1,50% (0,8% per il primo e l'ultimo quarto di pista)						1,25% (0,8% per il primo e l'ultimo quarto di pista)					
Variazioni di pendenza (se non evitabili) Differenza max tra due pendenze consecutive	2%						2%						1,50%						1,50%					
Raggio di curvatura minimo per transizione di pendenza	7500 m						7500 m						15000 m						30000 m					

Tabella 2.2 Prescrizioni normative per costruzione pista di volo ICAO (1)

<b>Caratteristiche Pista di volo</b>	<b>Codice di Riferimento dell'Aeroporto</b>																							
	<b>A</b>				<b>B</b>				<b>C</b>				<b>D</b>				<b>E</b>				<b>F</b>			
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Garantire una distanza di visuale libera a 1/2 della lunghezza pista in modo da vedere un ostacolo sulla pista avente un'altezza H (m)	1,50				2,00				3,00				3,00				3,00				3,00			
Pendenza trasversale	2%				2%				1,50%				1,50%				1,50%				1,50%			
Banchine di pista (Runway shoulder) – Larghezza minima complessiva pista + banchine (m)	-				-				-				60				60				75			

**Tabella 2.3 Prescrizioni normative per costruzione pista di volo ICAO (2)**

A causa di eventi associati a forti venti trasversali gli aerei possono avere delle deviazioni dall'asse della pista. I motori montati sulle ali degli aerei di maggiori dimensioni possono risultare al di fuori del bordo della pista e ciò può essere la causa di polveri e di intromissioni di detriti nei motori a turbina.

Per scongiurare tale problematica, a lato della pista, debbono essere realizzate delle banchine simmetriche dette "banchine di pista" (*runway shoulders*), la cui larghezza minima, a seconda del Reference Code, è riportata in tabella 2.3.

Per la determinazione della *lunghezza* della pista di volo, si fa riferimento alla *manovra di decollo*, essendo la più gravosa in termini di utilizzazione della pista.

Il dimensionamento è fatto in base *all'aereo critico di progetto*, ovvero all'aeromobile che utilizza l'aeroporto con maggior frequenza e che contemporaneamente necessita degli standard maggiori.

La manovra di decollo ha inizio quando l'aereo incrementa la spinta dei motori ed aumenta la velocità fino a raggiungere la portanza che consente il distacco dal suolo. Durante la fase di decollo l'aereo attraversa diverse fasi di velocità:

1. *Velocità di decisione o velocità critica  $V_1$* : indicata dalla casa costruttrice, è la velocità al di sotto della quale il pilota può abortire il decollo nel caso ci fossero dei problemi alla strumentazione;
2. *Velocità di rotazione  $V_r$* , velocità alla quale il pilota alza la ruota di prua;

3. *Velocità di distacco o velocità iniziale di salita  $V_2$* , che è la minima velocità consentita al pilota per raggiungere un'altezza convenzionale di 10.70 m, al termine della pista. In genere si pone pari a  $1.2 V_s$  dove  $V_s$  è la velocità di stallo;
4. *Velocità sicurezza al decollo  $V_2$* , valore minimo della velocità che l'aereo deve possedere sull'ostacolo convenzionale posto a 10.70 m, al termine della pista.

Si distinguono tre tipi di decollo:

- *Decollo normale*, quando avviene in situazione ottimale, con tutti i motori in funzione e a pieno regime;
- *Decollo abortito*, quando si verifica una situazione di emergenza prima che sia raggiunta la velocità di decisione ( $V_1$ ), in tal caso il decollo può essere interrotto;
- *Decollo con avaria motore o decollo critico*: quando si verifica una situazione di emergenza dopo che si sia raggiunta la velocità di decisione ( $V_1$ ), in questo caso il decollo è forzato e l'altezza di 10,70 m non si raggiungerà più in corrispondenza del termine della pista di volo, ma per una distanza maggiore.

Per garantire l'arresto del velivolo in condizioni di decollo abortito, al termine della pista è presente la *stopway* o *area di arresto* (abb. SWY): area rettangolare avente caratteristiche di portanza e resistenza all'usura inferiori rispetto a quelle della pista associata ma avente stessa larghezza della pista di volo.

La *clearway* o *area libera da ostacoli* (abb. CWY), è invece una porzione di superficie che può estendersi sia su terra che su acqua, destinata ad essere sorvolate dagli aerei in caso di decollo critico, e per questo deve essere priva di ostacoli. Essa può essere esterna ai confini dell'aeroporto, purché sia sotto il controllo dell'ente gestore e sia libera da ostacoli, mezzi e persone.

A questo punto si possono definire le distanze disponibili per il decollo:

- *TORA (Take-Off Run Available)*, corsa disponibile per aereo a decollo normale;
- *TODA (Take-Off Distance Available)*, data dalla TORA più la clearway;
- *ASDA (Accelerate Stop Distance Available)*, data dalla TORA più la stopway.

Si veda la figura 2.5 per maggiore chiarezza.

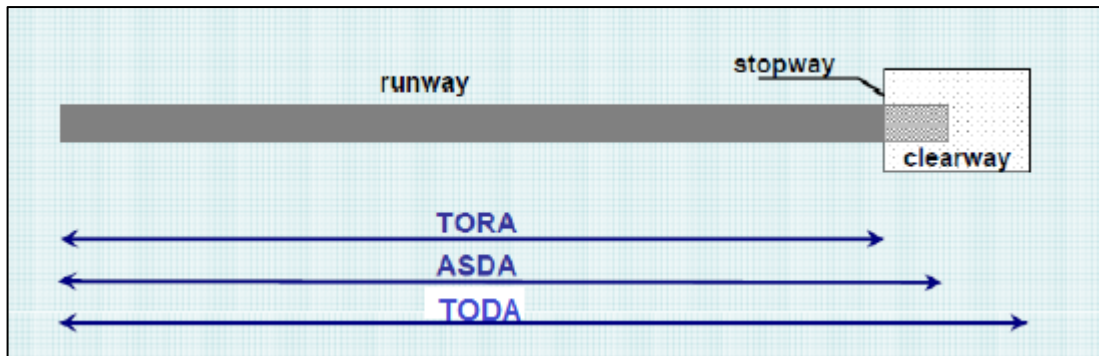


Figura 2.5 Rappresentazione di TORA, TODA e ASDA

Al fine di minimizzare le conseguenze negative di un eventuale uscita di pista di un aeromobile, la runway è contenuta all'interno di una "striscia di sicurezza" (*runway strip*) libera da ostacoli, la cui estensione minima è di 60 metri per tutte le piste, eccetto per quelle non strumentali di codice 1, la cui estensione è di 30 metri.

La manovra di atterraggio si compone delle seguenti fasi:

1. Fase di *discesa libera*: il velivolo perde quota gradatamente con il minimo consumo di carburante, la velocità si mantiene costante;
2. Fase di *discesa di avvicinamento*: può essere a vista o strumentale. L'altezza e la distanza dalla soglia raggiunti durante questa fase, in cui si riduce la potenza e si inseriscono gli ipersostentatori, devono essere compatibili con la possibilità di giungere al punto di contatto con la pista con una traiettoria di opportuna inclinazione (circa 3°);
3. Fase di *avvicinamento al suolo*: l'aereo, con carrello abbassato, si presenta alla quota di 10.70 m (35 ft) sulla soglia della pista, con gli ipersostentatori completamente azionati in modo da raggiungere la velocità di stallo in posizione cabrata (muso in su). Superato il punto di contatto (*touch down*) a circa 300 m dalla soglia, avviene il rullaggio sulla pista (frenata in aderenza + freno aerodinamico) e l'uscita nella prima via di uscita rapida utile.

Al fine di ridurre il rischio di danni agli aeromobili ed ai passeggeri nel caso di un atterraggio troppo corto o di un decollo troppo lungo, a fine pista è presente un'ulteriore area di sicurezza detta RESA (*Runway End Safety Area*). Queste aree sono obbligatorie alla fine di entrambe le estremità della pista di volo e la loro larghezza deve essere pari almeno al doppio di quella della pista. Essa è simmetrica rispetto all'asse centrale della pista ed adiacente alla fine della striscia di sicurezza.



### Vie di rullaggio (taxyway)

Le “vie di rullaggio” sono necessarie per garantire il movimento ordinato ed in sicurezza, ad una velocità variabile tra i 30 e i 50 Km/h, degli aeromobili a terra.

Esse vanno collegate alla pista di volo, oltre che in corrispondenza delle due testate, con più vie di uscita rapida (*Rapid Exit Taxiways*), in modo da permettere il disimpegno rapido degli aerei dopo l’atterraggio.

Le taxiway devono inoltre essere collegate con le aree di sosta degli aeromobili, costituiscono quindi il collegamento tra piazzali e pista di volo.

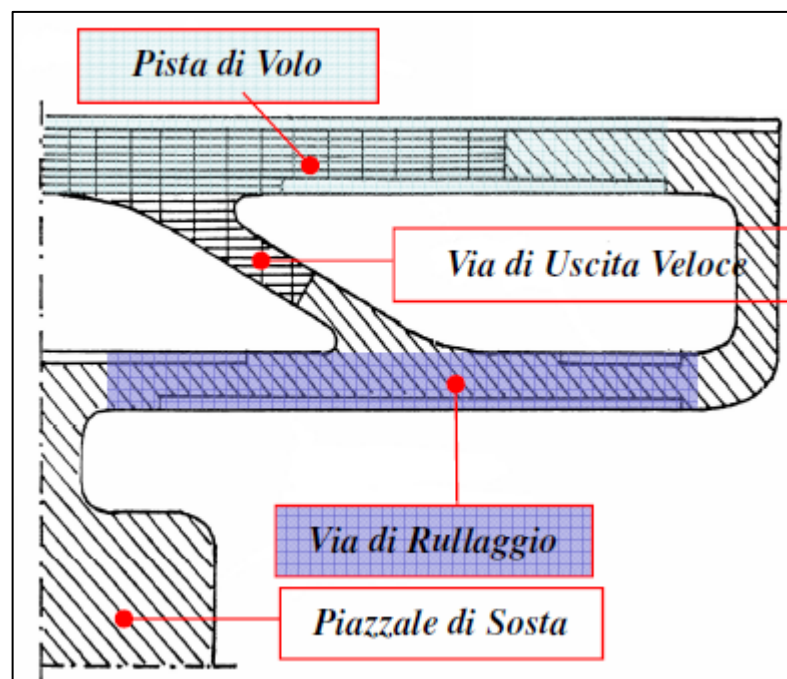


Figura 2.6 Rappresentazione schematica di una via di rullaggio e di una via di uscita veloce

Le specifiche sulle vie di rullaggio e sui raccordi brevi sono anch’esse fissate dalla normativa ICAO. Si veda la tabella 2.4.

Per consentire il disimpegno rapido della pista, l’angolo di intersezione tra una via di uscita rapida e la pista di volo deve risultare compreso tra  $25^\circ$  e  $45^\circ$  con valore preferibilmente di  $30^\circ$  (figura 2.7).

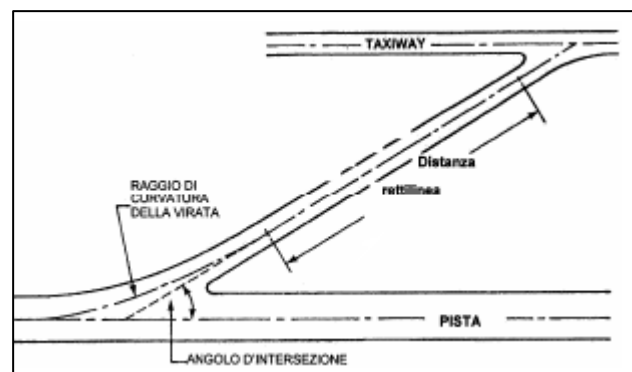


Figura 2.7 Angolo di intersezione tra pista e via di uscita rapida

PARAMETRI	CODICE ALFABETICO																												
	A				B				C				D				E				F								
PISTA DI VOLO	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4					
VIE DI RULLAGGIO																													
a) franco fra ruota esterna e bordino pista con ruotino che regge l'asse (m)	1,50				2,25				3,00 + 4,50				4,50				4,50				≥ 4,50								
b) larghezza pista in rettilineo (m)	7,5				10,5				15 + 18				18 + 23				23				25								
c) distanza fra pista di rullaggio e pista di volo (m):																													
– pista di volo strumentale	82,5	82,5	–	–	87	87	–	–	–	–	168	–	–	–	–	176	176	–	–	–	–	182,5	–	–	–	190	–	–	–
– pista di volo non strumentale	37,5	47,5	–	–	42	42	–	–	–	–	93	–	–	–	–	101	101	–	–	–	–	107,5	–	–	–	101	–	–	–
d) distanza fra assi di piste di rullaggio (m)	23,75				33,50				44				66,50				80				97,50								
e) distanza fra asse pista di rullaggio e ostacolo (m)	16,25				21,50				26				40,50				47,50				57,50								
f) distanza fra asse aeromobile e ostacolo (m)	12,00				16,50				24,50				36,00				42,50				50,50								
g) pendenza trasversale non superiore a:	2,0%				2,0%				1,50%				1,50%				1,50%				1,50%								

Tabella 2.4 Specifiche ICAO per la costruzione delle taxiway

I cambi di direzione devono essere limitati allo stretto indispensabile e le curve devono risultare compatibili con le manovre del veicolo critico. Succede allora che occorre prevedere degli allargamenti nella zona interna della curva delle vie di rullaggio. L'entità dell'allargamento dipende dall'interasse e dalla traiettoria dell'aereo e dal raggio dell'asse della via (figura 2.8).

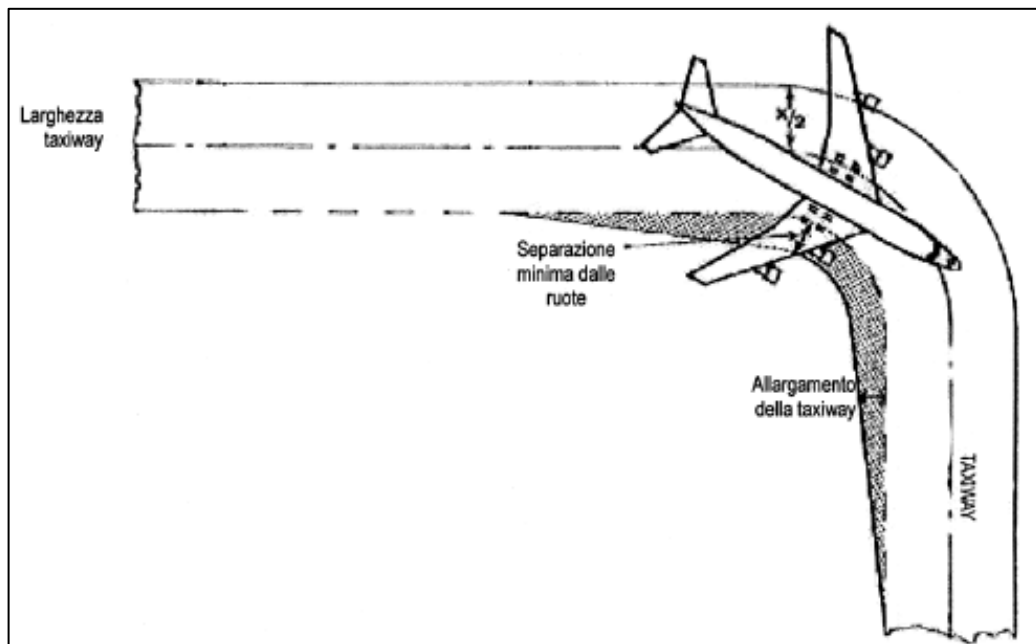


Figura 2.8 Allargamento in curva della taxiway

**Aree di stazionamento (Apron)**

Le aree di parcheggio degli aeromobili (*Apron*), sono aree destinate ad accogliere gli aeromobili per l'imbarco e lo sbarco dei passeggeri, il carico e lo scarico della posta e delle merci, nonché per il rifornimento di carburante, il parcheggio o la manutenzione.

Le dimensioni dei piazzali, i quali sono composti da diversi Stand, piazzole di sosta vere e proprie, vanno commisurate al numero e tipo dei velivoli che li frequentano, in modo da evitare manovre difficoltose che richiedano un uso eccessivo della potenza dei motori e che evitino anomale sollecitazioni per i carrelli ed i pneumatici.

Tra un aeromobile ed un altro, o un manufatto, devono essere rispettate opportune distanze minime di sicurezza, definite dall'ICAO, a seconda del Code Letter (tabella 2.5).

LETTERA DI CODICE	DISTANZA [m]
<b>A</b>	3.00
<b>B</b>	3.00
<b>C</b>	4.50
<b>D</b>	7.50
<b>E</b>	7.50
<b>F</b>	7.50

*Tabella 2.5 Distanze minime di sicurezza che devono essere garantite tra un aeromobile e l'altro*

Le pendenze di un piazzale non devono eccedere l'1% in qualsiasi direzione. Per ragioni di sicurezza, i piazzali non devono presentare pendenza negativa verso l'aerostazione; quando ciò non è possibile si debbono adottare accorgimenti per raccogliere le eventuali perdite di carburante.

Se un aeroporto è ubicato in un'area geografica dove si prevede che possano verificarsi condizioni meteorologiche compatibili alla formazione di ghiaccio sugli aeromobili, devono essere previsti "piazzali di trattamento del ghiaccio", cioè piazzole di parcheggio, ubicate lungo le taxiway, attrezzate per consentire le necessarie operazioni di trattamento.

Le superfici di queste piazzole devono essere dotate di idonei sistemi di drenaggio per la raccolta e lo smaltimento dei fluidi de-icing: deve essere garantita la non contaminazione dei luoghi, delle acque superficiali e di falda (figura 2.9).



*Figura 2.9 Operazione di de-icing sull'apposito piazzale*

## **2.2 L'Aeroporto G. Marconi di Bologna**

L'Aeroporto Guglielmo Marconi di Bologna è uno dei maggiori aeroporti in Italia per numero di destinazioni internazionali servite, con una pista in grado di accogliere voli con un raggio fino a cinquemila miglia nautiche e con una dotazione tecnologica all'avanguardia per sicurezza e per tutela ambientale.

Il Marconi serve un bacino di traffico di dieci milioni di persone e il suo perimetro presenta modeste sovrapposizioni con i bacini di traffico limitrofi del nord e centro Italia, tale condizione ha consentito allo scalo di consolidare il suo ruolo di rilievo nei collegamenti point to point, con una rete di collegamento nazionale ed europea sostenuta da una pluralità di compagnie.

Le grandi potenzialità di Bologna derivano inoltre dalla propria centralità geografica: Bologna è da sempre un crocevia del traffico commerciale fra nord e sud, collocata sulle principali direttrici stradali e ferroviarie sia nazionali che internazionali, ricoprendo un ruolo fondamentale nel panorama italiano, sia in ambito economico che in quello socio-culturale. La posizione geografica di Bologna rende perciò la catchment area molto estesa e in continuo aumento.



*Figura 2.10 Vista dall'alto dell'aeroporto Guglielmo Marconi di Bologna*

La consistente crescita dei volumi di traffico registrata negli ultimi anni, dovuta soprattutto all'introduzione di nuove rotte con compagnie low cost, ha portato l'Aeroporto di Bologna a raggiungere nell'anno 2013 un traffico totale di 6 milioni di passeggeri, trend in crescita confermato anche per il 2014.

### **2.2.1 Caratteristiche dell'aeroporto G. Marconi**

Le infrastrutture e le installazioni dell'Aeroporto di Bologna sono conformi alle prescrizioni del "Regolamento per la costruzione e l'esercizio degli aeroporti" edizione 2 del 21/10/2003 emanato dall'ENAC, e successive modifiche, e dell'annesso 14 dell'ICAO volume 1 – *Aerodrome design and operation* – quinta edizione luglio 2009.

Il Marconi di Bologna si estende su un sedime di 2.450.000 mq ed è dotato di un'unica pista di volo, RWY 12/30, di codice numerico 4, avente dimensioni di 2803 m di lunghezza per 45 m di larghezza.

La RWY 12 è orientata in direzione NW-SE a 115° mentre la RWY 30 è orientata, in direzione opposta, a 295° rispetto al nord magnetico.

La pista di volo è contenuta all'interno di una zona di sicurezza (runway strip) di dimensioni 2923 x 300 metri.

Ad ogni estremità della pista di volo è presente un prolungamento di area rettangolare libero da ostacoli, la CWY, avente dimensioni 120 x180 metri per la RWY 12 e 60 x180 metri per la RWY 30.

Al termine della CWY, all'estremità della testata 12 è predisposta una zona di sicurezza, RESA, di dimensioni 90 x 90, mentre in direzione opposta essa assume le dimensioni di 120 x 90.

In tabella 2.6 è possibile visionare i dati principali dell'aeroporto.

LONGITUDINE E LATITUDINE DELL'ARP	44°31'51"N – 11°17'49"E (formato WGS84)
ELEVAZIONE DELL'AEROPORTO	123 FT / 37 m s.l.m.
DECLINAZIONE MAGNETICA	VAR+1°29'E – (2005.0) / 5' E
TEMPERATURA DI RIFERIMENTO	29,7° C
LUNGHEZZA MASSIMA DI PISTA DI RIFERIMENTO DISPONIBILE	2803 m
LUNGHEZZA MASSIMA CORRETTA DI PISTA DI RIFERIMENTO DISPONIBILE	$2803 / (1 + (0,07 \times 37 / 300) + (29,7 - 15) \times 0,01 + (0,10 \times 0,05^1)) = 2415 \text{ m}$
CODICE DI PISTA	4D

*Tabella 2.6 Dati principali dell'aeroporto*

### **Pista di volo**

In tabella 2.7a, 2.7b e 2.7c vengono riportati i dati relativi alla pista 12, mentre in tabella 2.8a, 2.8b e 2.8c quelli relativi alla pista 30.

I dati sono desunti dal “Manuale dell'Aeroporto” e alcuni di essi potrebbero non essere aggiornati all'anno in corso.

In figura 2.11 sono indicate le testate delle due piste 12 e 30.



TIPO DI AVVICINAMENTO	Strumentale di precisione fino a CAT III B	
ORIENTAMENTO MAGNETICO	115°	
DIMENSIONI PISTA	2803x45 (9190x148)	
LARGHEZZA SHOULDER	7,50+7,50 (25x25)	
TIPO PAVIMENTAZIONE E PORTANZA PISTA	Conglomerato bituminoso PCN 71/F/A/X/T	PCN determinato con prove su piastra
COORDINATE SOGLIA	44°32'24.01" N 11°16'33.55" E	
ELEVAZIONE SOGLIA ELEVAZIONE FINE PISTA	120 FT 119 FT	
ELEVAZIONE MASSIMA ZONA TDZ	120 FT	
PENDENZA LONGITUDINALE COMPLESSIVA	0,05 %	Conforme al punto 3.3.1 Cap. 3 Regolamento
PENDENZE LONGITUDINALI LIVELLETTE	VARIABILI TRA 0,02 e 0,50 %	Conforme al punto 3.3.2 Cap. 3 Regolamento
PENDENZA LONGITUDINALE PRIMO E ULTIMO QUARTO PISTA	< 0,8 %	Conforme al punto 3.3.3 Cap. 3 Regolamento
PENDENZA TRASVERSALE PISTA	Variabile tra 1,00 e 1,50 % (superficie > 85% totale)	Conforme al punto 3.6.2 Cap. 3 Regolamento
PENDENZA TRASVERSALE PISTA	Variabile tra 1,50 e 1,70 % (superficie < 15% totale)	Non conforme al punto 3.6.2 Cap. 3 Regolamento
PENDENZA TRASVERSALE SHOULDER	< 2,5 %	Conforme al punto 3.7.3 Cap. 3 Regolamento
PENDENZA TRASVERSALE CGA	< 2,5 % (superficie > 95% totale)	Conforme al punto 4.7.1 Cap. 3 Regolamento
	> 2,5 % (superficie < 5% totale)	Non conforme al punto 4.7.1 Cap. 3 Regolamento
PENDENZA TRASVERSALE STRIP (OLTRE CGA)	< 5,0 % (superficie > 95% totale)	Conforme al punto 4.7.2 Cap. 3 Regolamento

Tabella 2.7a Dati pista 12 (1)

	> 5,0 % (superficie < 5% totale- zone terminali)	Non conforme al punto 4.7.2 Cap. 3 Regolamento
PENDENZA LONGITUDINALE CGA	< 1,5 %	Conforme al punto 4.6.1 Cap. 3 Regolamento
DIMENSIONE STOPWAY	NON ESISTENTE	
DIMENSIONE CLEARWAY	120x180 (394x590)	Conforme ai punti 9.2 e 9.3 Cap. 3 Regolamento
DIMENSIONI RESA	90x90 (295x295)	Non conforme al punto 5.3 Cap. 3 Regolamento Conforme a Progetto approvato da ENAC
DIMENSIONE STRISCIA / STRIP	<u>2923x300 (9584x984)</u>	Conforme ai punti 4.2 e 4.3 Cap. 3 Regolamento
DIMENSIONE CGA	Larghezza (75+75)m primi 150m pista Larghezza (105+105)m dopo 300m pista Larghezza variabile tra 150 e 300m da inizio pista	Conforme al punto 4.4.1 Cap. 3 Regolamento
ZONA LIBERA DA OSTACOLI (OFZ)	SI	Conforme al punto 8.5 Cap. 4 Regolamento
AREA PROTEZIONE FUNZIONAMENTO RADIOALTIMETRO	300x120 (984x394)	Conforme al punto 4.8 Cap. 3 Regolamento
PORTANZA CGA E STRISCE DI SICUREZZA		Conforme al punto 4.5.2 Cap. 3 Regolamento.

Tabella 2.8b Dati pista 12 (2)

DESIGNAZIONE RWY	TORA	TODA	ASDA	LDA
<b>12</b>	2803	2923	2803	2493
<b>INTERSECTION TAKE-OFF "B"</b>	2400	2520	2400	---
<b>INTERSECTION TAKE-OFF "C"</b>	2100	2220	2100	---
<b>INTERSECTION TAKE-OFF "D"</b>	1900	2020	1900	---

Tabella 2.9c Dati pista 12 (3)



TIPO DI AVVICINAMENTO	Non strumentale	
ORIENTAMENTO MAGNETICO	295°	
DIMENSIONI PISTA	2803x45 (9190x148)	
LARGHEZZA SHOULDER	7,50+7,50 (25x25)	
TIPO PAVIMENTAZIONE E PORTANZA PISTA	Conglomerato bituminoso PCN 71/F/A/X/T	PCN determinato con prove su piastra
COORDINATE SOGLIA	44°31'52.97" N 11°17'59.79" E	
ELEVAZIONE SOGLIA ELEVAZIONE FINE PISTA	120 FT 123 FT	
ELEVAZIONE MASSIMA ZONA TDZ	120 FT	
PENDENZA LONGITUDINALE COMPLESSIVA	0,05 %	Conforme al punto 3.3.1 Cap. 3 Regolamento
PENDENZE LONGITUDINALI LIVELLETTE	VARIABILI TRA 0,01 e 0,50 %	Conforme al punto 3.3.2 Cap. 3 Regolamento
PENDENZA LONGITUDINALE PRIMO E ULTIMO QUARTO	< 0,8 %	Conforme al punto 3.3.3 Cap. 3 Regolamento
PENDENZA TRASVERSALE PISTA	Variabile tra 1,00 e 1,50 % (superficie > 85% totale)	Conforme al punto 3.6.2 Cap. 3 Regolamento
	Variabile tra 1,50 e 1,70 % (superficie < 15% totale)	Non conforme al punto 3.6.2 Cap. 3 Regolamento
PENDENZA TRASVERSALE SHOULDER	< 2,5 %	Conforme al punto 3.7.3 Cap. 3 Regolamento
PENDENZA TRASVERSALE CGA	< 2,5 % (superficie > 95% totale)	Conforme al punto 4.7.1 Cap. 3 Regolamento
	> 2,5% (superficie < 5% totale)	Non conforme al punto 34.7.1 Cap. 3 Regolamento

Tabella 2.8a Dati pista 30 (1)

PENDENZA LONGITUDINALE CGA	< 1,5 %	Conforme al punto 4.6.1 Cap. 3 Regolamento
DIMENSIONE STOPWAY	NON ESISTENTE	
DIMENSIONE CLEARWAY	60x180 (197x590)	Conforme ai punti 9.2 e 9.3 Cap. 3 Regolamento
DIMENSIONI RESA	120x90 (394x295)	Non conforme al punto 5.3 Cap. 3 Regolamento Conforme a Progetto approvato da ENAC
DIMENSIONE STRIP / STRISCIA	2923x300 (9584x984)	Conforme ai punti 4.2 e 4.3 Cap. 3 Regolamento
ZONA LIBERA DA OSTACOLI (OFZ)	NON APPLICABILE	
AREA PROTEZIONE FUNZIONAMENTO RADIOALTIMETRO	NON APPLICABILE	
PORTANZA CGA E STRISCE DI SICUREZZA	Conforme al punto 4.5.2 Cap. 3 Regolamento.	

Tabella 2.8b Dati pista 30 (2)

DESIGNAZIONE RWY	TORA	TODA	ASDA	LDA
30	2803	2863	2803	2442
INTESESECTION TAKE OFF "J"	2630	2690	2630	---
INTESESECTION TAKE OFF "H"	2395	2455	2395	---

Tabella 2.8c Dati pista 30 (3)



Figura 2.11 Indicazione della testata pista 12 e della testata pista 30

### Taxiway

La taxiway principale, denominata “T” (*Tango*), è larga 23 m e pavimentata a pavimentazione flessibile in conglomerato bituminoso.

Le taxiway di collegamento tra la taxiway principale “T” e la pista di volo sono 10 e sono denominate “A” (*Alfa*), “B” (*Bravo*), “C” (*Charlie*), “D” (*Delta*), “E” (*Echo*), “F” (*Foxtrot*), “G” (*Golf*), “H” (*Hotel*), “J” (*Juliet*), “K” (*Kilo*).

La taxiway “A” costituisce, in effetti, il prolungamento della taxiway “T” verso la testata 12.

Le taxiway “J” e “K” sono ricavate su una stessa superficie pavimentata.

Tutte le taxiway sono pavimentate con conglomerato bituminoso.

In tabella 2.9 si riportano i dati relativi alla taxiway principale, mentre in tabella 2.10a, 2.10b e 2.10c sono visibili tutte le caratteristiche delle taxiway di collegamento alla taxiway principale.

LARGHEZZA TAXIWAY	23,00 M
LARGHEZZA SHOULDERS	TRA TWY “A” E “B” 11,50 M SU CIASCUN LATO (PER AEROMOBILI FINO A CODICE “F”)
	TRA TWY “B” E TWY “E” 7,50 M SU CIASCUN LATO (PER AEROMOBILI FINO A CODICE “F”)
	TRA TWY “E” E TWY “F” 3.50 M (PER AEROMOBILI FINO A CODICE “E”)
	TRA TWY “F” E “K” 7,50 M SU CIASCUN LATO (PER AEROMOBILI FINO A CODICE “F”)
STRIP DELLA TAXIWAY	-NEL TRATTO TRA TWY “TS” E RHP “K1” TRA 35 M E 42,5 M -NEL TRATTO TRA TWY “TV” E RHP “A” 35 M
PAVIMENTAZIONE	CONGLOMERATO BITUMINOSO
PORTANZA MINIMA	70/F/A/X/T STIMATO CON METODO FAA 150/5335-5
PENDENZA TRASVERSALE	CONFORME AL PUNTO 7.5 CAPITOLO 3 DEL RCEA

**Tabella 2.9 Dati taxiway principale**

TAXIWAY	DATI	MISURE	AEROMOBILI CONSENTITI
<b>A</b>	LARGHEZZA TAXIWAY	23.00 m (simmetrica rispetto all'asse)	Fino a codice “E” ICAO
	LARGHEZZA SHOULDERS	10.50 m per lato	
	LARGHEZZA STRIP DELLA TAXIWAY	42.50 m	
	PORTANZA	PCN 50/F/B/X/T (stimato con prove di carico su piastra)	
<b>B</b>	LARGHEZZA TAXIWAY	26.50 m (11.50+15.00)	Fino a codice “E” ICAO
	LARGHEZZA SHOULDERS	10.50 e 12.00 m	
	LARGHEZZA STRIP DELLA TAXIWAY	42.50 m	
	PORTANZA	PCN 70/F/B/X/T (stimato con prove di carico su piastra)	

**Tabella 2.10a Dati taxiway di collegamento (1)**

<b>C</b>	LARGHEZZA TAXIWAY	24.80 m. (11.50+13.30)	Fino a codice "C" ICAO (larghezza shoulder non a norma)
	LARGHEZZA SHOULDERS	1.70 m. e 3.50 m	
	LARGHEZZA STRIP DELLA TAXIWAY	42.50 m	
	PORTANZA	PCN 50/F/A/X/T	
<b>D</b>	LARGHEZZA TAXIWAY	23.00 m (simmetrica rispetto all'asse)	Fino a codice "C" ICAO (larghezza shoulder non a norma)
	LARGHEZZA SHOULDERS	3.50 m per lato	
	LARGHEZZA STRIP DELLA TAXIWAY	42.50 m	
	PORTANZA	PCN 46/F/A/X/T	
<b>E</b>	LARGHEZZA TAXIWAY	23.00 m (simmetrica rispetto all'asse)	Fino a codice "C" ICAO (larghezza shoulder non a norma)
	LARGHEZZA SHOULDERS	3.50 m per lato	
	LARGHEZZA STRIP DELLA TAXIWAY	42.50 m	
	PORTANZA	PCN 42/F/A/X/T	
<b>F</b>	LARGHEZZA TAXIWAY	23.00 m (simmetrica rispetto all'asse)	Fino a codice "C" ICAO (larghezza shoulder non a norma)
	LARGHEZZA SHOULDERS	3.50 m per lato	
	LARGHEZZA STRIP DELLA TAXIWAY	42.50 m	
	PORTANZA	PCN 52/F/B/X/T	

Tabella 2.10b Dati taxiway di collegamento (2)

<b>G</b>	LARGHEZZA TAXIWAY	23.00 m (simmetrica rispetto all'asse)	Fino a codice "D" ICAO
	LARGHEZZA SHOULDERS	7,5 m per lato	
	LARGHEZZA STRIP DELLA TAXIWAY	42.50 m	
	PORTANZA	PCN 85/F/B/X/T (stimato con prove di carico su piastra)	
<b>H</b>	LARGHEZZA TAXIWAY	23.00 m (simmetrica rispetto all'asse)	Fino a codice "C" ICAO (larghezza shoulder non a norma)
	LARGHEZZA SHOULDERS	3.50 m per lato	
	LARGHEZZA STRIP DELLA TAXIWAY	42.50 m	
	PORTANZA	PCN 57/F/B/X/T	
<b>J</b>	LARGHEZZA TAXIWAY	23.00 m (simmetrica rispetto all'asse)	Fino a codice "F" ICAO
	LARGHEZZA SHOULDERS	7,50 m	
	LARGHEZZA STRIP DELLA TAXIWAY	42.50 m	
	PORTANZA	PCN 60/F/A/X/T	
<b>K</b>	LARGHEZZA TAXIWAY	23.00 m (simmetrica rispetto all'asse)	Fino a codice "F" ICAO
	LARGHEZZA SHOULDERS	7,50 m	
	LARGHEZZA STRIP DELLA TAXIWAY	42.50 m	
	PORTANZA	PCN 60/F/A/X/T	

Tabella 2.10c Dati taxiway di collegamento (3)

Le taxiway che portano dalla taxiway principale “T” agli apron sono 10 e sono denominate: “TV” (*Tango Victor*), “TW” (*Tango Whiskey*), “TL” (*Tango Lima*), “TM” (*Tango Mike*), “TN” (*Tango November*), “TP” (*Tango Papa*), “U” (*Uniform*), “TQ” (*Tango Quebec*), “TR” (*Tango Romeo*), “TS” (*Tango Sierra*).

In tabella 2.11 si riportano le relative caratteristiche.

TAXIWAY	DATI	LARGHEZZA TAXIWAY	AEROMOBILI CONSENTITI (CODICE ICAO)
TV	LARGHEZZA TAXIWAY	19.00 m	Fino a codice “B” (utilizzabile per codici “C” solo previa applicazione delle modalità operative previste dal RdS)
TW	LARGHEZZA TAXIWAY	44.00 m	Fino a codice “” F
TL	LARGHEZZA TAXIWAY	45.00 m	Fino a codice “E”
TM	LARGHEZZA TAXIWAY	38.00 m	Fino a codice “D”
TN	LARGHEZZA TAXIWAY	41.00 m	Fino a codice “D”
TP	LARGHEZZA TAXIWAY	38.00 m	Fino a codice “D”
TU	LARGHEZZA TAXIWAY	51.00 m	Fino a codice “E”
TQ	LARGHEZZA TAXIWAY	38.00 m	Fino a codice “D”
TR	LARGHEZZA TAXIWAY	38.00 m	Fino a codice “D”
TS	LARGHEZZA TAXIWAY	75.00 m	Fino a codice “F”

*Tabella 2.11 Dati taxiway di collegamento con gli apron*

In figura 2.12 sono rappresentate tutte le taxiway: principale, di collegamento con la pista di volo e di collegamento con gli apron.



*Figura 2.12 Indicazione delle taxiway*

### Apron

Il parcheggio aeromobili è costituito da un'unica superficie pavimentata, collegata alla taxiway principale T tramite 10 taxiway denominate rispettivamente TV, TW, TL, TM, TN, TP, TU, TQ, TR, TS.

L'area di parcheggio è suddivisa in 3 apron, i primi due sono divisi dalla "aircraft stand taxilane" U (via di accesso alle piazzole), che collega la taxiway T, agli stand denominati 102 e 103, appartenenti all'Apron1.

Gli stand disponibili sono 34, denominati da 102 a 116 (Apron1), da 205 a 220 (Apron2) e da 301 a 307 (Apron3).

Sono presenti inoltre l'Apron 4 (con 5 stand denominati da 401 a 405), utilizzato dall'Aviazione Generale, e l'Apron 5, con gli stand 501 e 502 destinati alla sosta degli elicotteri (allo stato attuale tali piazzole non sono né agibili né operative).

Le caratteristiche costruttive del piazzale sono varie, si hanno sia pavimentazioni flessibili che rigide.

Per la determinazione delle caratteristiche portanti delle pavimentazioni, SAB (Società di gestione dell'Aeroporto di Bologna) ha attivato dal 2003 un'indagine stratigrafica e con prove di tipo deflettometrico HWD (*Heavy Weight Deflectometer*).

Tali indagini sono aggiornate periodicamente ogni 5 anni o a seguito di interventi infrastrutturali.

L'ultimo aggiornamento è stato effettuato nell'anno 2009.

Le portanze delle varie aree sono:

- area stand da 301 a 307: PCN 121/R/A/W/T;
- area stand da 205 a 208: PCN 70/R/B/X/T (procedura FAA 150/5335-5);
- area stand da 209 a 211: PCN 78/F/B/X/T;
- area stand da 212 a 216 : PCN 63 R/B/X/T;
- area stand da 217 a 219 : PCN 70/R/B/X/T (procedura FAA 150/5335-5);
- area stand da 102 a 107 : PCN 70/R/B/X/T (procedura FAA 150/5335-5);
- area stand da 108 a 114 : PCN 41 R/B/X/T;
- stand 115 e 116: PCN 70/R/B/X/T (procedura FAA 150/5335-5);
- stand da 401 a 405: PCN 70/R/B/X/T;
- stand 501 e 502: PCN 40/R/B/X/T.



In figura 2.13 sono visibili i 4 apron.



*Figura 2.13 Indicazione degli Apron*

### **2.2.2 La gestione ambientale dell'aeroporto**

A inizio 2008, l'Aeroporto di Bologna ha presentato il Piano Industriale 2008-2012, primo step per la realizzazione del Piano di Sviluppo Aeroportuale (*Masterplan*), che identifica le strategie e gli interventi infrastrutturali per portare la capacità di traffico dell'Aeroporto di Bologna fino a 10 milioni di passeggeri entro il 2023.

I principali obiettivi del Piano Industriale sono i seguenti:

- Sviluppo del traffico nel rispetto della sostenibilità ambientale e con attenzione alla qualità del servizio;
- Produzione di ricchezza per il territorio e per il sistema imprese;
- Creazione di valore per gli azionisti.

La crescita della scalo passerà attraverso l'ampliamento e la riqualificazione delle infrastrutture aeroportuali, il consolidamento del traffico business, accompagnato dallo sviluppo del traffico low cost, l'incremento del business non aeronautico, il miglioramento della qualità del servizio, dell'efficienza e della produttività.

Il potenziamento infrastrutturale dell'aeroporto, d'altra parte, comporta degli impatti potenzialmente critici sull'ambiente circostante e sulle persone che vivono nelle zone limitrofe al sedime aeroportuale. Perciò lo sviluppo dell'aeroporto, sin dalle fasi di pianificazione degli interventi, deve avvenire bilanciando da un lato le crescenti esigenze di mobilità espresse dal territorio di riferimento, che implicano un aumento di domanda del traffico e, quindi, l'ampliamento delle infrastrutture, dall'altro la necessità di tutelare l'ambiente circostante e di non compromettere la qualità della vita della comunità locale.

In questo contesto si inserisce la politica di sostenibilità ambientale dell'Aeroporto di Bologna.

Per questa ragione il Piano di Sviluppo Aeroportuale è stato oggetto di un percorso di condivisione con gli Enti locali e le Istituzioni nazionali, volto a trovare le migliori soluzioni di inserimento territoriale dell'aeroporto.

In quest'ottica, a luglio 2008, è stato firmato l'Accordo Territoriale per il polo funzionale Aeroporto, definito ai sensi della LR 20/2000 e siglato con le Istituzioni locali (Regione Emilia Romagna, Provincia e Comune di Bologna, Comune di Calderara di Reno), che stabilisce le politiche urbanistiche e territoriali per consentire l'espansione dello scalo in termini infrastrutturali e di sviluppo delle funzioni complementari all'attività aviation.

L'intesa, che tiene conto dei vincoli imposti dalle istituzioni e della concessione quarantennale data a SAB dall'ENAC ed è strettamente connessa ai punti-chiave del Piano Industriale, definisce due macro-obiettivi:

- Qualificare l'aeroporto come portale strategico internazionale per l'accessibilità del sistema economico bolognese ed emiliano-romagnolo;
- Garantire la sostenibilità e il corretto inserimento del polo funzionale nel contesto territoriale di riferimento.

Inoltre, il Masterplan è stato oggetto di procedimento di Valutazione di Impatto Ambientale (VIA), conclusosi nel 2012 con l'approvazione da parte degli organi ministeriali preposti, al quale ha fatto seguito, a giugno 2013, la pubblicazione in Gazzetta Ufficiale del Decreto di VIA, che costituisce il principale punto di riferimento per la definizione degli interventi di miglioramento ambientale con i quali SAB accompagnerà le opere di potenziamento dell'infrastruttura aeroportuale.

Oltre agli strumenti specifici di pianificazione territoriale ed ambientale, la tutela dell'ambiente non può prescindere da una attenta e continuativa attività di presidio degli aspetti ambientali significativi. Per tale ragione l'Aeroporto di Bologna è dotato, dal 2005, di un Sistema di Gestione Ambientale (SGA), certificato ai sensi della normativa UNI EN ISO 14001.



Tale Sistema di Gestione prevede la misurazione degli impatti ambientali generati dalle attività aeroportuali ed aeronautiche (tra cui rumore, qualità delle acque, consumi energetici, rifiuti), utilizzando indicatori numerici in grado di quantificare l'entità degli impatti stessi. Inoltre, lo stesso SGA, include l'adozione di diverse procedure interne atte a garantire l'attuazione di adeguate azioni preventive e correttive in caso di potenziale o effettivo insorgere di impatti ambientali significativi.

Questo sistema è integrato con gli altri sistemi di Gestione della Qualità (SGQ, certificato ISO 9001) e della Salute e Sicurezza dei lavoratori (SGSSL, certificato OHSAS 18001), in un unico Sistema di Gestione Integrato che permette un migliore coordinamento delle attività e quindi una maggiore efficacia delle azioni svolte.

### **2.3 Le emissioni di origine aeroportuale**

Le principali cause di impatto ambientale derivanti dall'utilizzo di una infrastruttura aeroportuale sono:

- Il rumore aeroportuale;
- Le emissioni atmosferiche (le quali non sono solamente da ricondursi ai consumi di carburante, ma sono anche strettamente legate ai consumi energetici).

Ai fini della presente trattazione ci si focalizzerà sulle emissioni in atmosfera di sostanze inquinanti e climalteranti prodotte dalle sorgenti emissive di origine aeroportuale.

Come si è già accennato nel capitolo precedente, i principali gas prodotti dall'aviazione sono i seguenti:

- Ossidi di azoto  $\text{NO}_x$ ;
- Composti organici volatili VOC;
- Monossido di carbonio CO;
- Particolato PM ( $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2,5}$ );
- Ossidi di zolfo  $\text{SO}_x$ ;

i quali causano la variazione della composizione chimica dell'aria;

- Diossido di carbonio  $\text{CO}_2$ ;

responsabile del cambiamento climatico.

Le sorgenti di inquinanti derivanti dalle operazioni aeroportuali si suddividono in due categorie:

1. Fisse: edifici (impianti di riscaldamento/raffrescamento, impianti elettrici);
2. Mobili: aeromobili, mezzi di supporto a terra, traffico stradale (consumi di carburante).

### 2.3.1 Emissioni da aeromobili

Nella valutazione delle emissioni generate da uno scalo aeroportuale giocano un ruolo fondamentale quelle prodotte dalle operazioni di volo, il cui contributo emissivo risulta dell'ordine dell'80% circa, rispetto alle altre sorgenti aeroportuali.

Per quantificare le emissioni prodotte dagli aeromobili, si considerano i kg di inquinante emessi all'interno del ciclo LTO (*Landing and Take-Off cycle*), che include tutte le operazioni di volo al di sotto i 3000 ft (circa 1000 m).

Il ciclo LTO si compone di 5 fasi (figura 2.14):

1. *Taxi-out*;
2. *Take-off*;
3. *Climb-out*;
4. *Approach*;
5. *Taxi-in*.

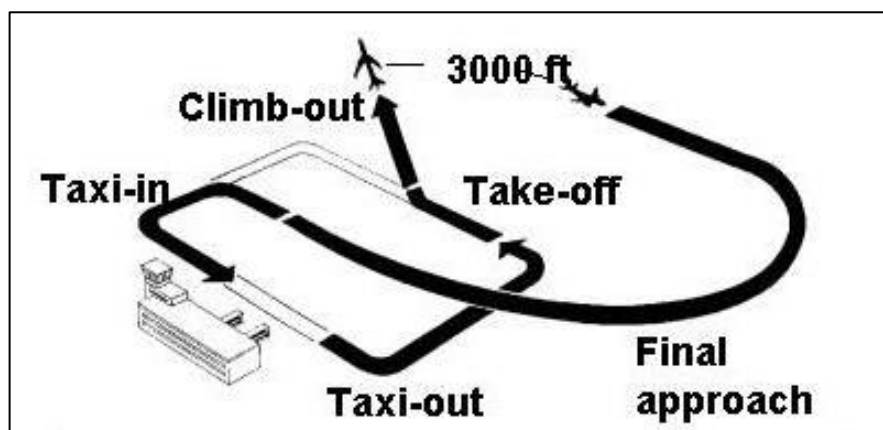


Figura 2.14 Fasi del ciclo LTO

Di seguito si descriverà in modo accurato ciascuna fase.

### **Taxi-out**

Il *taxi-out* consiste nella fase di percorrenza a terra che l'aeromobile compie tra lo stand di stazionamento e la testata della pista di volo, in fase di decollo.

Il tempo di taxi-out dipende quindi dalla configurazione dell'infrastruttura aeroportuale, cioè dalle distanze che gli aeromobili devono percorrere a terra, dalla zona in cui stazionano alla pista di volo, quindi anche le emissioni in atmosfera derivanti da questa fase saranno variabili a seconda della distanza percorsa dall'aeromobile.



*Figura 2.15 Momenti di cui si compone la fase di taxi-out*

In figura 2.15 sono mostrati tutti i momenti di cui si compone la fase di taxi-out:

- a) Il push-back trasporta l'aeromobile al di fuori dello stand e lo mette in posizione per la fase di rullaggio;
- b) Distacco del push-back una volta che l'aeromobile è in posizione,
- c) L'aeromobile imbocca la taxiway verso la testata della pista indicata dalla torre di controllo;
- d) L'aeromobile percorre la taxiway;
- e) L'aeromobile si posiziona sulla testata della pista di volo, pronto per la manovra di decollo.

### **Take-off**

La fase di *take-off* si svolge in parte a terra e in parte in volo, alla massima spinta dei motori, e comprende il movimento compiuto dall'aereo dall'istante in cui incomincia ad accelerare sulla pista di volo al momento in cui sviluppa la portanza e quindi il sostentamento in volo.



**Figura 2.16** *Momenti della fase di take-off*

In figura 2.16 sono mostrati i diversi momenti della fase di take-off:

- a) Accelerazione iniziale,
- b) Distacco della ruota di prua;
- c) Sviluppo della portanza.

### **Climb-out**

Per *climb-out* si intende la procedura di salita che si svolge completamente in aria durante la quale il velivolo raggiunge la quota di 3000 ft (figura 2.17).

Dopo tale quota inizia la fase di crociera (*cruise*).



*Figura 2.17 Fase di climb-out*

### **Approach**

L'*approach* è la fase di atterraggio del velivolo. La procedura consiste nel passaggio dall'altezza di 3000 ft, considerata altezza di crociera, fino al contatto al suolo con la pista di volo (istante di *touch-down*).



*Figura 2.18 momento della fase di approach*

In figura 2.18 sono mostrati i due momenti salienti della fase di approach:

- a) Discesa al suolo;
- b) Toccata con la pista di volo.

### Taxi-in

Per taxi-in si intende la fase di percorrenza a terra che l'aeromobile compie tra il punto di toccata con la pista di volo e lo stand di stazionamento a lui destinato, al termine dell'atterraggio.

Come per la fase di taxi-out, anche il tempo di taxi-in dipende, quindi, dalla configurazione dell'infrastruttura aeroportuale.



Figura 2.19 Momenti di cui si compone la fase di taxi-out



In figura 2.19 sono mostrati tutti i momenti di cui si compone la fase di taxi-in:

- a) Toccata con la pista di volo;
- b) Imbocco e percorrenza del raccordo;
- c) Attesa del mezzo *follow-me*;
- d) L'aeromobile viene condotto dal follow-me verso lo stand a lui destinato;
- e) Posizionamento all'interno della piazzola di sosta.

Alle diverse fasi corrispondono diverse emissioni, sia in termini di tipologia di inquinante emesso, sia in termini quantitativi, in quanto ad ogni fase del ciclo LTO è associata una determinata spinta dei motori.

In fase di decollo e di salita sono preponderanti le emissioni di ossidi di azoto e delle particelle in sospensione, mentre nel momento dell'avanzamento a terra sono prevalenti le emissioni di monossido di carbonio e di idrocarburi.

Come si è già detto, il tempo di taxi in/out dipende dalla configurazione dell'infrastruttura aeroportuale e, quindi, dalle distanze che gli aeromobili devono percorrere a terra. Al contrario, tutte le caratteristiche delle altre fasi del ciclo LTO sono standard e funzione della tipologia di aeromobile.

### 2.3.2 I mezzi di supporto a terra

I mezzi di supporto a terra – GSE (*Ground Support Equipment*), comprendono tutti quei mezzi di assistenza a terra di cui necessita il velivolo una volta che giunge al gate assegnato e spegne i motori (figura 2.20).

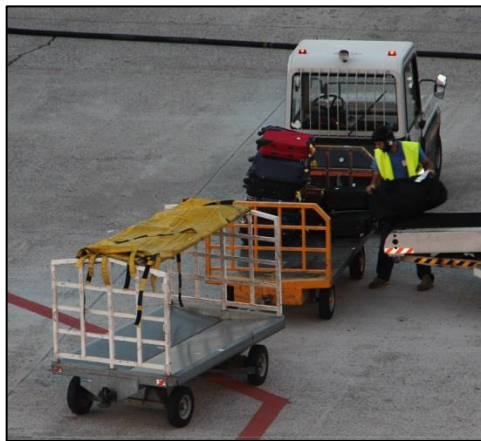


Figura 2.20 Aereo e Ground Support Equipment

A seconda delle dimensioni del velivolo e del carattere del volo (voli di linea o voli di aviazione generale) cambiano il tipo e il numero di servizi richiesti dall'aeromobile e, di conseguenza, cambia il numero e il tipo dei mezzi impiegati.

Le operazioni alle quali un aeromobile può essere sottoposto a terra sono molteplici e numerosi sono i mezzi impiegati:

- Carrelli per bagagli: sono utilizzati per il trasporto di bagagli, posta, merci e altri materiali tra l'aereo e il terminal (figura 2.21).



*Figura 2.21 Carrello per bagagli*

- Autobotti per rifornimento carburante: tipicamente contenenti fino a 10000 galloni di carburante, sono muniti di pompe, filtri, tubi ed altre attrezzature e riforniscono l'aereo di carburante (figura 2.22).



*Figura 2.22 Autobotte*



- Scalette: per permettere la salita e la discesa dei passeggeri e del personale di bordo (figura 2.23).



*Figura 2.23 Scaletta*

- GPU (*Ground Power Unit*): generatore mobile o fisso in grado di fornire alimentazione agli aeromobili parcheggiati a terra. Se fisso può essere alloggiato alla parte terminale di un finger, se mobile può essere trasportato da carrelli elettrici o mezzi a motore (figura 2.24):



*Figura 2.24 Esempio di GPU*

- Mezzi push-back: hanno il compito di muovere l'aereo dalla posizione di parcheggio (figura 2.25).



*Figura 2.25 Push-back*

- Mezzi follow-me: hanno il compito di guidare gli spostamenti a terra degli aeromobili (figura 2.26).



*Figura 2.26 Follow-me*

- Mezzi per il rifornimento di alimenti, acqua e cibo (catering e water service);
- Autobus per il trasporto dei passeggeri al gate (figura 2.27).



*Figura 2.27 Autobus*

### **2.3.3 Traffico stradale e parcheggi**

Il traffico veicolare o *Ground Access Vehicles*, ai fini dell'elaborazione, può essere suddiviso in due categorie:

1. Traffico veicolare su strada;
2. Traffico veicolare nei parcheggi.

Il primo gruppo è inteso come l'insieme dei mezzi che transitano, generalmente su base annuale, sulle strade di accesso all'aeroporto, e comprende sia i mezzi privati che i mezzi pubblici.

Il traffico veicolare nei parcheggi, invece, può essere inteso come un sottoinsieme del precedente: si tratta dei soli mezzi privati utilizzati dai passeggeri o dai dipendenti che si recano in aeroporto e sostano in uno dei parcheggi.

Le emissioni relative al traffico veicolare su strada vengono suddivise in:

- Emissioni dovute alla combustione;
- Emissioni dovute all'evaporazione del combustibile.

Le prime sono legate alla normale attività dei motori, mentre le seconde sono imputabili a diverse cause quali:

- *Crankcase*: percolamento e successiva evaporazione di combustibile dal basamento del motore, imputabili a malfunzionamenti o incidenti;
- *Refuelling losses*: emissioni di combustibile in atmosfera causate da evaporazione o sversamenti accidentali durante le operazioni di rifornimento;
- *Running losses*: perdite di combustibile durante la marcia del veicolo dovute alla permeabilità di alcuni componenti del circuito di alimentazione.

Allo stesso modo, anche per ciò che riguarda il traffico veicolare nei parcheggi, si possono distinguere emissioni dovute alla combustione e emissioni dovute all'evaporazione di combustibile. Queste ultime possono essere classificate come:

- *Hot soak*: perdite di combustibile legate alla permeabilità di alcuni componenti del veicolo che continuano, a motore spento, anche una volta parcheggiato il veicolo. Sono imputabili alle alte temperature che possono essere raggiunte in prossimità del motore.
- *Resting losses*: perdite sempre imputabili alla permeabilità dei componenti del veicolo ma legate soprattutto alla temperatura esterna, che può variare nell'arco di una giornata e nell'arco delle stagioni. Le parti interne di un veicolo in sosta a motore spento e ormai freddo possono essere riscaldate dal sole con conseguente aumento della permeabilità e dell'evaporazione.



### 3. IL MODELLO ANALITICO PREVISIONALE EDMS

Per valutare l'impatto ambientale generato dalle attività aeronautiche presso l'Aeroporto Guglielmo Marconi di Bologna, si è utilizzato il modello combinato di emissione e dispersione EDMS (*Emission and Dispersion Modelling System*).

Il modello EDMS è un software di simulazione, sviluppato dalla *Federal Aviation Administration* (FAA) in collaborazione con la *United States Air Force* (USAF), che permette di determinare la qualità dell'aria degli aeroporti civili e delle basi militari aeree: il software, a partire da determinati dati in input, è infatti in grado di calcolare le emissioni degli inquinanti prodotti dall'aviazione civile, e dalle attività ad essa correlate, e le concentrazioni nell'aria degli stessi (figura 3.1).

Per la stima della dispersione degli inquinanti, l'EDMS sfrutta il modello AERMOD, realizzato dalla statunitense *Environmental Protection Agency* (EPA).



Figura 3.1 Logo EDMS

L'EDMS, oltre ad essere considerato dall'EPA come il programma di riferimento per la valutazione dell'impatto atmosferico degli aeroporti civili, è anche l'unico software di modellazione matematica per il calcolo delle emissioni e delle concentrazioni degli inquinanti riconosciuto negli Stati Uniti dalla FAA. Ciò ha comportato una rapida diffusione del modello in tutti gli scali americani e, in seguito, anche in Europa, diventando così il modello standard dell'aviazione civile internazionale.

Questo giustifica la scelta dell'EDMS come programma di simulazione per l'analisi dell'impatto ambientale generato dall'Aeroporto di Bologna.

### 3.1 La struttura del sistema

Con la sigla EDMS ci si riferisce, in realtà, non ad un unico software di simulazione, ma a due programmi distinti: un software per la valutazione delle emissioni sullo scalo aeroportuale in oggetto ed un secondo programma mirato alla valutazione della concentrazione di inquinanti. Per offrire funzionalità sia per il calcolo delle emissioni che per il calcolo delle dispersioni, l'EDMS è strutturato in diversi livelli di interazione, così come rappresentato in figura 3.2.

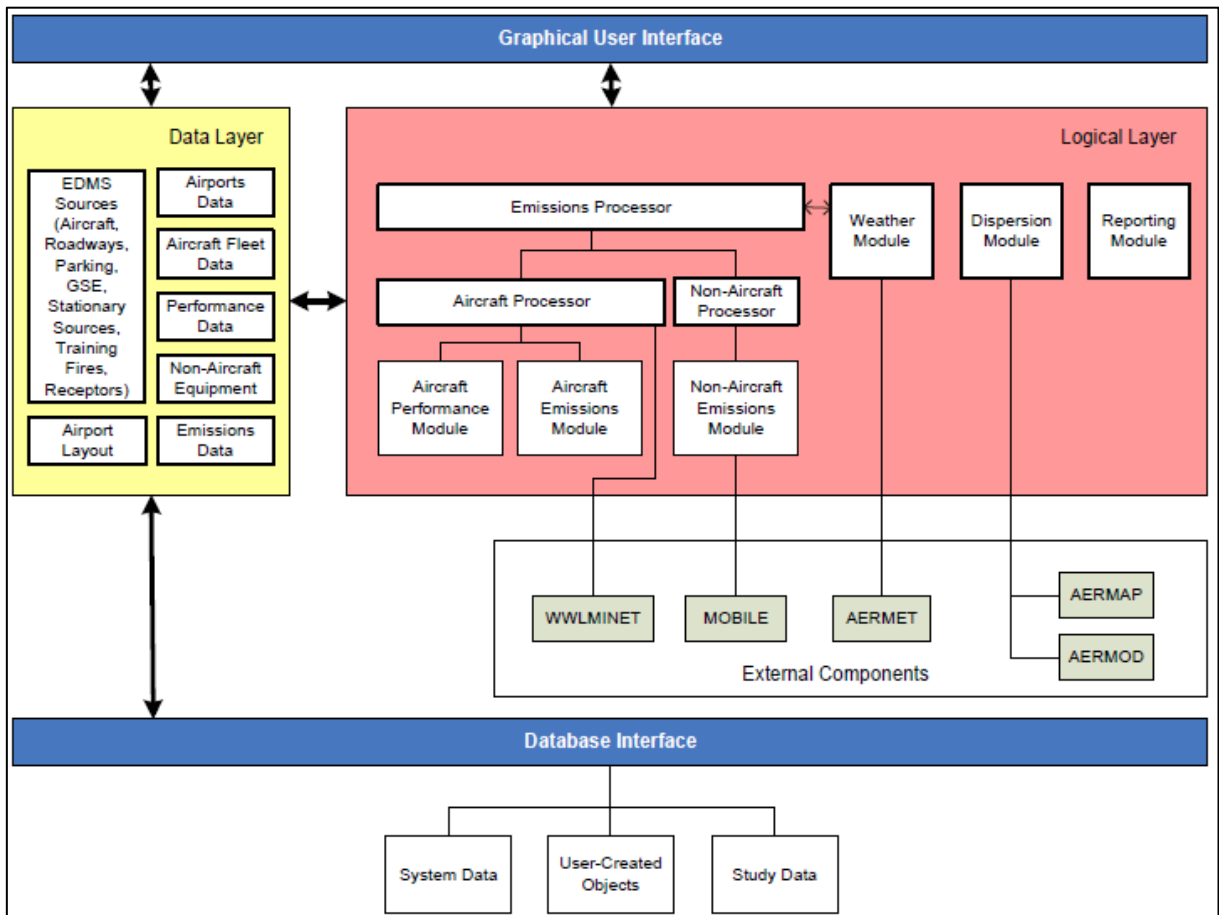


Figura 3.2 Architettura del sistema EDMS

Gli elementi di base del programma, sia per la elaborazione dell'inventario delle emissioni sia per la modellazione delle dispersioni, sono il database del sistema e i dati in ingresso inseriti direttamente dall'utente. Quest'ultimo interagisce col sistema e con il database al suo interno attraverso l'interfaccia grafica, attraverso la quale è possibile inserire dati, eseguire comandi e ricevere un feedback visivo sia dei dati in entrata che dei risultati generati. La porzione di mezzo tra l'interfaccia grafica e i dati tabulati costituisce il cuore del software EDMS e contiene l'insieme delle funzioni rappresentanti ciascuna fonte emissiva e tutte le funzioni necessarie per le analisi di dispersione.

Si può notare come all'interno del sistema coesistano più programmi distinti: AERMAP, AERMET, AERMOD, MOBILE, tutti curati da EPA e ognuno dei quali avente la propria specifica funzione.

Per il calcolo delle emissioni, il modello si serve del sottoprogramma MOBILE, modello di emissione di tipo statico basato sull'utilizzo dei fattori di emissione.

Per la simulazione delle emissioni è necessario indicare le caratteristiche generali dell'aeroporto in esame quali: le coordinate terrestri, l'altitudine sul livello del mare, l'altezza dello strato di rimescolamento e la temperatura media annuale.

Inserendo poi le sorgenti inquinanti e definendo i profili operativi delle stesse è possibile ottenere i risultati emissivi.

Per le analisi di dispersione, invece, il programma EDMS si avvale del sottoprogramma AERMOD, modello matematico gaussiano di dispersione per la determinazione della concentrazione di inquinanti. AERMOD, attraverso l'elaborazione dei dati relativi alle sorgenti aeroportuali (coordinate delle singole fonti stazionarie, dei gate, dei parcheggi, dei percorsi degli aeromobili per raggiungere il gate assegnato) e dei dati meteorologici, è in grado di fornire i risultati di dispersione.

Per l'elaborazione dei dati meteo, AERMOD si avvale del preprocessore AERMET, deputato alla rielaborazione dei dati meteo e alla realizzazione di un file di testo in un formato leggibile dal programma AERMOD.

A questo punto AERMOD è in grado di elaborare i dati in ingresso e fornire le concentrazioni di inquinanti.

Una descrizione del flusso funzionale relativo al modello EDMS è riportata nel diagramma di flusso visibile in figura 3.3.

Di seguito, dopo un breve cenno ai modelli di emissione in generale, si descriverà nel dettaglio la modalità di simulazione dello scenario emissivo, essendo questo l'oggetto della trattazione in esame.

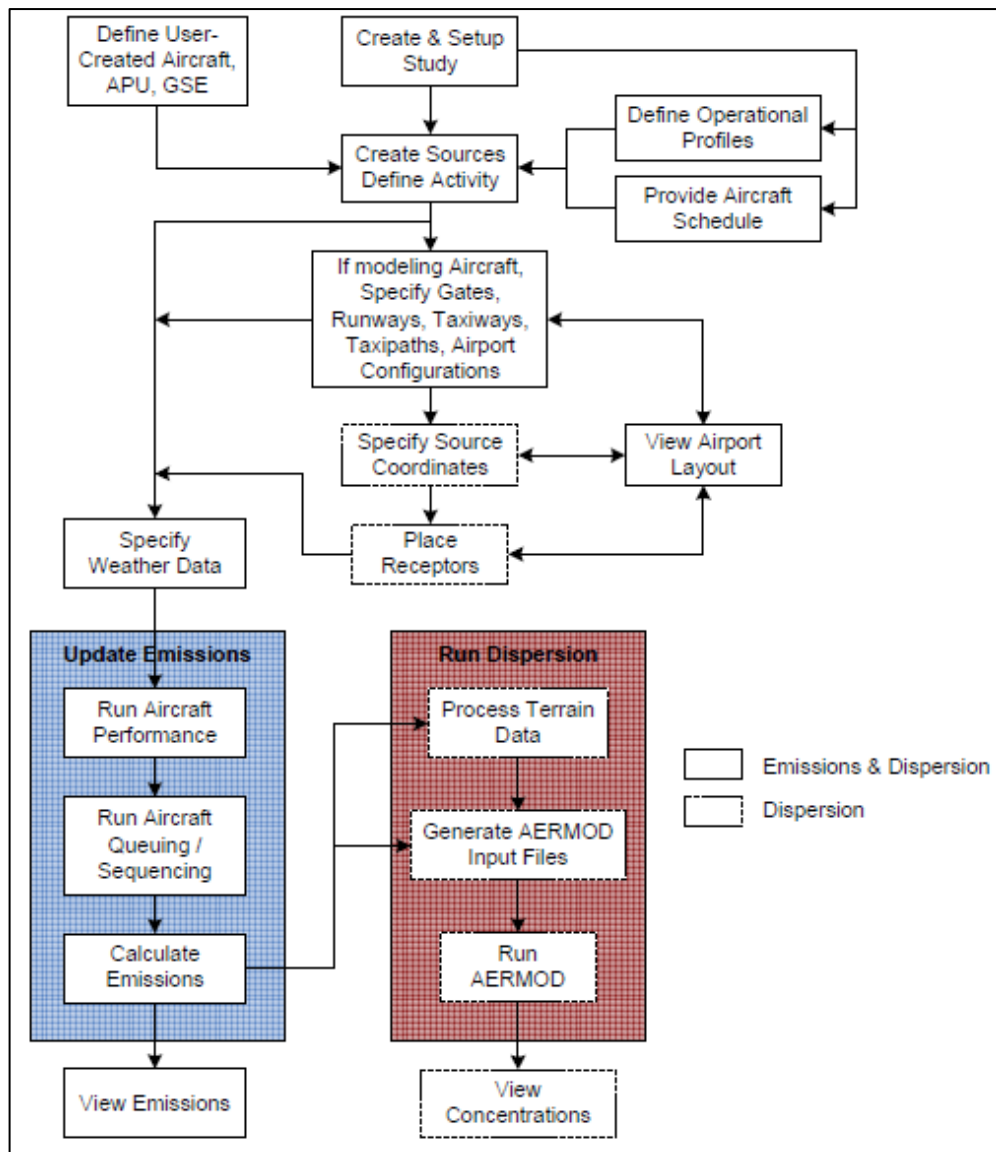


Figura 3.3 Flusso funzionale del modello EDMS

### 3.2 Generalità sui modelli di emissione

I modelli di emissione consistono nella formulazione matematica delle relazioni esistenti tra le emissioni inquinanti dei veicoli a motore e le variabili da cui tali emissioni sono influenzate.

La descrizione analitica del processo di emissione di sostanze inquinanti da parte dei veicoli con motore a combustione interna è fondata sull'individuazione delle variabili indipendenti che influenzano il fenomeno. Data la difficoltà di spiegare analiticamente i processi chimico-fisici che governano la produzione degli inquinanti in seno al fluido evolvente che viene combusto nel motore, è consigliabile assumere come variabili indipendenti dei modelli alcuni parametri relativi alle caratteristiche e alle condizioni di funzionamento dei veicoli nel loro complesso.



Questi parametri sono molteplici e si possono dividere nei seguenti gruppi:

**a) Caratteristiche costruttive del veicolo**, che possono essere distinte in:

- *caratteristiche generali*, come peso a vuoto, efficienza aerodinamica, ecc.;
- *caratteristiche dell'apparato di propulsione*, come tipo di motore, tipo di combustibile, caratteristiche di cilindrata e di potenza.

**b) Stato della meccanica del veicolo**: stato di usura, stato di manutenzione, condizioni di regolazione.

**c) Condizioni operative del veicolo nelle condizioni reali di traffico**: sono le caratteristiche di funzionamento dell'apparato di propulsione. Esse possono essere divise in due categorie, fra loro dipendenti:

- caratteristiche legate alla *dinamica del motore*, le più importanti delle quali sono la velocità di rotazione del motore e l'entità del carico ad esso fornito;
- caratteristiche legate allo *stato termodinamico del fluido evolvente* all'interno del cilindro, il quale determina le caratteristiche della combustione.

Le caratteristiche costruttive, di stato della meccanica e operative del veicolo sono influenzate a loro volta dalle condizioni dell'ambiente esterno, sia da quelle di tipo storico, riguardanti cioè la vita passata del veicolo, che da quelle operative, ovvero attuali.

Data la complessità che consegue dall'influenza contemporanea delle variabili indipendenti presenti, è necessario individuare quelle di cui è necessario tenere conto in maniera esplicita nei modelli.

I modelli di emissione sono sviluppati in maniera indipendente per ciascun tipo di inquinante e per ciascuna categoria veicolare di caratteristiche costruttive date. Essi sono inoltre costruiti come somma di diversi sotto-modelli, ognuno dei quali descrive la relazione tra le emissioni e un gruppo significativo di parametri.

La dipendenza delle emissioni dalla dinamica di funzionamento del motore in determinate condizioni di regime (termico, di stato della meccanica e ambientale), costituisce il modello di base: le emissioni che in tal caso vengono calcolate saranno quindi indicate come *emissioni di base*. Le variabili indipendenti del modello di base sono quindi soltanto quelle relative alla dinamica di funzionamento dell'apparato di propulsione.

Le variazioni indotte da condizioni non di regime vengono computate come funzioni correttive del modello di base.

Lo sviluppo dei modelli di emissione può essere condotto sia con un approccio dinamico, volto alla simulazione delle caratteristiche istantanee del fenomeno, sia secondo un approccio statico, che permette invece soltanto il calcolo dei valori medi delle emissioni nell'intervallo temporale al quale si riferisce l'analisi (*fattori di emissione*).

L'approccio dinamico conduce alla formulazione dei *modelli dinamici di emissione*. Essi consentono il calcolo delle emissioni istantanee di una determinata sostanza inquinante, sulla base dell'andamento in funzione del tempo delle variabili indipendenti scelte. I modelli costruiti secondo questo approccio permettono di descrivere il fenomeno nel dettaglio, ma necessitano di una quantità notevole di informazioni sul comportamento istantaneo delle variabili esplicative. Essi trovano quindi campi ottimali di applicazione nella simulazione di configurazioni di complessità limitata.

L'approccio statico alla simulazione conduce, invece, ai *modelli statici di emissione*. Essi sono volti alla determinazione delle emissioni medie (fattori di emissione) in un certo intervallo di tempo in funzione dei valori medi assunti dalle variabili indipendenti nell'intervallo considerato. Sono quindi adatti al calcolo delle emissioni in condizioni stazionarie di funzionamento del sistema di trasporto.

Come è già stato accennato, il software EDMS si rifà all'utilizzo di un modello di emissione di tipo statico.

### **3.3 La simulazione di emissione**

La simulazione di emissione consente la valutazione delle emissioni totali annue degli inquinanti prodotti da tutte le sorgenti aeroportuali definite nello studio e la creazione di un inventario delle emissioni.

L'EDMS calcola le emissioni per i seguenti inquinanti:

- CO<sub>2</sub> (anidride carbonica), solo per gli aeromobili;
- CO (monossido di carbonio);
- THC (idrocarburi totali), per gli aeromobili e gli APU;
- NMHC (idrocarburi non metanici);
- VOC (composti organici volatili);
- TOG (composti organici totali);
- NO<sub>x</sub> (ossidi di azoto);

- SO<sub>x</sub> (ossidi di zolfo);
- PM<sub>10</sub> (particolato, 10 micron);
- PM<sub>2,5</sub> (particolato, 2,5 micron).

Per il calcolo delle emissioni è necessario fornire i dati relativi alle sorgenti emmissive presenti nello scalo aeroportuale. Le sorgenti contemplate dal programma sono:

- Aircraft;
- GSE Population;
- Parking Facilities;
- Roadways;
- Stationary Sources;
- Training fires.

Per la descrizione dettagliata di ciascuna sorgente emmissiva si rimanda al Capitolo 2.

Dalla schermata principale (figura 3.4) è possibile accedere ad ognuna delle fonti emmissive ed inserire i dati di input necessari per l'implementazione.

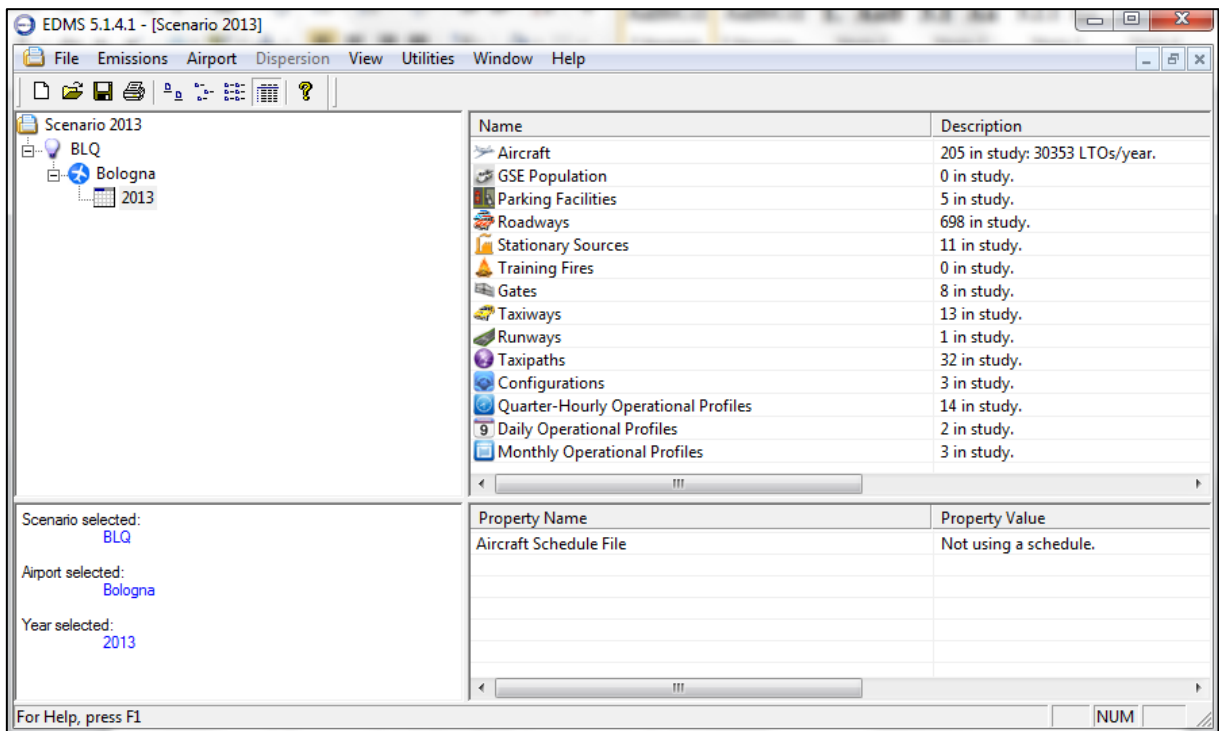


Figura 3.4 Schermata principale del modello EDMS

Nei paragrafi successivi verrà descritta la modalità di calcolo della quantità di inquinanti per ciascuna sorgente emmissiva.

### 3.2.1 Il traffico aereo e il Ground Support Equipment

È possibile definire l'attività degli aeromobili attraverso la finestra *Aircraft Operations and Assignments* (figura 3.5).

Questa finestra permette di inserire gli aeromobili di interesse per lo studio in esame con la relativa motorizzazione, consente quindi di costruire il proprio “fleet mix”.

I motori sono l'effettiva fonte emissiva degli aeromobili e l'EDMS considera ciascun aeromobile come la combinazione di uno specifico modello di aereo e di uno specifico modello di motore.

Lo stesso modello di aereo può, infatti, essere equipaggiato con diversi tipi di motore: la combinazione aereo/motore è di fondamentale importanza, perché diversi modelli di motore montati sullo stesso aeromobile possono portare a valori di emissione molto diversi tra loro. Qualora le informazioni non fossero sufficienti per risalire al tipo di motore installato sugli aerei operanti presso lo scalo in esame, il software suggerisce una motorizzazione di default, la quale è generalmente la più comune per quel tipo di aeromobile.

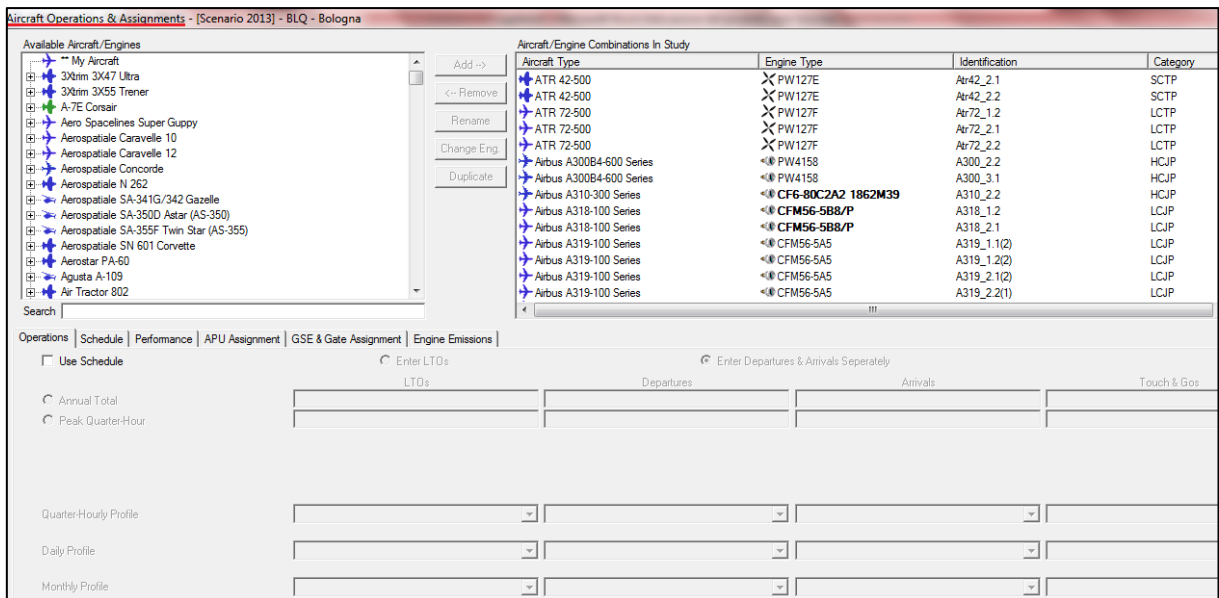


Figura 3.5 Schermata Aircraft Operations and Assignments

Una volta costruito lo scenario di traffico, selezionando ogni singolo aereo è possibile andare ad indicare le operazioni ad esso associate.

Attraverso il comando *Operations* (figura 3.6) può essere descritta l'attività di ciascun aeromobile in termini di Cicli LTO, Arrivi, Partenze o Touch and Go (operazione di atterraggio seguita immediatamente da un decollo, solitamente eseguita a scopi di addestramento nelle basi militari o nei piccoli aeroporti civili).

In genere ci si riferisce alle operazioni compiute annualmente da quell'aeromobile, ma è anche possibile eseguire analisi più specifiche riferendosi al mese, al giorno, fino al quarto d'ora di picco di interesse.

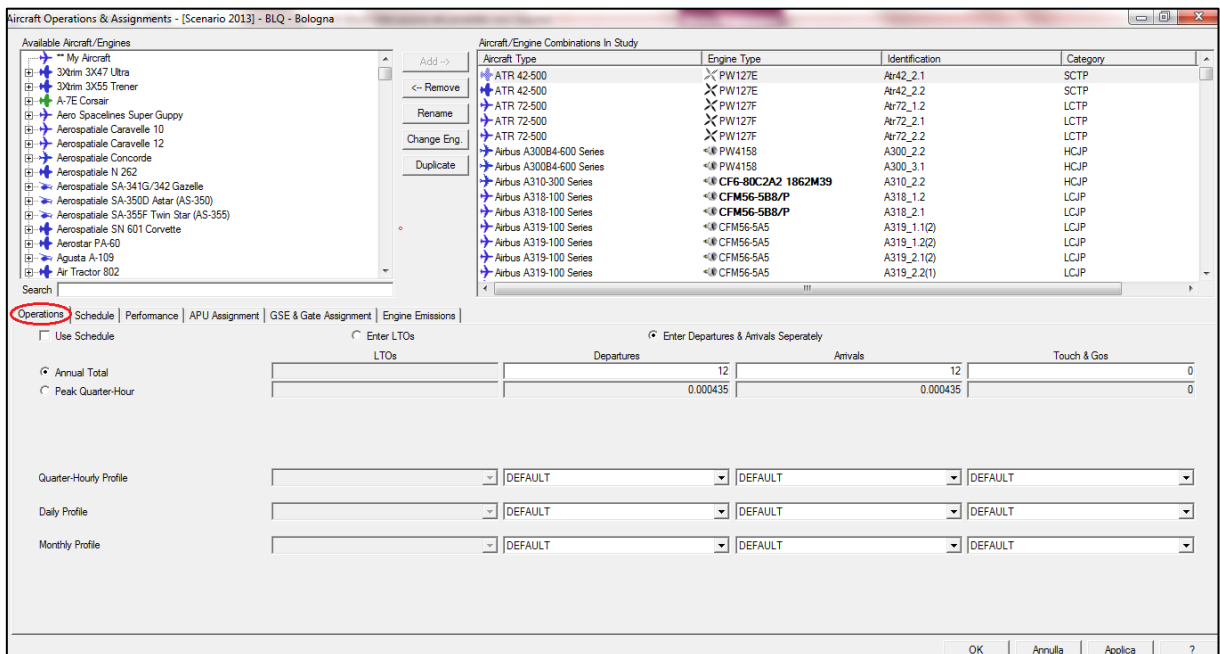


Figura 3.6 Finestra relativa al comando *Operations*

La finestra *Schedule* (figura 3.7) permette di inserire un file di testo contenente tutte le informazioni relative ad ogni volo effettuato nell'anno di riferimento: tipo di aeromobile, tipo di operazione (decollo o atterraggio), pista, data e ora, gate ecc.

Selezionando *Use Schedule* il modello prende le informazioni relative al traffico aereo da questo file.

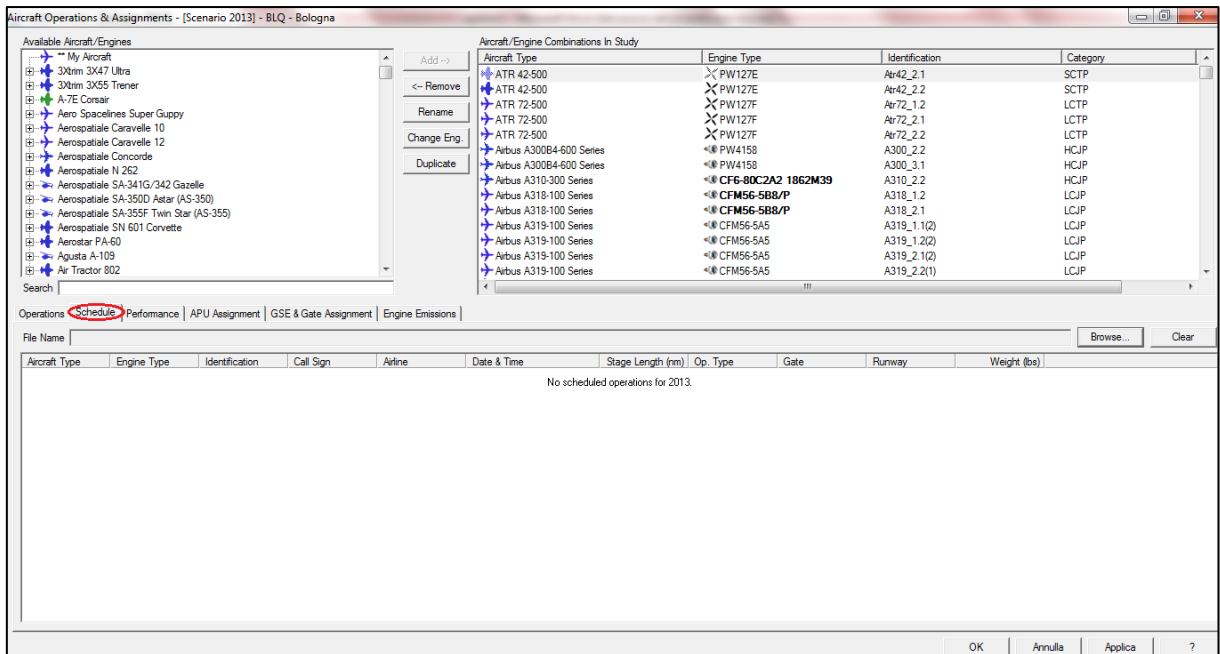


Figura 3.7 Finestra relativa al comando Schedule

Attraverso la finestra *Performance* (figura 3.8) si possono assegnare i tempi di taxi, il peso al decollo ed il peso all'atterraggio.

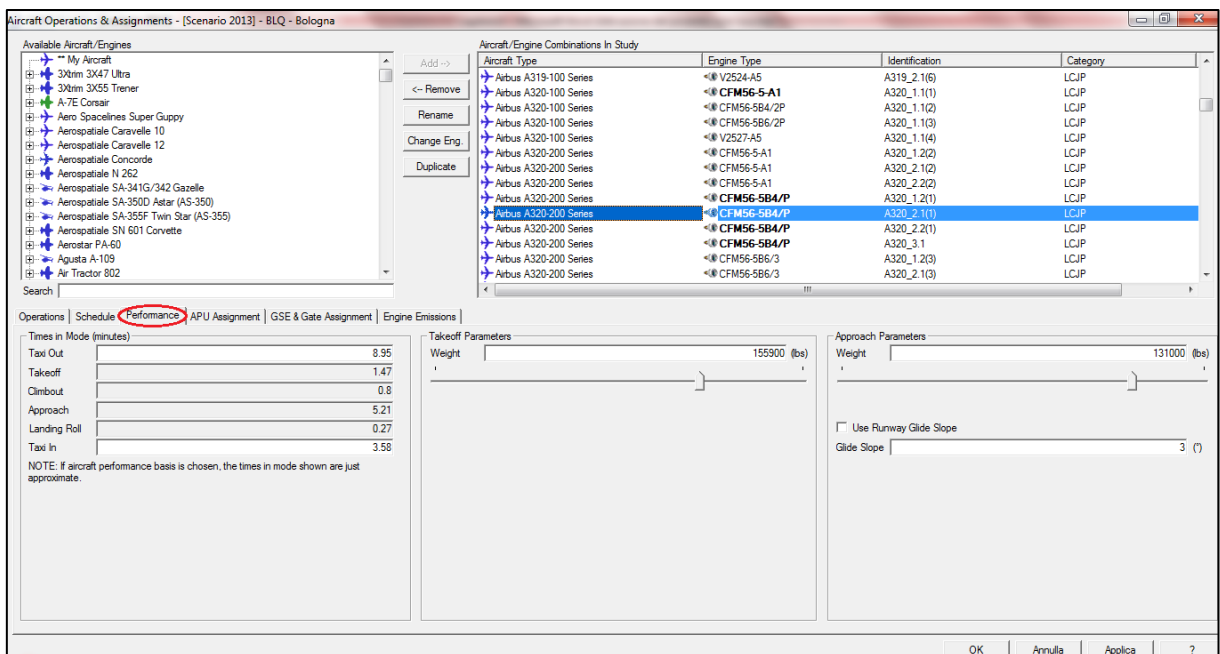


Figura 3.8 Finestra relativa al comando Operations

Come si è già accennato, nella valutazione delle emissioni dovute al traffico aereo, il modello EDMS considera il numero dei cicli LTO compiuti da ogni aeromobile operante presso lo scalo aeroportuale nell'anno di riferimento.

Per ciclo LTO (*Landing and Take-Off cycle*) si intende la somma dei movimenti che un aeromobile compie in fase di decollo e di atterraggio al di sotto dei 3000 ft (1000 m ca.).

Come è già stato detto nel capitolo 2, il ciclo LTO può essere suddiviso in 6 fasi (“*modes*”), questa suddivisione è di fondamentale importanza al fine del calcolo delle emissioni, perché a ciascuna fase è legata una diversa spinta dei motori:

1. Approach;
2. Taxi-in;
3. Startup;
4. Taxi-out;
5. Takeoff;
6. Climb-out.

Una rappresentazione grafica delle diverse fasi è visibile in figura 3.9.

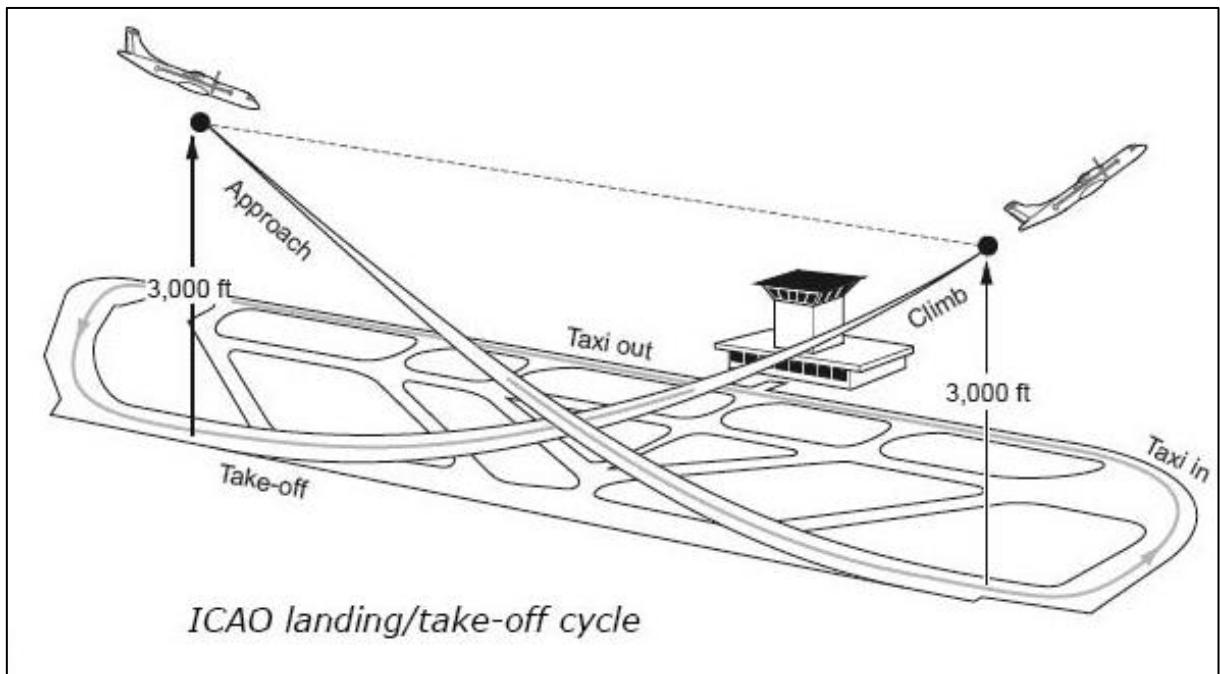


Figura 3.9 Rappresentazione grafica del ciclo LTO

Per ciascuna fase deve essere indicato il tempo necessario per il completamento della manovra (“*times in mode*”): ai fini del calcolo delle emissioni, il tempo impiegato dagli aeromobili per le fasi di Taxi-in e Taxi-out può essere stabilito dall'utente, sulla base di analisi caratteristiche di ciascun aeroporto; mentre tutte le caratteristiche inerenti le altre fasi del ciclo LTO sono standard e funzione della tipologia di aeromobile.

Il tempo di taxi, infatti, dipende dalla configurazione dell'infrastruttura aeroportuale e, quindi, dalle distanze che gli aeromobili devono percorrere a terra.

I times in mode per Takeoff, Climb-out e Approach sono invece stati stimati dall'ICAO in funzione di determinate caratteristiche dell'aeromobile quali l'avionica, il numero di motori e il carico massimo al decollo.

Ad ogni fase del ciclo LTO è associata una determinata spinta dei motori (a cui a sua volta corrisponde una posizione di manetta dell'aereo, espressa come percentuale della massima spinta al decollo), in conformità a quanto stabilito dall'Annesso 16 - ICAO, ovvero:

Takeoff	100%
Climb-out	85%
Approach	30%
Taxi-in/Taxi-out/Idle/Queue	7%

Tabella 3.1 Spinta dei motori relativa a ciascuna fase

L'assetto del motore determina il regime con cui il carburante è bruciato, il quale, a sua volta, determina la natura e la quantità delle emissioni in atmosfera.

La finestra *Engine Emissions* (figura 3.10) permette di visualizzare la portata di carburante consumato in *kg/s* e gli indici di emissione EI (*Emission Index*) di ciascun inquinante, in *g/kg*, per l'aereo selezionato.

Gli indici di emissione esprimono la massa, in grammi, di inquinante prodotto per ogni kg di combustibile consumato [*g/kg*].

Per la maggior parte dei motori, i fattori di emissione contenuti nel database del software EDMS, sono stati ottenuti dall' "ICAO Aircraft Engine Exhaust Databank", una banca dati pubblicata e accessibile agli utenti.

Questa banca dati è poi stata integrata con dati sulle emissioni dei motori forniti direttamente dai produttori degli aeromobili.

Per gli aeromobili più vecchi sono stati utilizzati i dati contenuti in EPA AP-42, parte II, sezione 1.



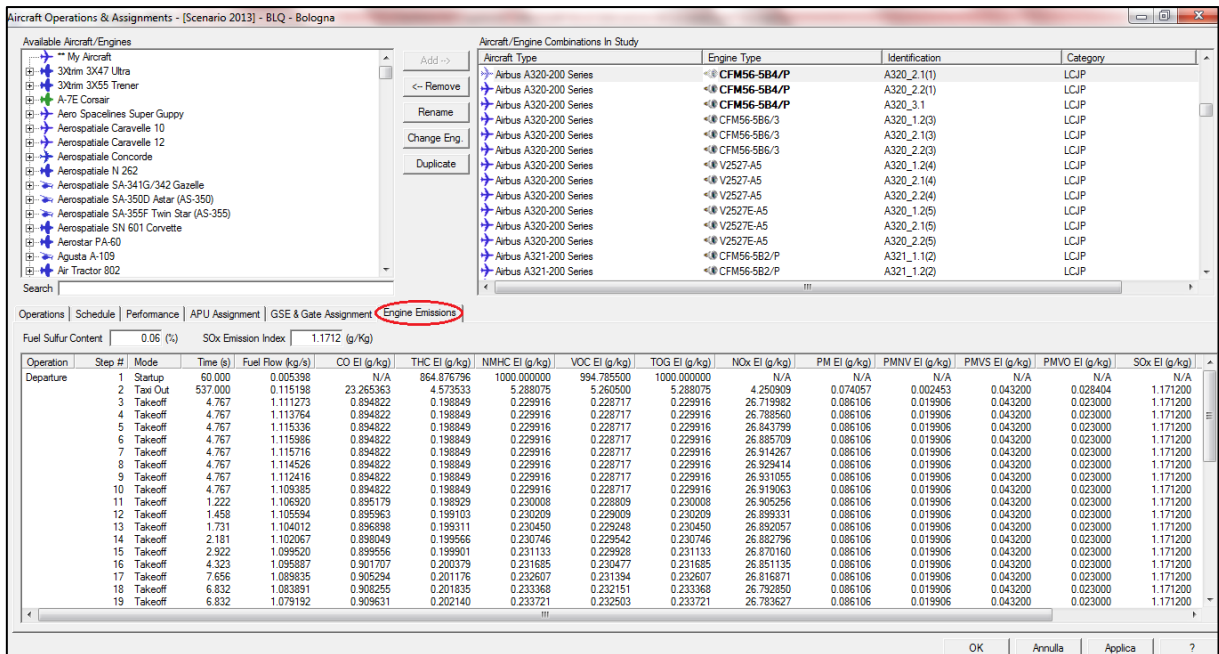


Figura 3.10 Finestra relativa al comando Engine Emissions

Il modello suddivide ogni fase del ciclo LTO in segmenti e ad ognuno assegna un tempo, in secondi, che corrisponde al tempo impiegato dall'aeromobile per compiere quel tratto.

Tali tempi dipendono dalla spinta fornita dal motore in quella fase e sono diversi per ciascun aeromobile. Per ogni segmento il modello fornisce la quantità di carburante consumato [kg/s] e i relativi fattori di emissione [g/kg].

L'ICAO pubblica periodicamente tabelle in cui è possibile consultare tutti i dati necessari per il calcolo delle emissioni per tutti i motori certificati: i valori del rapporto  $D_p / F_{\infty}$ , dove per “ $D_p$ ” si intende la massa, in grammi, di inquinante gassoso emesso durante la simulazione di un ciclo LTO e “ $F_{\infty}$ ” è la spinta del motore, in kN, in condizioni statiche a livello del mare; lo “Smoke Number”, che è un termine adimensionale indice delle emissioni di PM<sub>10</sub> basato sulla riflettanza di un filtro posto allo scarico del motore rispetto al filtro pulito; e, come si è già detto, gli indici di emissione EI.

La quantità totale  $E_{ij}$  di inquinante  $i$  emesso dal velivolo di tipo  $j$  in un ciclo LTO è calcolata secondo l'equazione:

$$E_{ij} = \sum_k (TIM_{jk} * FF_{jk} * EI_{ijk} * NE_j)$$

Dove:

- $TIM_{jk}$  è il time in mode per la fase  $k$  (Approach, Taxi-in, Startup, Taxi-out, Takeoff, Climb-out), per il velivolo di tipo  $j$ ;
- $FF_{jk}$  è il flusso di carburante per il velivolo di tipo  $j$ , nella fase  $k$ ,
- $EI_{ijk}$  è il fattore di emissione per l'inquinante  $i$ , nella fase  $k$ , per il velivolo di tipo  $j$ ;
- $NE_j$  è il numero di motori che equipaggiano il velivolo  $j$ .

L'emissione totale di inquinante  $E_i$  su base annuale per tutti i velivoli è data da:

$$E_i = \sum_j (E_{ij} * N_j)$$

Dove:

- $N_j$  è il numero di LTO all'anno per il velivolo  $j$ .

Grazie alla finestra *APU Assignment* (figura 3.11) è possibile inserire gli APU utilizzati da ciascun aeromobile. Selezionando la voce “*use default APU assignment*” il modello assegna di default, a ciascun aeromobile, numero e tipologia di APU.

Le APU (*Auxiliary Power Unit*) sono dei motori turbofan del tutto analoghi ai motori stessi degli aerei, ma di dimensioni molto più contenute, che forniscono energia elettrica per il funzionamento della strumentazione di bordo, per la circolazione dell'aria condizionata e per ogni altra attività necessaria al corretto funzionamento dell'aeromobile nel momento in cui esso si trova a terra a motori spenti.

La potenza prodotta varia a seconda del modello installato. Gli aerei di piccole dimensioni possono essere sprovvisti di APU, in questo caso il loro fabbisogno energetico viene assicurato mediante una GPU (*Ground Power Unit*).

La GPU non è altro che un generatore mobile o fisso messo a disposizione dall'aerostazione. Se fisso, tale generatore può essere alloggiato nella parte terminale di un finger, se mobile può essere trasportato, a seconda delle dimensioni, da carrelli elettrici o mezzi a motore.

Ai fini del calcolo, le emissioni di APU e GPU non vengono trattate come emissioni dovute al traffico aereo, ma vengono formalmente imputate al gate.

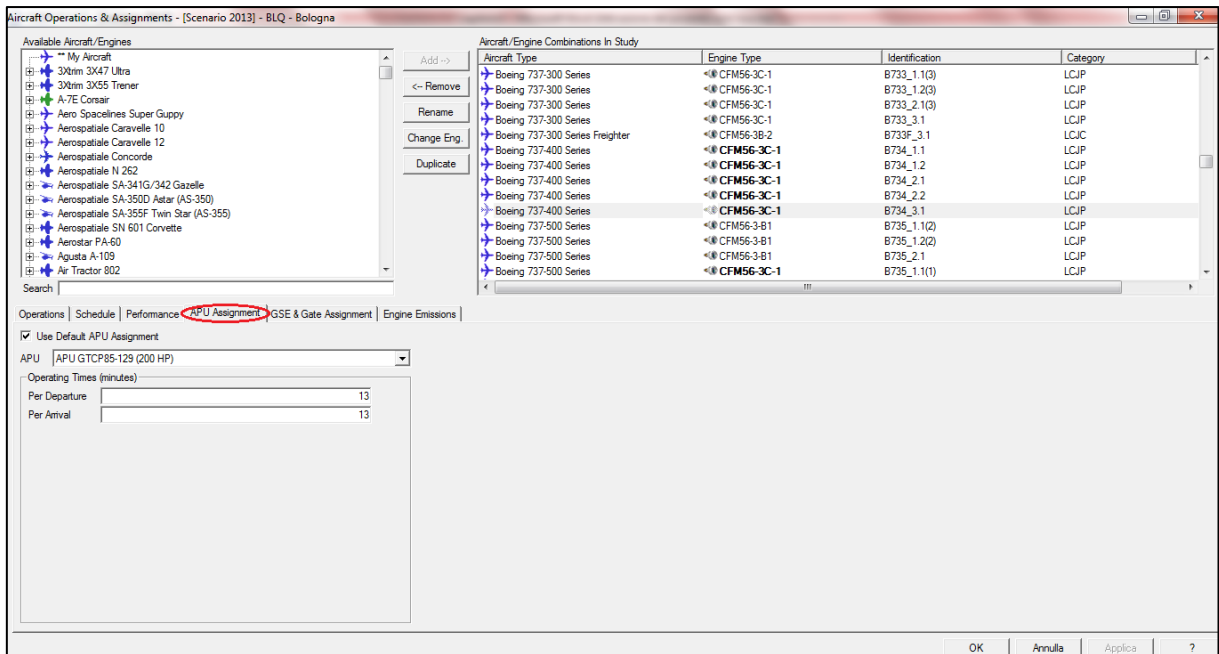


Figura 3.11 Finestra relativa al comando APU assignment

La quantità  $E_{ij}$  di inquinante  $i$  emessa dalla APU installata sul velivolo di tipo  $j$  (o similmente da una GPU) riferita ad un ciclo LTO è data da:

$$E_{ij} = T * FF_j * EI_{ij}$$

Dove:

- $T$  è il tempo di funzionamento dell'APU (o GPU) riferito ad un ciclo LTO;
- $FF_j$  è la portata di carburante consumato dalla APU (o GPU) del velivolo  $j$ ;
- $EI_{ij}$  è il fattore di emissione dell'inquinante  $i$  per l'APU (o GPU), del velivolo  $j$ .

Analogamente a quanto accade per gli altri motori di cui sono muniti gli aeromobili, anche i fattori di emissione e le portate di combustibile delle APU e GPU sono stati raccolti e pubblicati. Questi dati sono resi disponibili nei documenti “*Technical data to support FAA’s advisory circular on reducing emissions from commercial aviation*” e “*Compilation of air pollutant emission factors*” realizzati dalla FAA e dall’EPA e nel “*The engine handbook*” ad opera della USAF.

Il calcolo delle emissioni totali di inquinante  $i$  al gate preso in considerazione, si ottiene dall’equazione:

$$E_{Ti} = \sum_j (E_{ij} * LTO_j)$$

Dove:

- $E_{Ti}$  è la quantità totale di inquinante  $i$  emessa da APU e GPU al gate di riferimento;
- $LTO_j$  è il numero totale di LTO realizzati dal velivolo  $j$  ed imputabili al gate di riferimento.

Ovviamente, qualora fossero presenti più gate, per ottenere le emissioni totali di inquinante  $i$  imputabili alle APU e GPU sarebbe necessario sommare i valori  $E_{Ti}$  calcolati per ciascun gate.

I GSE (*Ground Support Equipment*) comprendono tutti quei mezzi di assistenza a terra di cui necessita il velivolo una volta che giunge al gate assegnato e spegne i motori (figura 3.12).

A seconda delle dimensioni del velivolo e del carattere del volo (voli di linea o voli di aviazione generale) cambiano il tipo e il numero di servizi richiesti dall'aeromobile e, di conseguenza, cambia il numero e tipo di mezzi impiegati.

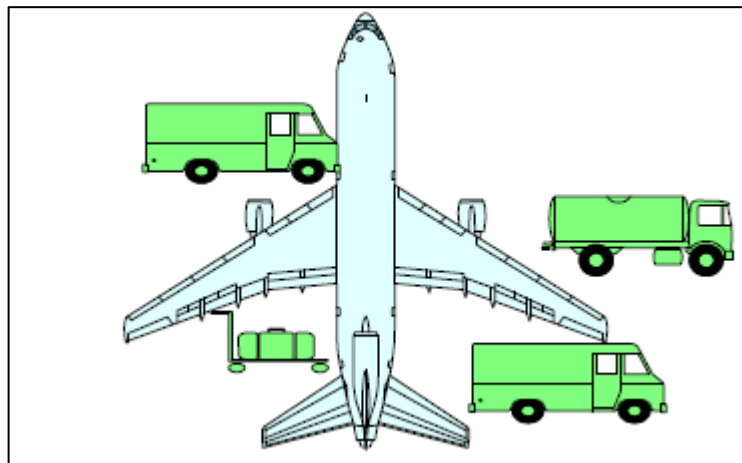


Figura 3.12 Rappresentazione di un aeromobile e del relativo GSE

Per il calcolo delle emissioni associate all'utilizzo di GSE si può procedere in due modi distinti: si può agire considerando la popolazione totale dei GSE operanti ed effettuare, noti i dati complessivi di utilizzo dei mezzi su base annuale, il calcolo totale delle emissioni, oppure si può procedere decidendo di assegnare i mezzi GSE, per ogni LTO, ad ogni tipo di aereo ed effettuare il calcolo delle emissioni.

Tramite la finestra *GSE & Gate Assignment* (figura 3.13) è possibile utilizzare questo secondo metodo (metodo LTO based) e assegnare ad ogni aeromobile il gate e i GSE di supporto.

Il modello assegna ad ogni aeromobile una configurazione di GSE di default, ma l'utente ha la possibilità di rimuovere o aggiungere mezzi di supporto così come modificare i tempi operativi.

L'assegnazione del gate di stazionamento dell'aeromobile non è necessaria per il calcolo delle emissioni, mentre verrebbe richiesta per l'analisi di dispersione.

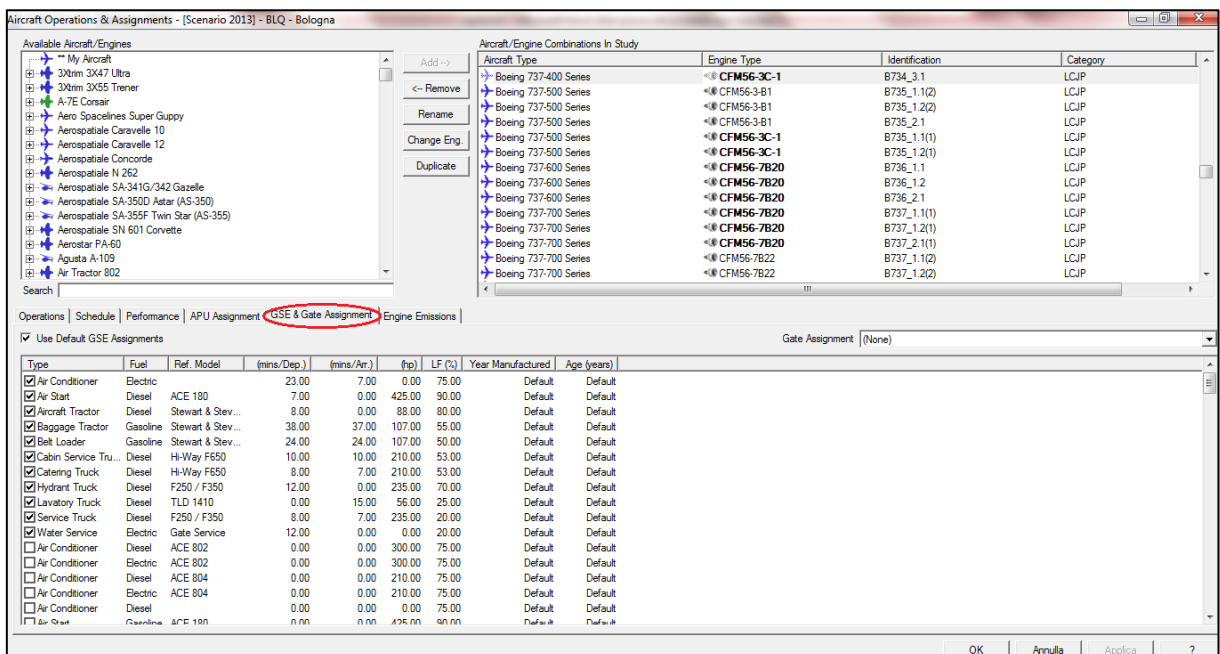


Figura 3.13 Finestra relativa al comando GSE & Ground Support Equipment

L'EDMS contempla 24 tipologie di mezzi GSE e per ognuno di essi specifica i fattori di emissione e il tempo di utilizzo. Tali valori sono stati calcolati e resi disponibili dalla FAA e dall'EPA.

I fattori di emissione per i GSE sono funzione del tipo di combustibile utilizzato, della potenza sviluppata dal motore, della sua cilindrata e del fattore di carico del mezzo, espresso come percentuale sul massimo carico trasportabile.

Tali fattori sono espressi in grammi di inquinante emesso su potenza sviluppata [ $hp$ ] per tempi [ $ore$ ] di utilizzo, ovvero  $g/(hp * ore)$ .

Il calcolo delle emissioni avviene secondo l'equazione:

$$E_{it,LTOj} = HP_t * LF_t * U_{t,LTOj} * EI_{it}$$

Dove:

- $E_{it,LTOj}$  è la quantità di inquinante  $i$  emessa, per ciascun LTO del velivolo  $j$ , dal mezzo di tipo  $t$ ;
- $HP_t$  è la potenza prodotta dal motore del mezzo di tipo  $t$ ;
- $U_{t,LTOj}$  è il tempo di utilizzo, per ciascun LTO del velivolo  $j$ , dal mezzo di tipo  $t$ ;
- $EI_{it}$  è il fattore di emissione dell'inquinante  $i$  per il mezzo  $t$ .

Quindi, definito il numero di cicli LTO complessivi su base annuale per il velivolo  $j$  ( $LTO_j$ ), le emissioni  $E_{itj}$  di inquinante  $i$  su base annuale, per il velivolo di tipo  $j$ , date dal mezzo  $t$  saranno espresse come:

$$E_i = \sum_t \sum_j E_{itj}$$

Per quanto riguarda l'altro metodo di assegnamento dei GSE, dalla schermata principale si può accedere alla finestra *GSE population*.

La finestra *GSE Population* (figura 3.14) permette di scegliere, da un elenco contenente i vari tipi di GSE, quelli da includere nello scenario di traffico relativo allo studio in esame.

In questo caso i GSE sono modellizzati come una popolazione che opera indipendentemente dall'attività degli aeromobili.

L'utente può specificare i GSE operanti in aeroporto, le unità per ciascun mezzo, il tempo di funzionamento, i parametri di emissione (la potenza [hp] e il fattore di carico [%]), il combustibile utilizzato, il profilo operativo e l'età.

Anche in questo caso vengono calcolate le emissioni annue in base alla tipologia di inquinante, utilizzando il metodo degli indici di emissione.

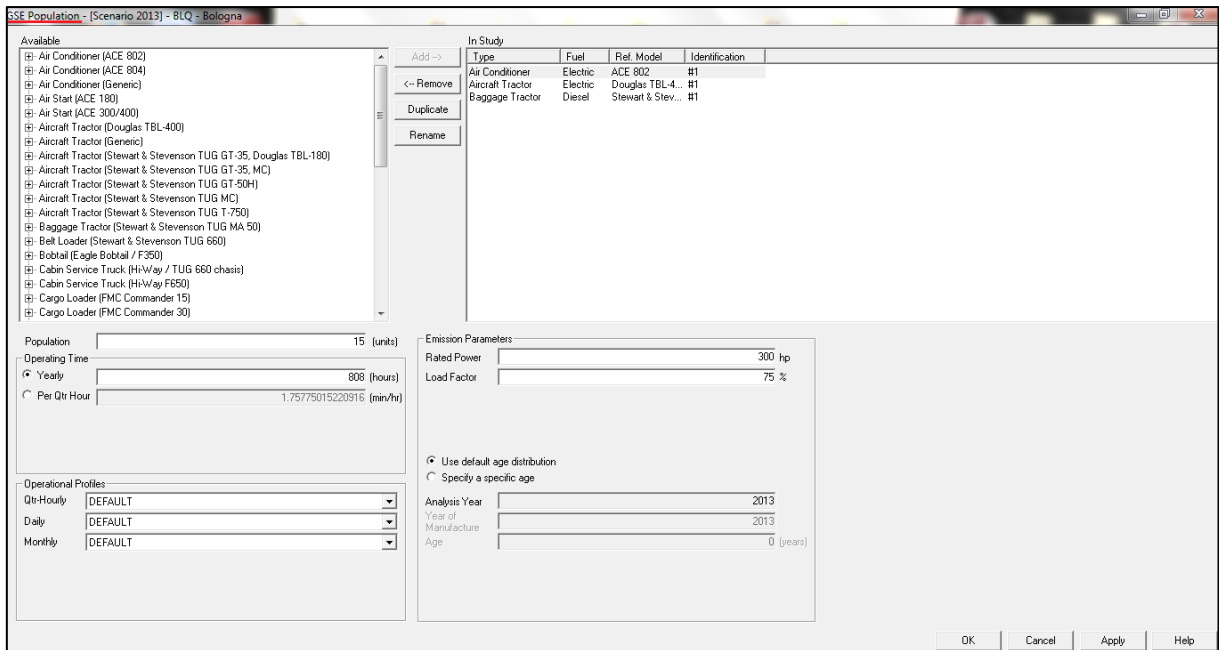


Figura 3.14 Schermata GSE population

### 3.2.2 I parcheggi e il traffico veicolare su strada

L'EDMS contempla la possibilità di calcolare le emissioni di inquinanti dovute al traffico veicolare indotto su strada e nei parcheggi.

Il traffico veicolare o *Ground Access Vehicles*, ai fini dell'elaborazione, può essere suddiviso in due categorie:

1. Traffico veicolare su strada;
2. Traffico veicolare nei parcheggi.

Il primo gruppo è inteso come l'insieme dei mezzi che transitano, generalmente su base annuale, sulle strade di accesso all'aeroporto, e comprende sia i mezzi privati che i mezzi pubblici.

Il traffico veicolare nei parcheggi, invece, può essere inteso come un sottoinsieme del precedente: si tratta dei soli mezzi privati utilizzati dai passeggeri o dai dipendenti che si recano in aeroporto e sostano in uno dei parcheggi.

Per il calcolo delle emissioni il modello sfrutta il metodo dei fattori di emissione e prende come riferimento l'Appendice G del rapporto "*Air quality procedures for civilian airports and air force bases*", senza tuttavia applicarne completamente le direttive.

In tale rapporto, infatti, le emissioni relative al traffico veicolare su strada vengono suddivise in:

- Emissioni dovute alla combustione;
- Emissioni dovute all'evaporazione del combustibile.

Le prime sono legate alla normale attività dei motori, mentre le seconde sono imputabili a diverse cause quali:

- *Crankcase*: percolamento e successiva evaporazione di combustibile dal basamento del motore, imputabili a malfunzionamenti o incidenti;
- *Refuelling losses*: emissioni di combustibile in atmosfera causate da evaporazione o sversamenti accidentali durante le operazioni di rifornimento;
- *Running losses*: perdite di combustibile durante la marcia del veicolo dovute alla permeabilità di alcuni componenti del circuito di alimentazione.

Allo stesso modo, anche per ciò che riguarda il traffico veicolare nei parcheggi, si possono distinguere emissioni dovute alla combustione e emissioni dovute all'evaporazione di combustibile. Queste ultime possono essere classificate come:

- *Hot soak*: perdite di combustibile legate alla permeabilità di alcuni componenti del veicolo che continuano, a motore spento, anche una volta parcheggiato il veicolo. Sono imputabili alle alte temperature che possono essere raggiunte in prossimità del motore.
- *Resting losses*: perdite sempre imputabili alla permeabilità dei componenti del veicolo ma legate soprattutto alla temperatura esterna, che può variare nell'arco di una giornata e nell'arco delle stagioni. Le parti interne di un veicolo in sosta a motore spento e ormai freddo possono essere riscaldate dal sole con conseguente aumento della permeabilità e dell'evaporazione.

Sia per la valutazione delle emissioni dovute alla combustione sia per quelle evaporative, l'EPA ha sviluppato opportune equazioni che sfruttano i fattori di emissione calcolati secondo le specifiche raccolte nei rapporti "*Procedures for emission inventory preparation*" a cura dell'USAF.

Il modello, tuttavia, non segue appieno queste direttive trascurando completamente le emissioni evaporative, considerandole estremamente piccole rispetto a quelle imputate alla combustione.



Per il calcolo dei fattori di emissione degli inquinanti, l'EDMS utilizza il modello matematico MOBILE 6.2.

Inserendo i dati di input (tipo di veicolo, velocità media di percorrenza, temperatura media annuale, altezza sul livello del mare), MOBILE 6.2 calcola i fattori di emissione espressi come massa di inquinante per veicolo [ $g/veh$ ].

La quantità di carburante  $i$ , emessa su base annuale dal traffico veicolare su strada, può essere quindi calcolata secondo l'equazione:

$$E_{ir} = EI_{isy} * D_r * T_r$$

Dove:

- $E_{ir}$  è la quantità totale di inquinante  $i$  emessa dal traffico veicolare nel periodo di interesse (generalmente un anno), sul tratto di strada  $r$ , caratterizzato da una sua lunghezza e da una certa velocità di percorrenza;
- $EI_{isy}$  è il fattore di emissione dell'inquinante  $i$ , riferito all'anno  $y$ , calcolato per una specifica velocità media  $s$ ;
- $D_r$  è la lunghezza del tratto  $r$  percorso dai veicoli, sia in andata che in ritorno, alla velocità media  $s$ ;
- $T_r$  è il numero di veicoli che percorrono tratto  $r$  nel periodo di riferimento.

Quindi la quantità  $E_i$  di inquinante  $i$  emesso su tutti i tratti di strada di lunghezza  $r$  che portano all'aerostazione può essere calcolata come:

$$E_i = \sum_r E_{ir}$$

Per il computo delle emissioni nei parcheggi, il modello tiene conto dei diversi movimenti compiuti dal veicolo all'interno del parcheggio:

1. Corsa del veicolo all'interno del parcheggio sino al posto macchina libero;
2. Assestamento del veicolo nel proprio posto macchina;
3. Fase di spegnimento del motore;
4. Fase di avvio e riscaldamento del motore;
5. Allontanamento del veicolo dal proprio posto macchina al termine della sosta;
6. Uscita dal parcheggio.

Per ognuna di queste fasi, il modello calcola i fattori di emissione in funzione della distanza percorsa, della velocità media di percorrenza e del tempo di sosta del veicolo nel parcheggio. Tali fattori di emissione sono specifici per un dato parcheggio e vengono calcolati separatamente per ognuna di queste fasi.

In un secondo momento il modello perviene alla definizione di un unico fattore di emissione complessivo ( $EI_i^{TOT}$ ) per tutte le manovre svolte all'interno del parcheggio.

Il computo delle emissioni di inquinante  $i$  su base annuale, all'interno del parcheggio di riferimento avviene secondo l'equazione:

$$E_{ik} = EI_i^{TOT} * T_{yk}$$

Dove:

- $E_{ik}$  è la quantità di inquinante  $i$  prodotta dai veicoli all'interno del parcheggio  $k$ ;
- $T_{yk}$  è il numero totale di veicoli che su base annuale hanno usufruito del parcheggio  $k$ .

La quantità  $E_i$  di inquinante  $i$  emessa dai veicoli che hanno usufruito di tutti i parcheggi disponibili presso l'aerostazione sarà allora data da:

$$E_i = \sum_k E_{ik}$$

L'attività veicolare all'interno dei parcheggi dello scalo aeroportuale in esame può essere specificata attraverso la finestra *Parking Facilities* (figura 3.15), accessibile dal menu principale.

Per il calcolo delle emissioni vengono richiesti: il numero di veicoli che hanno stazionato nei parcheggi nell'anno di riferimento (o per quarto d'ora), il profilo operativo e i parametri di emissione del veicolo, tra cui la velocità media tenuta all'interno del parcheggio [*mph*], la distanza media percorsa [*m*] e il tempo trascorso in coda [*min*].

E' inoltre possibile definire la tipologia di parco veicolare operante. Il parco veicolare di default è costituito da un insieme di veicoli di tutte le tipologie, età e combustione.

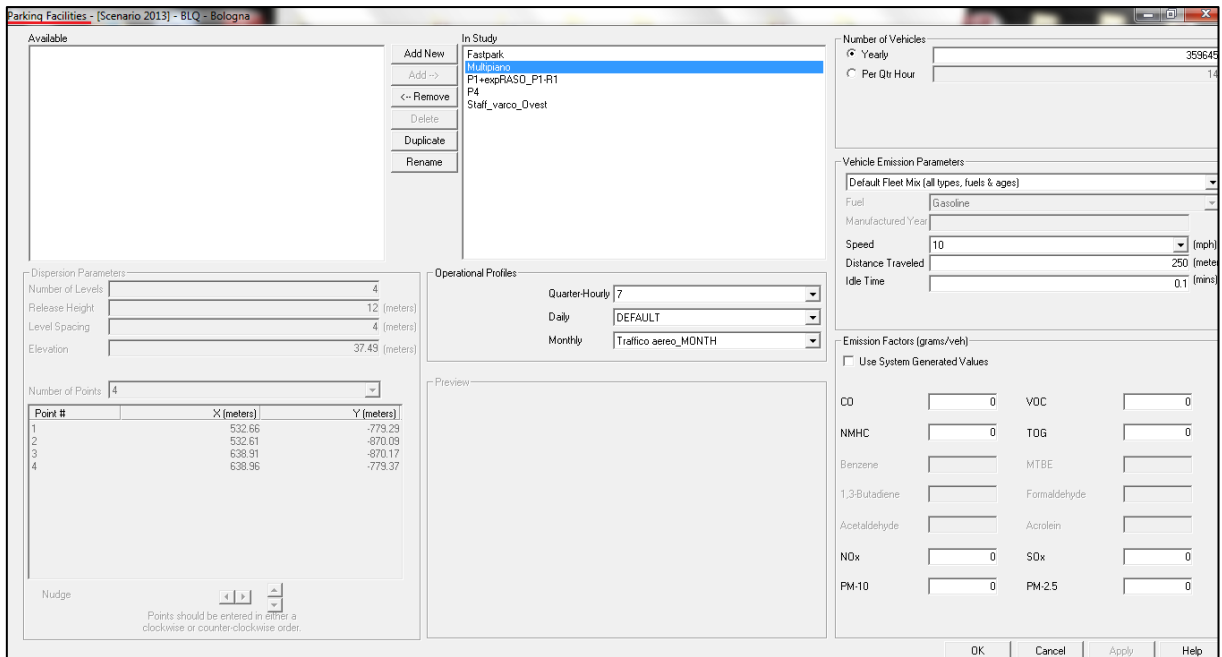


Figura 3.15 Schermata Parking Facilities

L'attività veicolare sulle strade convergenti nell'aeroporto oggetto di analisi (traffico stradale indotto) può essere definita attraverso la finestra *Roadways* (figura 3.16), accessibile dalla schermata principale.

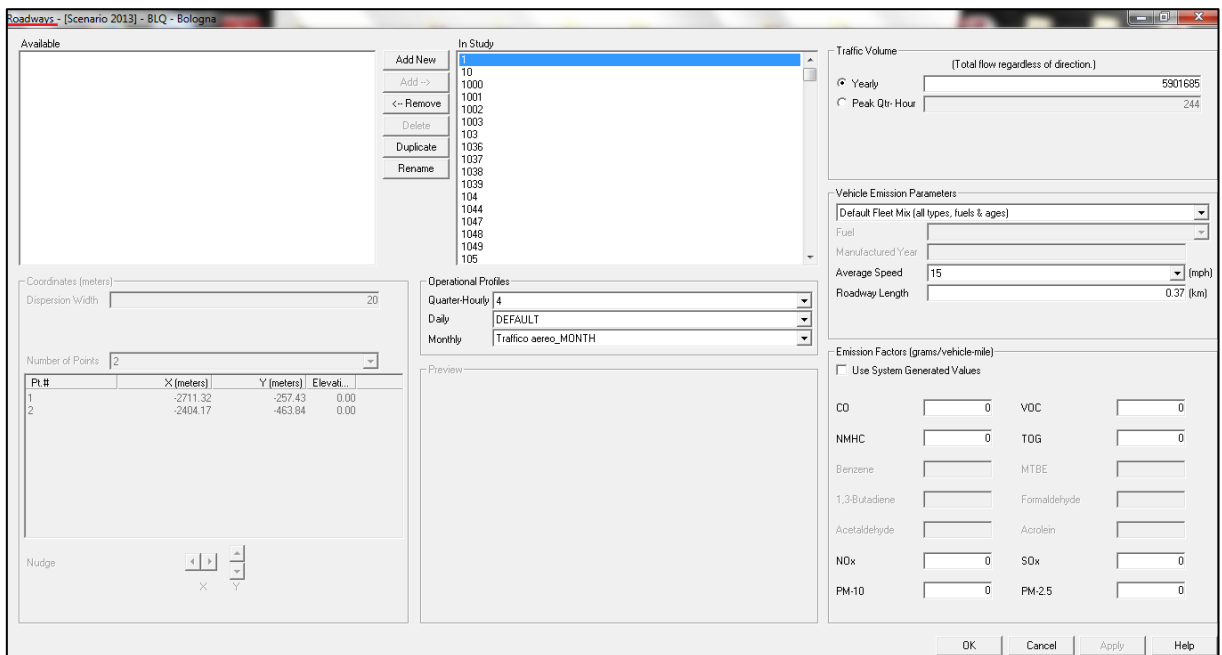


Figura 3.16 Schermata Roadways

I dati richiesti al fine del calcolo delle emissioni sono simili a quelli richiesti per i parcheggi: il volume di traffico annuale, il profilo operativo, i parametri di emissione tra cui la velocità media di percorrenza [*mph*] e la lunghezza del tratto di strada [*km*].

Anche in questo caso è possibile definire la tipologia di parco veicolare scegliendo da un menu a tendina.

### 3.2.3 Le sorgenti stazionarie

Con il termine sorgenti stazionarie si intendono tutte quelle fonti di inquinanti atmosferici presenti all'interno dell'area di studio e che derivano da attività necessarie al corretto funzionamento dell'aerostazione.

Il modello contempla le seguenti tipologie di sorgenti stazionarie:

- centrali di riscaldamento;
- generatori di emergenza;
- inceneritori;
- aree di test per i motori;
- serbatoi di stoccaggio per combustibili;
- aree dedicate alla verniciatura degli aerei;
- aree dedicate al deicing degli aerei;
- aree dedicate alla pulizia degli aerei con solventi.

Per ciascuna di queste attività l'EDMS utilizza specifiche relazioni matematiche, atte alla valutazione delle emissioni.

Presso lo scalo aeroportuale di Bologna, oggetto dello studio, molte di queste attività non vengono svolte, pertanto si ritiene opportuno descrivere le relazioni matematiche utilizzate dal modello relativamente alle sole sorgenti di interesse, ovvero le centrali termiche.

Per il calcolo delle emissioni dovute alle centrali termiche, il modello EDMS sfrutta ancora una volta il metodo dei fattori di emissione.

Per la sorgente stazionaria  $k$  la quantità  $E_{ik}$  di inquinante  $i$  emessa nell'arco di tempo considerato (generalmente annuale) è data da:

$$E_{ik} = F_{jk} * EI_{ij}$$

Dove:

- $F_{jk}$  è la portata di combustibile  $j$ , espressa generalmente su base annuale, utilizzata presso la sorgente  $k$ ;
- $E_{ij}$  è il fattore di emissione dell'inquinante  $i$  relativo al combustibile  $j$  utilizzato.

La portata  $F_{jk}$  è specifica per ogni centrale e deve essere nota per poter eseguire il calcolo, essa rappresenta la quantità di combustibile bruciato nell'arco dell'anno ed è, in genere, facilmente reperibile.

Il fattore di emissione  $E_{ij}$  è espresso come massa di inquinante emessa per unità di volume [ $kg/1000m^3$ ] per combustibili gassosi, o unità di massa di combustibile bruciato [ $kg/1000l$ ] per combustibili liquidi.

È opportuno fare una precisazione sui fattori di emissione.

La definizione dei fattori di emissione è piuttosto complicata in quanto strettamente dipendente da una serie di elementi variabili nel tempo.

Ad esempio, il fattore di emissione per il calcolo della  $CO_2$  dipende da:

- contenuto in carbonio del combustibile;
- fattore di ossidazione;
- potere calorifero.

Il fattore di ossidazione tiene conto della produzione di molecole diverse dalla  $CO_2$  (sia gassose che solide) e, a sua volta, dipende da:

- tipo di combustibile;
- tipo di tecnologia;
- età della macchina;
- condizioni operative.

Ad esempio, la composizione del gas naturale dipende dal paese in cui lo stesso gas viene estratto e questo influenza notevolmente il valore il fattore di emissione.

Il gas naturale prodotto in Italia contiene mediamente il 99% di metano, mentre quello algerino ne può contenere meno dell'85%, insieme a quantità significative di propano e butano, ragione per la quale varia il contenuto di carbonio e di conseguenza anche il fattore di emissione.

Il modello EDMS dispone di un database interno in cui sono presenti tutti i valori di *EI<sub>ij</sub>* pre-calcolati, ma offre anche la possibilità di inserire fattori di emissione differenti, in modo tale da rendere più accurato il calcolo delle emissioni per uno specifico scenario.

Le informazioni relative alle sorgenti stazionarie presenti nell'aeroporto in esame vengono introdotte tramite la finestra *Stationary Sources* (figura 3.17), accessibile dalla schermata principale.

Il calcolo delle emissioni si basa sulla quantità di materiale utilizzato o consumato.

Per ogni sorgente deve essere specificata la tipologia di combustibile utilizzato.

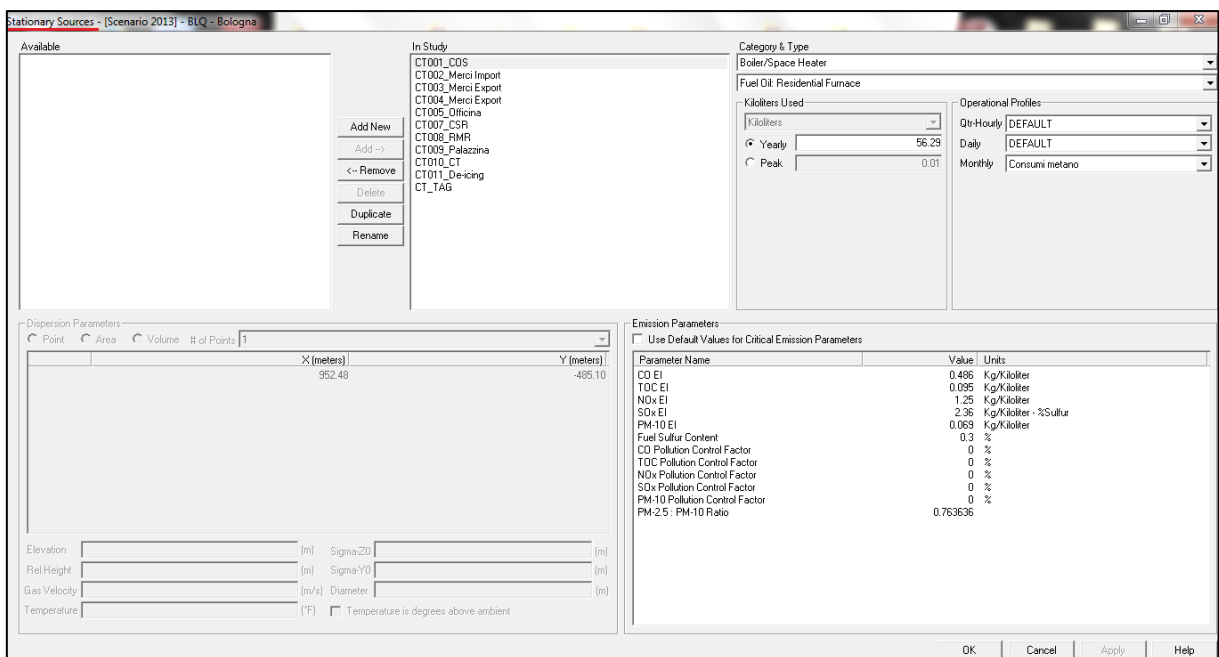


Figura 3.17 Schermata *Stationary Sources*

La finestra *Training Fires* permette di inserire i dati relativi alle prove antincendio.

Nel database di EDMS sono archiviati i fattori di emissione, espressi in grammi di inquinante su galloni di carburante utilizzato [*g/gal*], per cinque tipologie di combustibile, i quali possono essere selezionati attraverso il menu a tendina dedicato.

Al fine del calcolo delle emissioni è necessario inserire la quantità di combustibile bruciato, in genere annualmente, sempre in galloni, e il relativo profilo operativo.

Per le analisi di dispersione devono essere indicate anche le coordinate del luogo dove avviene la prova antincendio.

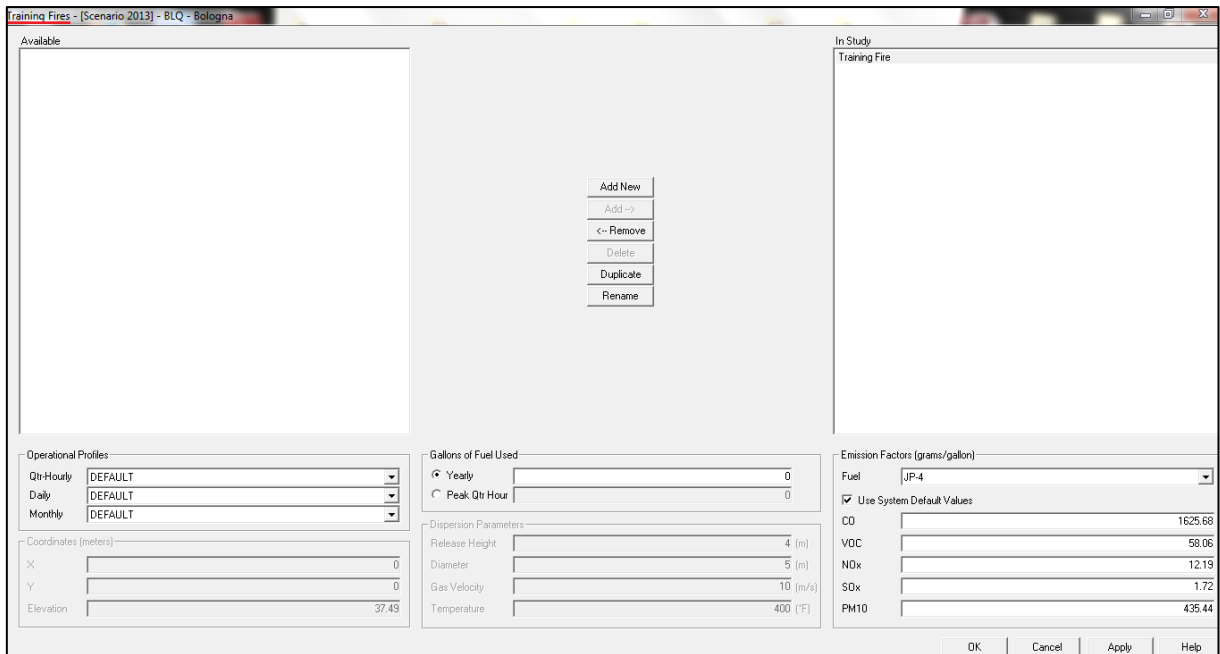


Figura 3.18 Schermata Training Fires

A questo punto il modello dispone di tutti i dati necessari per il calcolo delle emissioni dovute a ciascuna sorgente emissiva presente nello scalo aeroportuale in esame.

Attraverso il comando *Update Emission Inventory* il software rielabora i dati in input e restituisce in output le quantità di ciascun inquinante emesso per ciascuna sorgente emissiva, in tonnellate [tonn].





## 4. LO SCENARIO EMISSIVO AEROPORTUALE

L'oggetto della presente trattazione riguarda lo studio delle emissioni climalteranti prodotte nelle diverse fasi del ciclo LTO (*Landing and Take-Off cycle*).

L'obiettivo è quello di determinare la *Carbon Footprint* (impronta di carbonio) derivante dalle operazioni di movimentazione a terra degli aeromobili operanti all'interno dell'Aeroporto di Bologna nell'anno 2013, a partire dai loro tempi di taxi, rilevati direttamente sul posto.

In questo capitolo si esporranno tutti i passaggi che sono stati necessari per arrivare a definire lo scenario emissivo aeroportuale dell'anno 2013.

### 4.1 Caratterizzazione della flotta operante

Per prima cosa, sono stati forniti da SAB (Società di gestione dell'Aeroporto di Bologna) i dati di partenza su cui basare lo studio: la fonte è la *Base Dati Volo* (BDV), relativa all'anno 2013. La BDV raccoglie al suo interno tutti i dati relativi a ciascun volo effettuato nell'anno preso in considerazione.

In questo studio si fa riferimento all'anno 2013, in modo tale da avere lo scenario dei decolli e degli atterraggi complessivo di tutto l'anno solare di esercizio, cosa che non sarebbe stata possibile riferendosi al 2014.

Si prendono in considerazione soltanto alcune voci della BDV, le quali sono di seguito elencate:

- **AI Name** (*airline name*): nome della compagnia aerea;
- **Bt** (*block time*): data e ora del Block Time (momento in cui l'aereo inizia la sua fase di taxi-out o termina la sua fase di taxi-in);
- **Giorno\_sett**: giorno della settimana in cui è avvenuto il volo (ad es.: "1" se lunedì; "2" se martedì ecc.);
- **Bound2**: operazione svolta, "D" se di decollo (*Departure*) "A" se di atterraggio (*Arrival*);
- **Ac Mtow** (*aircraft maximum takeoff weight*): peso massimo al decollo, in tonnellate;
- **Ac Tipe Name** (*aircraft tipe name*): nome del modello di aeromobile;
- **At** (*actual time*): data e ora dell'Actual Time (istante di staccata dalla pista di decollo, in caso di partenza, o di attaccata in caso di atterraggio);

- **Registration:** targa del velivolo;
- **Stand:** piazzale di arrivo/partenza dell'aeromobile.

A titolo esemplificativo, si riporta di seguito, in tabella 4.1, un estratto del file excel contenente i dati della BDV di interesse, per i primi 14 voli registrati nell'anno 2013:

AI Name	Bt	Giorno_sett	Bound2	Ac Mtow	Ac Type Name	At	Registration	Stand
KLM ROYAL DUTCH AIRLINES	01/01/13 06:30:00	3	D	45000	Embraer 190	01/01/13 06:43:00	PHEZB	111
AIR FRANCE	01/01/13 07:00:00	3	D	43990	Embraer 190	01/01/13 07:20:00	FHBLG	103
BRITISH AIRWAYS	01/01/13 07:05:00	3	D	73500	Airbus A320	01/01/13 07:16:00	GEUUh	102
ALITALIA	01/01/13 07:10:00	3	D	73500	Airbus A320	01/01/13 07:28:00	EIDSW	110
AIR NOSTRUM	01/01/13 07:30:00	3	D	37995	Canadair Regional Jet 900	01/01/13 07:46:00	ECJTS	108
ALITALIA	01/01/13 08:19:00	3	A	64000	Airbus A319	01/01/13 08:17:20	EIIMR	110
AIR FRANCE	01/01/13 09:05:00	3	A	33990	Embraer 170	01/01/13 09:01:12	FHBXO	108
ALITALIA	01/01/13 09:12:00	3	D	64000	Airbus A319	01/01/13 09:18:00	EIIMR	110
RYANAIR	01/01/13 10:05:00	3	D	66990	Boeing 737-800	01/01/13 10:17:00	EIDAS	212
TURKISH AIRLINES	01/01/13 10:12:00	3	A	77000	Airbus A320	01/01/13 10:06:02	TCJBI	216
AIR FRANCE	01/01/13 10:25:00	3	D	33990	Embraer 170	01/01/13 10:36:00	FHBXO	108
RYANAIR	01/01/13 10:30:00	3	D	66990	Boeing 737-800	01/01/13 10:45:00	EIEVT	112
ALITALIA	01/01/13 10:40:00	3	A	37500	Embraer 175	01/01/13 10:34:20	EIRDI	111
Brussels Airlines	01/01/13 11:10:00	3	A	42900	Avro RJ100	01/01/13 11:04:51	OODWB	105

**Tabella 4.1 Estratto della BDV relativa al traffico aereo dell'anno 2013 con i dati ritenuti di interesse per il caso in studio**

Data l'enorme quantità di dati contenuti, questo file non sarà riportato, nemmeno negli allegati.

Per avere comunque un'idea dell'andamento del traffico nell'anno preso come riferimento, in tabella 4.2 si riporta l'elenco degli aeromobili che hanno usufruito dell'Aeroporto di Bologna nell'anno 2013 e le compagnie aeree che utilizzano quel tipo di aeromobile. Si riporta inoltre il numero di movimenti (decolli più atterraggi) compiuto da ciascuna tipologia di aereo.

TIPOLOGIA DI AEROMOBILE	COMPAGNIA AEREA	NUMERO DI MOVIMENTI
Airbus A300 B4 Freighter	EUROPEAN AIR TRANSPORT	10
<b>Airbus A300 B4 Freighter Totale</b>		<b>10</b>
Airbus A300 B6 Freighter	EUROPEAN AIR TRANSPORT	459
<b>Airbus A300 B6 Freighter Totale</b>		<b>459</b>
Airbus A300 Freighter	Solair	8
<b>Airbus A300 Freighter Totale</b>		<b>8</b>
Airbus A310	Blue Panorama	4
<b>Airbus A310 Totale</b>		<b>4</b>
Airbus A310-300	Blue Panorama	6
<b>Airbus A310-300 Totale</b>		<b>6</b>
Airbus A310-300 Freighter	ULS Airlines cargo	2
<b>Airbus A310-300 Freighter Totale</b>		<b>2</b>
Airbus A318	AIR FRANCE	38
<b>Airbus A318 Totale</b>		<b>38</b>
Airbus A319	AEROFLOT	166
	AIR FRANCE	50
	Air Italy	2

	Air Portugal (TAP)	696
	AIRONE CITYLINER	2
	ALITALIA	859
	BELLE AIR	428
	BRITISH AIRWAYS	1295
	Brussels Airlines	8
	EASYJET AIRLINES	1301
	GERMAN WINGS	712
	JAT Jugoslovenski Aerotransport	2
	LUFTHANSA	406
	Meridiana	6
	SAS Scandinavian Airlines	84
	SYPHAX AIRLINES	2
	Tunis Air	46
	TURKISH AIRLINES	85
	VUELING	6
<b>Airbus A319 Totale</b>		<b>6156</b>
Airbus A320	AEGEAN	38
	AER LINGUS	180
	AEROFLOT	518
	AIR ARABIA MAROC	404
	AIR BERLIN	2
	AIR CAIRO	34
	AIR FRANCE	8
	Air Italy	267
	AIR MOLDOVA	52
	AIR ONE	18
	Air Portugal (TAP)	238
	ALBASTAR	1
	ALITALIA	1559
	AUSTRIAN AIRLINES	2
	BELLE AIR	120
	BRITISH AIRWAYS	715
	EASYJET AIRLINES	57
	Freebird Airlines	2
	GERMAN WINGS	8
	IBERIA	2
	IBERIA EXPRESS	4
	Livingston	192
	LUFTHANSA	166
	Meridiana	1644
	NESMA AIRLINES	56
	NOUVELAIR TUNISIE	8
	Onur Air	6
	ORBEST Airlines	2
	PEGASUS AIRLINES	2
	SAS Scandinavian Airlines	50
	SYPHAX AIRLINES	23
	TRAVEL SERVICE	4
	Tunis Air	114
	TURKISH AIRLINES	1143
	VUELING	542
	Wizz Air	1110

<b>Airbus A320 Totale</b>		<b>9291</b>
Airbus A321	AER LINGUS	2
	AEROFLOT	46
	AIR FRANCE	2
	Air Portugal (TAP)	4
	ALITALIA	177
	Atlasjet	8
	BRITISH AIRWAYS	136
	IBERIA	50
	LUFTHANSA	88
	NOUVELAIR TUNISIE	34
	SAS Scandinavian Airlines	28
TURKISH AIRLINES	206	
<b>Airbus A321 Totale</b>		<b>781</b>
Airbus A330	Livingston	4
	PULLMANTUR AIR	2
<b>Airbus A330 Totale</b>		<b>6</b>
Airbus A330-200	Meridiana	4
<b>Airbus A330-200 Totale</b>		<b>4</b>
Airbus A340-200	IBERIA	2
<b>Airbus A340-200 Totale</b>		<b>2</b>
Antonov 12	UKRAINE AIRALLIANCE	6
<b>Antonov 12 Totale</b>		<b>6</b>
Antonov 26 FREIGHTER	AIR BRIGHT	2
<b>Antonov 26 FREIGHTER Totale</b>		<b>2</b>
Antonov 72	CAVOK AIR	2
<b>Antonov 72 Totale</b>		<b>2</b>
ATR 42-500	AIR FRANCE	30
	HOP	16
<b>ATR 42-500 Totale</b>		<b>46</b>
ATR 72	Air Dolomiti	10
	AIR FRANCE	4
	ALITALIA	24
	BELLE AIR	20
	HELITT LINEAS AEREAS	68
	InterSky Luftfahrt GmbH	4
	LUFTHANSA	18
<b>ATR 72 Totale</b>		<b>148</b>
Avro RJ100	Brussels Airlines	746
	GERMAN WINGS	2
	MALMO AVIATION	28
	SWISS AIRLINES	38
<b>Avro RJ100 Totale</b>		<b>814</b>
Avro RJ85	AIR FRANCE	21
	Brussels Airlines	238
	CITYJET	3
<b>Avro RJ85 Totale</b>		<b>262</b>
BAe.146	SAS Scandinavian Airlines	2
	SWISS AIRLINES	6
<b>BAe.146 Totale</b>		<b>8</b>
BAe.146-200 Freighter	TNT	1219
<b>BAe.146-200 Freighter Totale</b>		<b>1219</b>
BAe.146-300	GERMAN WINGS	2

<b>BAe.146-300 Totale</b>		<b>2</b>
BAe.146-300 Freighter	TNT	557
<b>BAe.146-300 Freighter Totale</b>		<b>557</b>
Boeing 717-200	SAS Scandinavian Airlines	2
	VOLOTEA	16
<b>Boeing 717-200 Totale</b>		<b>18</b>
Boeing 737	SAS Scandinavian Airlines	6
<b>Boeing 737 Totale</b>		<b>6</b>
Boeing 737 Freighter	TNT	2
<b>Boeing 737 Freighter Totale</b>		<b>2</b>
Boeing 737-300	AIR EXPLORE SLOVAKIA	2
	AIR MOLDOVA	2
	ALITALIA	74
	BLUE AIR	164
	Blue Panorama	22
	JET-TIME	4
	Livingston	4
	LUFTHANSA	1008
	Meridiana	40
	MISTRAL AIR	50
	SAS Scandinavian Airlines	4
	SMALL PLANET AIRLINES ITALIA	32
	SYPHAX AIRLINES	2
	Tarom	189
TNT	4	
<b>Boeing 737-300 Totale</b>		<b>1601</b>
Boeing 737-300 Freighter	TNT	18
<b>Boeing 737-300 Freighter Totale</b>		<b>18</b>
Boeing 737-400	AIR EXPLORE SLOVAKIA	2
	ALBASTAR	99
	BLUE AIR	100
	Blue Panorama	230
	BRITISH AIRWAYS	6
	EUROPEAN AIR TRANSPORT	4
	Meridiana	6
	MISTRAL AIR	48
	PEGASUS AIRLINES	2
	ROYAL AIR MAROC	4
	SAYEGH AVIATION EUROPE S.R.O.	30
	SMALL PLANET AIRLINES ITALIA	4
	THOMAS COOK AIRLINES SCANDINAVIA	1
	TNT	18
<b>Boeing 737-400 Totale</b>		<b>554</b>
Boeing 737-500	BELLE AIR	2
	BLUE AIR	326
	LUFTHANSA	294
	SAS Scandinavian Airlines	4
	Tarom	1
	Tunis Air	18
<b>Boeing 737-500 Totale</b>		<b>645</b>
Boeing 737-600	SAS Scandinavian Airlines	84
	Tunis Air	22
<b>Boeing 737-600 Totale</b>		<b>106</b>

Boeing 737-700	Air Italy	2
	Meridiana	102
	ROYAL AIR MAROC	132
	SAS Scandinavian Airlines	6
	TRANSAVIA AIRLINES	268
	TRAVEL SERVICE	4
<b>Boeing 737-700 Totale</b>		<b>514</b>
Boeing 737-800	AEGEAN	1
	AIR ARABIA MAROC	2
	AMC AIRLINES	2
	Arkia Israel Airlines	2
	CORENDON AIRLINES	2
	JET AIR FLY	150
	KLM ROYAL DUTCH AIRLINES	4
	Livingston	2
	Meridiana	16
	MONARCH AIRLINES	5
	NEOS	707
	PEGASUS AIRLINES	458
	ROYAL AIR MAROC	840
	RYANAIR	14453
	SAS Scandinavian Airlines	6
	SMALL PLANET AIRLINES ITALIA	2
	SMALL PLANET AIRLINES POLAND	1
	TRAVEL SERVICE	4
TUIFly	6	
TURKISH AIRLINES	24	
VUELING	4	
<b>Boeing 737-800 Totale</b>		<b>16691</b>
Boeing 737-900	TURKISH AIRLINES	4
<b>Boeing 737-900 Totale</b>		<b>4</b>
Boeing 747-200 Freighter	SAUDI ARABIAN AIRLINES	2
<b>Boeing 747-200 Freighter Totale</b>		<b>2</b>
Boeing 747-400	PULLMANTUR AIR	20
<b>Boeing 747-400 Totale</b>		<b>20</b>
Boeing 757-200 Freighter	EUROPEAN AIR TRANSPORT	557
<b>Boeing 757-200 Freighter Totale</b>		<b>557</b>
Boeing 767	Blue Panorama	1
<b>Boeing 767 Totale</b>		<b>1</b>
Boeing 767-200	Meridiana	14
<b>Boeing 767-200 Totale</b>		<b>14</b>
Boeing 767-200 Freighter	ALITALIA	26
	LUFTHANSA	8
	STAR AIR	464
<b>Boeing 767-200 Freighter Totale</b>		<b>498</b>
Boeing 767-300	Air Italy	1
	Blue Panorama	5
	Meridiana	49
	NEOS	184
<b>Boeing 767-300 Totale</b>		<b>239</b>
Canadair Regional Jet	HOP	2
	LUFTHANSA	22
	SAS Scandinavian Airlines	2

<b>Canadair Regional Jet Totale</b>		<b>26</b>
Canadair Regional Jet 1000	AIR NOSTRUM	1391
<b>Canadair Regional Jet 1000 Totale</b>		<b>1391</b>
Canadair Regional Jet 200	ADRIA AIRWAYS	4
	AIR NOSTRUM	16
<b>Canadair Regional Jet 200 Totale</b>		<b>20</b>
Canadair Regional Jet 700	AIR FRANCE	18
	HOP	2
	LUFTHANSA	10
<b>Canadair Regional Jet 700 Totale</b>		<b>30</b>
Canadair Regional Jet 900	AIR NOSTRUM	465
	GERMAN WINGS	8
	LUFTHANSA	590
	SAS Scandinavian Airlines	798
<b>Canadair Regional Jet 900 Totale</b>		<b>1861</b>
De Havilland Dash 8-400	AUSTRIAN AIRLINES	458
	Brussels Airlines	16
	LUFTHANSA	2
<b>De Havilland Dash 8-400 Totale</b>		<b>476</b>
De Havilland DHC-6 Twin Otter	BUSINESSWINGS	6
<b>De Havilland DHC-6 Twin Otter Totale</b>		<b>6</b>
Dornier 228	ARCUS-AIR Logistic	2
	BUSINESSWINGS	484
<b>Dornier 228 Totale</b>		<b>486</b>
Douglas MD-80	Air Italy	28
	Meridiana	760
<b>Douglas MD-80 Totale</b>		<b>788</b>
Douglas MD-81	SAS Scandinavian Airlines	68
	SMALL PLANET AIRLINES ITALIA	12
<b>Douglas MD-81 Totale</b>		<b>80</b>
Douglas MD-82	Air Italy	16
	BELLE AIR	30
	BLUE AIR	10
	Meridiana	970
	MISTRAL AIR	4
	SAS Scandinavian Airlines	24
<b>Douglas MD-82 Totale</b>		<b>1054</b>
Douglas MD-83	BELLE AIR	48
	SMALL PLANET AIRLINES ITALIA	8
	VUELING	4
<b>Douglas MD-83 Totale</b>		<b>60</b>
Embraer 120 Brasilia	SkyBridge	6
<b>Embraer 120 Brasilia Totale</b>		<b>6</b>
Embraer 170	AIR FRANCE	262
	ALITALIA	77
	HOP	2
<b>Embraer 170 Totale</b>		<b>341</b>
Embraer 175	ALITALIA	506
<b>Embraer 175 Totale</b>		<b>506</b>
Embraer 190	Air Dolomiti	6
	AIR FRANCE	2783
	AIR MOLDOVA	236
	AIRONE CITYLINER	1

	ALITALIA	391
	BA CITYFLYER	1
	BRITISH AIRWAYS	1
	JET AIR FLY	2
	KLM ROYAL DUTCH AIRLINES	1744
	LUFTHANSA	1330
	NIKI LUFTFAHRT	2
	Regional	2
	ROYAL AIR MAROC	2
<b>Embraer 190 Totale</b>		<b>6501</b>
Embraer 195	Air Dolomiti	31
	LUFTHANSA	2605
<b>Embraer 195 Totale</b>		<b>2636</b>
Embraer RJ135	AIR FRANCE	190
	HOP	152
<b>Embraer RJ135 Totale</b>		<b>342</b>
Embraer RJ145	AIR FRANCE	695
	HOP	356
	Regional	1
	SIAVIA	4
<b>Embraer RJ145 Totale</b>		<b>1056</b>
Fairchild Merlin/Metro	Binair	2
<b>Fairchild Merlin/Metro Totale</b>		<b>2</b>
Fokker 100	Air Portugal (TAP)	2
	AUSTRIAN AIRLINES	1224
	CARPATAIR	4
	SkyBridge	4
<b>Fokker 100 Totale</b>		<b>1234</b>
Fokker 50	CITYJET	2
	DENIM AIR	2
<b>Fokker 50 Totale</b>		<b>4</b>
Fokker 70	AUSTRIAN AIRLINES	628
	KLM ROYAL DUTCH AIRLINES	390
<b>Fokker 70 Totale</b>		<b>1018</b>
Gates Learjet 45	RYANAIR	8
	TNT	14
<b>Gates Learjet 45 Totale</b>		<b>22</b>
Let410	ICAR AIR	4
<b>Let410 Totale</b>		<b>4</b>
Saab 2000	CARPATAIR	4
	DARWIN AIRLINES	4
<b>Saab 2000 Totale</b>		<b>8</b>
<b>Totale complessivo</b>		<b>61281</b>

*Tabella 4.2 Tipologie di aerei che hanno fatto scalo all'aeroporto di Bologna nell'anno 2013, relativa compagnia aerea e numero di movimenti*

Il primo dato significativo che emerge dall'analisi di questa tabella, è che nell'anno 2013 l'aeroporto G. Marconi di Bologna ha rilevato un traffico aereo di **61281 movimenti**, complessivamente tra decolli ed atterraggi.



In questo tabulato non compare però un dato fondamentale per lo studio che ci si appresta ad affrontare: la motorizzazione associata a ciascun aeromobile.

Come è già stato accennato nel capitolo precedente, lo stesso modello di aereo può essere equipaggiato con diversi tipi di motore: la combinazione aereo/motore è di fondamentale importanza, perché diversi modelli di motore montati sullo stesso aeromobile possono portare a valori di emissione molto diversi tra loro.

Attraverso il sito <http://www.airfleets.net>, è possibile risalire ai dati specifici di ciascun aeromobile, tra cui anche la motorizzazione (*engines*), a partire dalla sua targa (*registration*).

Si riporta in figura 4.1 l'esempio dell'aereo Boeing 737-800 avente targa EI-EFD.

Boeing 737 Next Gen - MSN 35011 - EI-EFD Airline Ryanair		General information & flightlog	
<b>Status : Active</b> <b>Registration : EI-EFD</b>		Serial number LN:2903	<b>Flights recorded</b> FR1928 CRL->AGP 02/04/14 FR902 ORK->STN 16/09/13 FR8126 BZR->RYG 17/06/13 <a href="#">See details - Add a flight</a>
<b>Airline Ryanair</b> Country : Ireland Date : 1985 - Codes FR RYR Callsign : Ryanair Web site : <a href="http://www.ryanair.com">http://www.ryanair.com</a>		Type 737-8AS	
		First flight date 01/05/2009	
		Test registration Plane age 5.4 years	
		Seat configuration Engines <u>2 x CFMI CFM56-7B26</u>	

Figura 4.1 Esempio di ricerca della motorizzazione a partire dalla targa

Ci si è così ricondotti alla motorizzazione di ciascun aeromobile facente scalo all'aeroporto di Bologna nell'anno 2013 e si è aggiunta una colonna alla tabella preesistente intitolata "engine" (tabella 4.3).

AI Name	Bt	Giorno _sett	Bound 2	Ac Mtow	Ac Type Name	At	Registration	Stand	Engine
KLM ROYAL DUTCH AIRLINES	01/01/13 06:30:00	3	D	45000	Embraer 190	01/01/13 06:43:00	PHEZB	111	0
AIR FRANCE	01/01/13 07:00:00	3	D	43990	Embraer 190	01/01/13 07:20:00	FHBLG	103	2 x GE CF34-10E6
BRITISH AIRWAYS	01/01/13 07:05:00	3	D	73500	Airbus A320	01/01/13 07:16:00	GEUHH	102	2 x IAE V2527-A5
ALITALIA	01/01/13 07:10:00	3	D	73500	Airbus A320	01/01/13 07:28:00	EIDSW	110	2 x CFMI CFM56-5B6/3
AIR NOSTRUM	01/01/13 07:30:00	3	D	37995	Canadair Regional Jet 900	01/01/13 07:46:00	ECJTS	108	2 x GE CF34-8C5
ALITALIA	01/01/13 08:19:00	3	A	64000	Airbus A319	01/01/13 08:17:20	EIIMR	110	2 x CFMI CFM56-5B5/3
AIR FRANCE	01/01/13 09:05:00	3	A	33990	Embraer 170	01/01/13 09:01:12	FHBXO	108	2 x GE CF34-8E5
ALITALIA	01/01/13 09:12:00	3	D	64000	Airbus A319	01/01/13 09:18:00	EIIMR	110	2 x CFMI CFM56-5B5/3
RYANAIR	01/01/13 10:05:00	3	D	66990	Boeing 737-800	01/01/13 10:17:00	EIDAS	212	2 x CFMI CFM56-7B26
TURKISH AIRLINES	01/01/13 10:12:00	3	A	77000	Airbus A320	01/01/13 10:06:02	TCJBI	216	2 x IAE V2527-A5
AIR FRANCE	01/01/13 10:25:00	3	D	33990	Embraer 170	01/01/13 10:36:00	FHBXO	108	2 x GE CF34-8E5
RYANAIR	01/01/13 10:30:00	3	D	66990	Boeing 737-800	01/01/13 10:45:00	EIEVT	112	2 x CFMI CFM56-7B26
ALITALIA	01/01/13 10:40:00	3	A	37500	Embraer 175	01/01/13 10:34:20	EIRDI	111	2 x GE CF34-8E5
Brussels Airlines	01/01/13 11:10:00	3	A	42900	Avro RJ100	01/01/13 11:04:51	OODWB	105	4 x LY LF507-1F

Tabella 4.3 Porzione della BVD con aggiunta della colonna "engine"

Nella tabella seguente (tabella 4.4) si riportano le tipologie di aeromobili e la relativa motorizzazione montata su ciascuno di essi.

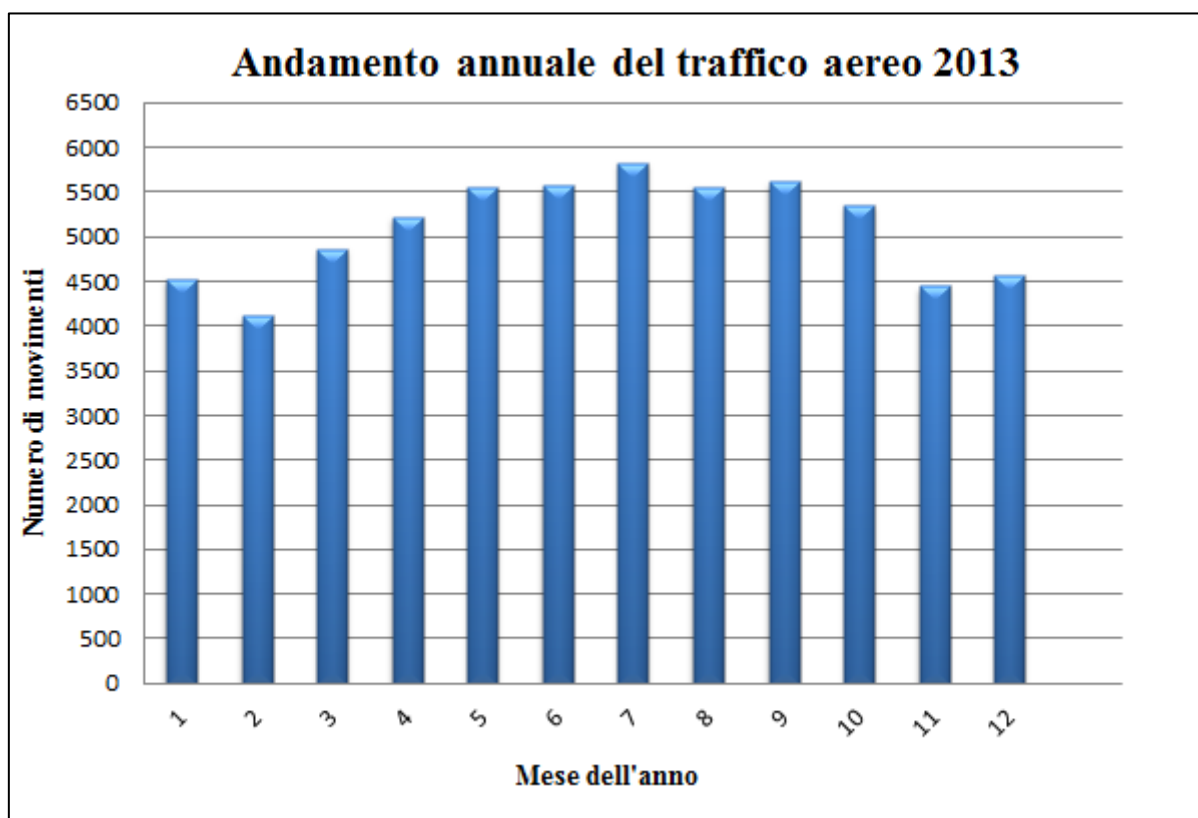
TIPOLOGIA DI AEROMOBILE	MOTORIZZAZIONE
<b>Airbus A300 B4 Freighter</b>	2 x GE CF6-50C2
<b>Airbus A300 B6 Freighter</b>	2 x PW PW4158
<b>Airbus A300 Freighter</b>	2 x GE CF6-50C2
<b>Airbus A310</b>	2 x GE CF6-80C2A2
<b>Airbus A310-300</b>	2 x GE CF6-80C2A2
<b>Airbus A318</b>	2 x CFMI CFM56-5B5/3 2 x CFMI CFM56-5B8/P
<b>Airbus A319</b>	2 x CFMI CFM56-5A4 2 x CFMI CFM56-5A5 2 x CFMI CFM56-5B5/3 2 x CFMI CFM56-5B6/3 2 x CFMI CFM56-5B6/P 2 x CFMI CFM56-5B7/P 2 x IAE V2522-A5 2 x IAE V2524-A5
<b>Airbus A320</b>	2 x CFMI CFM56-5A1 2 x CFMI CFM56-5A3 2 x CFMI CFM56-5B4/P 2 x CFMI CFM56-5B6/3 2 x CFMI CFM56-5B6/P 2 x IAE V2527-A5 2 x IAE V2527E-A5
<b>Airbus A321</b>	2 x CFMI CFM56-5B1 2 x CFMI CFM56-5B1/3 2 x CFMI CFM56-5B2/P 2 x CFMI CFM56-5B3/P 2 x CFMI CFM56-5B4/P 2 x IAE V2524-A5 2 x IAE V2530-A5 2 x IAE V2533-A5 2 x PW PW4168
<b>Airbus A330</b>	2 x RR Trent 772B-60 2 x PW PW4168A
<b>Airbus A330-200</b>	4 x CFMI CFM56-5C4
<b>Antonov 72</b>	2 x PWC PW127E
<b>ATR 72</b>	2 x CFMI CFM56-3C1 2 x PWC PW124B 2 x PWC PW127F 2 x PWC PW127M 4 x LY ALF502R-5
<b>Avro RJ100</b>	4 x LY LF507-1F 4 x LY LF507-1F
<b>BAe.146</b>	4 x LY LF507-1F
<b>BAe.146-200 Freighter</b>	4 x LY ALF502R-5 4 x LY LF507-1H
<b>BAe.146-300 Freighter</b>	4 x LY LF507-1H 2 x BMW RR BR715
<b>Boeing 717-200</b>	2 x CFMI CFM56-7B22
<b>Boeing 737</b>	2 x CFMI CFM56-7B24
<b>Boeing 737-300</b>	2 x CFMI CFM56-3B1

	2 x CFMI CFM56-3B2
	2 x CFMI CFM56-3C1
	2 x CFMI CFM56-5B6/3
	2 x CFMI CFM56-3B2
<b>Boeing 737-300 Freighter</b>	2 x CFMI CFM56-3C1
<b>Boeing 737-400</b>	2 x CFMI CFM56-3C1
<b>Boeing 737-500</b>	2 x CFMI CFM56-3B1
	2 x CFMI CFM56-3C1
	2 x CFMI CFM56-7B22
	2 x CFMI CFM56-7B20
<b>Boeing 737-600</b>	2 x CFMI CFM56-7B20
<b>Boeing 737-700</b>	2 x CFMI CFM56-7B22
	2 x CFMI CFM56-7B24
	2 x CFMI CFM56-7B26
	2 x CFMI CFM56-7B26
<b>Boeing 737-800</b>	2 x CFMI CFM56-7B27
	2 x GE CF6-80C2B6F
	2 x CFMI CFM56-7B27
<b>Boeing 737-900</b>	4 x GE CF6-80C2B1F
<b>Boeing 747-200 Freighter</b>	4 x GE CF6-80C2B1F
<b>Boeing 747-400</b>	4 x PW PW4056
	2 x RR RB211-535
<b>Boeing 757-200 Freighter</b>	2 x RR RB211-535 E4
<b>Boeing 767-200 Freighter</b>	2 x GE CF6-80A
	2 x GE CF6-80C2B6F
<b>Boeing 767-300</b>	2 x GE CF6-80CB7F
	2 x GE CF34-3A1
<b>Canadair Regional Jet</b>	2 x GE CF34-8C5
	2 x GE CF34-8C5A2
<b>Canadair Regional Jet 1000</b>	2 x GE CF34-3B1
<b>Canadair Regional Jet 200</b>	2 x GE CF34-8C1
<b>Canadair Regional Jet 700</b>	2 x GE CF34-8C5B1
	2 x CFMI CFM56-5B4/P
<b>Canadair Regional Jet 900</b>	2 x GE CF34-8C5
	2 x GE CF34-8C1
<b>De Havilland Dash 8-400</b>	2 x PWC PW150A
<b>Dornier 228</b>	2 x PW JT8D-217C
<b>Douglas MD-80</b>	2 x PW JT8D-219
	2 x GE CF34-3B1
<b>Douglas MD-81</b>	2 x PW JT8D-217
	2 x PW JT8D-217C
	2 x PW JT8D-219
<b>Douglas MD-82</b>	2 x PW JT8D-217
	2 x PW JT8D-217C
<b>Douglas MD-83</b>	2 x PW JT8D-219
	2 x PW PW118
<b>Embraer 170</b>	2 x GE CF34-8E
	2 x GE CF34-8E5
	2 x GE CF34-8E
<b>Embraer 175</b>	2 x GE CF34-8E5
<b>Embraer 190</b>	2 x GE CF34-10E5

	2 x GE CF34-10E5A1
	2 x GE CF34-10E6
	2 x GE CF34-10E7
	2 x GE CF34-10E5A1
<b>Embraer 195</b>	2 x GE CF34-10E7
	2 x AN AE3007A1/3
<b>Embraer RJ145</b>	2 x AN AE3007A
	2 x AN AE3007A1
	2 x AN AE3007A1/1
<b>Fokker 100</b>	2 x RR Tay 650-15
	2 x PWC PW125B
<b>Fokker 50</b>	2 x RR Tay 620-15
<b>Let410</b>	2 x AN AE2100A
<b>Saab 2000</b>	4 x LY LF507-1F

*Tabella 4.3 Tipologie di aeromobili e relativa motorizzazione*

Da una prima analisi dei dati, emergono alcune considerazioni sull'andamento del traffico nell'anno di riferimento. Di seguito si riportano i grafici rappresentanti l'andamento annuale, settimanale e giornaliero del traffico aereo per l'anno 2013 (figura 4.1-2-3).



*Figura 4.2 Andamento annuale del traffico aereo nello scalo bolognese relativo all'anno 2013*

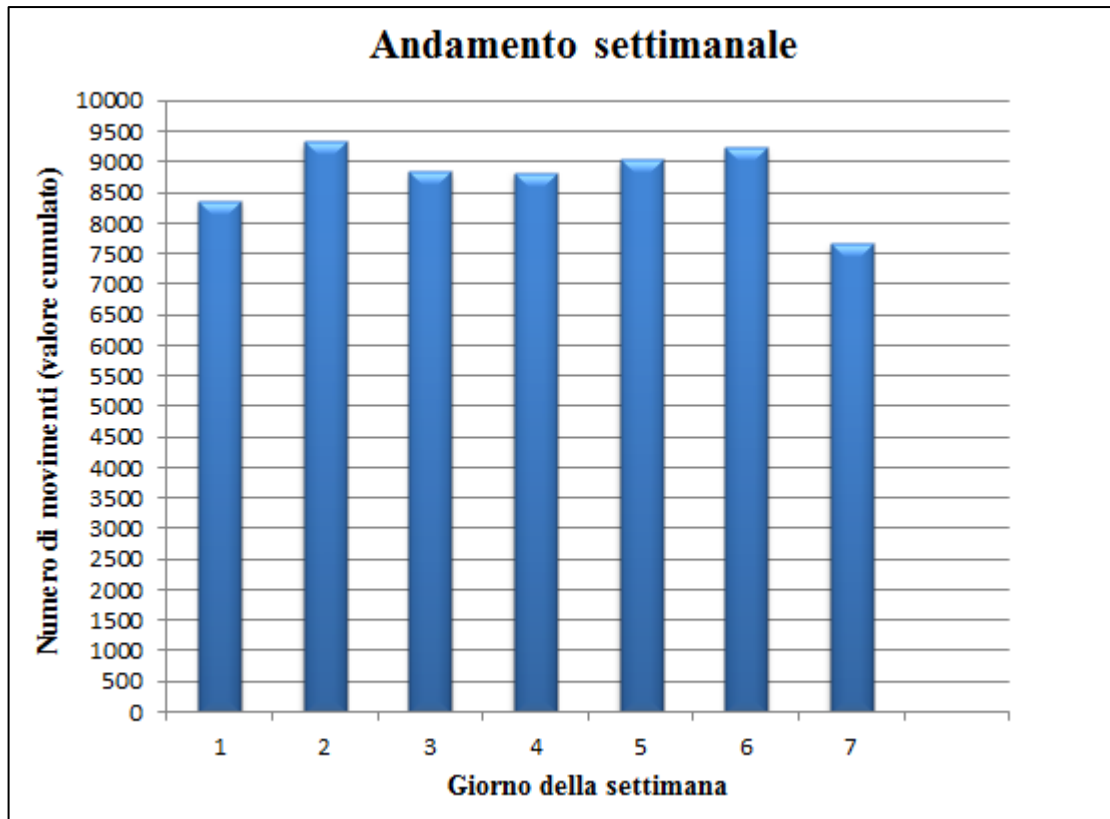


Figura 4.3 Andamento settimanale del traffico aereo nello scalo bolognese relativo all'anno 2013

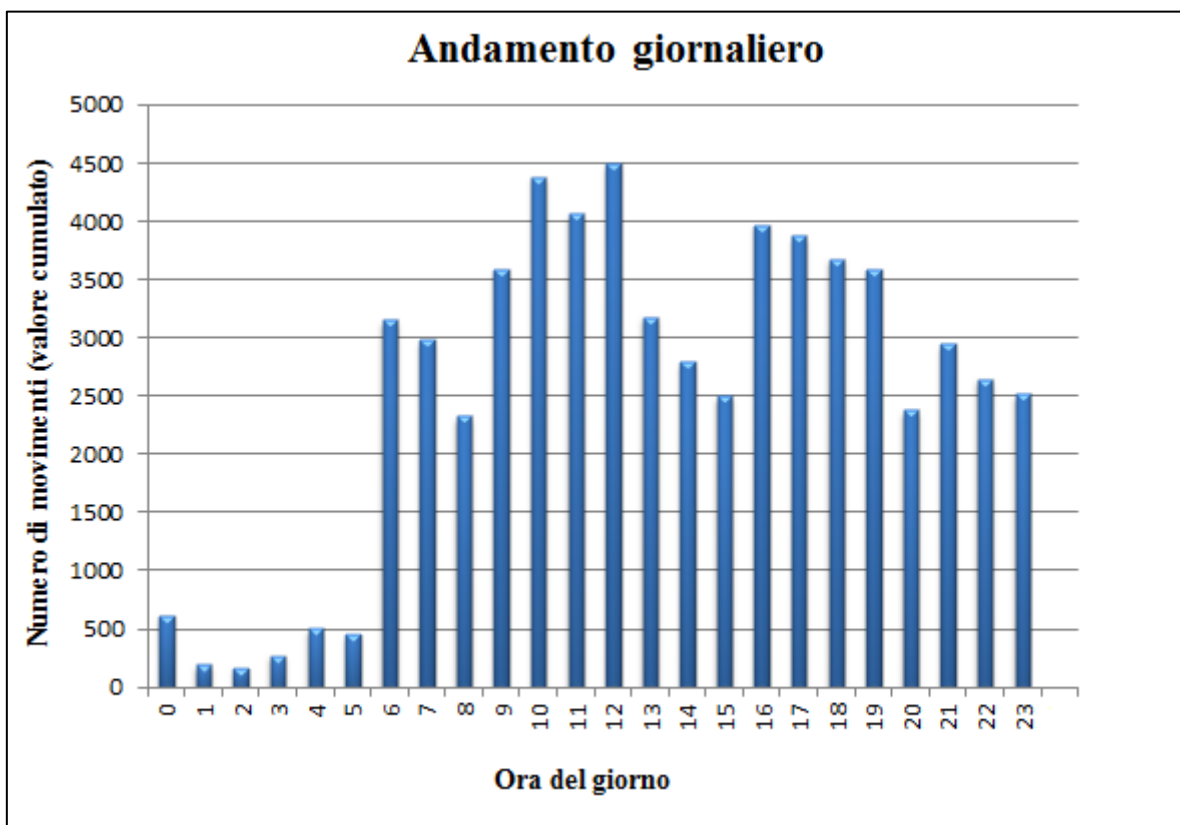


Figura 4.4 Andamento giornaliero del traffico aereo nello scalo bolognese relativo all'anno 2013

Dal primo grafico emerge un dato già atteso: nel 2013, i mesi che hanno visto un maggior numero di movimenti sono stati quelli centrali, cioè quelli corrispondenti al periodo estivo, più i mesi di maggio e settembre.

Per quanto riguarda l'andamento settimanale del traffico non emergono forti discrepanze nell'arco dei diversi giorni della settimana, tranne per la domenica che risulta essere il giorno in cui si rilevano meno movimenti.

Per quanto concerne la distribuzione giornaliera, si riscontra un picco di movimenti nelle ore centrali della mattina (9.00-12.00) e nel tardo pomeriggio (16.00-19.00), mentre il traffico notturno risulta essere scarso: ai fini di preservare il comfort degli abitanti nelle zone limitrofe all'aeroporto nei confronti dell'inquinamento acustico, una direttiva ENAC vieta i voli notturni. Il traffico notturno è per lo più composto da aerei cargo che tendono a decollare nelle prime ore notturne ed atterrare alle prime luci dell'alba.

## 4.2 Rappresentazione del sito

Prima di procedere con il rilevamento dei tempi di taxi-in e taxi-out degli aeromobili, è stato necessario individuare il livello di dettaglio con il quale andare a modellizzare il sito sede della raccolta dati.

Come è già stato detto nel capitolo 2, il parcheggio aeromobili è costituito da 3 *apron* (4 con quello dell'aviazione generale, che però non si prende in considerazione per lo studio in esame), ognuno dei quali contiene un certo numero di *stand* denominati rispettivamente: da 102 a 116 per l'*apron*1, da 205 a 220 per l'*apron*2, da 301 a 307 per l'*apron*3, per un totale di 34 *stand* (figura 4.5).

Gli *apron* sono collegati alla taxiway principale, denominata *Tango* (T), tramite 10 raccordi brevi: *Tango Victor* (TV), *Tango Whiskey* (TW), *Tango Lima* (TL), *Tango Mike* (TM), *Tango November* (TN), *Tango Papa* (TP), *Tango Uniform* (TU), *Tango Quebec* (TQ), *Tango Romeo* (TR), *Tango Sierra* (TS) (partendo dalla testata 12 arrivando fino alla testata 30).

L'*apron*1 si trova verso la testata 30 della pista di volo ed è separato dall'*apron*2 dalla *Uniform*, l'*apron*2 si trova in corrispondenza della parte centrale della pista di volo ed è contiguo all'*apron*3, il quale si trova in corrispondenza del raccordo breve *Tango Whiskey* (TW).

Si riassumono in tabella 4.5 le principali caratteristiche relative ai 3 *apron* in questione.

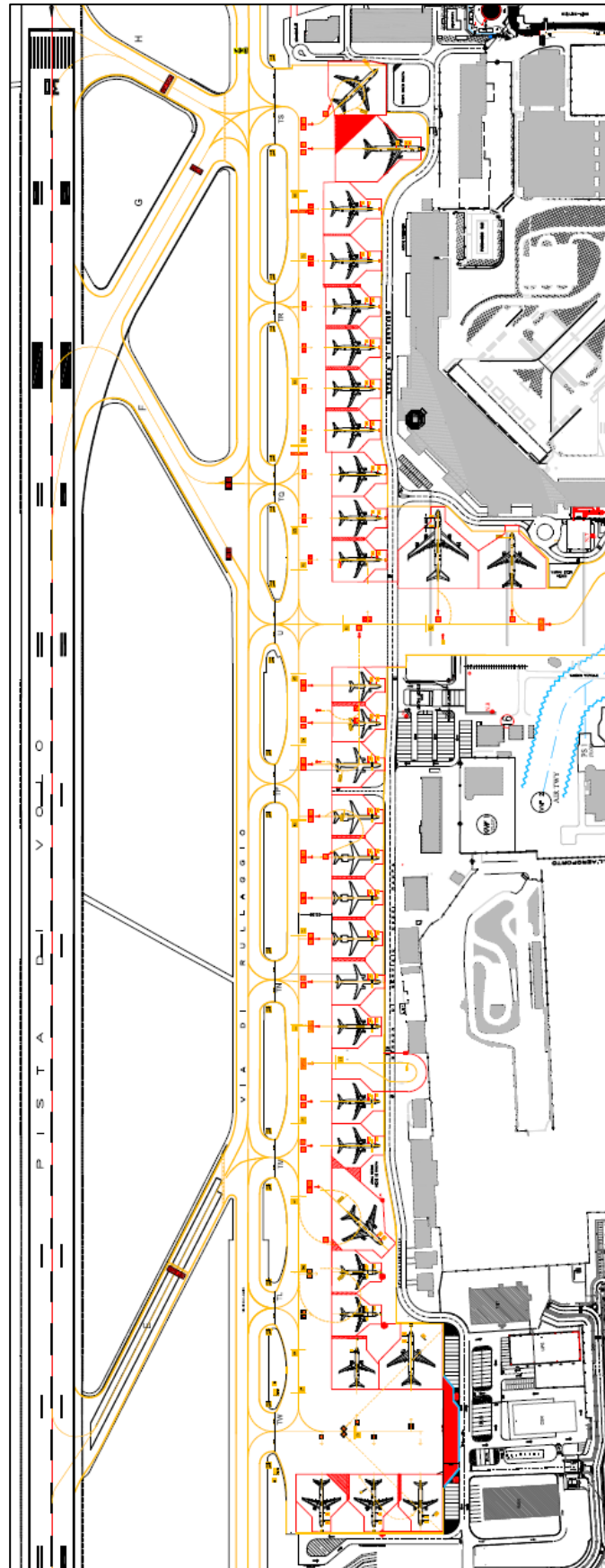


Figura 4.5 Planimetria generale del parcheggio aeromobili

APRON	STAND	TAXIWAY	LUNGHEZZA
<b>Apron1</b>	102-116	TU, TQ, TR, TS	465 m
<b>Apron2</b>	205-220	TL, TM, TN, TP	667 m
<b>Apron3</b>	301-307	TW	194 m

*Tabella 4.5 Tabella riassuntiva delle principali caratteristiche degli apron*

Nella foto seguente è visibile una parte dell'area di parcheggio degli aeromobili dell'Aeroporto di Bologna: in primo piano è visibile una parte dell'apron1, successivamente la Uniform e, subito dopo, l'intero apron2.



*Figura 4.6 Foto rappresentativa di una parte dell'area di parcheggio degli aeromobili dell'Aeroporto di Bologna*

È importante definire il livello di dettaglio con il quale si vuole rappresentare l'infrastruttura reale: si è deciso di adottare una schematizzazione mediamente aggregata, in modo tale da assegnare a stand vicini lo stesso tempo di taxi.

Dai dati rilevati, infatti, si calcoleranno dei tempi di taxi medi, i quali serviranno come dati in input per il software per il calcolo delle emissioni.

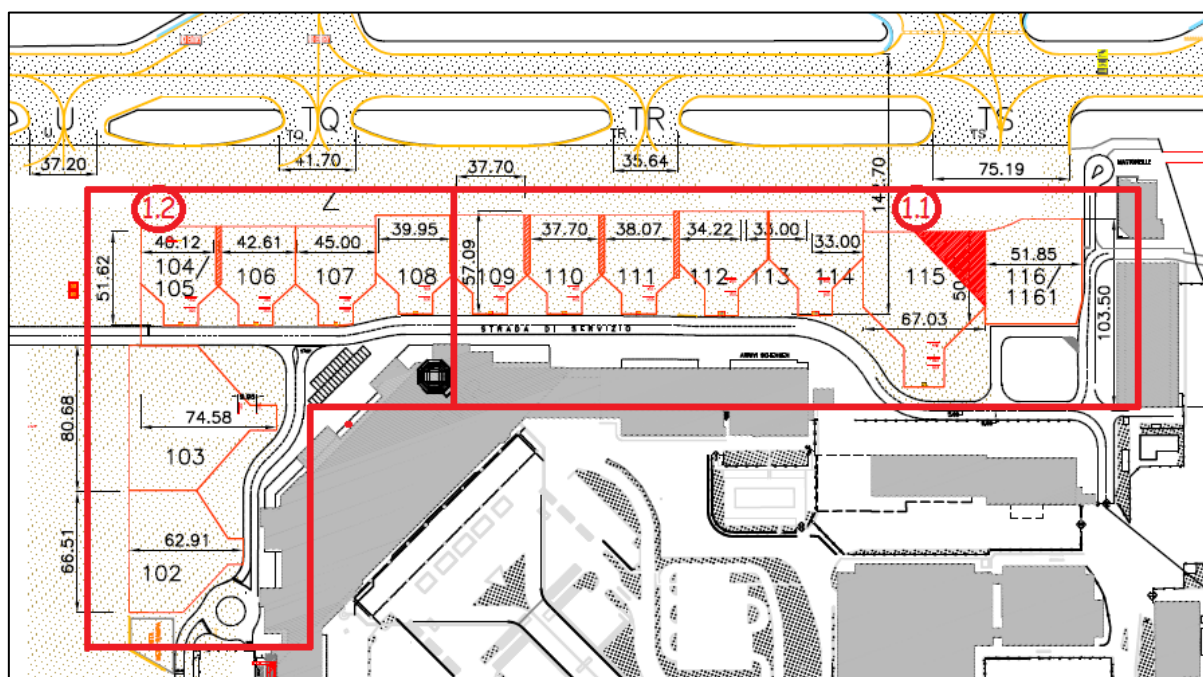


I tempi di taxi dipendono dalla distanza percorsa dagli aeromobili, e quindi dalla configurazione delle piazzole di sosta rispetto alle due testate della pista di volo: dopo un'analisi della posizione e dello sviluppo degli apron rispetto alla pista di volo, si è scelto di dividere l'apron1 e l'apron2, apron di maggiore lunghezza, in due zone ciascuno, chiamate rispettivamente *Zona 1.1*, *Zona 1.2* e *Zona 2.1*, *Zona 2.2*, mentre l'apron3 è stato schematizzato come un'unica zona denominata *Zona 3.1*.

In tabella 4.6 si riporta la schematizzazione adottata, con l'indicazione degli stand facenti parte di ciascuna zona, le taxiway utilizzate per gli aerei entranti/uscenti in/da ciascuna zona; mentre nelle figure 4.6-7-8 è visibile la suddivisione di ciascun apron in zone con la relativa denominazione.

APRON	ZONA	STAND	TAXIWAY
Apron1	1.1	109-116	TR, TS
	1.2	102-108	U, TQ
Apron2	2.1	211-219	TN, TP
	2.2	205-210	TL, TM
Apron3	3.1	301-307	TW

*Tabella 4.6 Suddivisione in zone di ciascun apron e stand appartenenti ad ogni zona*



*Figura 4.7 Suddivisione in zone apron1*

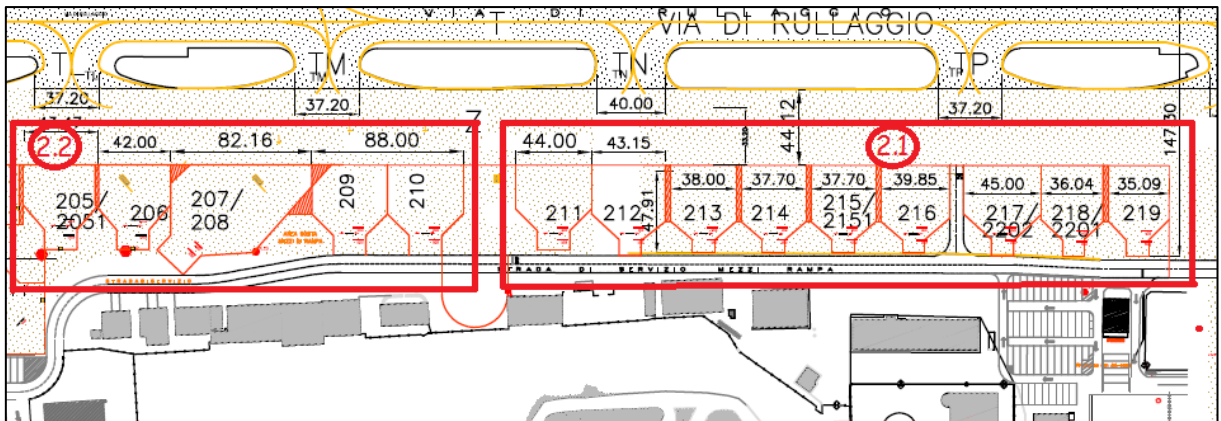


Figura 4.8 Suddivisione in zone apron2

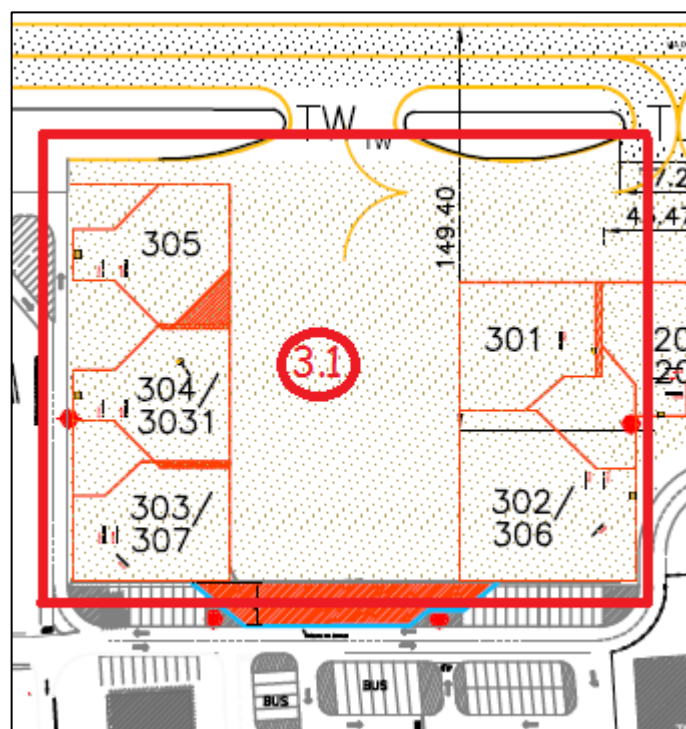


Figura 4.9 Suddivisione in zone apron3

### 4.3 Rilevamento dei taxi-time per le operazioni di decollo e atterraggio

A questo punto si hanno tutti gli elementi per procedere al rilevamento dei tempi di taxi.

Si è innanzitutto deciso come strutturare i giorni e gli orari in cui andare ad effettuare i rilevamenti: attraverso un'analisi dei dati storici si è osservato quali sono stati gli orari di maggior traffico per ciascun giorno della settimana, si sono poi confrontati con i dati relativi ai primi mesi del 2014 e si sono così identificate le fasce orarie più adatte per andare ad effettuare le misure, al fine di rilevare il maggior numero di dati possibile.

Si è inoltre cercato di distribuire i rilevamenti in fasce orarie diverse nell'arco della giornata, in modo tale da coprire l'intero periodo di esercizio degli aeromobili ed apprezzare eventuali differenze tra una fascia oraria e l'altra.

Come supporto si è anche fatto uso del sistema *Ground Star*, che si trova all'interno della rete *Intranet* dell'Aeroporto di Bologna. Questo sistema è utilizzato dagli handler per pianificare gli orari operativi: questa piattaforma permette, infatti, di vedere la programmazione a 4 giorni (-1 +3) dei voli, la programmazione in tempo reale, gli orari operativi (orari programmati, orari stimati, orari reali), nonché altre importanti informazioni come lo stand di arrivo/partenza dell'aeromobile.

Si è deciso di dedicare ai rilevamenti all'incirca 2 ore al giorno, in modo tale da rilevare, in media, una trentina di tempi di taxi (totali tra taxi-in e taxi-out) giornalieri.

La durata delle misure è stata di due settimane, esclusi il sabato e la domenica.

Alla fine si sono arrivati ad avere **210 tempi di taxi rilevati**, in totale tra apron1, apron2 e apron3.

I tempi sono stati misurati con un semplice orologio digitale: si sono presi i tempi di block time off e actual time (per i decolli) e i tempi di actual time e block time on (per gli atterraggi), e facendo le opportune differenze si sono calcolati, rispettivamente, i tempi di taxi out e taxi in effettivi.

Tutti i dati utili allo studio in esame sono stati registrati all'interno di tabelle opportunamente preparate e stampate, le cui voci sono le seguenti:

- Giorno di rilevamento;
- Compagnia aerea;
- Block time off ;
- Actual time;
- Block time on;
- Zona di partenza/arrivo dell'aeromobile;
- Stand di partenza/arrivo dell'aeromobile;
- Pista di decollo/atterraggio.

Di seguito è riportata la tabella (tabella 4.7) che è stata utilizzata per registrare i dati appena elencati.

GIORNO:							
APRON							
N°	Airline	Bt off	At	Bt on	Zona	Stand	Pista
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							
32							
33							
34							
35							
36							
37							
38							
39							
40							

*Tabella 4.7 Tabella utilizzata per registrare i dati utili per il caso di studio in esame*

Al fine di avere una visione di insieme di tutta l'area air-side, necessaria per seguire il percorso dell'aeromobile dal momento in cui tocca la pista di volo al momento in cui raggiunge lo stand a lui assegnato, in fase di atterraggio, e dall'istante in cui l'aeromobile si diparte dallo stand all'istante in cui inizia l'accelerazione sulla pista di volo, in fase di decollo, si è scelta come posizione per effettuare i rilevamenti la terrazza al di sopra degli uffici SAB, al di sotto della torre di controllo.

La postazione scelta per effettuare le misure è visibile in figura 4.10 e indicata con frecce rosse.



*Figura 4.10 Indicazione della posizione all'interno del sedime aeroportuale dove sono stati effettuati i rilevamenti*

Di seguito sono visibili le tabelle contenenti i risultati dei rilevamenti.

Si riportano i dati raccolti per ogni apron, suddivisi in giornate di rilevamento, e il relativo calcolo dei tempi di taxi in e taxi out (tabelle 4.8-9-10), così ottenuti:

$$\textit{Taxi in} = \textit{Block time on} - \textit{Actual time}$$

$$\textit{Taxi out} = \textit{Actual time} - \textit{Block time off}$$

Una volta ottenuti i tempi di taxi, si sono calcolati, per ogni zona, i tempi medi di taxi in (differenziati per atterraggi pista 12 e pista 30) e i tempi medi di taxi out (differenziati per decolli pista 12 e pista 30). Il calcolo dei tempi medi è riportato nelle tabelle 4.11-12-13.

Le sigle che compaiono nella colonna denominata “note” hanno il significato seguente:

- AD: attesa per decollo (può succedere che il decollo di un aeromobile venga ritardato a causa della presenza di un altro aeromobile in procinto di decollare. In questo caso il tempo di taxi out risulta essere superiore rispetto al valore medio);
- AA: attesa per atterraggio (il decollo di un aeromobile può essere ritardato a causa di uno o più aeromobili in procinto di atterrare. In questo caso il tempo di taxi out risulta essere superiore rispetto al valore medio);
- PC: decollo pista corta (quando non è necessario utilizzare tutta la lunghezza della pista di volo per il decollo - ad esempio perché l’aeromobile non è a pieno carico - l’aereo può iniziare la sua fase di takeoff in corrispondenza di un punto più avanzato rispetto alle testate vere e proprie. In questo caso il tempo di taxi out risulta essere inferiore rispetto al valore medio);
- AF: attesa follow-me (può accadere, in fase di atterraggio, che il mezzo follow-me avente il compito di guidare l’aeromobile in arrivo verso lo stand di sosta a lui assegnato, tardi ad arrivare. In questo caso il tempo di taxi in risulta essere superiore rispetto al valore medio).

APRON 1												
GIORNO: mercoledì 18 giugno												
N°	Airline	Bt off	At	Bt on	Zona	Stand	M a n o v r a	Ru n w a y	Taxi in	Taxi out	Aircraft type	N o t e
1	Ryanair	10:09:50	10:17:55		1.2	108	D	30		00:08:05	Boeing 737-800	
2	Ryanair		10:14:20	10:19:18	1.1	109	A	30	00:04:58		Boeing 737-800	
3	Turkish Airlines		10:17:06	10:22:06	1.2	106	A	30	00:05:00		Airbus A320	
4	Ryanair	10:17:30	10:27:50		1.2	105	D	30		00:10:20	Boeing 737-800	
5	Aeroflot		10:26:50	10:31:58	1.1	113	A	30	00:05:08		Airbus A320	
6	Blue Air	10:32:20	10:38:59		1.1	115	D	30		00:06:39	Boeing 737-500	
7	Jet Air Fly	10:48:01	10:58:28		1.1	111	D	30		00:10:27	Boeing 737-800	
8	Ryanair	10:55:40	11:02:07		1.1	109	D	30		00:06:27	Boeing 737-800	
9	British Airways		11:21:48	11:26:10	1.1	115	A	12	00:04:22		Airbus A320	
10	Turkish Airlines	11:18:24	11:28:09		1.2	106	D	30		00:09:45	Airbus A320	
11	Hop (Air France)		11:43:06	11:45:40	1.1	112	A	12	00:02:34		Embraer 190	
12	Aeroflot	11:29:35	11:38:55		1.1	113	D	12		00:09:20	Airbus A320	
13	Tunis Air		11:37:36	11:40:40	1.2	105	A	12	00:03:04		Airbus A319	

14	Wizz Air		11:49:55	11:53:11	1.1	109	A	12	00:03:16		Airbus A320	
15	Vueling		12:04:46	12:07:52	1.2	103	A	12	00:03:06		Airbus A320	
<b>GIORNO: venerdì 20 giugno</b>												
16	Ryanair	10:11:33	10:21:11		1.2	102	D	12		00:09:38	Boeing 737-800	
17	Lufthansa	10:13:40	10:22:31		1.2	105	D	12		00:08:51	Boeing 737-500	
18	Ryanair	10:23:30	10:32:42		1.2	103	D	12		00:09:12	Boeing 737-800	
19	Turkish Airlines		10:24:45	10:27:56	1.1	111	A	12	00:03:11		Airbus A320	
20	Ryanair		10:31:02	10:33:31	1.2	108	A	12	00:02:29		Boeing 737-800	
21	Ryanair		10:33:54	10:37:11	1.2	103	A	12	00:03:17		Boeing 737-800	
22	Ryanair		10:36:25	10:38:16	1.2	102	A	12	00:01:51		Boeing 737-800	
23	Ryanair	10:44:41	10:53:05		1.1	109	D	30		00:08:24	Boeing 737-800	
24	Aeroflot		10:45:55	10:51:01	1.1	112	A	12	00:05:06		Airbus A320	
25	Ryanair	11:10:29	11:19:37		1.2	102	D	12		00:09:08	Boeing 737-800	
26	Ryanair	11:17:25	11:29:37		1.2	108	D	12		00:12:12	Boeing 737-800	
27	Ryanair	11:21:55	11:33:11		1.2	103	D	12		00:11:16	Boeing 737-800	
28	British Airways		11:24:40	11:26:36	1.1	115	A	12	00:01:56		Airbus A319	
29	Turkish Airlines	11:31:19	11:42:41		1.1	111	D	12		00:11:22	Airbus A320	
30	Hop (Air France)		11:32:12	11:37:15	1.1	113	A	12	00:05:03		Embraer 190	
31	Aeroflot	11:46:29	11:58:28		1.1	112	D	12		00:11:59	Airbus A320	
32	Easyjet		12:09:51	12:12:12	1.1	109	A	12	00:02:21		Airbus A320	
33	Easyjet		12:15:36	12:19:12	1.2	103	A	12	00:03:36		Airbus A319	
<b>GIORNO: lunedì 23 giugno</b>												
34	Blue Air	10:19:30	10:27:22		1.1	112	D	30		00:07:52	Boeing 737-500	
35	Turkish Airlines		10:24:11	10:30:11	1.1	113	A	30	00:06:00		Boeing 737-800	A F
36	Air One	10:27:30	10:35:15		1.2	106	D	30		00:07:45	Airbus A320	
37	Ryanair	10:38:45	10:44:03		1.2	103	D	30		00:05:18	Boeing 737-800	P C
38	Ryanair	10:39:24	10:47:57		1.1	109	D	30		00:08:33	Boeing 737-800	
39	Aeroflot		10:42:02	10:46:59	1.1	111	A	30	00:04:57		Airbus A320	
40	Nouvelair Tunisie		10:54:54	11:00:12	1.2	105	A	30	00:05:18		Airbus A320	
41	Nouvelair Tunisie		11:14:28	11:18:58	1.1	112	A	30	00:04:30		Airbus A320	
42	Turkish Airlines	11:23:49	11:34:14		1.1	113	D	12		00:10:25	Boeing 737-800	
43	Ryanair	16:18:40	16:27:54		1.2	103	D	12		00:09:14	Boeing 737-800	
44	Royal Air Maroc		16:32:19	16:35:13	1.1	113	A	12	00:02:54		Boeing 737-800	
45	Ryanair		16:55:04	16:57:07	1.2	108	A	12	00:02:03		Boeing 737-800	
46	KLM (Royal Dutch Airlines)		16:58:40	17:01:37	1.2	105	A	12	00:02:57		Embraer 190	
47	Ryanair		17:07:35	17:11:07	1.2	102	A	12	00:03:32		Boeing 737-800	
48	Ryanair		17:12:37	17:15:42	1.2	103	A	12	00:03:05		Boeing 737-800	
49	Air One		17:15:30	17:17:28	1.1	111	A	12	00:01:58		Airbus A320	
<b>GIORNO: martedì 24 giugno</b>												



50	Aeroflot		10:29:01	10:31:39	1.1	112	A	12	00:02:38		Airbus A319	
51	Ryanair		10:35:04	10:37:35	1.2	103	A	12	00:02:31		Boeing 737-800	
52	Turkish Airlines		10:44:44	10:47:55	1.1	115	A	12	00:03:11		Airbus A320	
53	Ryanair	10:45:14	10:53:50		1.2	102	D	30		00:08:36	Boeing 737-800	
54	Ryanair	11:01:17	11:14:54		1.1	109	D	12		00:13:37	Boeing 737-800	
55	Ryanair	11:22:02	11:29:21		1.2	103	D	12		00:07:19	Boeing 737-800	P C
56	Aeroflot	11:31:01	11:39:49		1.1	112	D	12		00:08:48	Airbus A319	
57	Turkish Airlines	11:36:27	11:47:10		1.1	115	D	12		00:10:43	Airbus A320	
58	Ryanair	11:55:41	12:06:27		1.2	108	D	12		00:10:46	Boeing 737-800	A A
59	Ryanair	12:04:54	12:13:36		1.1	111	D	12		00:08:42	Boeing 737-800	
60	Easyjet Airlines		12:05:13	12:07:48	1.1	109	A	12	00:02:35		Airbus A319	
61	Ryanair		12:16:38	12:22:45	1.2	108	A	12	00:06:07		Boeing 737-800	A F
62	Easyjet Airlines		12:26:56	12:30:48	1.2	102	A	12	00:03:52		Airbus A319	
63	Air Dolomiti		12:38:59	12:42:09	1.2	105	A	12	00:03:10		Embraer 195	
64	Easyjet Airlines	12:45:00	12:53:14		1.1	109	D	12		00:08:14	Airbus A319	
<b>GIORNO: mercoledì 25 giugno</b>												
65	Ryanair	06:28:30	06:35:00		1.2	108	D	30		00:06:30	Boeing 737-800	
66	Ryanair	07:00:39	07:07:22		1.2	103	D	30		00:06:43	Boeing 737-800	
67	Wizz Air		07:19:38	07:22:05	1.1	109	A	12	00:02:27		Airbus A320	
68	Hop (Air france)	07:25:02	07:32:10		1.1	112	D	30		00:07:08	Embraer 190	
<b>GIORNO: giovedì 26 giugno</b>												
69	Ryanair		09:55:20	09:57:14	1.2	102	A	12	00:01:54		Boeing 737-800	
70	Ryanair		10:12:38	10:15:15	1.1	109	A	12	00:02:37		Boeing 737-800	
71	Air Dolomiti	10:15:20	10:25:07		1.2	106	D	12		00:09:47	Embraer 195	A A
72	Ryanair	10:20:07	10:32:29		1.2	103	D	12		00:12:22	Boeing 737-800	A A
73	Lufthansa	10:27:20	10:36:35		1.2	105	D	12		00:09:15	Boeing 737-500	
74	Ryanair		10:38:16	10:40:50	1.2	103	A	12	00:02:34		Boeing 737-800	
75	Ryanair	10:41:10	10:49:42		1.2	102	D	12		00:08:32	Boeing 737-800	
76	Aeroflot		10:41:20	10:45:00	1.1	111	A	12	00:03:40		Airbus A320	
77	Turkish Airlines		10:43:58	10:48:00	1.1	115	A	12	00:04:02		Airbus A321	
78	British Airways	10:54:22	11:04:00		1.1	113	D	12		00:09:38	Airbus A320	
79	Ryanair	11:00:15	11:11:25		1.1	109	D	12		00:11:10	Boeing 737-800	
80	Ryanair	11:20:40	11:27:56		1.2	103	D	12		00:07:16	Boeing 737-800	P C
81	Ryanair	11:23:50	11:31:16		1.2	108	D	12		00:07:26	Boeing 737-800	P C
82	Aeroflot	11:36:55	11:46:24		1.1	111	D	12		00:09:29	Airbus A320	
83	Meridiana		11:42:33	11:45:25	1.2	106	A	12	00:02:52		Douglas MD-82	
<b>GIORNO: venerdì 27 giugno</b>												
84	Ryanair		13:19:42	13:21:58	1.2	108	A	12	00:02:16		Boeing 737-800	
85	Ryanair	13:29:30	13:37:38		1.2	102	D	12		00:08:08	Boeing 737-800	



86	Pegasus Airlines		13:36:44	13:39:20	1.1	109	A	12	00:02:36		Boeing 737-800	
87	TAP (Air Portugal)	13:49:40	14:01:28		1.1	113	D	12		00:11:48	Airbus A320	A D
88	Blue Air		13:58:30	14:00:40	1.1	115	A	12	00:02:10		Airbus A320	
89	Lufthansa		14:09:23	14:11:43	1.2	105	A	12	00:02:20		Airbus A319	
90	Ryanair	14:13:50	14:24:12		1.2	108	D	12		00:10:22	Boeing 737-800	A A
91	Ryanair	14:21:00	14:28:31		1.1	111	D	12		00:07:31	Boeing 737-800	P C
92	Pegasus Airlines	14:29:10	14:37:41		1.1	109	D	12		00:08:31	Boeing 737-800	
93	Blue Air	14:36:54	14:45:13		1.1	115	D	12		00:08:19	Boeing 737-400	
94	Wizz Air		14:41:17	14:44:17	1.1	112	A	12	00:03:00		Airbus A320	
95	Lufthansa	14:50:25	14:58:58		1.2	105	D	12		00:08:33	Airbus A319	A A
96	Hop (Air France)		14:56:32	14:58:45	1.2	108	A	12	00:02:13		Embraer 190	
97	Ryanair		14:59:04	15:01:32	1.2	103	A	12	00:02:28		Boeing 737-800	
98	Ryanair		15:01:44	15:04:32	1.2	102	A	12	00:02:48		Boeing 737-800	
99	Alitalia		15:09:51	15:12:08	1.2	106	A	12	00:02:17		Airbus A319	
100	Germanwings		16:05:12	16:07:21	1.1	115	A	12	00:02:09		Airbus A319	
101	Hop (Air France)	16:07:20	16:17:15		1.2	108	D	30		00:09:55	Embraer 190	A A
102	Air Dolomiti		16:15:27	16:17:43	1.2	106	A	12	00:02:16		Embraer 195	
103	Germanwings	16:17:58	16:23:23		1.1	111	D	30		00:05:25	Airbus A319	
<b>GIORNO: lunedì 30 giugno</b>												
104	Ryanair		14:16:40	14:21:38	1.2	102	A	30	00:04:58		Boeing 737-800	
105	Wizz Air		14:22:42	14:26:52	1.1	111	A	30	00:04:10		Airbus A320	
106	Germanwings	14:30:40	14:35:47		1.1	113	D	30		00:05:07	Airbus A319	
107	Pegasus Airlines	14:37:55	14:46:53		1.1	109	D	12		00:08:58	Boeing 737-800	
108	Ryanair		14:43:21	14:45:33	1.2	108	A	12	00:02:12		Boeing 737-800	
109	Wizz Air	15:03:45	15:11:12		1.1	111	D	30		00:07:27	Airbus A320	
110	Lufthansa	15:16:50	15:25:40		1.2	106	D	12		00:08:50	Airbus A319	
111	Nouvelair Tunisie		16:05:36	16:08:43	1.1	111	A	12	00:03:07		Airbus A320	
112	Germanwings		16:30:10	16:33:22	1.2	105	A	12	00:03:12		Airbus A319	
113	Blue Air		16:32:56	16:36:07	1.1	115	A	12	00:03:11		Boeing 737-400	
114	Royal Air Maroc		16:37:18	16:39:52	1.1	112	A	12	00:02:34		Boeing 737-800	
115	KLM (Royal Dutch Airlines)		16:43:08	16:45:20	1.2	106	A	12	00:02:12		Embraer 190	
116	Ryanair		16:59:03	17:01:43	1.2	102	A	12	00:02:40		Boeing 737-800	
117	Germanwings	17:07:28	17:16:40		1.2	105	D	12		00:09:12	Airbus A319	
118	Nouvelair Tunisie	17:11:08	17:21:14		1.1	111	D	12		00:10:06	Airbus A320	
119	Air One		17:14:59	17:17:24	1.1	113	A	12	00:02:25		Airbus A320	
120	Ryanair	17:28:00	17:35:28		1.2	103	D	12		00:07:28	Boeing 737-800	P C
121	Turkish Airlines		17:44:05	17:47:30	1.1	109	A	12	00:03:25		Airbus A320	
122	Royal Air Maroc	17:46:45	17:59:14		1.1	112	D	12		00:12:29	Boeing 737-800	A A
123	Blue Air	17:53:38	18:05:02		1.1	115	D	12		00:11:24	Boeing 737-400	A A
124	Air Moldova		17:57:27	18:00:02	1.1	115	A	12	00:02:35		Embraer 190	

125	Nouvelair Tunisie		18:03:56	18:06:24	1.1	111	A	12	00:02:28		Airbus A320	
<b>GIORNO: martedì 1 luglio</b>												
126	Aeroflot		10:44:10	10:47:04	1.1	113	A	12	00:02:54		Boeing 737-800	
127	Ryanair	10:50:20	10:59:02		1.1	109	D	30		00:08:42	Boeing 737-800	P C
128	Ryanair	11:07:08	11:15:37		1.1	112	D	30		00:08:29	Boeing 737-800	
129	Ryanair	11:11:00	11:18:28		1.2	102	D	30		00:07:28	Boeing 737-800	P C
130	Ryanair	11:13:32	11:20:50		1.1	111	D	30		00:07:18	Boeing 737-800	
131	Turkish Airlines	11:28:40	11:37:52		1.1	115	D	12		00:09:12	Airbus A321	
132	British Airways		11:36:55	11:39:40	1.1	111	A	12	00:02:45		Airbus A320	
133	Meridiana		11:44:38	11:47:33	1.2	106	A	12	00:02:55		Douglas MD-80	
134	Aeroflot	11:51:58	12:00:48		1.1	113	D	12		00:08:50	Embraer 195	
135	Easyjet		12:03:45	12:06:40	1.1	109	A	12	00:02:55		Airbus A319	
136	Easyjet		12:16:04	12:19:51	1.2	102	A	12	00:03:47		Airbus A319	
137	Ryanair		12:17:46	12:20:36	1.2	103	A	12	00:02:50		Boeing 737-800	
138	Vueling		12:26:40	12:28:42	1.1	113	A	12	00:02:02		Airbus A320	
139	Meridiana	12:33:50	12:44:20		1.2	106	D	12		00:10:30	Douglas MD-80	A D
140	Airdolomiti		12:48:48	12:51:49	1.2	108	A	12	00:03:01		Embraer 195	

Tabella 4.8 Dati rilevati e calcolo dei tempi di taxi in e taxi out per l'Apron 1

APRON 2												
GIORNO: mercoledì 18 giugno												
N°	Airline	Bt off	At	Bt on	Zona	Stand	M a n o v r a	Ru n w a y	Taxi in	Taxi out	Aircraft Type	N o t e
1	Alitalia		10:44:02	10:47:03	2.1	212	A	30	00:03:01		Airbus A319	
2	Livingston		11:11:40	11:15:49	2.1	217	A	30	00:04:09		Airbus A320	
3	Air Nostrum		11:45:26	11:49:01	2.1	215	A	12	00:03:35		Canadair Regional Jet 1000	
4	DHL		11:54:13	11:58:39	2.2		A	12	00:04:26			
GIORNO: venerdì 20 giugno												
5	Hop (Air France)	10:18:35	10:26:38		2.1	215	D	12		00:08:03	Embraer 170	
6	Scandinavian Airlines (SAS)		10:20:20	10:23:40	2.1	216	A	12	00:03:20		Canadair Regional Jet 900	
7	Meridiana		11:28:25	11:32:23	2.1	214	A	12	00:03:58		Douglas MD-82	
8	Ryanair		11:38:36	11:42:07	2.1	212	A	12	00:03:31		Boeing 737-800	
9	Alitalia		11:43:35	11:46:52	2.1	211	A	12	00:03:17		Airbus A319	
10	Air Nostrum		12:01:22	12:05:23	2.1	215	A	12	00:04:01		Canadair Regional Jet 1000	

11	Vueling		12:06:37	12:10:17	2.1	217	A	12	00:03:40		Airbus A320	
<b>GIORNO: lunedì 23 giugno</b>												
12	Nouvelair Tunisie		10:00:18	10:03:48	2.1	217	A	30	00:03:30		Airbus A320	
13	Air Dolomiti	10:10:43	10:19:38		2.1	212	D	30		00:08:55	Embraer 195	AA
14	SAS (Scandinavian Airlines)		10:18:46	10:22:19	2.2	206	A	30	00:03:33		Canadair Regional Jet 900	
15	Lufthansa	10:19:08	10:25:50		2.1	213	D	30		00:06:42	Boeing 737-500	
16	Hop (Air France)	10:23:50	10:31:13		2.1	215	D	30		00:07:23	Embraer 190	
17	Alitalia		10:38:16	10:41:37	2.1	214	A	30	00:03:21		Airbus A320	
18	Austrian	10:40:20	10:50:21		2.1	216	D	30		00:10:01	Fokker 70	A D
19	Nouvelair Tunisie	10:55:18	11:04:53		2.1	217	D	30		00:09:35	Airbus A320	
20	Hop (Air France)		11:32:10	11:35:31	2.1	215	A	12	00:03:21		Embraer 190	
21	Hop (Air France)	16:08:46	16:19:47		2.1	216	D	12		00:11:01	Embraer 190	AA
22	Air Dolomiti		16:19:00	16:23:40	2.1	215	A	12	00:04:40		Embraer 195	
23	Alitalia		16:22:42	16:25:47	2.2	209	A	12	00:03:05		Airbus A319	
24	Air Explore		16:38:35	16:43:13	2.1	211	A	12	00:04:38		Boeing 737-400	
25	Air Dolomiti	17:03:00	17:09:18		2.1	215	D	12		00:06:18	Embraer 195	
<b>GIORNO: martedì 24 giugno</b>												
26	Aerofan	10:47:05	10:58:02		2.1	215	D	12		00:10:57	Airbus A320	
27	Alitalia		11:07:08	11:10:37	2.1	213	A	12	00:03:29		Airbus A319	
28	SAS (Scandinavian Airlines)	11:34:49	11:41:42		2.2	206	D	12		00:06:53	Canadair Regional Jet 900	
29	Hop (Air France)		11:38:44	11:43:17	2.1	214	A	12	00:04:33		Embraer 190	
30	Alitalia	12:12:21	12:19:30		2.1	213	D	12		00:07:09	Airbus A319	
31	Air Explore	12:16:52	12:28:07		2.1	211	D	12		00:11:15	Boeing 737-400	AA
32	Hop (Air France)	12:24:20	12:34:41		2.1	214	D	12		00:10:21	Embraer 190	
33	KLM (Royal Dutch Airlines)		12:55:53	12:58:56	2.1	215	A	12	00:03:03		Embraer 190	
<b>GIORNO: mercoledì 25 giugno</b>												
34	Air Dolomiti	06:45:20	06:52:01		2.1	215	D	30		00:06:41	Embraer 195	
<b>GIORNO: giovedì 26 giugno</b>												
35	Hop (Air France)	10:19:45	10:27:32		2.1	216	D	12		00:07:47	Embraer 170	
36	SAS (Scandinavian Airlines)		10:23:48	10:27:54	2.2	206	A	12	00:04:06		Canadair Regional Jet 900	
37	Austrian Airlines	10:36:23	10:45:33		2.1	217	D	12		00:09:10	Fokker 100	AA
38	Alitalia		10:58:53	11:01:46	2.1	214	A	12	00:02:53		Airbus A319	
39	SAS (Scandinavian Airlines)	11:02:23	11:14:33		2.2	206	D	12		00:12:10	Canadair Regional Jet 900	A D
40	Hop (Air France)		11:38:01	11:40:49	2.1	218	A	12	00:02:48		Embraer 190	
<b>GIORNO: venerdì 27 giugno</b>												

41	KLM (Royal Dutch Airlines)	13:23:50	13:31:41		2.1	216	D	12		00:07:51	Embraer 190	
42	Vueling	13:46:40	13:53:22		2.1	213	D	12		00:06:42	Airbus A320	
43	Ryanair	14:03:15	14:11:44		2.1	217	D	12		00:08:29	Boeing 737-800	
44	Albastar	14:13:17	14:20:02		2.2	208	D	12		00:06:45	Boeing 737-400	
45	Meridiana		14:23:10	14:27:22	2.1	212	A	12	00:04:12		Airbus A320	
46	Meridiana	15:01:40	15:11:06		2.1	212	D	12		00:09:26	Airbus A320	
<b>GIORNO: lunedì 30 giugno</b>												
47	Hop (Air France)		15:01:15	15:04:28	2.1	216	A	12	00:03:13		Embraer 190	
48	Hop (Air France)	16:08:13	16:19:15		2.1	216	D	12		00:11:02	Embraer 190	AA
49	Alitalia		16:19:20	16:22:45	2.1	212	A	12	00:03:25		Airbus A319	
50	Air Explore		16:40:30	16:45:28	2.1	211	A	12	00:04:58		Boeing 737-400	
51	Air Dolomiti		16:56:40	16:59:47	2.1	214	A	12	00:03:07		Embraer 195	
52	Meridiana		17:24:48	17:27:50	2.1	216	A	12	00:03:02		Douglas MD-82	
53	Air Dolomiti	17:36:50	17:45:00		2.1	214	D	12		00:08:10	Embraer 195	
<b>GIORNO: martedì 1 luglio</b>												
54	Star Alliance (Aegean Airlines)	10:41:20	10:50:12		2.2	210	D	12		00:08:52	Airbus A320	AA
55	Alitalia		10:49:18	10:52:25	2.1	214	A	12	00:03:07		Airbus A319	
56	Air Explore		11:09:00	11:12:19	2.1	212	A	12	00:03:19		Airbus A320	
57	Air Nostrum		11:33:41	11:37:03	2.1	215	A	12	00:03:22		Canadair Regional Jet 1000	
58	Blue1		11:41:53	11:46:00	2.2	208	A	12	00:04:07		Boeing 717-200	
59	Hop (Air France)		11:52:20	11:55:08	2.1	216	A	12	00:02:48		Embraer 190	
60	Air Explore	12:11:55	12:20:20		2.1	212	D	12		00:08:25	Boeing 737-400	
61	Alitalia	12:16:40	12:28:07		2.1	214	D	12		00:11:27	Airbus A319	AA
62	Neos		12:22:04	12:26:12	2.2	210	A	12	00:04:08		Boeing 737-800	
63	KLM (Royal Dutch Airlines)		12:29:02	12:32:44	2.1	217	A	12	00:03:42		Embraer 190	
64	Ryanair	12:31:14	12:41:04		2.1	211	D	12		00:09:50	Boeing 737-800	PC
65	Blue1	12:32:50	12:42:40		2.2	208	D	12		00:09:50	Boeing 717-200	
66	Air Nostrum	12:34:50	12:46:10		2.1	215	D	12		00:11:20	Canadair Regional Jet 1000	A D
67	Hop (Air France)	12:41:08	12:52:24		2.1	216	D	12		00:11:16	Embraer 190	A D

Tabella 4.9 Dati rilevati e calcolo dei tempi di taxi in e taxi out per l'Apron2

APRON 3												
GIORNO: lunedì 23 giugno												
N°	Airline	Bt off	At	Bt on	Zona	Stand	M a n o v r a	Ru n w a y	Taxi in	Taxi out	Aircraft Type	N o t e
1	Hop (Air France)		10:03:37	10:06:12	3.1	301	A	30	00:02:35		Embraer RJ145	
GIORNO: mercoledì 25 giugno												
2	MAERSK (Star Air)		06:49:48	06:54:00	3.1	306	A	12	00:04:12		Boeing 767- 200 Freighter	
GIORNO: venerdì 27 giugno												
3	Hop (Air France)	13:51:00	13:59:12		3.1	301	D	12		00:08:12	Embraer RJ145	A A

*Tabella 4.10 Dati rilevati e calcolo dei tempi di taxi in e taxi out per l'Apron3*

Come si può notare, la quantità di tempi di taxi rilevati per l'Apron1 è molto maggiore rispetto a quella dell'Apron2, mentre i dati relativi all'Apron3 si riducono a solo 3 misure. Questo è dovuto al fatto che l'Apron1, quello più vicino al terminal, è utilizzato perlopiù dalle compagnie low-cost (Ryanair, EasyJet, ecc.) le quali hanno un tempo di *turn around* (tempo di sosta a terra degli aeromobili necessario per le operazioni di sbarco/imbarco passeggeri, rifornimento carburante, pulizie, imbarco del catering, carico di bagagli, merce e posta, generalmente stabilito in base al tipo di aeromobile e alle esigenze del vettore aereo) che è molto inferiore rispetto a quello delle compagnie di bandiera, i cui aeromobili stazionano perlopiù nell'Apron2. Quindi gli stand facenti parte dell'Apron1 vengono liberati più velocemente e possono essere occupati nuovamente per più volte.

La scarsità di dati relativi all'Apron3 è invece dovuta al fatto che esso è utilizzato dagli aerei cargo, i quali svolgono il loro servizio generalmente di notte o alle prime luci dell'alba, periodo nel quale sono stati fatti pochi rilevamenti.

È stato comunque verificato che la percentuale di utilizzo dei tre apron risultante dai rilevamenti effettuati, rispecchia in buona misura la percentuale di utilizzo degli stessi apron relativa all'intero anno 2013: per l'Apron1, dai dati rilevati, emerge una percentuale di utilizzo del 66%, contro una percentuale di utilizzo del 63% se si fa riferimento all'anno 2013; per quanto riguarda l'Apron2, nei dati rilevati si ha una percentuale di utilizzo del 32%, mentre nei dati storici del 29%; per l'Apron3 si ha un 2% contro un 5%.

Zona	Runway	Medie taxi in	Medie taxi out
<b>1.1</b>	12	00:02:56	00:10:02
	30	00:04:57	00:07:32
<b>1.2</b>	12	00:02:51	00:09:20
	30	00:05:05	00:08:03

*Tabella 4.11 Calcolo dei tempi medi per l'Apron1*

Zona	Runway	Medie taxi in	Medie taxi out
<b>2.1</b>	12	00:03:35	00:09:18
	30	00:03:30	00:08:13
<b>2.2</b>	12	00:03:58	00:08:54
	30	00:03:33	

*Tabella 4.11 Calcolo dei tempi medi per l'Apron2*

Zona	Runway	Medie taxi in	Medie taxi out
<b>3.1</b>	12	00:04:12	00:08:12
	30	00:02:35	

*Tabella 4.11 Calcolo dei tempi medi per l'Apron3*

Osservando i tempi medi ottenuti, si nota che, come era logico aspettarsi vista la configurazione della pista di volo rispetto all'area di parcheggio degli aeromobili:

- I tempi di taxi in tendono ad aumentare andando dalla Zona 1.1 alla Zona 3.1, nel caso di atterraggi pista 12; mentre, viceversa, tendono a diminuire nel caso di atterraggi pista 30;
- I tempi di taxi out tendono a diminuire passando dalla Zona 1.1 alla Zona 3.1 in caso di decolli lato 12, mentre tendono ad aumentare per decolli lato 30.

#### 4.4 Rielaborazione dei dati

Si procede ora con la rielaborazione dei dati, al fine di poterli introdurre nel programma di simulazione delle emissioni EDMS.

Il software richiede in input, per ogni aeromobile avente fatto scalo all'Aeroporto di Bologna nell'anno 2013, preso come riferimento per il caso in studio, due dati fondamentali:

- Il numero di cicli LTO;
- I tempi di taxi in e taxi out.

È innanzitutto necessario determinare il numero di cicli LTO per ogni coppia tipologia di aeromobile/motorizzazione, per ciascuna zona di partenza/arrivo.

A tale scopo, ci si è costruiti la seguente tabella (tabella 4.12), ottenuta a partire dalla BDV iniziale, alla quale è stata preventivamente aggiunta la colonna denominata “zona”, che fa corrispondere a ciascuno stand la relativa zona di appartenenza.

In tabella 4.12 sono riportati il numero di cicli LTO totali per ciascuna tipologia di aeromobile e il numero di LTO per ciascuna specifica coppia aeromobile/motore, insieme al proprio nome identificativo, così come richiesto dal programma.

Si è risalito al numero di LTO per ogni accoppiata aereo/motore facendo il conteggio del numero di volte in cui è stata utilizzata ciascuna zona e dividendo per due. Dal numero di movimenti registrati per ciascuna zona - decolli più atterraggi - si risale così al numero di cicli LTO.

TIPOLOGIA DI AEROMOBILE E RELATIVA MOTORIZZAZIONE	NUMERO DI CICLI LTO	NOME IDENTIFICATIVO
<b>ZONA 1.1</b>	<b>9069,5 LTO</b>	
	<b>TOTALI</b>	
Airbus A300 B6 Freighter 2 x PW PW4158	0,5 0,5	
Airbus A310 2 x GE CF6-80C2A2	1 1	A310_1.1
Airbus A310-300 Freighter 0	1 1	A310-300F_1.1
Airbus A318 2 x CFMI CFM56-5B8/P	2 2	A318_1.1
Airbus A319 0	1216,5 28	A319_1.1
2 x CFMI CFM56-5A5 2 x CFMI CFM56-5B5/3 2 x CFMI CFM56-5B6/3 2 x CFMI CFM56-5B6/P 2 x CFMI CFM56-5B7/P	18 406 1 190 1	
2 x IAE V2522-A5 2 x IAE V2524-A5	410,5 162	
Airbus A320 0	1902 111	A320_1.1
2 x CFMI CFM56-5A1 2 x CFMI CFM56-5B4/P 2 x CFMI CFM56-5B6/3 2 x CFMI CFM56-5B6/P 2 x IAE V2527-A5 2 x IAE V2527E-A5	40 689,5 184,5 8 737 132	

<b>Airbus A321</b>	152	<b>A321_1.1</b>
0	7	
2 x CFMI CFM56-5B1	4	
2 x CFMI CFM56-5B1/3	1	
2 x CFMI CFM56-5B2/P	40	
2 x CFMI CFM56-5B3/P	21	
2 x CFMI CFM56-5B4/P	1	
2 x IAE V2530-A5	12	
2 x IAE V2533-A5	66	
<b>Antonov 12</b>	2	<b>Anto12_1.1</b>
0	2	
<b>Antonov 72</b>	1	<b>Anto72_1.1</b>
0	1	
<b>ATR 72</b>	1	<b>Atr72_1.1</b>
2 x PWC PW127M	1	
<b>Avro RJ100</b>	67,5	<b>AvroRJ100_1.1</b>
4 x LY ALF502R-5	1	
4 x LY LF507-1F	66,5	
<b>Avro RJ85</b>	25	<b>AvroRJ85_1.1</b>
4 x LY LF507-1F	25	
<b>BAe.146</b>	1	<b>BA146_1.1</b>
4 x LY LF507-1F	1	
<b>BAe.146-200 Freighter</b>	71	<b>BA146-200F_1.1</b>
0	58,5	
4 x LY ALF502R-5	12,5	
<b>BAe.146-300 Freighter</b>	29	<b>BA146-300F_1.1</b>
0	24	
4 x LY LF507-1H	5	
<b>Boeing 717-200</b>	1	<b>B712_1.1</b>
2 x BMW RR BR715	1	
<b>Boeing 737-300</b>	258	<b>B733_1.1</b>
0	97,5	
2 x CFMI CFM56-3B1	4	
2 x CFMI CFM56-3B2	140,5	
2 x CFMI CFM56-3C1	16	
<b>Boeing 737-300 Freighter</b>	1	<b>B733F_1.1</b>
2 x CFMI CFM56-3C1	1	
<b>Boeing 737-400</b>	70	<b>B734_1.1</b>
0	19	
2 x CFMI CFM56-3C1	49	
sbagliato	2	
<b>Boeing 737-500</b>	130	<b>B735_1.1</b>
0	82	
2 x CFMI CFM56-3B1	40	
2 x CFMI CFM56-3C1	7	
2 x CFMI CFM56-7B22	1	
<b>Boeing 737-600</b>	20	<b>B736_1.1</b>



2 x CFMI CFM56-7B20	20	
<b>Boeing 737-700</b>	77	<b>B737_1.1</b>
2 x CFMI CFM56-7B20	20	
2 x CFMI CFM56-7B22	32	
2 x CFMI CFM56-7B24	1	
2 x CFMI CFM56-7B26	24	
<b>Boeing 737-800</b>	2734	<b>B738_1.1</b>
2 x CFMI CFM56-7B26	2663,5	
2 x CFMI CFM56-7B27	60	
2 x GE CF6-80C2B6F	10,5	
<b>Boeing 747-200 Freighter</b>	1	<b>B742F_1.1</b>
4 x GE CF6-80C2B1F	1	
<b>Boeing 767-200</b>	1	<b>B762_1.1</b>
0	1	
<b>Boeing 767-200 Freighter</b>	2,5	<b>B762F_1.1</b>
0	2	
2 x GE CF6-80A	0,5	
<b>Boeing 767-300</b>	37	<b>B763_1.1</b>
2 x GE CF6-80C2B6F	33	
2 x GE CF6-80CB7F	3	
sbagliato	1	
<b>Canadair Regional Jet</b>	6	<b>CRJ_1.1</b>
2 x GE CF34-8C5	6	
<b>Canadair Regional Jet 1000</b>	128	<b>CRJ1000_1.1</b>
2 x GE CF34-8C5A2	128	
<b>Canadair Regional Jet 200</b>	3	<b>CRJ200_1.1</b>
2 x GE CF34-3B1	3	
<b>Canadair Regional Jet 700</b>	5	<b>CRJ700_1.1</b>
2 x GE CF34-8C1	5	
<b>Canadair Regional Jet 900</b>	284,5	<b>CRJ900_1.1</b>
2 x CFMI CFM56-5B4/P	14	
2 x GE CF34-8C5	270,5	
<b>Dornier 228</b>	36	<b>Dornier228_1.1</b>
0	36	
<b>Douglas MD-80</b>	171	<b>MD80_1.1</b>
2 x PW JT8D-217C	126	
2 x PW JT8D-219	45	
<b>Douglas MD-81</b>	15	<b>MD81_1.1</b>
2 x GE CF34-3B1	2	
2 x PW JT8D-217	5	
2 x PW JT8D-217C	8	
<b>Douglas MD-82</b>	215	<b>MD82_1.1</b>
0	5	
2 x PW JT8D-217	1	
2 x PW JT8D-217C	209	
<b>Douglas MD-83</b>	23	<b>MD83_1.1</b>
0	23	

<b>Embraer 170</b>	24	<b>E170_1.1</b>
0	2	
2 x GE CF34-8E	1	
2 x GE CF34-8E5	21	
<b>Embraer 175</b>	54	<b>E175_1.1</b>
2 x GE CF34-8E	16	
2 x GE CF34-8E5	38	
<b>Embraer 190</b>	832,5	<b>E190_1.1</b>
0	213,5	
2 x GE CF34-10E6	359	
2 x GE CF34-10E7	260	
<b>Embraer 195</b>	253	<b>E195_1.1</b>
2 x GE CF34-10E5A1	253	
<b>Embraer RJ135</b>	2	<b>ERJ135_1.1</b>
2 x AN AE3007A1/3	2	
<b>Embraer RJ145</b>	7	<b>ERJ145_1.1</b>
0	1	
2 x AN AE3007A	2	
2 x AN AE3007A1	2	
2 x AN AE3007A1/1	2	
<b>Fokker 100</b>	85,5	<b>F100_1.1</b>
2 x RR Tay 650-15	85,5	
<b>Fokker 50</b>	1	<b>F50_1.1</b>
2 x PWC PW125B	1	
<b>Fokker 70</b>	118	<b>F70_1.1</b>
2 x RR Tay 620-15	118	
<b>Gates Learjet 45</b>	1	
0	1	
<b>ZONA 1.2</b>	<b>11115 LTO</b>	
	<b>TOTALI</b>	
<b>Airbus A318</b>	4	<b>A318_1.2</b>
2 x CFMI CFM56-5B8/P	4	
<b>Airbus A319</b>	1194,5	<b>A319_1.2</b>
0	35	
2 x CFMI CFM56-5A4	1	
2 x CFMI CFM56-5A5	11	
2 x CFMI CFM56-5B5/3	571	
2 x CFMI CFM56-5B6/P	248,5	
2 x CFMI CFM56-5B7/P	1	
2 x IAE V2522-A5	147	
2 x IAE V2524-A5	180	
<b>Airbus A320</b>	1557,5	<b>A320_1.2</b>
0	41	
2 x CFMI CFM56-5A1	15	
2 x CFMI CFM56-5A3	1	
2 x CFMI CFM56-5B4/P	484,5	
2 x CFMI CFM56-5B6/3	311	

2 x CFMI CFM56-5B6/P	5	
2 x IAE V2527-A5	606,5	
2 x IAE V2527E-A5	93,5	
Airbus A321	80,5	A321_1.2
2 x CFMI CFM56-5B1	1	
2 x CFMI CFM56-5B2/P	22,5	
2 x CFMI CFM56-5B3/P	4	
2 x IAE V2524-A5	2	
2 x IAE V2530-A5	8	
2 x IAE V2533-A5	43	
Airbus A330	3	A330_1.2
2 x PW PW4168	2	
2 x RR Trent 772B-60	1	
Airbus A330-200	2	A330-200_1.2
2 x PW PW4168A	2	
ATR 72	5	Atr72_1.2
0	2	
2 x PWC PW127F	3	
Avro RJ100	152	AvroRJ100_1.2
4 x LY LF507-1F	152	
Avro RJ85	40,5	AvroRJ85_1.2
4 x LY LF507-1F	40,5	
BAe.146	1	BA146_1.2
0	1	
BAe.146-300	1	BA146-300_1.2
4 x LY LF507-1H	1	
Boeing 737-300	287,5	B733_1.2
0	18	
2 x CFMI CFM56-3B1	2	
2 x CFMI CFM56-3B2	251,5	
2 x CFMI CFM56-3C1	16	
Boeing 737-400	26	B734_1.2
0	8	
2 x CFMI CFM56-3C1	17	
sbagliato	1	
Boeing 737-500	107	B735_1.2
0	34	
2 x CFMI CFM56-3B1	72	
2 x CFMI CFM56-3C1	1	
Boeing 737-600	11	B736_1.2
2 x CFMI CFM56-7B20	11	
Boeing 737-700	146	B737_1.2
2 x CFMI CFM56-7B20	19	
2 x CFMI CFM56-7B22	95	
2 x CFMI CFM56-7B26	29	
sbagliato	3	
Boeing 737-800	4451,5	B738_1.2

2 x CFMI CFM56-7B26	4431,5	
2 x CFMI CFM56-7B27	4	
2 x GE CF6-80C2B6F	16	
Boeing 747-400	1	B744_1.2
4 x PW PW4056	1	
Canadair Regional Jet	5	CRJ_1.2
2 x GE CF34-3A1	1	
2 x GE CF34-8C5	4	
Canadair Regional Jet 1000	170	CRJ1000_1.2
2 x GE CF34-8C5A2	170	
Canadair Regional Jet 200	3	CRJ200_1.2
2 x GE CF34-3B1	3	
Canadair Regional Jet 700	3	CRJ700_1.2
2 x GE CF34-8C1	3	
Canadair Regional Jet 900	281,5	CRJ900_1.2
2 x CFMI CFM56-5B4/P	3	
2 x GE CF34-8C5	278,5	
Douglas MD-80	182	MD80_1.2
2 x PW JT8D-217C	130	
2 x PW JT8D-219	52	
Douglas MD-81	6	MD81_1.2
2 x GE CF34-3B1	1	
2 x PW JT8D-217	1	
2 x PW JT8D-217C	3	
2 x PW JT8D-219	1	
Douglas MD-82	241	MD82_1.2
0	7	
2 x PW JT8D-217	2	
2 x PW JT8D-217C	232	
Douglas MD-83	2	MD83_1.2
0	1	
2 x PW JT8D-219	1	
Embraer 120 Brasilia	1	E120_1.2
2 x PW PW118	1	
Embraer 170	49,5	E170_1.2
0	7	
2 x GE CF34-8E	6,5	
2 x GE CF34-8E5	36	
Embraer 175	139,5	E175_1.2
2 x GE CF34-8E	61	
2 x GE CF34-8E5	78,5	
Embraer 190	1238,5	E190_1.2
0	338,5	
2 x GE CF34-10E6	471,5	
2 x GE CF34-10E7	428,5	
Embraer 195	428,5	E195_1.2
2 x GE CF34-10E5A1	427,5	

2 x GE CF34-10E7	1	
Embraer RJ135	2	ERJ135_1.2
2 x AN AE3007A1/3	2	
Embraer RJ145	2	ERJ145_1.2
2 x AN AE3007A	1	
2 x AN AE3007A1	1	
Fokker 100	149	F100_1.2
2 x RR Tay 650-15	149	
Fokker 70	136,5	F70_1.2
2 x RR Tay 620-15	136,5	
Let410	1	
0	1	
Saab 2000	3	Saab_1.2
2 x AN AE2100A	2	
4 x LY LF507-1F	1	
<b>ZONA 2.1</b>	<b>7484,5 LTO</b>	
	<b>TOTALI</b>	
Airbus A318	11	A318_2.1
2 x CFMI CFM56-5B5/3	1	
2 x CFMI CFM56-5B8/P	10	
Airbus A319	642,5	A319_2.1
0	12	
2 x CFMI CFM56-5A5	20	
2 x CFMI CFM56-5B5/3	206	
2 x CFMI CFM56-5B6/P	136	
2 x CFMI CFM56-5B7/P	2	
2 x IAE V2522-A5	85	
2 x IAE V2524-A5	181,5	
Airbus A320	1059	A320_2.1
0	37	
2 x CFMI CFM56-5A1	39	
2 x CFMI CFM56-5A3	2	
2 x CFMI CFM56-5B4/P	390,5	
2 x CFMI CFM56-5B6/3	67	
2 x CFMI CFM56-5B6/P	3	
2 x IAE V2527-A5	431,5	
2 x IAE V2527E-A5	89	
Airbus A321	132	A321_2.1
0	3	
2 x CFMI CFM56-5B1	4	
2 x CFMI CFM56-5B2/P	15	
2 x CFMI CFM56-5B3/P	12	
2 x CFMI CFM56-5B4/P	1	
2 x IAE V2524-A5	1	
2 x IAE V2530-A5	12	
2 x IAE V2533-A5	84	
ATR 42-500	12	Atr42-500_2.1

2 x PWC PW127E	12	
<b>ATR 72</b>	45	<b>Atr72_2.1</b>
0	10	
2 x CFMI CFM56-3C1	11	
2 x PWC PW124B	5	
2 x PWC PW127F	19	
<b>Avro RJ100</b>	164,5	<b>AvroRJ100_2.1</b>
4 x LY LF507-1F	164,5	
<b>Avro RJ85</b>	57,5	<b>AvroRJ85_2.1</b>
4 x LY LF507-1F	57,5	
<b>BAe.146</b>	1	<b>BA146_2.1</b>
4 x LY LF507-1F	1	
<b>Boeing 717-200</b>	2	<b>B712_2.1</b>
2 x BMW RR BR715	2	
<b>Boeing 737</b>	3	<b>B73_2.1</b>
2 x CFMI CFM56-7B22	2	
2 x CFMI CFM56-7B24	1	
<b>Boeing 737-300</b>	239	<b>B733_2.1</b>
0	67	
2 x CFMI CFM56-3B1	11	
2 x CFMI CFM56-3B2	140	
2 x CFMI CFM56-3C1	21	
<b>Boeing 737-400</b>	157,5	<b>B734_2.1</b>
0	51	
2 x CFMI CFM56-3C1	106,5	
<b>Boeing 737-500</b>	84	<b>B735_2.1</b>
0	46	
2 x CFMI CFM56-3B1	35	
2 x CFMI CFM56-3C1	2	
2 x CFMI CFM56-7B22	1	
<b>Boeing 737-600</b>	20	<b>B736_2.1</b>
2 x CFMI CFM56-7B20	20	
<b>Boeing 737-700</b>	33	<b>B737_2.1</b>
2 x CFMI CFM56-7B20	12	
2 x CFMI CFM56-7B22	6	
2 x CFMI CFM56-7B24	2	
2 x CFMI CFM56-7B26	13	
<b>Boeing 737-800</b>	868	<b>B738_2.1</b>
2 x CFMI CFM56-7B26	820	
2 x CFMI CFM56-7B27	26	
2 x GE CF6-80C2B6F	22	
<b>Boeing 737-900</b>	2	<b>B739_2.1</b>
2 x CFMI CFM56-7B27	2	
<b>Canadair Regional Jet</b>	1	<b>CRJ_2.1</b>
2 x GE CF34-8C5	1	
<b>Canadair Regional Jet 1000</b>	384,5	<b>CRJ1000_2.1</b>
2 x GE CF34-8C5A2	384,5	

<b>Canadair Regional Jet 200</b>	2	<b>CRJ200_2.1</b>
2 x GE CF34-3B1	2	
<b>Canadair Regional Jet 700</b>	7	<b>CRJ700_2.1</b>
2 x GE CF34-8C1	6	
2 x GE CF34-8C5B1	1	
<b>Canadair Regional Jet 900</b>	354,5	<b>CRJ900_2.1</b>
2 x CFMI CFM56-5B4/P	3	
2 x GE CF34-8C5	351,5	
<b>De Havilland Dash 8-400</b>	116	<b>Dash8-400_2.1</b>
2 x GE CF34-8C1	1	
2 x PWC PW150A	115	
<b>Dornier 228</b>	11	<b>Dornier228_2.1</b>
0	11	
<b>Douglas MD-80</b>	37	<b>MD80_2.1</b>
2 x PW JT8D-217C	28	
2 x PW JT8D-219	9	
<b>Douglas MD-81</b>	18	<b>MD81_2.1</b>
2 x GE CF34-3B1	3	
2 x PW JT8D-217	4	
2 x PW JT8D-217C	6	
2 x PW JT8D-219	5	
<b>Douglas MD-82</b>	62,5	<b>MD82_2.1</b>
0	7	
2 x PW JT8D-217C	55,5	
<b>Douglas MD-83</b>	5	<b>MD83_2.1</b>
0	1	
2 x PW JT8D-219	4	
<b>Embraer 120 Brasilia</b>	1	<b>E120_2.1</b>
2 x PW PW118	1	
<b>Embraer 170</b>	96	<b>E170_2.1</b>
0	18	
2 x GE CF34-8E	13,5	
2 x GE CF34-8E5	64,5	
<b>Embraer 175</b>	59	<b>E175_2.1</b>
2 x GE CF34-8E	23	
2 x GE CF34-8E5	36	
<b>Embraer 190</b>	1125	<b>E190_2.1</b>
0	311	
2 x GE CF34-10E5	1	
2 x GE CF34-10E5A1	1	
2 x GE CF34-10E6	578,5	
2 x GE CF34-10E7	233,5	
<b>Embraer 195</b>	625	<b>E195_2.1</b>
2 x GE CF34-10E5A1	625	
<b>Embraer RJ135</b>	116	<b>ERJ135_2.1</b>
2 x AN AE3007A1/3	116	
<b>Embraer RJ145</b>	307	<b>ERJ145_2.1</b>

0	32	
2 x AN AE3007A	175	
2 x AN AE3007A1	75	
2 x AN AE3007A1/1	25	
Fokker 100	373,5	F100_2.1
0	2	
2 x RR Tay 650-15	371,5	
Fokker 70	249,5	F70_2.1
2 x RR Tay 620-15	249,5	
Gates Learjet 45	1	
0	1	
<b>ZONA 2.2</b>	<b>1170,5 LTO</b>	
	<b>TOTALI</b>	
Airbus A300 B6 Freighter	5	A300F_2.2
2 x PW PW4158	5	
Airbus A310	1	A310_2.2
2 x GE CF6-80C2A2	1	
Airbus A310-300	3	A310-300_2.2
2 x GE CF6-80C2A2	3	
Airbus A318	2	A318_2.2
2 x CFMI CFM56-5B8/P	2	
Airbus A319	22,5	A319_2.2
0	1	
2 x CFMI CFM56-5A5	3	
2 x CFMI CFM56-5B5/3	5,5	
2 x CFMI CFM56-5B6/P	5	
2 x IAE V2522-A5	5	
2 x IAE V2524-A5	3	
Airbus A320	120	A320_2.2
0	2	
2 x CFMI CFM56-5A1	3,5	
2 x CFMI CFM56-5B4/P	56	
2 x CFMI CFM56-5B6/3	3,5	
2 x IAE V2527-A5	37	
2 x IAE V2527E-A5	18	
Airbus A321	14	A321_2.2
0	1	
2 x CFMI CFM56-5B2/P	2	
2 x CFMI CFM56-5B3/P	2	
2 x IAE V2530-A5	1	
2 x IAE V2533-A5	8	
Antonov 12	1	Anto12_2.2
0	1	
Antonov 26 FREIGHTER	1	Anto26F_2.2
0	1	
ATR 42-500	11	Atr42-500_2.2
2 x PWC PW127E	11	



<b>ATR 72</b>	23	<b>Atr72_2.2</b>
2 x CFMI CFM56-3C1	13	
2 x PWC PW124B	5	
2 x PWC PW127F	4	
2 x PWC PW127M	1	
<b>Avro RJ100</b>	17	<b>AvroRJ100_2.2</b>
4 x LY LF507-1F	17	
<b>Avro RJ85</b>	5	<b>AvroRJ85_2.2</b>
4 x LY LF507-1F	5	
<b>BAe.146</b>	1	<b>BA146_2.2</b>
4 x LY LF507-1F	1	
<b>BAe.146-200 Freighter</b>	6	<b>BA146-200F_2.2</b>
0	6	
<b>BAe.146-300 Freighter</b>	2	<b>BA146-300F_2.2</b>
0	2	
<b>Boeing 717-200</b>	6	<b>B712_2.2</b>
2 x BMW RR BR715	6	
<b>Boeing 737-300</b>	13	<b>B733_2.2</b>
0	3	
2 x CFMI CFM56-3B1	3	
2 x CFMI CFM56-3B2	3	
2 x CFMI CFM56-3C1	3	
2 x CFMI CFM56-5B6/3	1	
<b>Boeing 737-300 Freighter</b>	2	<b>B733F_2.2</b>
2 x CFMI CFM56-3C1	1	
sbagliato	1	
<b>Boeing 737-400</b>	15,5	<b>B734_2.2</b>
0	1,5	
2 x CFMI CFM56-3C1	13	
sbagliato	1	
<b>Boeing 737-500</b>	1	<b>B735_2.2</b>
0	1	
<b>Boeing 737-600</b>	2	<b>B736_2.2</b>
2 x CFMI CFM56-7B20	2	
<b>Boeing 737-700</b>	1	<b>B737_2.2</b>
2 x CFMI CFM56-7B22	1	
<b>Boeing 737-800</b>	274	<b>B738_2.2</b>
2 x CFMI CFM56-7B26	242,5	
2 x CFMI CFM56-7B27	1	
2 x GE CF6-80C2B6F	30,5	
<b>Boeing 757-200 Freighter</b>	8,5	<b>B752F_2.2</b>
2 x RR RB211-535	7,5	
2 x RR RB211-535 E4	1	
<b>Boeing 767</b>	0,5	
sbagliato	0,5	
<b>Boeing 767-200</b>	6	<b>B762_2.2</b>
0	6	

<b>Boeing 767-200 Freighter</b>	12	<b>B762-200F_2.2</b>
0	8	
2 x GE CF6-80A	4	
<b>Boeing 767-300</b>	80,5	<b>B763_2.2</b>
2 x GE CF6-80C2B6F	56	
2 x GE CF6-80CB7F	23	
sbagliato	1,5	
<b>Canadair Regional Jet 1000</b>	13	<b>CRJ1000_2.2</b>
2 x GE CF34-8C5A2	13	
<b>Canadair Regional Jet 200</b>	2	<b>CRJ200_2.2</b>
2 x GE CF34-3B1	2	
<b>Canadair Regional Jet 900</b>	7	<b>CRJ900_2.2</b>
2 x GE CF34-8C5	7	
<b>De Havilland Dash 8-400</b>	122	<b>Dash8-400_2.2</b>
2 x PWC PW150A	122	
<b>De Havilland DHC-6 Twin</b>	2	
<b>Otter</b>		
0	2	
<b>Dornier 228</b>	195	<b>Dornier228_2.2</b>
0	195	
<b>Douglas MD-80</b>	4	<b>MD80_2.2</b>
2 x PW JT8D-217C	1	
2 x PW JT8D-219	3	
<b>Douglas MD-81</b>	1	<b>MD81_2.2</b>
2 x PW JT8D-217	1	
<b>Douglas MD-82</b>	8,5	<b>MD82_2.2</b>
0	1	
2 x PW JT8D-217C	7,5	
<b>Embraer 120 Brasilia</b>	1	<b>E120_2.2</b>
2 x PW PW118	1	
<b>Embraer 190</b>	46,5	<b>E190_2.2</b>
0	4	
2 x GE CF34-10E5A1	2	
2 x GE CF34-10E6	26	
2 x GE CF34-10E7	14,5	
<b>Embraer 195</b>	11,5	<b>E195_2.2</b>
2 x GE CF34-10E5A1	11,5	
<b>Embraer RJ135</b>	21	<b>ERJ135_2.2</b>
2 x AN AE3007A1/3	21	
<b>Embraer RJ145</b>	56	<b>ERJ145_2.2</b>
0	5	
2 x AN AE3007A	26	
2 x AN AE3007A1	17	
2 x AN AE3007A1/1	8	
<b>Fairchild Merlin/Metro</b>	1	
0	1	
<b>Fokker 100</b>	8,5	<b>F100_2.2</b>

2 x RR Tay 650-15	8,5	
Fokker 70	5	F70_2.2
2 x RR Tay 620-15	5	
Gates Learjet 45	8	
0	8	
Saab 2000	1	Saab_2.1
2 x AN AE2100A	1	
<b>ZONA 3.1</b>	<b>1774 LTO</b>	
	<b>TOTALI</b>	
Airbus A300 B4 Freighter	5	A300B4F_3.1
2 x GE CF6-50C2	5	
Airbus A300 B6 Freighter	224	A300B6F_3.1
2 x PW PW4158	224	
Airbus A300 Freighter	3	A300F_3.1
2 x GE CF6-50C2	3	
Airbus A320	6,5	A320_3.1
2 x CFMI CFM56-5B4/P	5,5	
2 x IAE V2527E-A5	1	
Airbus A321	12	A321_3.1
2 x CFMI CFM56-5B1/3	2	
2 x CFMI CFM56-5B3/P	10	
Airbus A340-200	1	A340-200_3.1
4 x CFMI CFM56-5C4	1	
Avro RJ100	6	AvroRJ100_3.1
4 x LY LF507-1F	6	
Avro RJ85	3	AvroRJ85_3.1
4 x LY LF507-1F	3	
BAe.146-200 Freighter	530,5	BA146-200F_3.1
0	396,5	
4 x LY ALF502R-5	134	
BAe.146-300 Freighter	247,5	BA146-300F_3.1
0	189	
4 x LY LF507-1H	58,5	
Boeing 737 Freighter	1	B73F_3.1
0	1	
Boeing 737-300	3	B733_3.1
0	1	
2 x CFMI CFM56-3C1	2	
Boeing 737-300 Freighter	6	B733F_3.1
2 x CFMI CFM56-3B2	1	
2 x CFMI CFM56-3C1	3	
sbagliato	2	
Boeing 737-400	7,5	B734_3.1
0	0,5	
2 x CFMI CFM56-3C1	7	
Boeing 737-800	2	B738_3.1
2 x CFMI CFM56-7B26	2	

<b>Boeing 747-400</b>	9	<b>B744_3.1</b>
4 x GE CF6-80C2B1F	1	
4 x PW PW4056	8	
<b>Boeing 757-200 Freighter</b>	269,5	<b>B752F_3.1</b>
2 x RR RB211-535	266,5	
2 x RR RB211-535 E4	3	
<b>Boeing 767-200 Freighter</b>	233,5	<b>B762F_1.1</b>
0	193	
2 x GE CF6-80A	40,5	
<b>Boeing 767-300</b>	2	<b>B763_3.1</b>
2 x GE CF6-80C2B6F	1	
2 x GE CF6-80CB7F	1	
<b>Canadair Regional Jet</b>	1	<b>CRJ_3.1</b>
2 x GE CF34-3A1	1	
<b>Canadair Regional Jet 900</b>	3	<b>CRJ900_3.1</b>
2 x GE CF34-8C5	3	
<b>De Havilland DHC-6 Twin</b>	1	
<b>Otter</b>		
0	1	
<b>Embraer 170</b>	1	<b>E170_3.1</b>
0	1	
<b>Embraer 190</b>	8	<b>E190_3.1</b>
0	2	
2 x GE CF34-10E6	4	
2 x GE CF34-10E7	2	
<b>Embraer RJ135</b>	30	<b>ERJ135_3.1</b>
2 x AN AE3007A1/3	30	
<b>Embraer RJ145</b>	156	<b>ERJ145_3.1</b>
0	15	
2 x AN AE3007A	91	
2 x AN AE3007A1	41	
2 x AN AE3007A1/1	9	
<b>Fokker 50</b>	1	<b>F50_3.1</b>
2 x PWC PW125B	1	
<b>Gates Learjet 45</b>	1	
0	1	
<b>#N/D</b>	27	
<b>Airbus A300 Freighter</b>	1	
2 x GE CF6-50C2	1	
<b>Airbus A319</b>	2	
2 x CFMI CFM56-5B6/P	2	
<b>Airbus A320</b>	0,5	
2 x IAE V2527-A5	0,5	
<b>BAe.146-200 Freighter</b>	2	
4 x LY ALF502R-5	2	
<b>Boeing 737-400</b>	0,5	
2 x CFMI CFM56-3C1	0,5	

<b>Boeing 737-500</b>	0,5
<b>0</b>	0,5
<b>Boeing 737-800</b>	16
<b>2 x CFMI CFM56-7B26</b>	16
<b>Boeing 757-200 Freighter</b>	0,5
<b>2 x RR RB211-535</b>	0,5
<b>Boeing 767-200 Freighter</b>	1
<b>0</b>	1
<b>Dornier 228</b>	1
<b>0</b>	1
<b>Embraer 175</b>	0,5
<b>2 x GE CF34-8E5</b>	0,5
<b>Fokker 100</b>	0,5
<b>2 x RR Tay 650-15</b>	0,5
<b>Let410</b>	1
<b>0</b>	1
<b>TOTALE COMPLESSIVO</b>	<b>30640,5</b>

*Tabella 4.12 Numero di cicli LTO per ogni coppia aeromobile/motore e relativo nome identificativo*

Osservando la tabella si può notare che, a volte, il numero di cicli LTO non è un numero intero, questo è dovuto al fatto che i movimenti registrati per quell'aeromobile risultavano dispari. In questo caso si è arrotondato per eccesso.

Il numero di cicli LTO totale è pari a 30641, tuttavia nel software sono stati inseriti **30475 cicli LTO** in totale, un numero leggermente inferiore. Questo perché alcune tipologie di aeromobile non compaiono all'interno del database di EDMS, inoltre per alcuni aerei non è stato registrato lo stand di arrivo/partenza nella BVD e quindi, per questi ultimi, non è stato possibile valutare la zona di appartenenza.

Una discrepanza di meno di 200 unità su un totale di più di 30000 cicli LTO non porta, comunque, ad errori significativi al fine del calcolo delle emissioni.

Dove in corrispondenza della motorizzazione compare "0", significa che non è stato possibile reperire la tipologia di motore. In questo caso si è assegnato il motore che il software considera come di default, quindi quello in genere più comune per quella tipologia di aeromobile.

Il software EDMS richiede l'introduzione dei tempi di taxi, per ciascun aeromobile, per ciascuna zona, in decimali. Quindi si sono trasformati i tempi medi precedentemente calcolati dal formato hh:mm:ss al formato decimale (tabelle 4.13-14-15):

Zona	Runway	Medie taxi in (decimali)	Medie taxi out (decimali)
1.1	12	2,93	10,03
	30	4,95	7,53
1.2	12	2,85	9,33
	30	5,08	8,05

*Tabella 4.13 tempi medi per l'Apron1 in formato decimale*

Zona	Runway	Medie taxi in (decimali)	Medie taxi out (decimali)
2.1	12	3,58	9,30
	30	3,50	8,22
2.2	12	3,97	8,90
	30	3,55	8,50

*Tabella 4.14 tempi medi per l'Apron2 in formato decimale*

Zona	Runway	Medie taxi in (decimali)	Medie taxi out (decimali)
3.1	12	4,20	8,20
	30	2,58	8,80

*Tabella 4.15 Tempi medi per l'Apron3 in formato decimale*

Siccome si vuole introdurre nel modello un unico valore di tempi di taxi in e taxi out per gli aeromobili appartenenti ad una stessa zona, è stato necessario effettuare una media pesata tra i tempi riferiti alla pista 12 e i tempi riferiti alla pista 30.

I dati mancanti perché non rilevati (tempo di taxi out per la zona 2.2, decollo pista 30, e tempo di taxi out, zona 3.1, decollo pista 30), necessari al fine del calcolo delle medie pesate, sono stati supposti e riportati in verde nelle tabelle precedenti.

Per calcolare le medie pesate, sono state utilizzate le seguenti percentuali (tabella 4.16), ottenute dai dati di traffico del 2013, rilevati dalle tracce radar:

	Pista 12	Pista 30
<b>DECOLLI</b>	61%	39%
<b>ATTERRAGGI</b>	94%	6%

*Tabella 4.16 Percentuali decolli e atterraggi pista 12 e pista 30 da tracce radar per l'anno 2013*

Si noti che la gran parte degli atterraggi è avvenuta per pista 12. Questo perché, nel 2013, solo la testata 12 era provvista del sistema di atterraggio strumentale ILS (*Instrumental Landing System* - sistema di ausili che consente al pilota di atterrare in perfetto allineamento con la pista, lungo un sentiero di discesa ideale, entro ampi limiti di sicurezza anche in condizioni di visibilità scarsa o nulla).

Nell'estate del 2014, questo sistema è entrato in uso anche per la pista 30, quindi ci si aspetta che nel futuro una buona parte degli atterraggi verrà smaltita anche da questo lato.

La direzione di decollo dipende invece dalla direzione del vento: la manovra di takeoff deve infatti avvenire contro vento, in modo tale da facilitare lo sviluppo della portanza.

Con queste percentuali si sono calcolate le medie pesate per i tempi di taxi in e taxi out per ciascuna zona, le quali verranno inserite come dati in input nel software.

Si vedano le tabelle 4.17-18-19:

zona	media pesata taxi in	media pesata taxi out
1.1	3,05	9,06
1.2	2,98	8,83

*Tabella 4.17 Medie pesate taxi in e taxi out per Apron1*

zona	media pesata taxi in	media pesata taxi out
2.1	3,58	8,88
2.2	3,94	8,74

*Tabella 4.18 Medie pesate taxi in e taxi out per Apron2*

zona	media pesata taxi in	media pesata taxi out
3.1	4,10	8,43

*Tabella 4.19 Medie pesate taxi in e taxi out per Apron3*

Si è così in possesso di tutti i dati richiesti in input dal modello.

Una volta implementati i dati ottenuti all'interno del software, esso restituirà in output lo scenario emissivo aeroportuale dovuto alle operazioni aeronautiche.

## 4.5 Carbon footprint aeroportuale

L'output completo delle emissioni di CO<sub>2</sub> di origine aeronautica calcolate dal software è riportato nell'*allegato1*.

Nelle tabelle seguenti è visibile, invece, una sintesi dei risultati ottenuti: in tabella 4.20 si riportano le emissioni di CO<sub>2</sub> totali per ogni fase del ciclo LTO; in tabella 4.21 si riportano le emissioni di CO<sub>2</sub> totali per ciascuna zona, per la fase di taxi in e la fase di taxi out.

FASE	EMISSIONI TOTALI DI CO <sub>2</sub> (tonn/anno)
TAXI IN	5978,707
TAXI OUT	12189,449
APPROACH	10019,453
TAKEOFF	17526,256
CLIMB OUT	9277,248
<b>TOTALE</b>	<b>54991,113</b>

*Tabella 4.20 Emissioni di CO<sub>2</sub> totali per ciascuna fase del ciclo LTO*

ZONA	FASE	EMISSIONI CO <sub>2</sub> (tonn/anno)
1.1	taxi in	1757,802
	taxi out	3812,936
1.2	taxi in	2076,386
	taxi out	4441,811
2.1	taxi in	1416,224
	taxi out	2736,663
2.2	taxi in	223,388
	taxi out	384,068
3.1	taxi in	504,907
	taxi out	813,971
<b>TOTALE</b>		<b>18168,156</b>

*Tabella 4.21 Emissioni totali di CO<sub>2</sub> per ciascuna zona per le fasi di taxi in e taxi out*

Le emissioni totali di CO<sub>2</sub> associate all'intero ciclo LTO, calcolate per l'anno 2013, risultano quindi pari a **54991 tonnellate**.

Di queste, 18168 sono imputabili direttamente alle movimentazioni a terra degli aeromobili, questa quantità rappresenta il 33% delle emissioni totali.

Si può notare che la fase più dispendiosa in termini di CO<sub>2</sub> è quella di takeoff, dato già atteso siccome in questa fase si ha il 100% di spinta dei motori.

Si nota anche che le emissioni dovute alla fase di taxi out sono più o meno il doppio delle emissioni dovute alla fase di taxi in, questo dipende dal fatto che la durata del taxi out è più o meno il doppio della durata del taxi in.



## **5. IPOTESI DI OTTIMIZZAZIONE DELLA GESTIONE A TERRA DEL TRAFFICO AEREO**

In questo capitolo si vuole avanzare un'ipotesi di ottimizzazione della disposizione a terra degli aeromobili nelle piazzole di sosta dell'area di parcheggio dell'aeroporto di Bologna, al fine di ottenere una diminuzione delle emissioni complessive di CO<sub>2</sub> derivanti dai tempi di taxi.

Questa operazione consiste sostanzialmente nel determinare l'entità delle emissioni di ciascun aeromobile, a parità di variabili, ed assegnare tempi di taxi maggiori agli aeromobili che emettono di meno e tempi di taxi minori agli aeromobili che emettono di più.

Di seguito si espongono tutti i passaggi svolti per la definizione dello scenario emissivo ottimizzato.

### **5.1 Determinazione delle emissioni degli aeromobili a parità di variabili**

Prima di ipotizzare uno scenario ottimale di disposizione degli aeromobili, è necessario individuare l'entità delle emissioni di CO<sub>2</sub> di ciascun aeromobile a parità di variabili, cioè per stesso numero di cicli LTO e stessa durata dei tempi di taxi. Questo consente di fare un confronto tra ciascuna coppia tipologia di aeromobile/motorizzazione e valutare quali tra queste siano le maggiori responsabili delle emissioni.

Si è quindi implementato, nel modello EDMS, uno scenario composto da tutta la flotta operante all'aeroporto di Bologna nell'anno 2013 di riferimento, assegnando a ciascuna coppia aereo/motore un singolo ciclo LTO e una durata di tempo di taxi pari a 5 minuti, sia per la fase di taxi in che per la fase di taxi out (questa accortezza di assegnare lo stesso *time in mode* alle fasi di taxi in e taxi out sarà importante nella fase successiva e permetterà di fare alcune considerazioni utili alla determinazione della disposizione finale degli aeromobili).

Il risultato dell'implementazione così ottenuta è esposto nella seguente tabella (tabella 5.1), dove per ogni coppia tipologia di aeromobile/motorizzazione sono indicate le emissioni di CO<sub>2</sub>, in tonnellate, in ordine crescente, per singolo ciclo LTO, e la dimensione dell'aeromobile (l'entità delle emissioni dipende infatti anche dalla grandezza del mezzo).

Gli aeromobili sono stati suddivisi nelle seguenti categorie, a seconda della loro dimensione e configurazione:

- Aeromobili a fusoliera stretta (*narrow body* o *single-aisle aircraft*);
- Aeromobili a fusoliera larga (*wide body* o *twin-aisle aircraft*);
- Aeromobili di linea regionale e da turismo (*regional*);
- Aeromobili a turboelica (*turboprop*).

Type	Engine	Emissioni CO <sub>2</sub> fase di taxi in e taxi out (tonn/ciclo LTO)	Dimensione
<b>Dornier 228-200 Series</b>	PT6A-28	0,067	Turboprop
<b>ATR 42-500</b>	PW127E	0,152	Turboprop
<b>de Havilland DHC-8-300</b>	PW123	0,173	Turboprop
<b>ATR 72-500</b>	PW127F	0,182	Turboprop
<b>Embraer ERJ145</b>	AE3007A1/1 Type 3 (reduced emissions)	0,231	Regional
<b>Embraer ERJ135</b>	AE3007A1/3 Type 2	0,239	Regional
<b>Bombardier CRJ-200</b>	CF34-3B	0,242	Regional
<b>Embraer ERJ145</b>	AE3007A1 Type 3 (reduced emissions)	0,249	Regional
<b>Saab 2000</b>	AE3007A	0,251	Turboprop
<b>Embraer ERJ145</b>	AE3007A	0,26	Regional
<b>Bombardier CRJ-900</b>	CF34-8C5 LEC (8GE110)	0,305	Regional
<b>Embraer ERJ170</b>	CF34-8E5 LEC (8GE108)	0,321	Regional
<b>Bombardier CRJ-700</b>	CF34-8C1	0,356	Regional
<b>Embraer ERJ175</b>	CF34-8E5 LEC (8GE108)	0,356	Regional
<b>Embraer ERJ190</b>	CF34-10E6 2253M21	0,397	Regional
<b>BAE 146-200QT Quiet Trader</b>	ALF 502R-5	0,409	Regional
<b>BAE 146-300QT Quiet Trader</b>	ALF 502R-5	0,437	Regional
<b>Embraer ERJ190</b>	CF34-10E7 2253M21	0,454	Regional
<b>Avro RJ-100</b>	LF507-1F, -1H	0,468	Regional
<b>Airbus A318-100 Series</b>	CFM56-5B8/P	0,483	Narrow body
<b>Embraer ERJ195</b>	CF34-10E5A1 2253M21- PFN	0,484	Regional
<b>Airbus A319-100 Series</b>	CFM56-5B5/P	0,485	Narrow body
<b>Avro RJ-85</b>	LF507-1F, -1H	0,488	Regional
<b>Airbus A319-100 Series</b>	CFM56-5B5/3	0,495	Narrow body

<b>Airbus A319-100 Series</b>	CFM56-5A5	0,505	Narrow body
<b>Airbus A319-100 Series</b>	CFM56-5B6/P	0,516	Narrow body
<b>Boeing 717-200 Series</b>	BR700-715A1-30 Improved fuel injector	0,517	Narrow body
<b>Airbus A320-200 Series</b>	CFM56-5-A1	0,528	Narrow body
<b>Boeing 737-600 Series</b>	CFM56-7B20	0,544	Narrow body
<b>Fokker F70</b>	TAY Mk620-15	0,547	Regional
<b>Boeing 737-700 Series</b>	CFM56-7B22	0,556	Narrow body
<b>Airbus A319-100 Series</b>	V2522-A5	0,557	Narrow body
<b>Airbus A320-200 Series</b>	CFM56-5B6/3	0,557	Narrow body
<b>Airbus A321-200 Series</b>	CFM56-5B4/P	0,558	Narrow body
<b>Boeing 737-300 Series</b>	CFM56-3-B1	0,558	Narrow body
<b>Boeing 737-700 Series</b>	CFM56-7B26 (8CM051)	0,56	Narrow body
<b>Boeing 737-500 Series</b>	CFM56-3-B1	0,562	Narrow body
<b>Airbus A320-200 Series</b>	CFM56-5B4/P	0,572	Narrow body
<b>Boeing 737-700 Series</b>	CFM56-7B20	0,573	Narrow body
<b>Boeing 737-800 Series</b>	CFM56-7B26	0,612	Narrow body
<b>Boeing 737-800 Series</b>	CFM56-7B26	0,612	Narrow body
<b>Boeing 737-300 Series Freighter</b>	CFM56-3B-2	0,627	Narrow body
<b>Fokker F100</b>	TAY Mk650-15	0,641	Regional
<b>Boeing 737-300 Series</b>	CFM56-3B-2	0,645	Narrow body
<b>Airbus A321-200 Series</b>	CFM56-5B2/P	0,654	Narrow body
<b>Boeing 737-300 Series</b>	CFM56-3C-1	0,658	Narrow body
<b>Airbus A321-200 Series</b>	CFM56-5B3/P	0,658	Narrow body
<b>Boeing 737-500 Series</b>	CFM56-3C-1	0,663	Narrow body
<b>Airbus A319-100 Series</b>	V2524-A5	0,665	Narrow body
<b>Boeing 737-800 Series</b>	CFM56-7B27	0,666	Narrow body
<b>Airbus A320-200 Series</b>	V2527-A5	0,666	Narrow body

<b>Airbus A321-200 Series</b>	V2533-A5	0,671	Narrow body
<b>Boeing 737-400 Series</b>	CFM56-3C-1	0,696	Narrow body
<b>Airbus A320-200 Series</b>	V2527E-A5	0,705	Narrow body
<b>Boeing MD-81</b>	JT8D-219	0,713	Narrow body
<b>Boeing MD-83</b>	JT8D-219 Environmental Kit (E_Kit)	0,716	Narrow body
<b>Boeing MD-82</b>	JT8D-217C	0,725	Narrow body
<b>Boeing MD-81</b>	JT8D-217C	0,746	Narrow body
<b>Airbus A321-200 Series</b>	V2530-A5	0,837	Narrow body
<b>Boeing 767-200 Series Freighter</b>	CF6-80A	0,873	Wide body
<b>Boeing 767-300 Series</b>	CF6-80C2B7F	1,055	Wide body
<b>Boeing 757-200 Series Freighter</b>	RB211-535C	1,074	Narrow body
<b>Boeing 767-300 Series</b>	CF6-80C2B6F	1,09	Wide body
<b>Airbus A310-300 Series</b>	CF6-80C2A2 1862M39	1,117	Wide body
<b>Airbus A300B4-600 Series</b>	PW4158	1,186	Wide body
<b>Airbus A330-200 Series</b>	PW4168A Talon II	1,25	Wide body
<b>Boeing 747-400 Series</b>	PW4056 Reduced smoke	2,148	Wide body

Tabella 5.1 Emissioni di CO<sub>2</sub> per ciascuna coppia aereo/motore, a parità di variabili, in ordine crescente

Come già ci si poteva attendere, gli aerei *wide body*, i più grandi, sono responsabili delle emissioni maggiori, mentre gli aerei *turboprop* e *regional*, di dimensioni minori, emettono meno tonnellate di CO<sub>2</sub>.

Dai dati desunti da questa tabella, si è potuto procedere con l'ipotesi di ottimizzazione della disposizione della flotta aerea a terra.

## 5.2 Scenario ottimale di disposizione degli aeromobili

Si sono ipotizzati diversi scenari, facendo assunzioni differenti. Di seguito si riporta quello che ha dato i risultati più soddisfacenti.

L'obiettivo è quello di ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub> complessive, quindi bisognerà assegnare tempi di taxi maggiori agli aeromobili che emettono di più e tempi di taxi minori agli aeromobili che emettono di meno.

Il problema deriva, però, dal fatto che, nel momento in cui diminuiscono i tempi di taxi in, aumentano i tempi di taxi out, e viceversa, quindi bisogna valutare a quale delle due fasi fare riferimento.

Sono state fatte le seguenti osservazioni:

1. Da una prima analisi dei risultati emissivi, riportati nel capitolo 4 in tabella 4.20, sembrerebbe che le emissioni dovute alla fase di taxi out pesino di più di quelle relative alla fase di taxi in, in realtà, il fatto che le emissioni in fase di taxi out risultino maggiori, è dovuto al semplice fatto che la durata del taxi out è maggiore di quella del taxi in. Avendo però implementato lo scenario emissivo per singolo ciclo LTO, a parità di tempi di taxi in e out, ne è emerso che, a parità di variabili, la fase di taxi in emette maggiore quantità di CO<sub>2</sub> rispetto alla fase di taxi out (20.908 tonnellate di CO<sub>2</sub> per il taxi in contro 17.431 tonnellate per il taxi out). Questo è dovuto probabilmente al fatto che, durante l'operazione di taxi in, l'aeromobile si trova prima in fase di frenata, e poi si sposta lungo la pista di volo e la taxiway, fino al raggiungimento dello stand a lui assegnato, senza mai fermarsi; invece, in fase di taxi out, sono vari i momenti di *idle*, quindi di inattività, dal momento in cui l'aeromobile viene trasportato all'esterno della sua piazzola di sosta dal *push back*, al momento in cui raggiunge la testata della pista di volo, e il software tiene conto di questo fatto.

Si prende quindi come riferimento la fase di taxi in.

2. Siccome si è presa come riferimento la fase di taxi in, si è osservato l'andamento degli atterraggi. La gran parte degli atterraggi è avvenuta per pista 12, nell'anno 2013, quindi si è presa la testata 12 come riferimento per la disposizione degli aeromobili all'interno degli apron.

3. Si è considerata la stessa percentuale di utilizzo delle diverse zone che si aveva nello scenario 2013 originario, quindi si è mantenuto, all'incirca, lo stesso numero di cicli LTO, per ogni zona, che si era determinato precedentemente. In tabella 5.1 si riportano la percentuale di utilizzo di ciascuna zona e il numero di cicli LTO che si è cercato di mantenere, per ciascuna di essa, nello scenario ottimale. Tramite questa accortezza è stato possibile avere un'idea della variazione delle emissioni da parte degli aeromobili a parità di utilizzo delle piazzole di sosta rispetto allo scenario di origine.

ZONA	% DI UTILIZZO	N° CICLI LTO ca.
<b>1.1</b>	29%	9000
<b>1.2</b>	36%	11100
<b>2.1</b>	25%	7500
<b>2.2</b>	4%	1175
<b>3.1</b>	6%	1775

*Tabella 5.1 Percentuale di utilizzo di ogni zona e relativo numero di cicli LTO*

Alla luce di ciò, è stato possibile ipotizzare la disposizione ottimale degli aeromobili secondo questi criteri:

- L'apron3 (zona 3.1), avente caratteristiche di portanza maggiore, è stato destinato a tutti gli aerei cargo, senza tenere conto dei tempi di taxi calcolati;
- Si è tenuto conto del fatto che le Zone 1.1, 1.2, 2.2 possono ospitare aerei *wide body*, perché in possesso di piazzole di sosta di grandezza maggiore, mentre la Zona 2.1 no. Si è quindi provveduto a distribuire equamente gli aeromobili più grandi nelle 3 zone sopra riportate;
- Come si è già detto, si sono presi come riferimento per la disposizione degli aeromobili i tempi di taxi in e la testata 12: un aereo che atterra in testata 12 ci metterà più tempo a raggiungere la Zona 2.2 piuttosto che le zone appartenenti all'apron1. Riferendosi quindi alle tabelle contenenti le medie pesate precedentemente calcolate, si sono disposti gli aeromobili che emettono minori quantità di CO<sub>2</sub> nella zona 2.2 e poi a seguire tutti gli altri, fino ad assegnare quelli che emettono di più alla zona 1.2, per la quale sono stati registrati i tempi di taxi in minori. Di seguito si riportano i tempi di taxi in precedentemente calcolati (tabelle 5.2-3).

zona	media pesata taxi in
1.1	3,05
1.2	2,98

Tabella 5.2 Medie pesate tempi di taxi in Apron1

zona	media pesata taxi in
2.1	3,58
2.2	3,94

Tabella 5.3 Medie pesate tempi di taxi in Apron2

In tabella 5.4 si riporta la nuova disposizione delle coppie tipologia di aeromobile/motorizzazione, indicando a fianco di ognuna la zona a cui è stata destinata e il numero di cicli LTO complessivo per l'anno 2013, desunto dalla BDV.

Questo nuovo scenario è stato poi implementato all'interno del software EDMS.

Type	Engine	Emissioni CO <sub>2</sub> fase di taxi in e taxi out (tonn/ciclo LTO)	Dimensione	Zona di destinazione	N°cicli LTO
Dornier 228-200 Series	PT6A-28	0,067	Turboprop	2.2	267
ATR 42-500	PW127E	0,152	Turboprop	2.2	23
de Havilland DHC-8-300	PW123	0,173	Turboprop	2.2	238
ATR 72-500	PW127F	0,182	Turboprop	2.2	62
Embraer ERJ145	AE3007A1/1 Type 3 (reduced emissions)	0,231	Regional	2.2	62
Embraer ERJ135	AE3007A1/3 Type 2	0,239	Regional	2.2	197
Bombardier CRJ-200	CF34-3B	0,242	Regional	2.2	8
Embraer ERJ145	AE3007A1 Type 3 (reduced emissions)	0,249	Regional	2.1	133
Saab 2000	AE3007A	0,251	Turboprop	2.2	3
Embraer ERJ145	AE3007A	0,26	Regional	2.2	333
Bombardier CRJ-900	CF34-8C5 LEC (8GE110)	0,305	Regional	2.1	1639
Embraer ERJ170	CF34-8E5 LEC (8GE108)	0,321	Regional	2.1	170
Bombardier CRJ-700	CF34-8C1	0,356	Regional	2.1	15

Embraer ERJ175	CF34-8E5 LEC (8GE108)	0,356	Regional	2.1	253
Embraer ERJ190	CF34-10E6 2253M21	0,397	Regional	2.1	2313
BAE 146-200QT Quiet Trader	ALF 502R-5	0,409	Regional	3.1	610
BAE 146-300QT Quiet Trader	ALF 502R-5	0,437	Regional	3.1	315
Embraer ERJ190	CF34-10E7 2253M21	0,454	Regional	2.1	769
Avro RJ-100	LF507-1F, -1H	0,468	Regional	2.1	408
Airbus A318-100 Series	CFM56-5B8/P	0,483	Narrow body	2.1	15
Embraer ERJ195	CF34-10E5A1 2253M21-PFN	0,484	Regional	2.1	1322
Airbus A319-100 Series	CFM56-5B5/P	0,485	Narrow body	2.1	90
Avro RJ-85	LF507-1F, -1H	0,488	Regional	2.1	133
Airbus A319-100 Series	CFM56-5B5/3	0,495	Narrow body	1.1	1184
Airbus A319-100 Series	CFM56-5A5	0,505	Narrow body	2.1	53
Airbus A319-100 Series	CFM56-5B6/P	0,516	Narrow body	1.1	577
Boeing 717-200 Series	BR700-715A1- 30 Improved fuel injector	0,517	Narrow body	1.1	6
Airbus A320-200 Series	CFM56-5-A1	0,528	Narrow body	2.1	212
Boeing 737-600 Series	CFM56-7B20	0,544	Narrow body	1.1	33
Fokker F70	TAY Mk620-15	0,547	Regional	1.1	511
Boeing 737-700 Series	CFM56-7B22	0,556	Narrow body	1.1	135
Airbus A319-100 Series	V2522-A5	0,557	Narrow body	1.1	651
Airbus A320-200 Series	CFM56-5B6/3	0,557	Narrow body	1.1	578
Airbus A321-200 Series	CFM56-5B4/P	0,558	Narrow body	1.1	12
Boeing 737-300 Series	CFM56-3-B1	0,558	Narrow body	1.2	213
Boeing 737-700 Series	CFM56-7B26 (8CM051)	0,56	Narrow body	1.2	66
Boeing 737-500 Series	CFM56-3-B1	0,562	Narrow body	1.2	196
Airbus A320-200 Series	CFM56-5B4/P	0,572	Narrow body	1.1	1715
Boeing 737-700 Series	CFM56-7B20	0,573	Narrow body	1.2	52
Boeing 737-800	CFM56-7B26	0,612	Narrow	1.1	4110



Series		body			
Boeing 737-800 Series	CFM56-7B26	0,612	Narrow body	1.2	4109
Boeing 737-300 Series Freighter	CFM56-3B-2	0,627	Narrow body	3.1	4
Fokker F100	TAY Mk650-15	0,641	Regional	1.2	619
Boeing 737-300 Series	CFM56-3B-2	0,645	Narrow body	1.2	533
Airbus A321-200 Series	CFM56-5B2/P	0,654	Narrow body	1.2	82
Boeing 737-300 Series	CFM56-3C-1	0,658	Narrow body	1.2	56
Airbus A321-200 Series	CFM56-5B3/P	0,658	Narrow body	1.2	62
Boeing 737-500 Series	CFM56-3C-1	0,663	Narrow body	1.2	126
Airbus A319-100 Series	V2524-A5	0,665	Narrow body	1.2	524
Boeing 737-800 Series	CFM56-7B27	0,666	Narrow body	1.2	119
Airbus A320-200 Series	V2527-A5	0,666	Narrow body	1.2	1943
Airbus A321-200 Series	V2533-A5	0,671	Narrow body	1.2	207
Boeing 737-400 Series	CFM56-3C-1	0,696	Narrow body	1.2	276
Airbus A320-200 Series	V2527E-A5	0,705	Narrow body	1.2	201
Boeing MD-81	JT8D-219	0,713	Narrow body	1.2	118
Boeing MD-83	JT8D-219 Environmental Kit (E_Kit)	0,716	Narrow body	1.2	30
Boeing MD-82	JT8D-217C	0,725	Narrow body	1.2	528
Boeing MD-81	JT8D-217C	0,746	Narrow body	1.2	316
Airbus A321-200 Series	V2530-A5	0,837	Narrow body	1.2	37
Boeing 767-200 Series Freighter	CF6-80A	0,873	Wide body	3.1	254
Boeing 767-300 Series	CF6-80C2B7F	1,055	Wide body	2.2	93
Boeing 757-200 Series Freighter	RB211-535C	1,074	Narrow body	3.1	279
Boeing 767-300 Series	CF6-80C2B6F	1,09	Wide body	1.1	23
Airbus A310-300 Series	CF6-80C2A2 1862M39	1,117	Wide body	1.1	3
Airbus A300B4-600 Series	PW4158	1,186	Wide body	3.1	237

Airbus A330-200 Series	PW4168A Talon II	1,25	Wide body	1.2	5
Boeing 747-400 Series	PW4056 Reduced smoke	2,148	Wide body	1.2	9

Tabella 5.4 Nuova disposizione degli aeromobili e relativo numero di cicli LTO

### 5.3 Risultati ottenuti

L'output completo del nuovo scenario implementato è consultabile dall'[allegato2](#).

Nelle tabelle seguenti si riporta una sintesi dei risultati ottenuti (tabelle 5.5-6).

FASE	EMISSIONI TOTALI DI CO <sub>2</sub> (tonn/anno)
TAXI IN	5823,908
TAXI OUT	12090,908
APPROACH	10020,093
TAKEOFF	17521,974
CLIMB OUT	9275,876
<b>TOTALE</b>	<b>54732,759</b>

Tabella 5.5 Emissioni di CO<sub>2</sub> totali per ciascuna fase del ciclo LTO, nuovo scenario

ZONA	FASE	EMISSIONI CO <sub>2</sub> (tonn/anno)
1.1	taxi in	1826,488
	taxi out	3966,882
1.2	taxi in	2231,568
	taxi out	4792,637
2.1	taxi in	1146,973
	taxi out	2299,985
2.2	taxi in	120,283
	taxi out	227,907
3.1	taxi in	498,596
	taxi out	803,497
<b>TOTALE</b>		<b>17914,816</b>

Tabella 5.6 Emissioni totali di CO<sub>2</sub> per ciascuna zona per le fasi di taxi in e taxi out, nuovo scenario

Le emissioni totali di CO<sub>2</sub> di origine aeronautica, per lo scenario 2013 ottimizzato, risultano pari a **54732 tonnellate**, di queste 17914 sono direttamente imputabili alle movimentazioni a terra degli aeromobili.

Da un confronto con i risultati calcolati per lo scenario 2013 originario, ne emerge una riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> pari a circa **260 tonnellate**, riduzione derivante interamente dalle fasi di taxi in e taxi out (le emissioni dovute alle altre fasi sono, infatti, funzione unicamente della tipologia di aeromobile e di motore e quindi sono rimaste invariate nello scenario ottimizzato).

Questa riduzione corrisponde allo **0.5 %**.

Alla luce di ciò si possono fare le seguenti considerazioni: una riduzione di qualche centinaia di tonnellate risulta essere estremamente esigua, se si pensa che nello scenario originario le emissioni di CO<sub>2</sub> di origine aeronautica erano prossime alle 55000 tonnellate. Il risultato che ne emerge è che, per un aeroporto di modeste dimensioni, quale è il Marconi di Bologna, la gestione dei tempi di taxi, e quindi delle movimentazioni a terra degli aeromobili, non influisce in maniera rilevante sulla carbon footprint di origine aeronautica complessiva.

Infatti, se si considera la distanza massima tra i due stand più estremi (il 116, appartenente all'Apron1, e il 305, appartenente all'Apron3), essa risulta pari a circa 1400 m, e questa distanza, considerando che un aeromobile sulla taxiway si sposta ad una velocità media di 40 km/h, tradotta in tempi di percorrenza, equivale a circa 2 minuti.

Se si implementano nel software EDMS due scenari considerando un solo aeromobile (è stato preso come esempio l'aeromobile AIRBUS A320-200 con motorizzazione CFM56-5B4/P) e un singolo ciclo LTO, variando i tempi di taxi in e taxi out di 2 minuti da un'implementazione all'altra, ne emerge una variazione nei confronti delle emissioni di CO<sub>2</sub> dello 0.4 %.

Questo dato conferma quanto detto in precedenza: le distanze lato airside all'Aeroporto di Bologna non sono sufficienti a far sì che si possano apprezzare delle variazioni significative delle emissioni di CO<sub>2</sub> derivanti dai tempi di taxi, anche ponendosi nella condizioni estreme.



## CONCLUSIONI

Il presente elaborato ha avuto come scopo quello di indagare la *carbon footprint* di origine aeronautica legata alle movimentazioni a terra degli aeromobili, a partire da dati sperimentali desunti direttamente sul posto all'Aeroporto G. Marconi di Bologna.

L'obiettivo è stato quello di capire in quale misura la configurazione dell'infrastruttura aeroportuale influisce sulle emissioni climalteranti direttamente collegate al ciclo LTO (*Landing and Take-Off cycle*) degli aeromobili.

Si sono quindi rilevati i tempi di taxi degli aeromobili e i dati ottenuti sono stati implementati all'interno del modello analitico-previsionale EDMS (*Emission and Dispersion Modelling System*), il quale ha permesso di redigere un inventario delle emissioni.

Si è, infine, ipotizzato uno scenario ottimale di disposizione degli aeromobili nelle aree di stazionamento, al fine di ottimizzare i tempi di movimentazione a terra e ridurre le emissioni complessive.

Dallo studio è emerso che per un aeroporto di relativamente piccole dimensioni, quale è lo scalo bolognese, le distanze lato air-side non sono sufficienti a far sì che si possano apprezzare delle evidenti riduzioni di emissioni climalteranti, anche a fronte di una disposizione ottimale a terra degli aeromobili all'interno delle aree di stazionamento.

È utile sottolineare che, oltre al fatto che l'intera area di parcheggio aeromobili si estende per una lunghezza non elevata, se confrontata a quella di altri aeroporti di maggiori dimensioni, di circa 1400 m, la flotta operante all'Aeroporto di Bologna è composta prevalentemente da aeromobili narrow-body, di medie dimensioni, per tratte a breve/medio raggio. Diverso sarebbe stato il discorso in caso di una presenza più cospicua di aeromobili wide-body, per i quali le emissioni di CO<sub>2</sub> possono risultare anche doppie, a parità di tempi di taxi e di numero di cicli LTO, rispetto a quelle degli aeromobili di dimensioni minori.

È stato valutato che differenze significative di emissioni (intorno al 2%) si riscontrerebbero qualora le distanze di taxi fossero dell'ordine di 6 km.

Non è comune trovare apron di tale lunghezza: anche negli aeroporti di maggiori dimensioni, in caso siano richieste un gran numero di piazzole di sosta, si preferisce adottare altre soluzioni che non siano quelle di conformazione lineare dell'area di parcheggio aeromobili, ma si prediligono configurazioni a satellite o a moli, per ottimizzare le operazioni a terra.

Ciò significa che bisognerà puntare su altri fattori per ridurre le emissioni climalteranti legate direttamente all'attività aeronautica.

Gli ambiti su cui si può intervenire sono sia di tipo tecnologico che di tipo operativo.

Una prima strategia consiste nel cercare di ridurre i consumi di combustibili fossili, agendo direttamente sulla componente aeronautica: miglioramento della tecnologia dei motori e dell'aerodinamica del velivolo, utilizzo di materiali meno pesanti.

La maggior parte delle emissioni degli aeromobili sono dovute al processo di combustione dei motori, tutti gli aeromobili di nuova generazione adottano propulsori *turbofan*, in quanto garantiscono consumi minori e migliori prestazioni, rispetto al turbogetto.

Il costante investimento da parte dell'industria aeronautica in tecnologie sempre più avanzate ha permesso di migliorare l'efficienza dei motori a reazione di circa l'1% l'anno, il che significa che i motori disponibili nel 2020 saranno probabilmente almeno il 6% più efficienti rispetto a quelli progettati oggi.

Negli ultimi anni c'è stata inoltre una rinascita dell'interesse per la tecnologia dei motori turboelica, dato i loro benefici prestazionali in termini sia economici che ambientali. Un moderno turboelica è in grado di consumare il 25-40% in meno di carburante rispetto ad un equivalente motore turbofan, sulle rotte a corto raggio.

Anche l'aerodinamica incide sul consumo di carburante e lo sviluppo di configurazioni più performanti ha portato a rilevanti miglioramenti.

Modifiche dei profili alari hanno permesso di diminuire la resistenza aerodinamica e, di conseguenza, il consumo di carburante. L'aggiunta alle estremità delle ali di alette inclinate verso l'alto (*winglets*) ha permesso una riduzione del consumo di carburante del 3-5%, a seconda della lunghezza del volo e del tipo di aeromobile.

Anche la riduzione del peso a vuoto dell'aeromobile e la minimizzazione del carico di combustibile imbarcato determinano un risparmio del consumo, variabile a seconda del tipo di aereo.

Negli ultimi anni le compagnie aeree si sono concentrate su nuovi accorgimenti per cercare di ridurre il peso degli aeromobili, sostituendo, ad esempio, le attrezzature di bordo (sedili, stoviglie, carro bevande, ecc.), realizzate in materiali tradizionali come l'alluminio, in materiali di fibra di carbonio, robusti ma più leggeri.

Anche l'utilizzo di carburanti alternativi al cherosene rappresenta un'importante misura di mitigazione degli effetti dell'aviazione sul clima. Un possibile sostituto è l'idrogeno liquido

(LH<sub>2</sub>) ma, come indicato da un studio condotto da Airbus nel 2004 e riportato da IPCC, il vantaggio di evitare l'emissione di anidride carbonica durante l'utilizzo dell'aeromobile è contrastato da diversi fattori negativi, come la mancanza di impianti idonei di produzione e di trasporto e dal fatto che la produzione di idrogeno liquido non può essere effettuata con energie rinnovabili, ma richiedere un ulteriore consumo di anidride carbonica.

Esempi di carburanti alternativi già in utilizzo nel settore dell'aviazione commerciale sono quelli così detti "sostenibili".

Rientrano in questa categoria il carburante sintetico *Fischer-Tropsch* e l'HEFA (*Hydroprocessed Esters and Fatty Acids*). Il primo è ottenuto mediante il processo Fischer-Tropsch che consente di ottenere carburante liquido da miscele gassose costituite da monossido di carbonio e idrogeno ricavate a loro volta dalla gassificazione delle biomasse, mentre il secondo è ottenuto da un processo di *hydroprocessing* di oli vegetali e grassi animali.

Infine, l'aumento dell'efficienza nella gestione del traffico aereo (*Air Traffic Management*, ATM) può condurre a importanti riduzioni delle emissioni e ad una mitigazione degli impatti sul clima e sulla qualità dell'aria. Secondo uno studio condotto da EUROCONTROL nel 2002 e citato nel Quarto Rapporto di Valutazione dell'IPCC, con la riduzione della separazione verticale minima tra le rotte degli aeromobili si potrebbe conseguire una riduzione di emissione di CO<sub>2</sub> compresa tra il 1,6% e 2,3%.

Anche una riduzione della quota delle rotte potrebbe risultare a vantaggio della mitigazione degli effetti negativi sul clima, sebbene non ne siano stati ancora ben compresi i reali benefici.





## Bibliografia

United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC).

Sito internet: [http://unfccc.int/essential\\_background/items/6031.php](http://unfccc.int/essential_background/items/6031.php)

Istituto Superiore per la Ricerca e il cambiamento climatico (ISPRA).

Sito internet: <http://www.isprambiente.gov.it/it/temi/aria/protezione-dellatmosfera-a-livello-globale/cambiamenti-climatici/convenzione-quadro-sui-cambiamenti-climatici>

Baird C. & Cann M., “Chimica Ambientale”, Zanichelli, ed. 2006.

Schiavon S., University of California - Berkeley, Zecchin R., University of Padua, “Climate Change 2007: The Physical Science Basis”, 2007.

Europa – Sintesi della legislazione dell’UE.

Sito internet:  
[http://europa.eu/legislation\\_summaries/environment/tackling\\_climate\\_change/128060\\_it.htm](http://europa.eu/legislation_summaries/environment/tackling_climate_change/128060_it.htm)

Lanza A., “Il cambiamento climatico”, il Mulino.

European Commission – Protocollo di Kyoto sui cambiamenti climatici.

Sito internet:  
[http://europa.eu/legislation\\_summaries/environment/tackling\\_climate\\_change/128060\\_it.htm](http://europa.eu/legislation_summaries/environment/tackling_climate_change/128060_it.htm)

Climalteranti.it.

Sito internet: <http://www.climalteranti.it/category/protocollo-di-kyoto/>

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), “Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment”, Summary for Policymakers, Cambridge, Regno Unito e New York, USA, 2007.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), “Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of Intergovernmental Panel on Climate Change”, Summary for Policymakers, Cambridge, Regno Unito e New York, USA, 2013.

International Civil Aviation Organization (ICAO), “ICAO Environmental Report 2013 - Aviation and the Climate Change”, 2013.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), “Aviation and the Global Atmosphere - Summary for Policymakers”, 1999, Cambridge: Cambridge University Press.

Ente Nazionale per l'Aviazione Civile.

Sito internet: [http://www.enac.gov.it/L'Ambiente/Fonti\\_di\\_inquinamento/Emissioni\\_gassose/](http://www.enac.gov.it/L'Ambiente/Fonti_di_inquinamento/Emissioni_gassose/)

SAB (Società Aeroporto di Bologna S.p.A.), “Bilancio di sostenibilità 2012”, 2012.

Ente Nazionale dell'Aviazione Civile (ENAC), “Regolamento per la costruzione e l'esercizio degli aeroporti”, Ed. 2, 21 ottobre 2003.

SAB (Società aeroporto di Bologna S.p.A.), “Manuale dell'aeroporto – sezione 3: Caratteristiche dell'aeroporto”.

Dispense del corso “Costruzioni ferroviarie e aeroportuali – parte seconda: costruzioni aeroportuali”, Prof. Ing. Ettore Volta, anno accademico 2011/12.

Dispense del corso “Teoria e Tecnica della Circolazione M”, Prof. Ing. Luca Mantecchini, anno accademico 2011/12.

SAB (Società Aeroporto di Bologna S.p.A.), “Masterplan Aeroportuale 2009-2023 – Studio di Impatto Ambientale”, 2011.

Federal Aviation Administration (FAA), “Emissions and Dispersion Modeling System (EDMS) User's Manual”, Rev. 7 – 11/06/2009.

Imperial College London, Research: Green Aviation.

Sito internet: <http://www3.imperial.ac.uk/greenaviation/thechallenge>

Parlamento Europeo.

Sito internet: <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//TEXT+REPORT+A6-2006-0201+0+DOC+XML+V0//IT>

International Civil Aviation Organization (ICAO), “ICAO Annex 16: Environmental Protection, Volume II – Aircraft Engine Emissions”, 2008.

Dispense del corso “Pianificazione dei Trasporti M”, Prof. Ing. Luca Mantecchini, anno accademico 2010/11.

United Nation (UN), “Kyoto Protocol to the United Nations framework Convention on Climate Change”, 1998.



## **ALLEGATI**

Allegato 1: Output dell'implementazione dello scenario 2013

Allegato 2: Output dell'implementazione dello scenario 2013 ottimizzato



Type	Engine	ID	Mode	CO2	Fuel Consumption
ATR 42-500	PW127E	Atr42_2.1	Taxi Out	1,543	0,489
ATR 42-500	PW127E	Atr42_2.1	Takeoff	0,634	0,201
ATR 42-500	PW127E	Atr42_2.1	Climb Out	0,835	0,265
ATR 42-500	PW127E	Atr42_2.1	Approach	0,482	0,153
ATR 42-500	PW127E	Atr42_2.1	Taxi In	0,669	0,212
ATR 42-500	PW127E	Atr42_2.2	Taxi Out	1,413	0,448
ATR 42-500	PW127E	Atr42_2.2	Takeoff	0,581	0,184
ATR 42-500	PW127E	Atr42_2.2	Climb Out	0,766	0,243
ATR 42-500	PW127E	Atr42_2.2	Approach	0,435	0,138
ATR 42-500	PW127E	Atr42_2.2	Taxi In	0,67	0,212
ATR 72-500	PW127F	Atr72_1.2	Taxi Out	0,629	0,2
ATR 72-500	PW127F	Atr72_1.2	Takeoff	0,298	0,095
ATR 72-500	PW127F	Atr72_1.2	Climb Out	0,624	0,198
ATR 72-500	PW127F	Atr72_1.2	Approach	0,329	0,104
ATR 72-500	PW127F	Atr72_1.2	Taxi In	0,229	0,072
ATR 72-500	PW127F	Atr72_2.1	Taxi Out	4,477	1,419
ATR 72-500	PW127F	Atr72_2.1	Takeoff	2,013	0,638
ATR 72-500	PW127F	Atr72_2.1	Climb Out	4,206	1,333
ATR 72-500	PW127F	Atr72_2.1	Approach	2,292	0,726
ATR 72-500	PW127F	Atr72_2.1	Taxi In	1,899	0,602
ATR 72-500	PW127F	Atr72_2.2	Taxi Out	3,017	0,956
ATR 72-500	PW127F	Atr72_2.2	Takeoff	1,351	0,428
ATR 72-500	PW127F	Atr72_2.2	Climb Out	2,829	0,897
ATR 72-500	PW127F	Atr72_2.2	Approach	1,559	0,494
ATR 72-500	PW127F	Atr72_2.2	Taxi In	1,507	0,478
Airbus A300B4-600 Series	PW4158	A300_2.2	Taxi Out	4,139	1,312
Airbus A300B4-600 Series	PW4158	A300_2.2	Takeoff	6,054	1,919
Airbus A300B4-600 Series	PW4158	A300_2.2	Climb Out	3,401	1,078
Airbus A300B4-600 Series	PW4158	A300_2.2	Approach	2,406	0,763
Airbus A300B4-600 Series	PW4158	A300_2.2	Taxi In	2,658	0,843
Airbus A300B4-600 Series	PW4158	A300_3.1	Taxi Out	179,387	56,858
Airbus A300B4-600 Series	PW4158	A300_3.1	Takeoff	283,982	90,01
Airbus A300B4-600 Series	PW4158	A300_3.1	Climb Out	157,66	49,971
Airbus A300B4-600 Series	PW4158	A300_3.1	Approach	106,7	33,819
Airbus A300B4-600 Series	PW4158	A300_3.1	Taxi In	120,594	38,223
Airbus A310-300 Series	CF6-80C2A2 1862M39	A310_2.2	Taxi Out	2,175	0,689

Airbus A310-300 Series	CF6-80C2A2 1862M39	A310_2.2	Takeoff	3,054	0,968
Airbus A310-300 Series	CF6-80C2A2 1862M39	A310_2.2	Climb Out	1,764	0,559
Airbus A310-300 Series	CF6-80C2A2 1862M39	A310_2.2	Approach	1,556	0,493
Airbus A310-300 Series	CF6-80C2A2 1862M39	A310_2.2	Taxi In	1,438	0,456
Airbus A318-100 Series	CFM56-5B8/P	A318_1.2	Taxi Out	1,388	0,44
Airbus A318-100 Series	CFM56-5B8/P	A318_1.2	Takeoff	2,3	0,729
Airbus A318-100 Series	CFM56-5B8/P	A318_1.2	Climb Out	0,949	0,301
Airbus A318-100 Series	CFM56-5B8/P	A318_1.2	Approach	0,997	0,316
Airbus A318-100 Series	CFM56-5B8/P	A318_1.2	Taxi In	0,594	0,188
Airbus A318-100 Series	CFM56-5B8/P	A318_2.1	Taxi Out	4,067	1,289
Airbus A318-100 Series	CFM56-5B8/P	A318_2.1	Takeoff	6,312	2,001
Airbus A318-100 Series	CFM56-5B8/P	A318_2.1	Climb Out	2,624	0,832
Airbus A318-100 Series	CFM56-5B8/P	A318_2.1	Approach	2,857	0,906
Airbus A318-100 Series	CFM56-5B8/P	A318_2.1	Taxi In	1,999	0,634
Airbus A319-100 Series	CFM56-5A5	A319_1.1(2)	Taxi Out	7,194	2,28
Airbus A319-100 Series	CFM56-5A5	A319_1.1(2)	Takeoff	11,412	3,617
Airbus A319-100 Series	CFM56-5A5	A319_1.1(2)	Climb Out	4,697	1,489
Airbus A319-100 Series	CFM56-5A5	A319_1.1(2)	Approach	5,189	1,645
Airbus A319-100 Series	CFM56-5A5	A319_1.1(2)	Taxi In	2,979	0,944
Airbus A319-100 Series	CFM56-5A5	A319_1.2(2)	Taxi Out	4,179	1,325
Airbus A319-100 Series	CFM56-5A5	A319_1.2(2)	Takeoff	6,972	2,21
Airbus A319-100 Series	CFM56-5A5	A319_1.2(2)	Climb Out	2,865	0,908
Airbus A319-100 Series	CFM56-5A5	A319_1.2(2)	Approach	2,963	0,939
Airbus A319-100 Series	CFM56-5A5	A319_1.2(2)	Taxi In	1,69	0,536
Airbus A319-100 Series	CFM56-5A5	A319_2.1(2)	Taxi Out	7,732	2,451
Airbus A319-100 Series	CFM56-5A5	A319_2.1(2)	Takeoff	12,712	4,029



Airbus A319-100 Series	CFM56-5A5	A319_2.1(2)	Climb Out	5,214	1,652
Airbus A319-100 Series	CFM56-5A5	A319_2.1(2)	Approach	5,53	1,753
Airbus A319-100 Series	CFM56-5A5	A319_2.1(2)	Taxi In	3,709	1,175
Airbus A319-100 Series	CFM56-5A5	A319_2.2(2)	Taxi Out	1,438	0,456
Airbus A319-100 Series	CFM56-5A5	A319_2.2(2)	Takeoff	2,538	0,805
Airbus A319-100 Series	CFM56-5A5	A319_2.2(2)	Climb Out	1,037	0,329
Airbus A319-100 Series	CFM56-5A5	A319_2.2(2)	Approach	1,139	0,361
Airbus A319-100 Series	CFM56-5A5	A319_2.2(2)	Taxi In	0,832	0,264
Airbus A319-100 Series	CFM56-5B5/3	A319_1.1(3)	Taxi Out	147,135	46,636
Airbus A319-100 Series	CFM56-5B5/3	A319_1.1(3)	Takeoff	258,259	81,857
Airbus A319-100 Series	CFM56-5B5/3	A319_1.1(3)	Climb Out	105,679	33,496
Airbus A319-100 Series	CFM56-5B5/3	A319_1.1(3)	Approach	113,132	35,858
Airbus A319-100 Series	CFM56-5B5/3	A319_1.1(3)	Taxi In	62,556	19,828
Airbus A319-100 Series	CFM56-5B5/3	A319_1.2(3)	Taxi Out	201,33	63,813
Airbus A319-100 Series	CFM56-5B5/3	A319_1.2(3)	Takeoff	364,141	115,417
Airbus A319-100 Series	CFM56-5B5/3	A319_1.2(3)	Climb Out	148,859	47,182
Airbus A319-100 Series	CFM56-5B5/3	A319_1.2(3)	Approach	158,822	50,34
Airbus A319-100 Series	CFM56-5B5/3	A319_1.2(3)	Taxi In	86,405	27,387
Airbus A319-100 Series	CFM56-5B5/3	A319_2.1(3)	Taxi Out	72,406	22,95
Airbus A319-100 Series	CFM56-5B5/3	A319_2.1(3)	Takeoff	131,301	41,617
Airbus A319-100 Series	CFM56-5B5/3	A319_2.1(3)	Climb Out	53,584	16,984
Airbus A319-100 Series	CFM56-5B5/3	A319_2.1(3)	Approach	57,109	18,101
Airbus A319-100 Series	CFM56-5B5/3	A319_2.1(3)	Taxi In	36,068	11,432
Airbus A319-100 Series	CFM56-5B5/P	A319_1.1(1)	Taxi Out	11,049	3,502
Airbus A319-100 Series	CFM56-5B5/P	A319_1.1(1)	Takeoff	19,077	6,047
Airbus A319-100 Series	CFM56-5B5/P	A319_1.1(1)	Climb Out	7,804	2,473

Airbus A319-100 Series	CFM56-5B5/P	A319_1.1(1)	Approach	8,242	2,612
Airbus A319-100 Series	CFM56-5B5/P	A319_1.1(1)	Taxi In	4,646	1,473
Airbus A319-100 Series	CFM56-5B5/P	A319_1.2(1)	Taxi Out	13,24	4,196
Airbus A319-100 Series	CFM56-5B5/P	A319_1.2(1)	Takeoff	23,52	7,455
Airbus A319-100 Series	CFM56-5B5/P	A319_1.2(1)	Climb Out	9,622	3,05
Airbus A319-100 Series	CFM56-5B5/P	A319_1.2(1)	Approach	10,157	3,219
Airbus A319-100 Series	CFM56-5B5/P	A319_1.2(1)	Taxi In	5,687	1,803
Airbus A319-100 Series	CFM56-5B5/P	A319_2.1(1)	Taxi Out	4,465	1,415
Airbus A319-100 Series	CFM56-5B5/P	A319_2.1(1)	Takeoff	7,658	2,427
Airbus A319-100 Series	CFM56-5B5/P	A319_2.1(1)	Climb Out	3,134	0,993
Airbus A319-100 Series	CFM56-5B5/P	A319_2.1(1)	Approach	3,369	1,068
Airbus A319-100 Series	CFM56-5B5/P	A319_2.1(1)	Taxi In	2,189	0,694
Airbus A319-100 Series	CFM56-5B5/P	A319_2.2(1)	Taxi Out	3,864	1,225
Airbus A319-100 Series	CFM56-5B5/P	A319_2.2(1)	Takeoff	7,026	2,227
Airbus A319-100 Series	CFM56-5B5/P	A319_2.2(1)	Climb Out	2,86	0,907
Airbus A319-100 Series	CFM56-5B5/P	A319_2.2(1)	Approach	2,995	0,949
Airbus A319-100 Series	CFM56-5B5/P	A319_2.2(1)	Taxi In	2,067	0,655
Airbus A319-100 Series	CFM56-5B6/P	A319_1.1(4)	Taxi Out	72,617	23,017
Airbus A319-100 Series	CFM56-5B6/P	A319_1.1(4)	Takeoff	120,947	38,335
Airbus A319-100 Series	CFM56-5B6/P	A319_1.1(4)	Climb Out	49,457	15,676
Airbus A319-100 Series	CFM56-5B6/P	A319_1.1(4)	Approach	52,833	16,746
Airbus A319-100 Series	CFM56-5B6/P	A319_1.1(4)	Taxi In	30,417	9,641
Airbus A319-100 Series	CFM56-5B6/P	A319_1.2(4)	Taxi Out	93,261	29,56
Airbus A319-100 Series	CFM56-5B6/P	A319_1.2(4)	Takeoff	158,546	50,252
Airbus A319-100 Series	CFM56-5B6/P	A319_1.2(4)	Climb Out	64,862	20,558
Airbus A319-100 Series	CFM56-5B6/P	A319_1.2(4)	Approach	68,711	21,778

Airbus A319-100 Series	CFM56-5B6/P	A319_1.2(4)	Taxi In	39,025	12,369
Airbus A319-100 Series	CFM56-5B6/P	A319_2.1(4)	Taxi Out	52,15	16,529
Airbus A319-100 Series	CFM56-5B6/P	A319_2.1(4)	Takeoff	87,559	27,752
Airbus A319-100 Series	CFM56-5B6/P	A319_2.1(4)	Climb Out	35,938	11,391
Airbus A319-100 Series	CFM56-5B6/P	A319_2.1(4)	Approach	38,412	12,175
Airbus A319-100 Series	CFM56-5B6/P	A319_2.1(4)	Taxi In	25,338	8,031
Airbus A319-100 Series	V2522-A5	A319_1.1(5)	Taxi Out	190,422	60,356
Airbus A319-100 Series	V2522-A5	A319_1.1(5)	Takeoff	261,605	82,918
Airbus A319-100 Series	V2522-A5	A319_1.1(5)	Climb Out	106,953	33,899
Airbus A319-100 Series	V2522-A5	A319_1.1(5)	Approach	114,149	36,18
Airbus A319-100 Series	V2522-A5	A319_1.1(5)	Taxi In	77,292	24,498
Airbus A319-100 Series	V2522-A5	A319_1.2(5)	Taxi Out	67,232	21,31
Airbus A319-100 Series	V2522-A5	A319_1.2(5)	Takeoff	93,783	29,725
Airbus A319-100 Series	V2522-A5	A319_1.2(5)	Climb Out	38,321	12,146
Airbus A319-100 Series	V2522-A5	A319_1.2(5)	Approach	40,82	12,938
Airbus A319-100 Series	V2522-A5	A319_1.2(5)	Taxi In	27,085	8,585
Airbus A319-100 Series	V2522-A5	A319_2.1(5)	Taxi Out	38,469	12,193
Airbus A319-100 Series	V2522-A5	A319_2.1(5)	Takeoff	54,114	17,152
Airbus A319-100 Series	V2522-A5	A319_2.1(5)	Climb Out	22,111	7,008
Airbus A319-100 Series	V2522-A5	A319_2.1(5)	Approach	23,509	7,451
Airbus A319-100 Series	V2522-A5	A319_2.1(5)	Taxi In	18,307	5,802
Airbus A319-100 Series	V2522-A5	A319_2.2(3)	Taxi Out	3,681	1,167
Airbus A319-100 Series	V2522-A5	A319_2.2(3)	Takeoff	5,065	1,606
Airbus A319-100 Series	V2522-A5	A319_2.2(3)	Climb Out	2,087	0,661
Airbus A319-100 Series	V2522-A5	A319_2.2(3)	Approach	2,184	0,692
Airbus A319-100 Series	V2522-A5	A319_2.2(3)	Taxi In	1,802	0,571

Airbus A319-100 Series	V2524-A5	A319_1.1(6)	Taxi Out	77,778	24,652
Airbus A319-100 Series	V2524-A5	A319_1.1(6)	Takeoff	103,051	32,663
Airbus A319-100 Series	V2524-A5	A319_1.1(6)	Climb Out	42,127	13,352
Airbus A319-100 Series	V2524-A5	A319_1.1(6)	Approach	44,988	14,259
Airbus A319-100 Series	V2524-A5	A319_1.1(6)	Taxi In	31,485	9,979
Airbus A319-100 Series	V2524-A5	A319_1.2(6)	Taxi Out	84,611	26,818
Airbus A319-100 Series	V2524-A5	A319_1.2(6)	Takeoff	114,595	36,322
Airbus A319-100 Series	V2524-A5	A319_1.2(6)	Climb Out	46,837	14,845
Airbus A319-100 Series	V2524-A5	A319_1.2(6)	Approach	50,041	15,861
Airbus A319-100 Series	V2524-A5	A319_1.2(6)	Taxi In	34,325	10,88
Airbus A319-100 Series	V2524-A5	A319_2.1(6)	Taxi Out	86,468	27,407
Airbus A319-100 Series	V2524-A5	A319_2.1(6)	Takeoff	115,895	36,734
Airbus A319-100 Series	V2524-A5	A319_2.1(6)	Climb Out	47,388	15,02
Airbus A319-100 Series	V2524-A5	A319_2.1(6)	Approach	50,422	15,982
Airbus A319-100 Series	V2524-A5	A319_2.1(6)	Taxi In	40,485	12,832
Airbus A320-200 Series	CFM56-5-A1	A320_1.1(2)	Taxi Out	60,231	19,091
Airbus A320-200 Series	CFM56-5-A1	A320_1.1(2)	Takeoff	93,687	29,695
Airbus A320-200 Series	CFM56-5-A1	A320_1.1(2)	Climb Out	41,091	13,024
Airbus A320-200 Series	CFM56-5-A1	A320_1.1(2)	Approach	31,909	10,114
Airbus A320-200 Series	CFM56-5-A1	A320_1.1(2)	Taxi In	29,671	9,405
Airbus A320-200 Series	CFM56-5-A1	A320_1.2(2)	Taxi Out	5,819	1,844
Airbus A320-200 Series	CFM56-5-A1	A320_1.2(2)	Takeoff	9,288	2,944
Airbus A320-200 Series	CFM56-5-A1	A320_1.2(2)	Climb Out	4,082	1,294
Airbus A320-200 Series	CFM56-5-A1	A320_1.2(2)	Approach	3,057	0,969
Airbus A320-200 Series	CFM56-5-A1	A320_1.2(2)	Taxi In	2,877	0,912
Airbus A320-200 Series	CFM56-5-A1	A320_2.1(2)	Taxi Out	16,161	5,122

Airbus A320-200 Series	CFM56-5-A1	A320_2.1(2)	Takeoff	25,505	8,084
Airbus A320-200 Series	CFM56-5-A1	A320_2.1(2)	Climb Out	11,179	3,543
Airbus A320-200 Series	CFM56-5-A1	A320_2.1(2)	Approach	8,693	2,755
Airbus A320-200 Series	CFM56-5-A1	A320_2.1(2)	Taxi In	9,043	2,866
Airbus A320-200 Series	CFM56-5-A1	A320_2.2(2)	Taxi Out	1,909	0,605
Airbus A320-200 Series	CFM56-5-A1	A320_2.2(2)	Takeoff	3,071	0,973
Airbus A320-200 Series	CFM56-5-A1	A320_2.2(2)	Climb Out	1,351	0,428
Airbus A320-200 Series	CFM56-5-A1	A320_2.2(2)	Approach	1,034	0,328
Airbus A320-200 Series	CFM56-5-A1	A320_2.2(2)	Taxi In	1,175	0,373
Airbus A320-200 Series	CFM56-5B4/P	A320_1.1(1)	Taxi Out	283,489	89,854
Airbus A320-200 Series	CFM56-5B4/P	A320_1.1(1)	Takeoff	429,247	136,053
Airbus A320-200 Series	CFM56-5B4/P	A320_1.1(1)	Climb Out	188,257	59,669
Airbus A320-200 Series	CFM56-5B4/P	A320_1.1(1)	Approach	145,515	46,122
Airbus A320-200 Series	CFM56-5B4/P	A320_1.1(1)	Taxi In	138,048	43,755
Airbus A320-200 Series	CFM56-5B4/P	A320_1.2(1)	Taxi Out	211,045	66,892
Airbus A320-200 Series	CFM56-5B4/P	A320_1.2(1)	Takeoff	329,57	104,46
Airbus A320-200 Series	CFM56-5B4/P	A320_1.2(1)	Climb Out	144,414	45,773
Airbus A320-200 Series	CFM56-5B4/P	A320_1.2(1)	Approach	111,332	35,287
Airbus A320-200 Series	CFM56-5B4/P	A320_1.2(1)	Taxi In	104,063	32,984
Airbus A320-200 Series	CFM56-5B4/P	A320_2.1(1)	Taxi Out	171,475	54,35
Airbus A320-200 Series	CFM56-5B4/P	A320_2.1(1)	Takeoff	265,578	84,177
Airbus A320-200 Series	CFM56-5B4/P	A320_2.1(1)	Climb Out	116,423	36,901
Airbus A320-200 Series	CFM56-5B4/P	A320_2.1(1)	Approach	90,452	28,669
Airbus A320-200 Series	CFM56-5B4/P	A320_2.1(1)	Taxi In	96,115	30,464
Airbus A320-200 Series	CFM56-5B4/P	A320_2.2(1)	Taxi Out	22,284	7,063
Airbus A320-200 Series	CFM56-5B4/P	A320_2.2(1)	Takeoff	35,431	11,23

Airbus A320-200 Series	CFM56-5B4/P	A320_2.2(1)	Climb Out	15,497	4,912
Airbus A320-200 Series	CFM56-5B4/P	A320_2.2(1)	Approach	11,866	3,761
Airbus A320-200 Series	CFM56-5B4/P	A320_2.2(1)	Taxi In	13,599	4,31
Airbus A320-200 Series	CFM56-5B4/P	A320_3.1	Taxi Out	2,681	0,85
Airbus A320-200 Series	CFM56-5B4/P	A320_3.1	Takeoff	4,344	1,377
Airbus A320-200 Series	CFM56-5B4/P	A320_3.1	Climb Out	1,906	0,604
Airbus A320-200 Series	CFM56-5B4/P	A320_3.1	Approach	1,483	0,47
Airbus A320-200 Series	CFM56-5B4/P	A320_3.1	Taxi In	1,729	0,548
Airbus A320-200 Series	CFM56-5B6/3	A320_1.1(3)	Taxi Out	71,733	22,736
Airbus A320-200 Series	CFM56-5B6/3	A320_1.1(3)	Takeoff	119,917	38,009
Airbus A320-200 Series	CFM56-5B6/3	A320_1.1(3)	Climb Out	52,482	16,635
Airbus A320-200 Series	CFM56-5B6/3	A320_1.1(3)	Approach	40,475	12,829
Airbus A320-200 Series	CFM56-5B6/3	A320_1.1(3)	Taxi In	36,281	11,499
Airbus A320-200 Series	CFM56-5B6/3	A320_1.2(3)	Taxi Out	113,463	35,963
Airbus A320-200 Series	CFM56-5B6/3	A320_1.2(3)	Takeoff	192,907	61,143
Airbus A320-200 Series	CFM56-5B6/3	A320_1.2(3)	Climb Out	84,628	26,823
Airbus A320-200 Series	CFM56-5B6/3	A320_1.2(3)	Approach	65,497	20,76
Airbus A320-200 Series	CFM56-5B6/3	A320_1.2(3)	Taxi In	57,755	18,306
Airbus A320-200 Series	CFM56-5B6/3	A320_2.1(3)	Taxi Out	25,424	8,058
Airbus A320-200 Series	CFM56-5B6/3	A320_2.1(3)	Takeoff	43,4	13,756
Airbus A320-200 Series	CFM56-5B6/3	A320_2.1(3)	Climb Out	19,026	6,031
Airbus A320-200 Series	CFM56-5B6/3	A320_2.1(3)	Approach	14,821	4,698
Airbus A320-200 Series	CFM56-5B6/3	A320_2.1(3)	Taxi In	14,85	4,707
Airbus A320-200 Series	CFM56-5B6/3	A320_2.2(3)	Taxi Out	1,387	0,44
Airbus A320-200 Series	CFM56-5B6/3	A320_2.2(3)	Takeoff	2,509	0,795
Airbus A320-200 Series	CFM56-5B6/3	A320_2.2(3)	Climb Out	1,088	0,345

Airbus A320-200 Series	CFM56-5B6/3	A320_2.2(3)	Approach	0,818	0,259
Airbus A320-200 Series	CFM56-5B6/3	A320_2.2(3)	Taxi In	0,899	0,285
Airbus A320-200 Series	V2527-A5	A320_1.1(4)	Taxi Out	437,76	138,751
Airbus A320-200 Series	V2527-A5	A320_1.1(4)	Takeoff	529,246	167,748
Airbus A320-200 Series	V2527-A5	A320_1.1(4)	Climb Out	234,636	74,37
Airbus A320-200 Series	V2527-A5	A320_1.1(4)	Approach	197,372	62,559
Airbus A320-200 Series	V2527-A5	A320_1.1(4)	Taxi In	205,549	65,15
Airbus A320-200 Series	V2527-A5	A320_1.2(4)	Taxi Out	297,961	94,441
Airbus A320-200 Series	V2527-A5	A320_1.2(4)	Takeoff	370,636	117,476
Airbus A320-200 Series	V2527-A5	A320_1.2(4)	Climb Out	164,109	52,015
Airbus A320-200 Series	V2527-A5	A320_1.2(4)	Approach	137,919	43,714
Airbus A320-200 Series	V2527-A5	A320_1.2(4)	Taxi In	141,679	44,906
Airbus A320-200 Series	V2527-A5	A320_2.1(4)	Taxi Out	212,058	67,213
Airbus A320-200 Series	V2527-A5	A320_2.1(4)	Takeoff	262,958	83,346
Airbus A320-200 Series	V2527-A5	A320_2.1(4)	Climb Out	116,474	36,917
Airbus A320-200 Series	V2527-A5	A320_2.1(4)	Approach	97,718	30,972
Airbus A320-200 Series	V2527-A5	A320_2.1(4)	Taxi In	114,383	36,254
Airbus A320-200 Series	V2527-A5	A320_2.2(4)	Taxi Out	18,145	5,751
Airbus A320-200 Series	V2527-A5	A320_2.2(4)	Takeoff	22,525	7,139
Airbus A320-200 Series	V2527-A5	A320_2.2(4)	Climb Out	10,009	3,173
Airbus A320-200 Series	V2527-A5	A320_2.2(4)	Approach	8,437	2,674
Airbus A320-200 Series	V2527-A5	A320_2.2(4)	Taxi In	10,567	3,349
Airbus A320-200 Series	V2527E-A5	A320_1.2(5)	Taxi Out	45,024	14,271
Airbus A320-200 Series	V2527E-A5	A320_1.2(5)	Takeoff	57,458	18,212
Airbus A320-200 Series	V2527E-A5	A320_1.2(5)	Climb Out	25,354	8,036
Airbus A320-200 Series	V2527E-A5	A320_1.2(5)	Approach	21,264	6,74

Airbus A320-200 Series	V2527E-A5	A320_1.2(5)	Taxi In	21,969	6,963
Airbus A320-200 Series	V2527E-A5	A320_2.1(5)	Taxi Out	44,132	13,988
Airbus A320-200 Series	V2527E-A5	A320_2.1(5)	Takeoff	54,429	17,252
Airbus A320-200 Series	V2527E-A5	A320_2.1(5)	Climb Out	24,083	7,633
Airbus A320-200 Series	V2527E-A5	A320_2.1(5)	Approach	20,107	6,373
Airbus A320-200 Series	V2527E-A5	A320_2.1(5)	Taxi In	23,556	7,466
Airbus A320-200 Series	V2527E-A5	A320_2.2(5)	Taxi Out	8,834	2,8
Airbus A320-200 Series	V2527E-A5	A320_2.2(5)	Takeoff	10,987	3,482
Airbus A320-200 Series	V2527E-A5	A320_2.2(5)	Climb Out	4,87	1,544
Airbus A320-200 Series	V2527E-A5	A320_2.2(5)	Approach	4,062	1,288
Airbus A320-200 Series	V2527E-A5	A320_2.2(5)	Taxi In	5,104	1,618
Airbus A321-200 Series	CFM56-5B2/P	A321_1.1(2)	Taxi Out	17,989	5,702
Airbus A321-200 Series	CFM56-5B2/P	A321_1.1(2)	Takeoff	32,774	10,388
Airbus A321-200 Series	CFM56-5B2/P	A321_1.1(2)	Climb Out	13,104	4,153
Airbus A321-200 Series	CFM56-5B2/P	A321_1.1(2)	Approach	12,081	3,829
Airbus A321-200 Series	CFM56-5B2/P	A321_1.1(2)	Taxi In	9,985	3,165
Airbus A321-200 Series	CFM56-5B2/P	A321_1.2(2)	Taxi Out	9,643	3,056
Airbus A321-200 Series	CFM56-5B2/P	A321_1.2(2)	Takeoff	18,909	5,993
Airbus A321-200 Series	CFM56-5B2/P	A321_1.2(2)	Climb Out	7,517	2,383
Airbus A321-200 Series	CFM56-5B2/P	A321_1.2(2)	Approach	6,958	2,205
Airbus A321-200 Series	CFM56-5B2/P	A321_1.2(2)	Taxi In	5,602	1,776
Airbus A321-200 Series	CFM56-5B2/P	A321_2.1(2)	Taxi Out	8,402	2,663
Airbus A321-200 Series	CFM56-5B2/P	A321_2.1(2)	Takeoff	15,568	4,934
Airbus A321-200 Series	CFM56-5B2/P	A321_2.1(2)	Climb Out	6,241	1,978
Airbus A321-200 Series	CFM56-5B2/P	A321_2.1(2)	Approach	5,723	1,814
Airbus A321-200 Series	CFM56-5B2/P	A321_2.1(2)	Taxi In	5,198	1,648



Airbus A321-200 Series	CFM56-5B3/P	A321_1.1(1)	Taxi Out	15,496	4,911
Airbus A321-200 Series	CFM56-5B3/P	A321_1.1(1)	Takeoff	27,798	8,811
Airbus A321-200 Series	CFM56-5B3/P	A321_1.1(1)	Climb Out	11,137	3,53
Airbus A321-200 Series	CFM56-5B3/P	A321_1.1(1)	Approach	10,224	3,241
Airbus A321-200 Series	CFM56-5B3/P	A321_1.1(1)	Taxi In	8,436	2,674
Airbus A321-200 Series	CFM56-5B3/P	A321_1.2(1)	Taxi Out	3,162	1,002
Airbus A321-200 Series	CFM56-5B3/P	A321_1.2(1)	Takeoff	5,758	1,825
Airbus A321-200 Series	CFM56-5B3/P	A321_1.2(1)	Climb Out	2,295	0,728
Airbus A321-200 Series	CFM56-5B3/P	A321_1.2(1)	Approach	2,072	0,657
Airbus A321-200 Series	CFM56-5B3/P	A321_1.2(1)	Taxi In	1,702	0,539
Airbus A321-200 Series	CFM56-5B3/P	A321_2.1(1)	Taxi Out	7,128	2,259
Airbus A321-200 Series	CFM56-5B3/P	A321_2.1(1)	Takeoff	13,099	4,152
Airbus A321-200 Series	CFM56-5B3/P	A321_2.1(1)	Climb Out	5,256	1,666
Airbus A321-200 Series	CFM56-5B3/P	A321_2.1(1)	Approach	4,998	1,584
Airbus A321-200 Series	CFM56-5B3/P	A321_2.1(1)	Taxi In	4,561	1,446
Airbus A321-200 Series	CFM56-5B3/P	A321_2.2(1)	Taxi Out	2,111	0,669
Airbus A321-200 Series	CFM56-5B3/P	A321_2.2(1)	Takeoff	4,102	1,3
Airbus A321-200 Series	CFM56-5B3/P	A321_2.2(1)	Climb Out	1,643	0,521
Airbus A321-200 Series	CFM56-5B3/P	A321_2.2(1)	Approach	1,519	0,482
Airbus A321-200 Series	CFM56-5B3/P	A321_2.2(1)	Taxi In	1,52	0,482
Airbus A321-200 Series	CFM56-5B4/P	A321_3.1	Taxi Out	4,704	1,491
Airbus A321-200 Series	CFM56-5B4/P	A321_3.1	Takeoff	9,807	3,109
Airbus A321-200 Series	CFM56-5B4/P	A321_3.1	Climb Out	3,932	1,246
Airbus A321-200 Series	CFM56-5B4/P	A321_3.1	Approach	3,623	1,148
Airbus A321-200 Series	CFM56-5B4/P	A321_3.1	Taxi In	3,428	1,087
Airbus A321-200 Series	V2530-A5	A321_1.1(3)	Taxi Out	6,743	2,137

Airbus A321-200 Series	V2530-A5	A321_1.1(3)	Takeoff	9,845	3,12
Airbus A321-200 Series	V2530-A5	A321_1.1(3)	Climb Out	3,94	1,249
Airbus A321-200 Series	V2530-A5	A321_1.1(3)	Approach	3,659	1,16
Airbus A321-200 Series	V2530-A5	A321_1.1(3)	Taxi In	3,458	1,096
Airbus A321-200 Series	V2530-A5	A321_1.2(3)	Taxi Out	7,047	2,234
Airbus A321-200 Series	V2530-A5	A321_1.2(3)	Takeoff	10,633	3,37
Airbus A321-200 Series	V2530-A5	A321_1.2(3)	Climb Out	4,263	1,351
Airbus A321-200 Series	V2530-A5	A321_1.2(3)	Approach	3,89	1,233
Airbus A321-200 Series	V2530-A5	A321_1.2(3)	Taxi In	3,599	1,141
Airbus A321-200 Series	V2530-A5	A321_2.1(3)	Taxi Out	6,379	2,022
Airbus A321-200 Series	V2530-A5	A321_2.1(3)	Takeoff	9,832	3,116
Airbus A321-200 Series	V2530-A5	A321_2.1(3)	Climb Out	3,934	1,247
Airbus A321-200 Series	V2530-A5	A321_2.1(3)	Approach	3,677	1,165
Airbus A321-200 Series	V2530-A5	A321_2.1(3)	Taxi In	3,924	1,244
Airbus A321-200 Series	V2533-A5	A321_1.1(4)	Taxi Out	35,511	11,256
Airbus A321-200 Series	V2533-A5	A321_1.1(4)	Takeoff	54,258	17,197
Airbus A321-200 Series	V2533-A5	A321_1.1(4)	Climb Out	21,66	6,865
Airbus A321-200 Series	V2533-A5	A321_1.1(4)	Approach	20,022	6,346
Airbus A321-200 Series	V2533-A5	A321_1.1(4)	Taxi In	18,666	5,916
Airbus A321-200 Series	V2533-A5	A321_1.2(4)	Taxi Out	22,71	7,198
Airbus A321-200 Series	V2533-A5	A321_1.2(4)	Takeoff	35,355	11,206
Airbus A321-200 Series	V2533-A5	A321_1.2(4)	Climb Out	14,08	4,463
Airbus A321-200 Series	V2533-A5	A321_1.2(4)	Approach	13,129	4,161
Airbus A321-200 Series	V2533-A5	A321_1.2(4)	Taxi In	11,926	3,78
Airbus A321-200 Series	V2533-A5	A321_2.1(4)	Taxi Out	43,825	13,89
Airbus A321-200 Series	V2533-A5	A321_2.1(4)	Takeoff	68,957	21,856

Airbus A321-200 Series	V2533-A5	A321_2.1(4)	Climb Out	27,52	8,723
Airbus A321-200 Series	V2533-A5	A321_2.1(4)	Approach	25,797	8,177
Airbus A321-200 Series	V2533-A5	A321_2.1(4)	Taxi In	26,233	8,315
Airbus A321-200 Series	V2533-A5	A321_2.2(2)	Taxi Out	7,425	2,353
Airbus A321-200 Series	V2533-A5	A321_2.2(2)	Takeoff	11,475	3,637
Airbus A321-200 Series	V2533-A5	A321_2.2(2)	Climb Out	4,598	1,457
Airbus A321-200 Series	V2533-A5	A321_2.2(2)	Approach	4,317	1,368
Airbus A321-200 Series	V2533-A5	A321_2.2(2)	Taxi In	4,677	1,482
Airbus A330-200 Series	PW4168A Talon II	A330_1.2	Taxi Out	4,758	1,508
Airbus A330-200 Series	PW4168A Talon II	A330_1.2	Takeoff	8,183	2,594
Airbus A330-200 Series	PW4168A Talon II	A330_1.2	Climb Out	3,945	1,25
Airbus A330-200 Series	PW4168A Talon II	A330_1.2	Approach	2,298	0,728
Airbus A330-200 Series	PW4168A Talon II	A330_1.2	Taxi In	2,088	0,662
Avro RJ-100	LF507-1F, -1H	AvroRJ100_1.1	Taxi Out	24,469	7,755
Avro RJ-100	LF507-1F, -1H	AvroRJ100_1.1	Takeoff	22,955	7,276
Avro RJ-100	LF507-1F, -1H	AvroRJ100_1.1	Climb Out	30,855	9,78
Avro RJ-100	LF507-1F, -1H	AvroRJ100_1.1	Approach	23,236	7,365
Avro RJ-100	LF507-1F, -1H	AvroRJ100_1.1	Taxi In	8,996	2,851
Avro RJ-100	LF507-1F, -1H	AvroRJ100_1.2	Taxi Out	52,953	16,784
Avro RJ-100	LF507-1F, -1H	AvroRJ100_1.2	Takeoff	51,028	16,174
Avro RJ-100	LF507-1F, -1H	AvroRJ100_1.2	Climb Out	68,512	21,715
Avro RJ-100	LF507-1F, -1H	AvroRJ100_1.2	Approach	52,778	16,728
Avro RJ-100	LF507-1F, -1H	AvroRJ100_1.2	Taxi In	19,924	6,315
Avro RJ-100	LF507-1F, -1H	AvroRJ100_2.1	Taxi Out	57,462	18,213
Avro RJ-100	LF507-1F, -1H	AvroRJ100_2.1	Takeoff	55,097	17,463
Avro RJ-100	LF507-1F, -1H	AvroRJ100_2.1	Climb Out	73,894	23,421
Avro RJ-100	LF507-1F, -1H	AvroRJ100_2.1	Approach	56,35	17,861
Avro RJ-100	LF507-1F, -1H	AvroRJ100_2.1	Taxi In	25,248	8,003
Avro RJ-100	LF507-1F, -1H	AvroRJ100_2.2	Taxi Out	5,97	1,892
Avro RJ-100	LF507-1F, -1H	AvroRJ100_2.2	Takeoff	5,82	1,845
Avro RJ-100	LF507-1F, -1H	AvroRJ100_2.2	Climb Out	7,809	2,475
Avro RJ-100	LF507-1F, -1H	AvroRJ100_2.2	Approach	5,864	1,859
Avro RJ-100	LF507-1F, -1H	AvroRJ100_2.2	Taxi In	2,862	0,907
Avro RJ-100	LF507-1F, -1H	AvroRJ100_3.1	Taxi Out	2,058	0,652
Avro RJ-100	LF507-1F, -1H	AvroRJ100_3.1	Takeoff	2,078	0,659
Avro RJ-100	LF507-1F, -1H	AvroRJ100_3.1	Climb Out	2,792	0,885
Avro RJ-100	LF507-1F, -1H	AvroRJ100_3.1	Approach	2,038	0,646

Avro RJ-100	LF507-1F, -1H	AvroRJ100_3.1	Taxi In	1,035	0,328
Avro RJ-85	LF507-1F, -1H	AvroRJ85_1.1	Taxi Out	8,963	2,841
Avro RJ-85	LF507-1F, -1H	AvroRJ85_1.1	Takeoff	8,422	2,669
Avro RJ-85	LF507-1F, -1H	AvroRJ85_1.1	Climb Out	11,3	3,581
Avro RJ-85	LF507-1F, -1H	AvroRJ85_1.1	Approach	8,507	2,696
Avro RJ-85	LF507-1F, -1H	AvroRJ85_1.1	Taxi In	3,287	1,042
Avro RJ-85	LF507-1F, -1H	AvroRJ85_1.2	Taxi Out	14,582	4,622
Avro RJ-85	LF507-1F, -1H	AvroRJ85_1.2	Takeoff	14,072	4,46
Avro RJ-85	LF507-1F, -1H	AvroRJ85_1.2	Climb Out	18,875	5,983
Avro RJ-85	LF507-1F, -1H	AvroRJ85_1.2	Approach	14,231	4,51
Avro RJ-85	LF507-1F, -1H	AvroRJ85_1.2	Taxi In	5,366	1,701
Avro RJ-85	LF507-1F, -1H	AvroRJ85_2.1	Taxi Out	20,482	6,492
Avro RJ-85	LF507-1F, -1H	AvroRJ85_2.1	Takeoff	19,623	6,22
Avro RJ-85	LF507-1F, -1H	AvroRJ85_2.1	Climb Out	26,33	8,345
Avro RJ-85	LF507-1F, -1H	AvroRJ85_2.1	Approach	20,035	6,35
Avro RJ-85	LF507-1F, -1H	AvroRJ85_2.1	Taxi In	8,97	2,843
Avro RJ-85	LF507-1F, -1H	AvroRJ85_2.2	Taxi Out	1,729	0,548
Avro RJ-85	LF507-1F, -1H	AvroRJ85_2.2	Takeoff	1,682	0,533
Avro RJ-85	LF507-1F, -1H	AvroRJ85_2.2	Climb Out	2,26	0,716
Avro RJ-85	LF507-1F, -1H	AvroRJ85_2.2	Approach	1,716	0,544
Avro RJ-85	LF507-1F, -1H	AvroRJ85_2.2	Taxi In	0,833	0,264
Avro RJ-85	LF507-1F, -1H	AvroRJ85_3.1	Taxi Out	0,946	0,3
Avro RJ-85	LF507-1F, -1H	AvroRJ85_3.1	Takeoff	0,954	0,302
Avro RJ-85	LF507-1F, -1H	AvroRJ85_3.1	Climb Out	1,279	0,405
Avro RJ-85	LF507-1F, -1H	AvroRJ85_3.1	Approach	1,03	0,327
Avro RJ-85	LF507-1F, -1H	AvroRJ85_3.1	Taxi In	0,521	0,165
BAE 146-200QT Quiet Trader	ALF 502R-5	BA146-200F_1.1	Taxi Out	23,436	7,428
BAE 146-200QT Quiet Trader	ALF 502R-5	BA146-200F_1.1	Takeoff	34,38	10,897
BAE 146-200QT Quiet Trader	ALF 502R-5	BA146-200F_1.1	Climb Out	19,925	6,315
BAE 146-200QT Quiet Trader	ALF 502R-5	BA146-200F_1.1	Approach	23,833	7,554
BAE 146-200QT Quiet Trader	ALF 502R-5	BA146-200F_1.1	Taxi In	9,675	3,067
BAE 146-200QT Quiet Trader	ALF 502R-5	BA146-200F_2.2	Taxi Out	1,89	0,599
BAE 146-200QT Quiet Trader	ALF 502R-5	BA146-200F_2.2	Takeoff	2,846	0,902
BAE 146-200QT Quiet Trader	ALF 502R-5	BA146-200F_2.2	Climb Out	1,657	0,525
BAE 146-200QT Quiet Trader	ALF 502R-5	BA146-200F_2.2	Approach	2,004	0,635
BAE 146-200QT Quiet Trader	ALF 502R-5	BA146-200F_2.2	Taxi In	1,037	0,329
BAE 146-200QT Quiet Trader	ALF 502R-5	BA146-200F_3.1	Taxi Out	159,615	50,591
BAE 146-200QT Quiet	ALF 502R-5	BA146-200F_3.1	Takeoff	254,357	80,62

Trader BAE 146-200QT Quiet Trader	ALF 502R-5	BA146-200F_3.1	Climb Out	147,297	46,687
BAE 146-200QT Quiet Trader	ALF 502R-5	BA146-200F_3.1	Approach	176,074	55,808
BAE 146-200QT Quiet Trader	ALF 502R-5	BA146-200F_3.1	Taxi In	90,845	28,794
BAE 146-300QT Quiet Trader	ALF 502R-5	BA146-300F_1.1	Taxi Out	9,013	2,857
BAE 146-300QT Quiet Trader	ALF 502R-5	BA146-300F_1.1	Takeoff	14,768	4,681
BAE 146-300QT Quiet Trader	ALF 502R-5	BA146-300F_1.1	Climb Out	8,317	2,636
BAE 146-300QT Quiet Trader	ALF 502R-5	BA146-300F_1.1	Approach	9,577	3,036
BAE 146-300QT Quiet Trader	ALF 502R-5	BA146-300F_1.1	Taxi In	3,978	1,261
BAE 146-300QT Quiet Trader	ALF 502R-5	BA146-300F_2.2	Taxi Out	0,647	0,205
BAE 146-300QT Quiet Trader	ALF 502R-5	BA146-300F_2.2	Takeoff	1,017	0,322
BAE 146-300QT Quiet Trader	ALF 502R-5	BA146-300F_2.2	Climb Out	0,574	0,182
BAE 146-300QT Quiet Trader	ALF 502R-5	BA146-300F_2.2	Approach	0,671	0,213
BAE 146-300QT Quiet Trader	ALF 502R-5	BA146-300F_2.2	Taxi In	0,351	0,111
BAE 146-300QT Quiet Trader	ALF 502R-5	BA146-300F_3.1	Taxi Out	83,967	26,614
BAE 146-300QT Quiet Trader	ALF 502R-5	BA146-300F_3.1	Takeoff	144,427	45,777
BAE 146-300QT Quiet Trader	ALF 502R-5	BA146-300F_3.1	Climb Out	81,364	25,789
BAE 146-300QT Quiet Trader	ALF 502R-5	BA146-300F_3.1	Approach	93,466	29,625
BAE 146-300QT Quiet Trader	ALF 502R-5	BA146-300F_3.1	Taxi In	48,966	15,52
Boeing 717-200 Series	BR700-715A1-30 Improved fuel injector	B712_2.2	Taxi Out	2,444	0,775
Boeing 717-200 Series	BR700-715A1-30 Improved fuel injector	B712_2.2	Takeoff	1,93	0,612
Boeing 717-200 Series	BR700-715A1-30 Improved fuel injector	B712_2.2	Climb Out	1,975	0,626
Boeing 717-200 Series	BR700-715A1-30 Improved fuel injector	B712_2.2	Approach	1,669	0,529
Boeing 717-200 Series	BR700-715A1-30 Improved fuel injector	B712_2.2	Taxi In	1,275	0,404

Boeing 737-300 Series	CFM56-3-B1	B733_1.1(1)	Taxi Out	45,781	14,511
Boeing 737-300 Series	CFM56-3-B1	B733_1.1(1)	Takeoff	43,89	13,911
Boeing 737-300 Series	CFM56-3-B1	B733_1.1(1)	Climb Out	40,246	12,756
Boeing 737-300 Series	CFM56-3-B1	B733_1.1(1)	Approach	27,33	8,662
Boeing 737-300 Series	CFM56-3-B1	B733_1.1(1)	Taxi In	20,046	6,354
Boeing 737-300 Series	CFM56-3-B1	B733_1.2(1)	Taxi Out	8,605	2,728
Boeing 737-300 Series	CFM56-3-B1	B733_1.2(1)	Takeoff	8,643	2,739
Boeing 737-300 Series	CFM56-3-B1	B733_1.2(1)	Climb Out	7,899	2,504
Boeing 737-300 Series	CFM56-3-B1	B733_1.2(1)	Approach	5,346	1,695
Boeing 737-300 Series	CFM56-3-B1	B733_1.2(1)	Taxi In	3,895	1,235
Boeing 737-300 Series	CFM56-3-B1	B733_2.1(1)	Taxi Out	33,808	10,716
Boeing 737-300 Series	CFM56-3-B1	B733_2.1(1)	Takeoff	33,7	10,681
Boeing 737-300 Series	CFM56-3-B1	B733_2.1(1)	Climb Out	30,812	9,766
Boeing 737-300 Series	CFM56-3-B1	B733_2.1(1)	Approach	20,908	6,627
Boeing 737-300 Series	CFM56-3-B1	B733_2.1(1)	Taxi In	17,043	5,402
Boeing 737-300 Series	CFM56-3-B1	B733_2.2	Taxi Out	6,011	1,905
Boeing 737-300 Series	CFM56-3-B1	B733_2.2	Takeoff	5,575	1,767
Boeing 737-300 Series	CFM56-3-B1	B733_2.2	Climb Out	5,121	1,623
Boeing 737-300 Series	CFM56-3-B1	B733_2.2	Approach	3,399	1,077
Boeing 737-300 Series	CFM56-3-B1	B733_2.2	Taxi In	3,064	0,971
Boeing 737-300 Series	CFM56-3B-2	B733_1.1(2)	Taxi Out	66,033	20,93
Boeing 737-300 Series	CFM56-3B-2	B733_1.1(2)	Takeoff	67,698	21,457
Boeing 737-300 Series	CFM56-3B-2	B733_1.1(2)	Climb Out	57,377	18,186
Boeing 737-300 Series	CFM56-3B-2	B733_1.1(2)	Approach	38,67	12,257
Boeing 737-300 Series	CFM56-3B-2	B733_1.1(2)	Taxi In	28,805	9,13
Boeing 737-300 Series	CFM56-3B-2	B733_1.2(2)	Taxi Out	115,34	36,558
Boeing 737-300 Series	CFM56-3B-2	B733_1.2(2)	Takeoff	120,788	38,285
Boeing 737-300 Series	CFM56-3B-2	B733_1.2(2)	Climb Out	102,571	32,511
Boeing 737-300 Series	CFM56-3B-2	B733_1.2(2)	Approach	69,987	22,183
Boeing 737-300 Series	CFM56-3B-2	B733_1.2(2)	Taxi In	51,433	16,302
Boeing 737-300 Series	CFM56-3B-2	B733_2.1(2)	Taxi Out	63,698	20,189
Boeing 737-300 Series	CFM56-3B-2	B733_2.1(2)	Takeoff	67,124	21,275
Boeing 737-300 Series	CFM56-3B-2	B733_2.1(2)	Climb Out	56,981	18,06
Boeing 737-300 Series	CFM56-3B-2	B733_2.1(2)	Approach	38,871	12,321
Boeing 737-300 Series	CFM56-3B-2	B733_2.1(2)	Taxi In	32,938	10,44
Boeing 737-300 Series	CFM56-3C-1	B733_1.1(3)	Taxi Out	7,745	2,455
Boeing 737-300 Series	CFM56-3C-1	B733_1.1(3)	Takeoff	6,894	2,185
Boeing 737-300 Series	CFM56-3C-1	B733_1.1(3)	Climb Out	6,315	2,002
Boeing 737-300 Series	CFM56-3C-1	B733_1.1(3)	Approach	4,281	1,357
Boeing 737-300 Series	CFM56-3C-1	B733_1.1(3)	Taxi In	3,332	1,056
Boeing 737-300 Series	CFM56-3C-1	B733_1.2(3)	Taxi Out	7,364	2,334
Boeing 737-300 Series	CFM56-3C-1	B733_1.2(3)	Takeoff	6,938	2,199
Boeing 737-300 Series	CFM56-3C-1	B733_1.2(3)	Climb Out	6,325	2,005
Boeing 737-300 Series	CFM56-3C-1	B733_1.2(3)	Approach	4,341	1,376
Boeing 737-300 Series	CFM56-3C-1	B733_1.2(3)	Taxi In	3,217	1,02
Boeing 737-300 Series	CFM56-3C-1	B733_2.1(3)	Taxi Out	9,972	3,161
Boeing 737-300 Series	CFM56-3C-1	B733_2.1(3)	Takeoff	9,046	2,867

Boeing 737-300 Series	CFM56-3C-1	B733_2.1(3)	Climb Out	8,291	2,628
Boeing 737-300 Series	CFM56-3C-1	B733_2.1(3)	Approach	5,694	1,805
Boeing 737-300 Series	CFM56-3C-1	B733_2.1(3)	Taxi In	5,106	1,618
Boeing 737-300 Series	CFM56-3C-1	B733_3.1	Taxi Out	1,345	0,426
Boeing 737-300 Series	CFM56-3C-1	B733_3.1	Takeoff	1,285	0,407
Boeing 737-300 Series	CFM56-3C-1	B733_3.1	Climb Out	1,183	0,375
Boeing 737-300 Series	CFM56-3C-1	B733_3.1	Approach	0,777	0,246
Boeing 737-300 Series	CFM56-3C-1	B733_3.1	Taxi In	0,78	0,247
Boeing 737-300 Series Freighter	CFM56-3B-2	B733F_3.1	Taxi Out	1,782	0,565
Boeing 737-300 Series Freighter	CFM56-3B-2	B733F_3.1	Takeoff	1,732	0,549
Boeing 737-300 Series Freighter	CFM56-3B-2	B733F_3.1	Climb Out	1,579	0,5
Boeing 737-300 Series Freighter	CFM56-3B-2	B733F_3.1	Approach	1,053	0,334
Boeing 737-300 Series Freighter	CFM56-3B-2	B733F_3.1	Taxi In	0,986	0,313
Boeing 737-400 Series	CFM56-3C-1	B734_1.1	Taxi Out	34,21	10,843
Boeing 737-400 Series	CFM56-3C-1	B734_1.1	Takeoff	34,807	11,032
Boeing 737-400 Series	CFM56-3C-1	B734_1.1	Climb Out	28,238	8,95
Boeing 737-400 Series	CFM56-3C-1	B734_1.1	Approach	19,61	6,215
Boeing 737-400 Series	CFM56-3C-1	B734_1.1	Taxi In	15,429	4,89
Boeing 737-400 Series	CFM56-3C-1	B734_1.2	Taxi Out	11,889	3,768
Boeing 737-400 Series	CFM56-3C-1	B734_1.2	Takeoff	12,446	3,945
Boeing 737-400 Series	CFM56-3C-1	B734_1.2	Climb Out	10,084	3,196
Boeing 737-400 Series	CFM56-3C-1	B734_1.2	Approach	7,087	2,246
Boeing 737-400 Series	CFM56-3C-1	B734_1.2	Taxi In	5,414	1,716
Boeing 737-400 Series	CFM56-3C-1	B734_2.1	Taxi Out	75,797	24,024
Boeing 737-400 Series	CFM56-3C-1	B734_2.1	Takeoff	78,761	24,964
Boeing 737-400 Series	CFM56-3C-1	B734_2.1	Climb Out	63,774	20,214
Boeing 737-400 Series	CFM56-3C-1	B734_2.1	Approach	44,411	14,076
Boeing 737-400 Series	CFM56-3C-1	B734_2.1	Taxi In	39,41	12,491
Boeing 737-400 Series	CFM56-3C-1	B734_2.2	Taxi Out	6,895	2,186
Boeing 737-400 Series	CFM56-3C-1	B734_2.2	Takeoff	7,456	2,363
Boeing 737-400 Series	CFM56-3C-1	B734_2.2	Climb Out	6,049	1,917
Boeing 737-400 Series	CFM56-3C-1	B734_2.2	Approach	4,172	1,322
Boeing 737-400 Series	CFM56-3C-1	B734_2.2	Taxi In	3,986	1,263
Boeing 737-400 Series	CFM56-3C-1	B734_3.1	Taxi Out	3,639	1,153
Boeing 737-400 Series	CFM56-3C-1	B734_3.1	Takeoff	3,965	1,257
Boeing 737-400 Series	CFM56-3C-1	B734_3.1	Climb Out	3,225	1,022
Boeing 737-400 Series	CFM56-3C-1	B734_3.1	Approach	2,304	0,73
Boeing 737-400 Series	CFM56-3C-1	B734_3.1	Taxi In	2,297	0,728
Boeing 737-500 Series	CFM56-3-B1	B735_1.1(2)	Taxi Out	17,789	5,638
Boeing 737-500 Series	CFM56-3-B1	B735_1.1(2)	Takeoff	18,78	5,953
Boeing 737-500 Series	CFM56-3-B1	B735_1.1(2)	Climb Out	16,791	5,322
Boeing 737-500 Series	CFM56-3-B1	B735_1.1(2)	Approach	11,153	3,535
Boeing 737-500 Series	CFM56-3-B1	B735_1.1(2)	Taxi In	7,868	2,494

Boeing 737-500 Series	CFM56-3-B1	B735_1.2(2)	Taxi Out	32,021	10,149
Boeing 737-500 Series	CFM56-3-B1	B735_1.2(2)	Takeoff	33,838	10,725
Boeing 737-500 Series	CFM56-3-B1	B735_1.2(2)	Climb Out	30,231	9,582
Boeing 737-500 Series	CFM56-3-B1	B735_1.2(2)	Approach	19,771	6,266
Boeing 737-500 Series	CFM56-3-B1	B735_1.2(2)	Taxi In	13,87	4,396
Boeing 737-500 Series	CFM56-3-B1	B735_2.1	Taxi Out	37,029	11,737
Boeing 737-500 Series	CFM56-3-B1	B735_2.1	Takeoff	39,431	12,498
Boeing 737-500 Series	CFM56-3-B1	B735_2.1	Climb Out	35,272	11,18
Boeing 737-500 Series	CFM56-3-B1	B735_2.1	Approach	23,374	7,409
Boeing 737-500 Series	CFM56-3-B1	B735_2.1	Taxi In	18,74	5,94
Boeing 737-500 Series	CFM56-3C-1	B735_1.1(1)	Taxi Out	44,45	14,089
Boeing 737-500 Series	CFM56-3C-1	B735_1.1(1)	Takeoff	42,719	13,54
Boeing 737-500 Series	CFM56-3C-1	B735_1.1(1)	Climb Out	38,201	12,108
Boeing 737-500 Series	CFM56-3C-1	B735_1.1(1)	Approach	25,149	7,971
Boeing 737-500 Series	CFM56-3C-1	B735_1.1(1)	Taxi In	19,177	6,078
Boeing 737-500 Series	CFM56-3C-1	B735_1.2(1)	Taxi Out	16,811	5,328
Boeing 737-500 Series	CFM56-3C-1	B735_1.2(1)	Takeoff	16,418	5,204
Boeing 737-500 Series	CFM56-3C-1	B735_1.2(1)	Climb Out	14,695	4,658
Boeing 737-500 Series	CFM56-3C-1	B735_1.2(1)	Approach	9,527	3,02
Boeing 737-500 Series	CFM56-3C-1	B735_1.2(1)	Taxi In	7,221	2,289
Boeing 737-600 Series	CFM56-7B20	B736_1.1	Taxi Out	7,869	2,494
Boeing 737-600 Series	CFM56-7B20	B736_1.1	Takeoff	9,64	3,055
Boeing 737-600 Series	CFM56-7B20	B736_1.1	Climb Out	8,159	2,586
Boeing 737-600 Series	CFM56-7B20	B736_1.1	Approach	6,155	1,951
Boeing 737-600 Series	CFM56-7B20	B736_1.1	Taxi In	3,661	1,16
Boeing 737-600 Series	CFM56-7B20	B736_1.2	Taxi Out	4,228	1,34
Boeing 737-600 Series	CFM56-7B20	B736_1.2	Takeoff	5,249	1,664
Boeing 737-600 Series	CFM56-7B20	B736_1.2	Climb Out	4,478	1,419
Boeing 737-600 Series	CFM56-7B20	B736_1.2	Approach	3,314	1,051
Boeing 737-600 Series	CFM56-7B20	B736_1.2	Taxi In	1,984	0,629
Boeing 737-600 Series	CFM56-7B20	B736_2.1	Taxi Out	0,683	0,216
Boeing 737-600 Series	CFM56-7B20	B736_2.1	Takeoff	0,966	0,306
Boeing 737-600 Series	CFM56-7B20	B736_2.1	Climb Out	0,813	0,258
Boeing 737-600 Series	CFM56-7B20	B736_2.1	Approach	0,59	0,187
Boeing 737-600 Series	CFM56-7B20	B736_2.1	Taxi In	0,407	0,129
Boeing 737-700 Series	CFM56-7B20	B737_1.1(1)	Taxi Out	8,397	2,661
Boeing 737-700 Series	CFM56-7B20	B737_1.1(1)	Takeoff	10,41	3,299
Boeing 737-700 Series	CFM56-7B20	B737_1.1(1)	Climb Out	8,671	2,748
Boeing 737-700 Series	CFM56-7B20	B737_1.1(1)	Approach	6,57	2,082
Boeing 737-700 Series	CFM56-7B20	B737_1.1(1)	Taxi In	3,865	1,225
Boeing 737-700 Series	CFM56-7B20	B737_1.2(1)	Taxi Out	7,175	2,274
Boeing 737-700 Series	CFM56-7B20	B737_1.2(1)	Takeoff	9,417	2,985
Boeing 737-700 Series	CFM56-7B20	B737_1.2(1)	Climb Out	7,838	2,484
Boeing 737-700 Series	CFM56-7B20	B737_1.2(1)	Approach	5,884	1,865
Boeing 737-700 Series	CFM56-7B20	B737_1.2(1)	Taxi In	3,513	1,113
Boeing 737-700 Series	CFM56-7B20	B737_2.1(1)	Taxi Out	4,679	1,483
Boeing 737-700 Series	CFM56-7B20	B737_2.1(1)	Takeoff	5,99	1,899



Boeing 737-700 Series	CFM56-7B20	B737_2.1(1)	Climb Out	4,96	1,572
Boeing 737-700 Series	CFM56-7B20	B737_2.1(1)	Approach	3,744	1,187
Boeing 737-700 Series	CFM56-7B20	B737_2.1(1)	Taxi In	2,478	0,785
Boeing 737-700 Series	CFM56-7B22	B737_1.1(2)	Taxi Out	13,139	4,165
Boeing 737-700 Series	CFM56-7B22	B737_1.1(2)	Takeoff	15,954	5,057
Boeing 737-700 Series	CFM56-7B22	B737_1.1(2)	Climb Out	13,218	4,19
Boeing 737-700 Series	CFM56-7B22	B737_1.1(2)	Approach	9,884	3,133
Boeing 737-700 Series	CFM56-7B22	B737_1.1(2)	Taxi In	6,092	1,931
Boeing 737-700 Series	CFM56-7B22	B737_1.2(2)	Taxi Out	38,138	12,088
Boeing 737-700 Series	CFM56-7B22	B737_1.2(2)	Takeoff	47,241	14,973
Boeing 737-700 Series	CFM56-7B22	B737_1.2(2)	Climb Out	39,223	12,432
Boeing 737-700 Series	CFM56-7B22	B737_1.2(2)	Approach	29,381	9,312
Boeing 737-700 Series	CFM56-7B22	B737_1.2(2)	Taxi In	17,722	5,617
Boeing 737-700 Series	CFM56-7B22	B737_2.1(2)	Taxi Out	3,171	1,005
Boeing 737-700 Series	CFM56-7B22	B737_2.1(2)	Takeoff	4,019	1,274
Boeing 737-700 Series	CFM56-7B22	B737_2.1(2)	Climb Out	3,313	1,05
Boeing 737-700 Series	CFM56-7B22	B737_2.1(2)	Approach	2,461	0,78
Boeing 737-700 Series	CFM56-7B22	B737_2.1(2)	Taxi In	1,664	0,527
Boeing 737-700 Series	CFM56-7B26 (8CM051)	B737_1.1(3)	Taxi Out	10,672	3,383
Boeing 737-700 Series	CFM56-7B26 (8CM051)	B737_1.1(3)	Takeoff	11,899	3,772
Boeing 737-700 Series	CFM56-7B26 (8CM051)	B737_1.1(3)	Climb Out	9,905	3,139
Boeing 737-700 Series	CFM56-7B26 (8CM051)	B737_1.1(3)	Approach	7,417	2,351
Boeing 737-700 Series	CFM56-7B26 (8CM051)	B737_1.1(3)	Taxi In	4,777	1,514
Boeing 737-700 Series	CFM56-7B26 (8CM051)	B737_1.2(3)	Taxi Out	12,432	3,94
Boeing 737-700 Series	CFM56-7B26 (8CM051)	B737_1.2(3)	Takeoff	14,428	4,573
Boeing 737-700 Series	CFM56-7B26 (8CM051)	B737_1.2(3)	Climb Out	11,971	3,794
Boeing 737-700 Series	CFM56-7B26 (8CM051)	B737_1.2(3)	Approach	8,835	2,8
Boeing 737-700 Series	CFM56-7B26 (8CM051)	B737_1.2(3)	Taxi In	5,593	1,773
Boeing 737-700 Series	CFM56-7B26 (8CM051)	B737_2.1(3)	Taxi Out	5,616	1,78
Boeing 737-700 Series	CFM56-7B26 (8CM051)	B737_2.1(3)	Takeoff	6,473	2,052
Boeing 737-700 Series	CFM56-7B26 (8CM051)	B737_2.1(3)	Climb Out	5,368	1,701
Boeing 737-700 Series	CFM56-7B26 (8CM051)	B737_2.1(3)	Approach	4,052	1,284
Boeing 737-700 Series	CFM56-7B26 (8CM051)	B737_2.1(3)	Taxi In	2,932	0,929
Boeing 737-800 Series	CFM56-7B26 (8CM051)	B738_1.1(2)	Taxi Out	1181,57 7	374,509

Boeing 737-800 Series	CFM56-7B26 (8CM051)	B738_1.1(2)	Takeoff	2034,78 8	644,941
Boeing 737-800 Series	CFM56-7B26 (8CM051)	B738_1.1(2)	Climb Out	630,833	199,947
Boeing 737-800 Series	CFM56-7B26 (8CM051)	B738_1.1(2)	Approach	1262,76	400,241
Boeing 737-800 Series	CFM56-7B26 (8CM051)	B738_1.1(2)	Taxi In	575,557	182,427
Boeing 737-800 Series	CFM56-7B26 (8CM051)	B738_1.2	Taxi Out	1929,23 2	611,484
Boeing 737-800 Series	CFM56-7B26 (8CM051)	B738_1.2	Takeoff	3401,14 8	1078,018
Boeing 737-800 Series	CFM56-7B26 (8CM051)	B738_1.2	Climb Out	1054,97 1	334,381
Boeing 737-800 Series	CFM56-7B26 (8CM051)	B738_1.2	Approach	2111,70 9	669,322
Boeing 737-800 Series	CFM56-7B26 (8CM051)	B738_1.2	Taxi In	945,832	299,788
Boeing 737-800 Series	CFM56-7B26 (8CM051)	B738_2.1(2)	Taxi Out	358,999	113,787
Boeing 737-800 Series	CFM56-7B26 (8CM051)	B738_2.1(2)	Takeoff	628,463	199,196
Boeing 737-800 Series	CFM56-7B26 (8CM051)	B738_2.1(2)	Climb Out	194,927	61,784
Boeing 737-800 Series	CFM56-7B26 (8CM051)	B738_2.1(2)	Approach	390,109	123,648
Boeing 737-800 Series	CFM56-7B26 (8CM051)	B738_2.1(2)	Taxi In	199,295	63,168
Boeing 737-800 Series	CFM56-7B26 (8CM051)	B738_2.2	Taxi Out	118,102	37,433
Boeing 737-800 Series	CFM56-7B26 (8CM051)	B738_2.2	Takeoff	211,732	67,11
Boeing 737-800 Series	CFM56-7B26 (8CM051)	B738_2.2	Climb Out	65,587	20,788
Boeing 737-800 Series	CFM56-7B26 (8CM051)	B738_2.2	Approach	131,3	41,617
Boeing 737-800 Series	CFM56-7B26 (8CM051)	B738_2.2	Taxi In	71,723	22,733
Boeing 737-800 Series	CFM56-7B27	B738_1.1(1)	Taxi Out	32,356	10,256
Boeing 737-800 Series	CFM56-7B27	B738_1.1(1)	Takeoff	54,221	17,186
Boeing 737-800 Series	CFM56-7B27	B738_1.1(1)	Climb Out	16,814	5,329
Boeing 737-800 Series	CFM56-7B27	B738_1.1(1)	Approach	33,655	10,667
Boeing 737-800 Series	CFM56-7B27	B738_1.1(1)	Taxi In	15,719	4,982
Boeing 737-800 Series	CFM56-7B27	B738_2.1(1)	Taxi Out	21,372	6,774
Boeing 737-800 Series	CFM56-7B27	B738_2.1(1)	Takeoff	36,599	11,6
Boeing 737-800 Series	CFM56-7B27	B738_2.1(1)	Climb Out	11,361	3,601
Boeing 737-800 Series	CFM56-7B27	B738_2.1(1)	Approach	22,752	7,212
Boeing 737-800 Series	CFM56-7B27	B738_2.1(1)	Taxi In	11,911	3,775
Boeing 747-400 Series	PW4056 Reduced smoke	B744_3.1	Taxi Out	13,36	4,234
Boeing 747-400 Series	PW4056 Reduced	B744_3.1	Takeoff	23,215	7,358

Boeing 747-400 Series	smoke PW4056 Reduced smoke	B744_3.1	Climb Out	23,679	7,505
Boeing 747-400 Series	smoke PW4056 Reduced smoke	B744_3.1	Approach	11,759	3,727
Boeing 747-400 Series	smoke PW4056 Reduced smoke	B744_3.1	Taxi In	7,786	2,468
Boeing 757-200 Series Freighter	RB211-535C	B752F_2.2	Taxi Out	6,729	2,133
Boeing 757-200 Series Freighter	RB211-535C	B752F_2.2	Takeoff	6,926	2,195
Boeing 757-200 Series Freighter	RB211-535C	B752F_2.2	Climb Out	6,461	2,048
Boeing 757-200 Series Freighter	RB211-535C	B752F_2.2	Approach	4,374	1,386
Boeing 757-200 Series Freighter	RB211-535C	B752F_2.2	Taxi In	3,798	1,204
Boeing 757-200 Series Freighter	RB211-535C	B752F_3.1	Taxi Out	196,727	62,354
Boeing 757-200 Series Freighter	RB211-535C	B752F_3.1	Takeoff	207,707	65,834
Boeing 757-200 Series Freighter	RB211-535C	B752F_3.1	Climb Out	193,877	61,451
Boeing 757-200 Series Freighter	RB211-535C	B752F_3.1	Approach	130,959	41,508
Boeing 757-200 Series Freighter	RB211-535C	B752F_3.1	Taxi In	119,603	37,909
Boeing 767-200 Series Freighter	CF6-80A	B762F_2.2	Taxi Out	10,135	3,212
Boeing 767-200 Series Freighter	CF6-80A	B762F_2.2	Takeoff	22,195	7,035
Boeing 767-200 Series Freighter	CF6-80A	B762F_2.2	Climb Out	12,64	4,006
Boeing 767-200 Series Freighter	CF6-80A	B762F_2.2	Approach	9,351	2,964
Boeing 767-200 Series Freighter	CF6-80A	B762F_2.2	Taxi In	6,237	1,977
Boeing 767-200 Series Freighter	CF6-80A	B762F_3.1	Taxi Out	128,562	40,749
Boeing 767-200 Series Freighter	CF6-80A	B762F_3.1	Takeoff	290,094	91,947
Boeing 767-200 Series Freighter	CF6-80A	B762F_3.1	Climb Out	165,695	52,518
Boeing 767-200 Series Freighter	CF6-80A	B762F_3.1	Approach	122,718	38,896
Boeing 767-200 Series Freighter	CF6-80A	B762F_3.1	Taxi In	85,867	27,216
Boeing 767-300 Series	CF6-80C2B6F	B763_1.1	Taxi Out	27,987	8,871
Boeing 767-300 Series	CF6-80C2B6F	B763_1.1	Takeoff	49,45	15,674
Boeing 767-300 Series	CF6-80C2B6F	B763_1.1	Climb Out	29,59	9,379
Boeing 767-300 Series	CF6-80C2B6F	B763_1.1	Approach	28,513	9,038
Boeing 767-300 Series	CF6-80C2B6F	B763_1.1	Taxi In	14,378	4,557

Boeing 767-300 Series	CF6-80C2B6F	B763_2.2(1)	Taxi Out	41,879	13,274
Boeing 767-300 Series	CF6-80C2B6F	B763_2.2(1)	Takeoff	74,985	23,767
Boeing 767-300 Series	CF6-80C2B6F	B763_2.2(1)	Climb Out	44,806	14,202
Boeing 767-300 Series	CF6-80C2B6F	B763_2.2(1)	Approach	42,996	13,628
Boeing 767-300 Series	CF6-80C2B6F	B763_2.2(1)	Taxi In	25,868	8,199
Boeing 767-300 Series	CF6-80C2B7F	B763_2.2(2)	Taxi Out	17,189	5,448
Boeing 767-300 Series	CF6-80C2B7F	B763_2.2(2)	Takeoff	30,759	9,749
Boeing 767-300 Series	CF6-80C2B7F	B763_2.2(2)	Climb Out	18,403	5,833
Boeing 767-300 Series	CF6-80C2B7F	B763_2.2(2)	Approach	17,678	5,603
Boeing 767-300 Series	CF6-80C2B7F	B763_2.2(2)	Taxi In	10,667	3,381
Boeing MD-81	JT8D-217C	MD81_1.1(1)	Taxi Out	71,552	22,679
Boeing MD-81	JT8D-217C	MD81_1.1(1)	Takeoff	67,643	21,44
Boeing MD-81	JT8D-217C	MD81_1.1(1)	Climb Out	71,183	22,562
Boeing MD-81	JT8D-217C	MD81_1.1(1)	Approach	49,86	15,803
Boeing MD-81	JT8D-217C	MD81_1.1(1)	Taxi In	30,922	9,801
Boeing MD-81	JT8D-217C	MD81_1.2(1)	Taxi Out	71,063	22,524
Boeing MD-81	JT8D-217C	MD81_1.2(1)	Takeoff	68,536	21,723
Boeing MD-81	JT8D-217C	MD81_1.2(1)	Climb Out	72,192	22,882
Boeing MD-81	JT8D-217C	MD81_1.2(1)	Approach	50,604	16,039
Boeing MD-81	JT8D-217C	MD81_1.2(1)	Taxi In	30,643	9,712
Boeing MD-81	JT8D-217C	MD81_2.1(1)	Taxi Out	21,779	6,903
Boeing MD-81	JT8D-217C	MD81_2.1(1)	Takeoff	20,629	6,538
Boeing MD-81	JT8D-217C	MD81_2.1(1)	Climb Out	21,713	6,882
Boeing MD-81	JT8D-217C	MD81_2.1(1)	Approach	15,256	4,835
Boeing MD-81	JT8D-217C	MD81_2.1(1)	Taxi In	10,701	3,392
Boeing MD-81	JT8D-217C	MD81_2.2	Taxi Out	2,58	0,818
Boeing MD-81	JT8D-217C	MD81_2.2	Takeoff	2,517	0,798
Boeing MD-81	JT8D-217C	MD81_2.2	Climb Out	2,65	0,84
Boeing MD-81	JT8D-217C	MD81_2.2	Approach	1,86	0,59
Boeing MD-81	JT8D-217C	MD81_2.2	Taxi In	1,392	0,441
Boeing MD-81	JT8D-219	MD81_1.1(2)	Taxi Out	27,414	8,689
Boeing MD-81	JT8D-219	MD81_1.1(2)	Takeoff	26,38	8,361
Boeing MD-81	JT8D-219	MD81_1.1(2)	Climb Out	27,615	8,753
Boeing MD-81	JT8D-219	MD81_1.1(2)	Approach	19,349	6,133
Boeing MD-81	JT8D-219	MD81_1.1(2)	Taxi In	11,77	3,73
Boeing MD-81	JT8D-219	MD81_1.2(2)	Taxi Out	26,533	8,41
Boeing MD-81	JT8D-219	MD81_1.2(2)	Takeoff	26,297	8,335
Boeing MD-81	JT8D-219	MD81_1.2(2)	Climb Out	27,645	8,762
Boeing MD-81	JT8D-219	MD81_1.2(2)	Approach	19,349	6,133
Boeing MD-81	JT8D-219	MD81_1.2(2)	Taxi In	11,689	3,705
Boeing MD-81	JT8D-219	MD81_2.1(2)	Taxi Out	7,307	2,316
Boeing MD-81	JT8D-219	MD81_2.1(2)	Takeoff	7,037	2,23
Boeing MD-81	JT8D-219	MD81_2.1(2)	Climb Out	7,38	2,339
Boeing MD-81	JT8D-219	MD81_2.1(2)	Approach	5,209	1,651
Boeing MD-81	JT8D-219	MD81_2.1(2)	Taxi In	3,688	1,169
Boeing MD-82	JT8D-217C	MD82_1.1	Taxi Out	116,461	36,913
Boeing MD-82	JT8D-217C	MD82_1.1	Takeoff	121,297	38,446

Boeing MD-82	JT8D-217C	MD82_1.1	Climb Out	121,189	38,412
Boeing MD-82	JT8D-217C	MD82_1.1	Approach	80,696	25,577
Boeing MD-82	JT8D-217C	MD82_1.1	Taxi In	50,742	16,083
Boeing MD-82	JT8D-217C	MD82_1.2	Taxi Out	126,923	40,229
Boeing MD-82	JT8D-217C	MD82_1.2	Takeoff	135,952	43,091
Boeing MD-82	JT8D-217C	MD82_1.2	Climb Out	135,868	43,064
Boeing MD-82	JT8D-217C	MD82_1.2	Approach	90,454	28,67
Boeing MD-82	JT8D-217C	MD82_1.2	Taxi In	55,519	17,597
Boeing MD-82	JT8D-217C	MD82_2.1	Taxi Out	32,991	10,457
Boeing MD-82	JT8D-217C	MD82_2.1	Takeoff	35,598	11,283
Boeing MD-82	JT8D-217C	MD82_2.1	Climb Out	35,583	11,278
Boeing MD-82	JT8D-217C	MD82_2.1	Approach	23,646	7,495
Boeing MD-82	JT8D-217C	MD82_2.1	Taxi In	16,885	5,352
Boeing MD-82	JT8D-217C	MD82_2.2	Taxi Out	4,598	1,457
Boeing MD-82	JT8D-217C	MD82_2.2	Takeoff	5,123	1,624
Boeing MD-82	JT8D-217C	MD82_2.2	Climb Out	5,092	1,614
Boeing MD-82	JT8D-217C	MD82_2.2	Approach	3,378	1,071
Boeing MD-82	JT8D-217C	MD82_2.2	Taxi In	2,582	0,818
Boeing MD-83	JT8D-219 Environmental Kit (E_Kit)	MD83_1.1	Taxi Out	11,697	3,708
Boeing MD-83	JT8D-219 Environmental Kit (E_Kit)	MD83_1.1	Takeoff	12,84	4,07
Boeing MD-83	JT8D-219 Environmental Kit (E_Kit)	MD83_1.1	Climb Out	13,14	4,165
Boeing MD-83	JT8D-219 Environmental Kit (E_Kit)	MD83_1.1	Approach	8,954	2,838
Boeing MD-83	JT8D-219 Environmental Kit (E_Kit)	MD83_1.1	Taxi In	5,368	1,701
Boeing MD-83	JT8D-219 Environmental Kit (E_Kit)	MD83_1.2	Taxi Out	1	0,317
Boeing MD-83	JT8D-219 Environmental Kit (E_Kit)	MD83_1.2	Takeoff	1,145	0,363
Boeing MD-83	JT8D-219 Environmental Kit (E_Kit)	MD83_1.2	Climb Out	1,152	0,365
Boeing MD-83	JT8D-219 Environmental Kit (E_Kit)	MD83_1.2	Approach	0,779	0,247
Boeing MD-83	JT8D-219 Environmental Kit (E_Kit)	MD83_1.2	Taxi In	0,476	0,151
Boeing MD-83	JT8D-219 Environmental Kit	MD83_2.1	Taxi Out	2,532	0,803

Boeing MD-83	(E_Kit) JT8D-219 Environmental Kit	MD83_2.1	Takeoff	2,814	0,892
Boeing MD-83	(E_Kit) JT8D-219 Environmental Kit	MD83_2.1	Climb Out	2,858	0,906
Boeing MD-83	(E_Kit) JT8D-219 Environmental Kit	MD83_2.1	Approach	1,947	0,617
Boeing MD-83	(E_Kit) JT8D-219 Environmental Kit	MD83_2.1	Taxi In	1,303	0,413
Bombardier CRJ-200	CF34-3B	CRJ200_1.1	Taxi Out	0,589	0,187
Bombardier CRJ-200	CF34-3B	CRJ200_1.1	Takeoff	0,48	0,152
Bombardier CRJ-200	CF34-3B	CRJ200_1.1	Climb Out	0,152	0,048
Bombardier CRJ-200	CF34-3B	CRJ200_1.1	Approach	0,343	0,109
Bombardier CRJ-200	CF34-3B	CRJ200_1.1	Taxi In	0,24	0,076
Bombardier CRJ-200	CF34-3B	CRJ200_1.2	Taxi Out	0,55	0,174
Bombardier CRJ-200	CF34-3B	CRJ200_1.2	Takeoff	0,479	0,152
Bombardier CRJ-200	CF34-3B	CRJ200_1.2	Climb Out	0,151	0,048
Bombardier CRJ-200	CF34-3B	CRJ200_1.2	Approach	0,321	0,102
Bombardier CRJ-200	CF34-3B	CRJ200_1.2	Taxi In	0,22	0,07
Bombardier CRJ-200	CF34-3B	CRJ200_2.1	Taxi Out	0,404	0,128
Bombardier CRJ-200	CF34-3B	CRJ200_2.1	Takeoff	0,323	0,102
Bombardier CRJ-200	CF34-3B	CRJ200_2.1	Climb Out	0,102	0,032
Bombardier CRJ-200	CF34-3B	CRJ200_2.1	Approach	0,224	0,071
Bombardier CRJ-200	CF34-3B	CRJ200_2.1	Taxi In	0,185	0,059
Bombardier CRJ-700	CF34-8C1	CRJ700_1.1	Taxi Out	1,314	0,416
Bombardier CRJ-700	CF34-8C1	CRJ700_1.1	Takeoff	1,332	0,422
Bombardier CRJ-700	CF34-8C1	CRJ700_1.1	Climb Out	1,521	0,482
Bombardier CRJ-700	CF34-8C1	CRJ700_1.1	Approach	1,507	0,478
Bombardier CRJ-700	CF34-8C1	CRJ700_1.1	Taxi In	0,502	0,159
Bombardier CRJ-700	CF34-8C1	CRJ700_1.2	Taxi Out	0,805	0,255
Bombardier CRJ-700	CF34-8C1	CRJ700_1.2	Takeoff	0,794	0,252
Bombardier CRJ-700	CF34-8C1	CRJ700_1.2	Climb Out	0,909	0,288
Bombardier CRJ-700	CF34-8C1	CRJ700_1.2	Approach	0,906	0,287
Bombardier CRJ-700	CF34-8C1	CRJ700_1.2	Taxi In	0,305	0,097
Bombardier CRJ-700	CF34-8C1	CRJ700_2.1	Taxi Out	1,929	0,611
Bombardier CRJ-700	CF34-8C1	CRJ700_2.1	Takeoff	1,869	0,592
Bombardier CRJ-700	CF34-8C1	CRJ700_2.1	Climb Out	2,126	0,674
Bombardier CRJ-700	CF34-8C1	CRJ700_2.1	Approach	2,084	0,661
Bombardier CRJ-700	CF34-8C1	CRJ700_2.1	Taxi In	0,799	0,253
Bombardier CRJ-900	CF34-8C5 LEC (8GE110)	CRJ900_1.1	Taxi Out	105,383	33,402
Bombardier CRJ-900	CF34-8C5 LEC (8GE110)	CRJ900_1.1	Takeoff	112,361	35,614
Bombardier CRJ-900	CF34-8C5 LEC (8GE110)	CRJ900_1.1	Climb Out	127,587	40,44

Bombardier CRJ-900	CF34-8C5 LEC (8GE110)	CRJ900_1.1	Approach	126,04	39,949
Bombardier CRJ-900	CF34-8C5 LEC (8GE110)	CRJ900_1.1	Taxi In	39,403	12,489
Bombardier CRJ-900	CF34-8C5 LEC (8GE110)	CRJ900_1.2	Taxi Out	111,762	35,424
Bombardier CRJ-900	CF34-8C5 LEC (8GE110)	CRJ900_1.2	Takeoff	122,651	38,875
Bombardier CRJ-900	CF34-8C5 LEC (8GE110)	CRJ900_1.2	Climb Out	139,229	44,13
Bombardier CRJ-900	CF34-8C5 LEC (8GE110)	CRJ900_1.2	Approach	137,597	43,612
Bombardier CRJ-900	CF34-8C5 LEC (8GE110)	CRJ900_1.2	Taxi In	42,324	13,415
Bombardier CRJ-900	CF34-8C5 LEC (8GE110)	CRJ900_2.1	Taxi Out	182,579	57,87
Bombardier CRJ-900	CF34-8C5 LEC (8GE110)	CRJ900_2.1	Takeoff	198,421	62,891
Bombardier CRJ-900	CF34-8C5 LEC (8GE110)	CRJ900_2.1	Climb Out	225,4	71,442
Bombardier CRJ-900	CF34-8C5 LEC (8GE110)	CRJ900_2.1	Approach	223,086	70,709
Bombardier CRJ-900	CF34-8C5 LEC (8GE110)	CRJ900_2.1	Taxi In	80,996	25,672
Bombardier CRJ-900	CF34-8C5 LEC (8GE110)	CRJ900_2.2	Taxi Out	4,927	1,562
Bombardier CRJ-900	CF34-8C5 LEC (8GE110)	CRJ900_2.2	Takeoff	5,368	1,701
Bombardier CRJ-900	CF34-8C5 LEC (8GE110)	CRJ900_2.2	Climb Out	6,096	1,932
Bombardier CRJ-900	CF34-8C5 LEC (8GE110)	CRJ900_2.2	Approach	6,036	1,913
Bombardier CRJ-900	CF34-8C5 LEC (8GE110)	CRJ900_2.2	Taxi In	2,465	0,781
Bombardier CRJ-900	CF34-8C5 LEC (8GE110)	CRJ900_3.1	Taxi Out	0,764	0,242
Bombardier CRJ-900	CF34-8C5 LEC (8GE110)	CRJ900_3.1	Takeoff	0,798	0,253
Bombardier CRJ-900	CF34-8C5 LEC (8GE110)	CRJ900_3.1	Climb Out	0,91	0,289
Bombardier CRJ-900	CF34-8C5 LEC (8GE110)	CRJ900_3.1	Approach	0,909	0,288
Bombardier CRJ-900	CF34-8C5 LEC (8GE110)	CRJ900_3.1	Taxi In	0,39	0,123
Dornier 228-200 Series	PT6A-28	Dornier228_1.1	Taxi Out	2,054	0,651
Dornier 228-200 Series	PT6A-28	Dornier228_1.1	Takeoff	0,769	0,244
Dornier 228-200 Series	PT6A-28	Dornier228_1.1	Climb Out	1,582	0,501
Dornier 228-200 Series	PT6A-28	Dornier228_1.1	Approach	1,162	0,368

Dornier 228-200 Series	PT6A-28	Dornier228_1.1	Taxi In	0,697	0,221
Dornier 228-200 Series	PT6A-28	Dornier228_2.1	Taxi Out	2,027	0,642
Dornier 228-200 Series	PT6A-28	Dornier228_2.1	Takeoff	0,772	0,245
Dornier 228-200 Series	PT6A-28	Dornier228_2.1	Climb Out	1,585	0,502
Dornier 228-200 Series	PT6A-28	Dornier228_2.1	Approach	1,158	0,367
Dornier 228-200 Series	PT6A-28	Dornier228_2.1	Taxi In	0,809	0,256
Dornier 228-200 Series	PT6A-28	Dornier228_2.2	Taxi Out	10,699	3,391
Dornier 228-200 Series	PT6A-28	Dornier228_2.2	Takeoff	4,198	1,331
Dornier 228-200 Series	PT6A-28	Dornier228_2.2	Climb Out	8,613	2,73
Dornier 228-200 Series	PT6A-28	Dornier228_2.2	Approach	6,334	2,008
Dornier 228-200 Series	PT6A-28	Dornier228_2.2	Taxi In	4,9	1,553
Embraer ERJ135	AE3007A1/3 Type 2	E135_1.2	Taxi Out	0,674	0,214
Embraer ERJ135	AE3007A1/3 Type 2	E135_1.2	Takeoff	0,554	0,176
Embraer ERJ135	AE3007A1/3 Type 2	E135_1.2	Climb Out	0,731	0,232
Embraer ERJ135	AE3007A1/3 Type 2	E135_1.2	Approach	0,862	0,273
Embraer ERJ135	AE3007A1/3 Type 2	E135_1.2	Taxi In	0,296	0,094
Embraer ERJ135	AE3007A1/3 Type 2	E135_2.1	Taxi Out	19,895	6,306
Embraer ERJ135	AE3007A1/3 Type 2	E135_2.1	Takeoff	16,069	5,093
Embraer ERJ135	AE3007A1/3 Type 2	E135_2.1	Climb Out	21,194	6,718
Embraer ERJ135	AE3007A1/3 Type 2	E135_2.1	Approach	25,507	8,085
Embraer ERJ135	AE3007A1/3 Type 2	E135_2.1	Taxi In	9,962	3,157
Embraer ERJ135	AE3007A1/3 Type 2	E135_2.2	Taxi Out	8,06	2,555
Embraer ERJ135	AE3007A1/3 Type 2	E135_2.2	Takeoff	6,496	2,059
Embraer ERJ135	AE3007A1/3 Type 2	E135_2.2	Climb Out	8,584	2,721
Embraer ERJ135	AE3007A1/3 Type 2	E135_2.2	Approach	10,18	3,227
Embraer ERJ135	AE3007A1/3 Type 2	E135_2.2	Taxi In	4,316	1,368



Embraer ERJ135	AE3007A1/3 Type 2	E135_3.1	Taxi Out	4,868	1,543
Embraer ERJ135	AE3007A1/3 Type 2	E135_3.1	Takeoff	4,129	1,309
Embraer ERJ135	AE3007A1/3 Type 2	E135_3.1	Climb Out	5,474	1,735
Embraer ERJ135	AE3007A1/3 Type 2	E135_3.1	Approach	6,635	2,103
Embraer ERJ135	AE3007A1/3 Type 2	E135_3.1	Taxi In	2,884	0,914
Embraer ERJ145	AE3007A	E145_1.1	Taxi Out	1,732	0,549
Embraer ERJ145	AE3007A	E145_1.1	Takeoff	1,227	0,389
Embraer ERJ145	AE3007A	E145_1.1	Climb Out	1,609	0,51
Embraer ERJ145	AE3007A	E145_1.1	Approach	1,902	0,603
Embraer ERJ145	AE3007A	E145_1.1	Taxi In	0,698	0,221
Embraer ERJ145	AE3007A	E145_2.1(1)	Taxi Out	39,039	12,374
Embraer ERJ145	AE3007A	E145_2.1(1)	Takeoff	28,084	8,901
Embraer ERJ145	AE3007A	E145_2.1(1)	Climb Out	36,984	11,722
Embraer ERJ145	AE3007A	E145_2.1(1)	Approach	44,619	14,142
Embraer ERJ145	AE3007A	E145_2.1(1)	Taxi In	19,006	6,024
Embraer ERJ145	AE3007A	E145_2.2(1)	Taxi Out	4,796	1,52
Embraer ERJ145	AE3007A	E145_2.2(1)	Takeoff	3,504	1,11
Embraer ERJ145	AE3007A	E145_2.2(1)	Climb Out	4,633	1,469
Embraer ERJ145	AE3007A	E145_2.2(1)	Approach	5,63	1,785
Embraer ERJ145	AE3007A	E145_2.2(1)	Taxi In	2,589	0,821
Embraer ERJ145	AE3007A	E145_3.1(1)	Taxi Out	16,245	5,149
Embraer ERJ145	AE3007A	E145_3.1(1)	Takeoff	12,299	3,898
Embraer ERJ145	AE3007A	E145_3.1(1)	Climb Out	16,254	5,152
Embraer ERJ145	AE3007A	E145_3.1(1)	Approach	19,748	6,259
Embraer ERJ145	AE3007A	E145_3.1(1)	Taxi In	9,29	2,945
Embraer ERJ145	AE3007A1 Type 3 (reduced emissions)	E145_2.1(2)	Taxi Out	13,279	4,209
Embraer ERJ145	AE3007A1 Type 3 (reduced emissions)	E145_2.1(2)	Takeoff	10,153	3,218
Embraer ERJ145	AE3007A1 Type 3 (reduced emissions)	E145_2.1(2)	Climb Out	13,394	4,245
Embraer ERJ145	AE3007A1 Type 3 (reduced emissions)	E145_2.1(2)	Approach	16,194	5,133
Embraer ERJ145	AE3007A1 Type 3 (reduced emissions)	E145_2.1(2)	Taxi In	6,458	2,047
Embraer ERJ145	AE3007A1 Type 3 (reduced emissions)	E145_2.2(2)	Taxi Out	3	0,951
Embraer ERJ145	AE3007A1 Type 3 (reduced emissions)	E145_2.2(2)	Takeoff	2,298	0,728

Embraer ERJ145	emissions) AE3007A1 Type 3 (reduced emissions)	E145_2.2(2)	Climb Out	3,037	0,963
Embraer ERJ145	emissions) AE3007A1 Type 3 (reduced emissions)	E145_2.2(2)	Approach	3,657	1,159
Embraer ERJ145	emissions) AE3007A1 Type 3 (reduced emissions)	E145_2.2(2)	Taxi In	1,599	0,507
Embraer ERJ145	AE3007A1 Type 3 (reduced emissions)	E145_3.1(2)	Taxi Out	6,926	2,195
Embraer ERJ145	AE3007A1 Type 3 (reduced emissions)	E145_3.1(2)	Takeoff	5,547	1,758
Embraer ERJ145	AE3007A1 Type 3 (reduced emissions)	E145_3.1(2)	Climb Out	7,325	2,322
Embraer ERJ145	AE3007A1 Type 3 (reduced emissions)	E145_3.1(2)	Approach	8,86	2,808
Embraer ERJ145	AE3007A1 Type 3 (reduced emissions)	E145_3.1(2)	Taxi In	3,99	1,265
Embraer ERJ145	AE3007A1/1 Type 3 (reduced emissions)	E145_2.1(3)	Taxi Out	4,329	1,372
Embraer ERJ145	AE3007A1/1 Type 3 (reduced emissions)	E145_2.1(3)	Takeoff	3,403	1,079
Embraer ERJ145	AE3007A1/1 Type 3 (reduced emissions)	E145_2.1(3)	Climb Out	4,462	1,414
Embraer ERJ145	AE3007A1/1 Type 3 (reduced emissions)	E145_2.1(3)	Approach	5,39	1,709
Embraer ERJ145	AE3007A1/1 Type 3 (reduced emissions)	E145_2.1(3)	Taxi In	2,149	0,681
Embraer ERJ145	AE3007A1/1 Type 3 (reduced emissions)	E145_2.2(3)	Taxi Out	2,202	0,698
Embraer ERJ145	AE3007A1/1 Type 3 (reduced emissions)	E145_2.2(3)	Takeoff	1,761	0,558
Embraer ERJ145	AE3007A1/1 Type 3 (reduced emissions)	E145_2.2(3)	Climb Out	2,324	0,736
Embraer ERJ145	AE3007A1/1 Type 3 (reduced emissions)	E145_2.2(3)	Approach	2,742	0,869

Embraer ERJ145	AE3007A1/1 Type 3 (reduced emissions)	E145_2.2(3)	Taxi In	1,167	0,37
Embraer ERJ145	AE3007A1/1 Type 3 (reduced emissions)	E145_3.1(3)	Taxi Out	4,003	1,269
Embraer ERJ145	AE3007A1/1 Type 3 (reduced emissions)	E145_3.1(3)	Takeoff	3,258	1,033
Embraer ERJ145	AE3007A1/1 Type 3 (reduced emissions)	E145_3.1(3)	Climb Out	4,289	1,36
Embraer ERJ145	AE3007A1/1 Type 3 (reduced emissions)	E145_3.1(3)	Approach	5,262	1,668
Embraer ERJ145	AE3007A1/1 Type 3 (reduced emissions)	E145_3.1(3)	Taxi In	2,384	0,756
Embraer ERJ170	CF34-8E5 LEC (8GE108)	E170_1.1	Taxi Out	6,137	1,945
Embraer ERJ170	CF34-8E5 LEC (8GE108)	E170_1.1	Takeoff	4,922	1,56
Embraer ERJ170	CF34-8E5 LEC (8GE108)	E170_1.1	Climb Out	1,544	0,489
Embraer ERJ170	CF34-8E5 LEC (8GE108)	E170_1.1	Approach	2,704	0,857
Embraer ERJ170	CF34-8E5 LEC (8GE108)	E170_1.1	Taxi In	2,343	0,743
Embraer ERJ170	CF34-8E5 LEC (8GE108)	E170_1.2	Taxi Out	12,14	3,848
Embraer ERJ170	CF34-8E5 LEC (8GE108)	E170_1.2	Takeoff	10,233	3,243
Embraer ERJ170	CF34-8E5 LEC (8GE108)	E170_1.2	Climb Out	3,208	1,017
Embraer ERJ170	CF34-8E5 LEC (8GE108)	E170_1.2	Approach	5,639	1,787
Embraer ERJ170	CF34-8E5 LEC (8GE108)	E170_1.2	Taxi In	4,834	1,532
Embraer ERJ170	CF34-8E5 LEC (8GE108)	E170_2.1	Taxi Out	23,499	7,448
Embraer ERJ170	CF34-8E5 LEC (8GE108)	E170_2.1	Takeoff	19,653	6,229
Embraer ERJ170	CF34-8E5 LEC (8GE108)	E170_2.1	Climb Out	6,158	1,952
Embraer ERJ170	CF34-8E5 LEC (8GE108)	E170_2.1	Approach	10,874	3,447
Embraer ERJ170	CF34-8E5 LEC (8GE108)	E170_2.1	Taxi In	10,957	3,473
Embraer ERJ175	CF34-8E5 LEC (8GE108)	E175_1.1	Taxi Out	13,641	4,324
Embraer ERJ175	CF34-8E5 LEC (8GE108)	E175_1.1	Takeoff	18,41	5,835

Embraer ERJ175	CF34-8E5 LEC (8GE108)	E175_1.1	Climb Out	11,2	3,55
Embraer ERJ175	CF34-8E5 LEC (8GE108)	E175_1.1	Approach	14,563	4,616
Embraer ERJ175	CF34-8E5 LEC (8GE108)	E175_1.1	Taxi In	6,242	1,978
Embraer ERJ175	CF34-8E5 LEC (8GE108)	E175_1.2	Taxi Out	34,204	10,841
Embraer ERJ175	CF34-8E5 LEC (8GE108)	E175_1.2	Takeoff	47,874	15,174
Embraer ERJ175	CF34-8E5 LEC (8GE108)	E175_1.2	Climb Out	29,024	9,199
Embraer ERJ175	CF34-8E5 LEC (8GE108)	E175_1.2	Approach	37,946	12,027
Embraer ERJ175	CF34-8E5 LEC (8GE108)	E175_1.2	Taxi In	16,01	5,074
Embraer ERJ175	CF34-8E5 LEC (8GE108)	E175_2.1	Taxi Out	14,491	4,593
Embraer ERJ175	CF34-8E5 LEC (8GE108)	E175_2.1	Takeoff	20,211	6,406
Embraer ERJ175	CF34-8E5 LEC (8GE108)	E175_2.1	Climb Out	12,221	3,874
Embraer ERJ175	CF34-8E5 LEC (8GE108)	E175_2.1	Approach	16,177	5,127
Embraer ERJ175	CF34-8E5 LEC (8GE108)	E175_2.1	Taxi In	7,848	2,487
Embraer ERJ190	CF34-10E6 2253M21	E190_1.1(1)	Taxi Out	188,467	59,736
Embraer ERJ190	CF34-10E6 2253M21	E190_1.1(1)	Takeoff	239,128	75,793
Embraer ERJ190	CF34-10E6 2253M21	E190_1.1(1)	Climb Out	214,786	68,078
Embraer ERJ190	CF34-10E6 2253M21	E190_1.1(1)	Approach	140,81	44,631
Embraer ERJ190	CF34-10E6 2253M21	E190_1.1(1)	Taxi In	86,548	27,432
Embraer ERJ190	CF34-10E6 2253M21	E190_1.2(1)	Taxi Out	261,078	82,75
Embraer ERJ190	CF34-10E6 2253M21	E190_1.2(1)	Takeoff	339,077	107,473
Embraer ERJ190	CF34-10E6 2253M21	E190_1.2(1)	Climb Out	304,548	96,529
Embraer ERJ190	CF34-10E6 2253M21	E190_1.2(1)	Approach	198,982	63,069
Embraer ERJ190	CF34-10E6 2253M21	E190_1.2(1)	Taxi In	120,463	38,182
Embraer ERJ190	CF34-10E6 2253M21	E190_2.1(1)	Taxi Out	288,439	91,423
Embraer ERJ190	CF34-10E6 2253M21	E190_2.1(1)	Takeoff	371,658	117,8
Embraer ERJ190	CF34-10E6 2253M21	E190_2.1(1)	Climb Out	334,111	105,899

Embraer ERJ190	CF34-10E6 2253M21	E190_2.1(1)	Approach	218,583	69,281
Embraer ERJ190	CF34-10E6 2253M21	E190_2.1(1)	Taxi In	151,907	48,148
Embraer ERJ190	CF34-10E6 2253M21	E190_2.2(1)	Taxi Out	10,035	3,181
Embraer ERJ190	CF34-10E6 2253M21	E190_2.2(1)	Takeoff	13,439	4,259
Embraer ERJ190	CF34-10E6 2253M21	E190_2.2(1)	Climb Out	12,026	3,812
Embraer ERJ190	CF34-10E6 2253M21	E190_2.2(1)	Approach	7,882	2,498
Embraer ERJ190	CF34-10E6 2253M21	E190_2.2(1)	Taxi In	5,844	1,852
Embraer ERJ190	CF34-10E6 2253M21	E190_3.1	Taxi Out	2,392	0,758
Embraer ERJ190	CF34-10E6 2253M21	E190_3.1	Takeoff	3,365	1,067
Embraer ERJ190	CF34-10E6 2253M21	E190_3.1	Climb Out	3,011	0,954
Embraer ERJ190	CF34-10E6 2253M21	E190_3.1	Approach	1,95	0,618
Embraer ERJ190	CF34-10E6 2253M21	E190_3.1	Taxi In	1,532	0,486
Embraer ERJ190	CF34-10E7 2253M21	E190_1.1(2)	Taxi Out	88,077	27,917
Embraer ERJ190	CF34-10E7 2253M21	E190_1.1(2)	Takeoff	108,717	34,459
Embraer ERJ190	CF34-10E7 2253M21	E190_1.1(2)	Climb Out	97,634	30,946
Embraer ERJ190	CF34-10E7 2253M21	E190_1.1(2)	Approach	63,885	20,249
Embraer ERJ190	CF34-10E7 2253M21	E190_1.1(2)	Taxi In	40,328	12,782
Embraer ERJ190	CF34-10E7 2253M21	E190_1.2(2)	Taxi Out	86,68	27,474
Embraer ERJ190	CF34-10E7 2253M21	E190_1.2(2)	Takeoff	108,781	34,479
Embraer ERJ190	CF34-10E7 2253M21	E190_1.2(2)	Climb Out	97,645	30,949
Embraer ERJ190	CF34-10E7 2253M21	E190_1.2(2)	Approach	64,519	20,45
Embraer ERJ190	CF34-10E7 2253M21	E190_1.2(2)	Taxi In	39,722	12,59
Embraer ERJ190	CF34-10E7 2253M21	E190_2.1(2)	Taxi Out	78,186	24,782
Embraer ERJ190	CF34-10E7 2253M21	E190_2.1(2)	Takeoff	97,832	31,009
Embraer ERJ190	CF34-10E7 2253M21	E190_2.1(2)	Climb Out	87,866	27,85
Embraer ERJ190	CF34-10E7 2253M21	E190_2.1(2)	Approach	57,823	18,327

Embraer ERJ190	CF34-10E7 2253M21	E190_2.1(2)	Taxi In	41,149	13,043
Embraer ERJ190	CF34-10E7 2253M21	E190_2.2(2)	Taxi Out	5,018	1,591
Embraer ERJ190	CF34-10E7 2253M21	E190_2.2(2)	Takeoff	6,26	1,984
Embraer ERJ190	CF34-10E7 2253M21	E190_2.2(2)	Climb Out	5,636	1,786
Embraer ERJ190	CF34-10E7 2253M21	E190_2.2(2)	Approach	3,566	1,13
Embraer ERJ190	CF34-10E7 2253M21	E190_2.2(2)	Taxi In	2,792	0,885
Embraer ERJ195	CF34-10E5A1 2253M21-PFN	E195_1.1	Taxi Out	87,575	27,758
Embraer ERJ195	CF34-10E5A1 2253M21-PFN	E195_1.1	Takeoff	105,658	33,489
Embraer ERJ195	CF34-10E5A1 2253M21-PFN	E195_1.1	Climb Out	94,981	30,105
Embraer ERJ195	CF34-10E5A1 2253M21-PFN	E195_1.1	Approach	62,045	19,666
Embraer ERJ195	CF34-10E5A1 2253M21-PFN	E195_1.1	Taxi In	39,638	12,563
Embraer ERJ195	CF34-10E5A1 2253M21-PFN	E195_1.2	Taxi Out	144,363	45,757
Embraer ERJ195	CF34-10E5A1 2253M21-PFN	E195_1.2	Takeoff	179,595	56,924
Embraer ERJ195	CF34-10E5A1 2253M21-PFN	E195_1.2	Climb Out	161,145	51,076
Embraer ERJ195	CF34-10E5A1 2253M21-PFN	E195_1.2	Approach	105,673	33,494
Embraer ERJ195	CF34-10E5A1 2253M21-PFN	E195_1.2	Taxi In	66,071	20,942
Embraer ERJ195	CF34-10E5A1 2253M21-PFN	E195_2.1	Taxi Out	211,88	67,157
Embraer ERJ195	CF34-10E5A1 2253M21-PFN	E195_2.1	Takeoff	261,097	82,757
Embraer ERJ195	CF34-10E5A1 2253M21-PFN	E195_2.1	Climb Out	234,657	74,376
Embraer ERJ195	CF34-10E5A1 2253M21-PFN	E195_2.1	Approach	153,535	48,664
Embraer ERJ195	CF34-10E5A1 2253M21-PFN	E195_2.1	Taxi In	111,125	35,222
Embraer ERJ195	CF34-10E5A1 2253M21-PFN	E195_2.2	Taxi Out	5,072	1,608
Embraer ERJ195	CF34-10E5A1 2253M21-PFN	E195_2.2	Takeoff	6,242	1,978
Embraer ERJ195	CF34-10E5A1 2253M21-PFN	E195_2.2	Climb Out	5,626	1,783
Embraer ERJ195	CF34-10E5A1 2253M21-PFN	E195_2.2	Approach	3,801	1,205
Embraer ERJ195	CF34-10E5A1 2253M21-PFN	E195_2.2	Taxi In	2,975	0,943

Fokker F100	TAY Mk650-15	F100_1.1	Taxi Out	40,022	12,685
Fokker F100	TAY Mk650-15	F100_1.1	Takeoff	52,453	16,625
Fokker F100	TAY Mk650-15	F100_1.1	Climb Out	31,431	9,962
Fokker F100	TAY Mk650-15	F100_1.1	Approach	42,103	13,345
Fokker F100	TAY Mk650-15	F100_1.1	Taxi In	18,928	5,999
Fokker F100	TAY Mk650-15	F100_1.2	Taxi Out	68,423	21,687
Fokker F100	TAY Mk650-15	F100_1.2	Takeoff	91,509	29,005
Fokker F100	TAY Mk650-15	F100_1.2	Climb Out	54,827	17,378
Fokker F100	TAY Mk650-15	F100_1.2	Approach	72,939	23,118
Fokker F100	TAY Mk650-15	F100_1.2	Taxi In	32,269	10,228
Fokker F100	TAY Mk650-15	F100_2.1	Taxi Out	170,783	54,131
Fokker F100	TAY Mk650-15	F100_2.1	Takeoff	228,229	72,339
Fokker F100	TAY Mk650-15	F100_2.1	Climb Out	136,681	43,322
Fokker F100	TAY Mk650-15	F100_2.1	Approach	182,794	57,938
Fokker F100	TAY Mk650-15	F100_2.1	Taxi In	92,104	29,193
Fokker F100	TAY Mk650-15	F100_2.2	Taxi Out	4,143	1,313
Fokker F100	TAY Mk650-15	F100_2.2	Takeoff	5,449	1,727
Fokker F100	TAY Mk650-15	F100_2.2	Climb Out	3,286	1,041
Fokker F100	TAY Mk650-15	F100_2.2	Approach	4,435	1,406
Fokker F100	TAY Mk650-15	F100_2.2	Taxi In	2,389	0,757
Fokker F70	TAY Mk620-15	F70_1.1	Taxi Out	51,788	16,414
Fokker F70	TAY Mk620-15	F70_1.1	Takeoff	26,439	8,38
Fokker F70	TAY Mk620-15	F70_1.1	Climb Out	20,519	6,504
Fokker F70	TAY Mk620-15	F70_1.1	Approach	22,955	7,276
Fokker F70	TAY Mk620-15	F70_1.1	Taxi In	19,322	6,124
Fokker F70	TAY Mk620-15	F70_1.2	Taxi Out	57,799	18,32
Fokker F70	TAY Mk620-15	F70_1.2	Takeoff	30,495	9,666
Fokker F70	TAY Mk620-15	F70_1.2	Climb Out	23,638	7,492
Fokker F70	TAY Mk620-15	F70_1.2	Approach	26,511	8,403
Fokker F70	TAY Mk620-15	F70_1.2	Taxi In	22,043	6,987
Fokker F70	TAY Mk620-15	F70_2.1	Taxi Out	106,71	33,823
Fokker F70	TAY Mk620-15	F70_2.1	Takeoff	55,678	17,647
Fokker F70	TAY Mk620-15	F70_2.1	Climb Out	43,155	13,678
Fokker F70	TAY Mk620-15	F70_2.1	Approach	48,211	15,281
Fokker F70	TAY Mk620-15	F70_2.1	Taxi In	47,265	14,981
Fokker F70	TAY Mk620-15	F70_2.2	Taxi Out	2,051	0,65
Fokker F70	TAY Mk620-15	F70_2.2	Takeoff	1,112	0,352
Fokker F70	TAY Mk620-15	F70_2.2	Climb Out	0,863	0,273
Fokker F70	TAY Mk620-15	F70_2.2	Approach	0,957	0,303
Fokker F70	TAY Mk620-15	F70_2.2	Taxi In	0,99	0,314
Saab 2000	AE3007A	Saab_1.2	Taxi Out	0,542	0,172
Saab 2000	AE3007A	Saab_1.2	Takeoff	0,162	0,051
Saab 2000	AE3007A	Saab_1.2	Climb Out	0,333	0,105
Saab 2000	AE3007A	Saab_1.2	Approach	0,198	0,063
Saab 2000	AE3007A	Saab_1.2	Taxi In	0,218	0,069
de Havilland DHC-8-300	PW123	Dash8_2.1	Taxi Out	15,056	4,772

de Havilland DHC-8-300	PW123	Dash8_2.1	Takeoff	6,142	1,947
de Havilland DHC-8-300	PW123	Dash8_2.1	Climb Out	8,29	2,628
de Havilland DHC-8-300	PW123	Dash8_2.1	Approach	4,797	1,52
de Havilland DHC-8-300	PW123	Dash8_2.1	Taxi In	6,26	1,984
de Havilland DHC-8-300	PW123	Dash8_2.2	Taxi Out	15,445	4,895
de Havilland DHC-8-300	PW123	Dash8_2.2	Takeoff	6,472	2,051
de Havilland DHC-8-300	PW123	Dash8_2.2	Climb Out	8,727	2,766
de Havilland DHC-8-300	PW123	Dash8_2.2	Approach	4,999	1,584
de Havilland DHC-8-300	PW123	Dash8_2.2	Taxi In	7,172	2,273



Type	Engine	ID	Mode	CO2	Fuel Consumption
ATR 42-500	PW127E	Atr42_2.2	Taxi Out	2,881	0,913
ATR 42-500	PW127E	Atr42_2.2	Takeoff	1,209	0,383
ATR 42-500	PW127E	Atr42_2.2	Climb Out	1,597	0,506
ATR 42-500	PW127E	Atr42_2.2	Approach	0,924	0,293
ATR 42-500	PW127E	Atr42_2.2	Taxi In	1,349	0,428
ATR 72-500	PW127F	Atr72_2.2	Taxi Out	7,937	2,516
ATR 72-500	PW127F	Atr72_2.2	Takeoff	3,686	1,168
ATR 72-500	PW127F	Atr72_2.2	Climb Out	7,698	2,44
ATR 72-500	PW127F	Atr72_2.2	Approach	4,173	1,323
ATR 72-500	PW127F	Atr72_2.2	Taxi In	3,79	1,201
Airbus A300B4-600 Series	PW4158	A300_3.1	Taxi Out	182,502	57,845
Airbus A300B4-600 Series	PW4158	A300_3.1	Takeoff	290,501	92,076
Airbus A300B4-600 Series	PW4158	A300_3.1	Climb Out	161,064	51,05
Airbus A300B4-600 Series	PW4158	A300_3.1	Approach	109,042	34,562
Airbus A300B4-600 Series	PW4158	A300_3.1	Taxi In	123,45	39,129
Airbus A310-300 Series	CF6-80C2A2 1862M39	A310_1.1	Taxi Out	2,409	0,764
Airbus A310-300 Series	CF6-80C2A2 1862M39	A310_1.1	Takeoff	3,023	0,958
Airbus A310-300 Series	CF6-80C2A2 1862M39	A310_1.1	Climb Out	1,772	0,562
Airbus A310-300 Series	CF6-80C2A2 1862M39	A310_1.1	Approach	1,489	0,472
Airbus A310-300 Series	CF6-80C2A2 1862M39	A310_1.1	Taxi In	1,126	0,357
Airbus A318-100 Series	CFM56-5B8/P	A318_2.1	Taxi Out	5,322	1,687
Airbus A318-100 Series	CFM56-5B8/P	A318_2.1	Takeoff	8,581	2,72
Airbus A318-100 Series	CFM56-5B8/P	A318_2.1	Climb Out	3,562	1,129
Airbus A318-100 Series	CFM56-5B8/P	A318_2.1	Approach	3,728	1,182
Airbus A318-100 Series	CFM56-5B8/P	A318_2.1	Taxi In	2,581	0,818
Airbus A319-100 Series	CFM56-5A5	A319_2.1(1)	Taxi Out	20,038	6,351
Airbus A319-100 Series	CFM56-5A5	A319_2.1(1)	Takeoff	33,677	10,674
Airbus A319-100 Series	CFM56-5A5	A319_2.1(1)	Climb Out	13,789	4,37
Airbus A319-100 Series	CFM56-5A5	A319_2.1(1)	Approach	15,041	4,767
Airbus A319-100	CFM56-5A5	A319_2.1(1)	Taxi In	9,934	3,149

Airbus A319-100 Series	CFM56-5B5/3	A319_1.1(1)	Taxi Out	426,267	135,108
Airbus A319-100 Series	CFM56-5B5/3	A319_1.1(1)	Takeoff	753,34	238,776
Airbus A319-100 Series	CFM56-5B5/3	A319_1.1(1)	Climb Out	308,003	97,624
Airbus A319-100 Series	CFM56-5B5/3	A319_1.1(1)	Approach	328,512	104,124
Airbus A319-100 Series	CFM56-5B5/3	A319_1.1(1)	Taxi In	181,851	57,639
Airbus A319-100 Series	CFM56-5B5/P	A319_2.1(2)	Taxi Out	32,881	10,422
Airbus A319-100 Series	CFM56-5B5/P	A319_2.1(2)	Takeoff	57,131	18,108
Airbus A319-100 Series	CFM56-5B5/P	A319_2.1(2)	Climb Out	23,435	7,428
Airbus A319-100 Series	CFM56-5B5/P	A319_2.1(2)	Approach	24,904	7,894
Airbus A319-100 Series	CFM56-5B5/P	A319_2.1(2)	Taxi In	16,03	5,081
Airbus A319-100 Series	CFM56-5B6/P	A319_1.1(2)	Taxi Out	206,507	65,454
Airbus A319-100 Series	CFM56-5B6/P	A319_1.1(2)	Takeoff	367,528	116,491
Airbus A319-100 Series	CFM56-5B6/P	A319_1.1(2)	Climb Out	150,181	47,601
Airbus A319-100 Series	CFM56-5B6/P	A319_1.1(2)	Approach	159,339	50,504
Airbus A319-100 Series	CFM56-5B6/P	A319_1.1(2)	Taxi In	78,866	24,997
Airbus A319-100 Series	V2522-A5	A319_1.1(3)	Taxi Out	302,946	96,021
Airbus A319-100 Series	V2522-A5	A319_1.1(3)	Takeoff	413,93	131,198
Airbus A319-100 Series	V2522-A5	A319_1.1(3)	Climb Out	169,452	53,709
Airbus A319-100 Series	V2522-A5	A319_1.1(3)	Approach	180,27	57,138
Airbus A319-100 Series	V2522-A5	A319_1.1(3)	Taxi In	121,731	38,584
Airbus A319-100 Series	V2524-A5	A319_1.2	Taxi Out	246,746	78,208
Airbus A319-100 Series	V2524-A5	A319_1.2	Takeoff	333,311	105,645
Airbus A319-100 Series	V2524-A5	A319_1.2	Climb Out	136,357	43,219
Airbus A319-100 Series	V2524-A5	A319_1.2	Approach	145,411	46,089
Airbus A319-100 Series	V2524-A5	A319_1.2	Taxi In	100,05	31,712
Airbus A320-200	CFM56-5-A1	A320_2.1	Taxi Out	82,409	26,12

Series					
Airbus A320-200 Series	CFM56-5-A1	A320_2.1	Takeoff	131,242	41,598
Airbus A320-200 Series	CFM56-5-A1	A320_2.1	Climb Out	57,629	18,266
Airbus A320-200 Series	CFM56-5-A1	A320_2.1	Approach	44,778	14,193
Airbus A320-200 Series	CFM56-5-A1	A320_2.1	Taxi In	46,689	14,798
Airbus A320-200 Series	CFM56-5B4/P	A320_1.1(1)	Taxi Out	698,834	221,5
Airbus A320-200 Series	CFM56-5B4/P	A320_1.1(1)	Takeoff	1064,164	337,294
Airbus A320-200 Series	CFM56-5B4/P	A320_1.1(1)	Climb Out	466,328	147,806
Airbus A320-200 Series	CFM56-5B4/P	A320_1.1(1)	Approach	361,645	114,626
Airbus A320-200 Series	CFM56-5B4/P	A320_1.1(1)	Taxi In	343,058	108,735
Airbus A320-200 Series	CFM56-5B6/3	A320_1.1(2)	Taxi Out	191,323	60,641
Airbus A320-200 Series	CFM56-5B6/3	A320_1.1(2)	Takeoff	358,625	113,669
Airbus A320-200 Series	CFM56-5B6/3	A320_1.1(2)	Climb Out	157,289	49,854
Airbus A320-200 Series	CFM56-5B6/3	A320_1.1(2)	Approach	121,901	38,637
Airbus A320-200 Series	CFM56-5B6/3	A320_1.1(2)	Taxi In	83,681	26,523
Airbus A320-200 Series	V2527-A5	A320_1.2(1)	Taxi Out	951,945	301,726
Airbus A320-200 Series	V2527-A5	A320_1.2(1)	Takeoff	1185,26	375,677
Airbus A320-200 Series	V2527-A5	A320_1.2(1)	Climb Out	525,11	166,437
Airbus A320-200 Series	V2527-A5	A320_1.2(1)	Approach	441,444	139,919
Airbus A320-200 Series	V2527-A5	A320_1.2(1)	Taxi In	453,066	143,602
Airbus A320-200 Series	V2527E-A5	A320_1.2(2)	Taxi Out	97,953	31,047
Airbus A320-200 Series	V2527E-A5	A320_1.2(2)	Takeoff	122,586	38,854
Airbus A320-200 Series	V2527E-A5	A320_1.2(2)	Climb Out	54,292	17,208
Airbus A320-200 Series	V2527E-A5	A320_1.2(2)	Approach	45,538	14,434
Airbus A320-200 Series	V2527E-A5	A320_1.2(2)	Taxi In	46,689	14,798
Airbus A321-200 Series	CFM56-5B2/P	A321_1.2(2)	Taxi Out	35,474	11,244
Airbus A321-200	CFM56-5B2/P	A321_1.2(2)	Takeoff	67,387	21,359

Airbus A321-200 Series	CFM56-5B2/P	A321_1.2(2)	Climb Out	26,883	8,521
Airbus A321-200 Series	CFM56-5B2/P	A321_1.2(2)	Approach	24,852	7,877
Airbus A321-200 Series	CFM56-5B2/P	A321_1.2(2)	Taxi In	20,152	6,387
Airbus A321-200 Series	CFM56-5B3/P	A321_1.2(1)	Taxi Out	27,05	8,574
Airbus A321-200 Series	CFM56-5B3/P	A321_1.2(1)	Takeoff	50,805	16,103
Airbus A321-200 Series	CFM56-5B3/P	A321_1.2(1)	Climb Out	20,289	6,431
Airbus A321-200 Series	CFM56-5B3/P	A321_1.2(1)	Approach	18,857	5,977
Airbus A321-200 Series	CFM56-5B3/P	A321_1.2(1)	Taxi In	15,397	4,88
Airbus A321-200 Series	CFM56-5B4/P	A321_1.1	Taxi Out	4,761	1,509
Airbus A321-200 Series	CFM56-5B4/P	A321_1.1	Takeoff	9,855	3,124
Airbus A321-200 Series	CFM56-5B4/P	A321_1.1	Climb Out	3,941	1,249
Airbus A321-200 Series	CFM56-5B4/P	A321_1.1	Approach	3,677	1,166
Airbus A321-200 Series	CFM56-5B4/P	A321_1.1	Taxi In	2,885	0,914
Airbus A321-200 Series	V2530-A5	A321_1.2(3)	Taxi Out	19,365	6,138
Airbus A321-200 Series	V2530-A5	A321_1.2(3)	Takeoff	30,422	9,643
Airbus A321-200 Series	V2530-A5	A321_1.2(3)	Climb Out	12,129	3,844
Airbus A321-200 Series	V2530-A5	A321_1.2(3)	Approach	11,216	3,555
Airbus A321-200 Series	V2530-A5	A321_1.2(3)	Taxi In	10,205	3,235
Airbus A321-200 Series	V2533-A5	A321_1.2(4)	Taxi Out	108,529	34,399
Airbus A321-200 Series	V2533-A5	A321_1.2(4)	Takeoff	169,801	53,82
Airbus A321-200 Series	V2533-A5	A321_1.2(4)	Climb Out	67,839	21,502
Airbus A321-200 Series	V2533-A5	A321_1.2(4)	Approach	63,355	20,081
Airbus A321-200 Series	V2533-A5	A321_1.2(4)	Taxi In	57,796	18,319
Airbus A330-200 Series	PW4168A Talon II	A330_1.2	Taxi Out	4,603	1,459
Airbus A330-200 Series	PW4168A Talon II	A330_1.2	Takeoff	8,19	2,596
Airbus A330-200 Series	PW4168A Talon II	A330_1.2	Climb Out	3,93	1,246

Series Airbus A330-200 Series	PW4168A Talon II	A330_1.2	Approach	2,401	0,761
Series Airbus A330-200 Series	PW4168A Talon II	A330_1.2	Taxi In	2,08	0,659
Avro RJ-100	LF507-1F, -1H	AvroRJ100_2.1	Taxi Out	128,377	40,69
Avro RJ-100	LF507-1F, -1H	AvroRJ100_2.1	Takeoff	136,518	43,27
Avro RJ-100	LF507-1F, -1H	AvroRJ100_2.1	Climb Out	183,318	58,104
Avro RJ-100	LF507-1F, -1H	AvroRJ100_2.1	Approach	140,551	44,549
Avro RJ-100	LF507-1F, -1H	AvroRJ100_2.1	Taxi In	45,352	14,375
Avro RJ-85	LF507-1F, -1H	AvroRJ85_2.1	Taxi Out	46,711	14,805
Avro RJ-85	LF507-1F, -1H	AvroRJ85_2.1	Takeoff	44,826	14,208
Avro RJ-85	LF507-1F, -1H	AvroRJ85_2.1	Climb Out	60,096	19,048
Avro RJ-85	LF507-1F, -1H	AvroRJ85_2.1	Approach	45,706	14,487
Avro RJ-85	LF507-1F, -1H	AvroRJ85_2.1	Taxi In	20,421	6,472
BAE 146-200QT Quiet Trader	ALF 502R-5	BA146- 200F_3.1	Taxi Out	182,008	57,689
BAE 146-200QT Quiet Trader	ALF 502R-5	BA146- 200F_3.1	Takeoff	291,711	92,46
BAE 146-200QT Quiet Trader	ALF 502R-5	BA146- 200F_3.1	Climb Out	168,871	53,525
BAE 146-200QT Quiet Trader	ALF 502R-5	BA146- 200F_3.1	Approach	202,101	64,057
BAE 146-200QT Quiet Trader	ALF 502R-5	BA146- 200F_3.1	Taxi In	103,915	32,937
BAE 146-300QT Quiet Trader	ALF 502R-5	BA146- 300F_3.1	Taxi Out	93,824	29,738
BAE 146-300QT Quiet Trader	ALF 502R-5	BA146- 300F_3.1	Takeoff	160,059	50,732
BAE 146-300QT Quiet Trader	ALF 502R-5	BA146- 300F_3.1	Climb Out	90,282	28,616
BAE 146-300QT Quiet Trader	ALF 502R-5	BA146- 300F_3.1	Approach	104,08	32,989
BAE 146-300QT Quiet Trader	ALF 502R-5	BA146- 300F_3.1	Taxi In	54,881	17,395
Boeing 717-200 Series	BR700-715A1-30 Improved fuel injector	B712_1.1	Taxi Out	2,322	0,736
Boeing 717-200 Series	BR700-715A1-30 Improved fuel injector	B712_1.1	Takeoff	1,925	0,61
Boeing 717-200 Series	BR700-715A1-30 Improved fuel injector	B712_1.1	Climb Out	1,959	0,621
Boeing 717-200 Series	BR700-715A1-30 Improved fuel injector	B712_1.1	Approach	1,618	0,513
Boeing 717-200 Series	BR700-715A1-30 Improved fuel injector	B712_1.1	Taxi In	0,989	0,314
Boeing 737-300 Series	CFM56-3-B1	B733_1.2(1)	Taxi Out	93,378	29,597

Boeing 737-300 Series	CFM56-3-B1	B733_1.2(1)	Takeoff	91,68	29,059
Boeing 737-300 Series	CFM56-3-B1	B733_1.2(1)	Climb Out	84,045	26,639
Boeing 737-300 Series	CFM56-3-B1	B733_1.2(1)	Approach	57,024	18,074
Boeing 737-300 Series	CFM56-3-B1	B733_1.2(1)	Taxi In	40,898	12,963
Boeing 737-300 Series	CFM56-3B-2	B733_1.2(2)	Taxi Out	234,349	74,279
Boeing 737-300 Series	CFM56-3B-2	B733_1.2(2)	Takeoff	255,531	80,992
Boeing 737-300 Series	CFM56-3B-2	B733_1.2(2)	Climb Out	216,911	68,752
Boeing 737-300 Series	CFM56-3B-2	B733_1.2(2)	Approach	147,056	46,61
Boeing 737-300 Series	CFM56-3B-2	B733_1.2(2)	Taxi In	94,996	30,11
Boeing 737-300 Series	CFM56-3C-1	B733_1.2(3)	Taxi Out	26,633	8,442
Boeing 737-300 Series	CFM56-3C-1	B733_1.2(3)	Takeoff	24,096	7,637
Boeing 737-300 Series	CFM56-3C-1	B733_1.2(3)	Climb Out	22,104	7,006
Boeing 737-300 Series	CFM56-3C-1	B733_1.2(3)	Approach	15,098	4,785
Boeing 737-300 Series	CFM56-3C-1	B733_1.2(3)	Taxi In	11,466	3,634
Boeing 737-300 Series Freighter	CFM56-3B-2	B733F_3.1	Taxi Out	1,771	0,561
Boeing 737-300 Series Freighter	CFM56-3B-2	B733F_3.1	Takeoff	1,732	0,549
Boeing 737-300 Series Freighter	CFM56-3B-2	B733F_3.1	Climb Out	1,58	0,501
Boeing 737-300 Series Freighter	CFM56-3B-2	B733F_3.1	Approach	1,049	0,332
Boeing 737-300 Series Freighter	CFM56-3B-2	B733F_3.1	Taxi In	1,012	0,321
Boeing 737-400 Series	CFM56-3C-1	B734_1.2	Taxi Out	131,188	41,581
Boeing 737-400 Series	CFM56-3C-1	B734_1.2	Takeoff	137,42	43,556
Boeing 737-400 Series	CFM56-3C-1	B734_1.2	Climb Out	111,392	35,306
Boeing 737-400 Series	CFM56-3C-1	B734_1.2	Approach	77,57	24,586
Boeing 737-400 Series	CFM56-3C-1	B734_1.2	Taxi In	59,675	18,914
Boeing 737-500 Series	CFM56-3-B1	B735_1.2(2)	Taxi Out	86,27	27,344
Boeing 737-500 Series	CFM56-3-B1	B735_1.2(2)	Takeoff	92,22	29,23
Boeing 737-500 Series	CFM56-3-B1	B735_1.2(2)	Climb Out	82,308	26,088
Boeing 737-500 Series	CFM56-3-B1	B735_1.2(2)	Approach	53,754	17,038
Boeing 737-500 Series	CFM56-3-B1	B735_1.2(2)	Taxi In	37,446	11,869
Boeing 737-500 Series	CFM56-3C-1	B735_1.2(1)	Taxi Out	59,838	18,966
Boeing 737-500 Series	CFM56-3C-1	B735_1.2(1)	Takeoff	59,206	18,766
Boeing 737-500 Series	CFM56-3C-1	B735_1.2(1)	Climb Out	52,896	16,766
Boeing 737-500 Series	CFM56-3C-1	B735_1.2(1)	Approach	34,649	10,982
Boeing 737-500 Series	CFM56-3C-1	B735_1.2(1)	Taxi In	25,904	8,211
Boeing 737-600 Series	CFM56-7B20	B736_1.1	Taxi Out	12,903	4,09
Boeing 737-600 Series	CFM56-7B20	B736_1.1	Takeoff	15,737	4,988
Boeing 737-600 Series	CFM56-7B20	B736_1.1	Climb Out	13,427	4,256
Boeing 737-600 Series	CFM56-7B20	B736_1.1	Approach	9,797	3,105
Boeing 737-600 Series	CFM56-7B20	B736_1.1	Taxi In	5,873	1,862
Boeing 737-700 Series	CFM56-7B20	B737_1.2(1)	Taxi Out	19,724	6,252
Boeing 737-700 Series	CFM56-7B20	B737_1.2(1)	Takeoff	25,832	8,188
Boeing 737-700 Series	CFM56-7B20	B737_1.2(1)	Climb Out	21,465	6,804
Boeing 737-700 Series	CFM56-7B20	B737_1.2(1)	Approach	16,175	5,127

Boeing 737-700 Series	CFM56-7B20	B737_1.2(1)	Taxi In	9,422	2,986
Boeing 737-700 Series	CFM56-7B22	B737_1.1	Taxi Out	55,581	17,617
Boeing 737-700 Series	CFM56-7B22	B737_1.1	Takeoff	67,126	21,276
Boeing 737-700 Series	CFM56-7B22	B737_1.1	Climb Out	55,736	17,666
Boeing 737-700 Series	CFM56-7B22	B737_1.1	Approach	41,844	13,263
Boeing 737-700 Series	CFM56-7B22	B737_1.1	Taxi In	25,71	8,149
Boeing 737-700 Series	CFM56-7B26 (8CM051)	B737_1.2(2)	Taxi Out	28,463	9,022
Boeing 737-700 Series	CFM56-7B26 (8CM051)	B737_1.2(2)	Takeoff	32,694	10,363
Boeing 737-700 Series	CFM56-7B26 (8CM051)	B737_1.2(2)	Climb Out	27,238	8,633
Boeing 737-700 Series	CFM56-7B26 (8CM051)	B737_1.2(2)	Approach	20,463	6,486
Boeing 737-700 Series	CFM56-7B26 (8CM051)	B737_1.2(2)	Taxi In	12,982	4,115
Boeing 737-800 Series	CFM56-7B26 (8CM051)	B738_1.1	Taxi Out	1824,317	578,23
Boeing 737-800 Series	CFM56-7B26 (8CM051)	B738_1.1	Takeoff	3138,172	994,666
Boeing 737-800 Series	CFM56-7B26 (8CM051)	B738_1.1	Climb Out	973,211	308,466
Boeing 737-800 Series	CFM56-7B26 (8CM051)	B738_1.1	Approach	1948,176	617,489
Boeing 737-800 Series	CFM56-7B26 (8CM051)	B738_1.1	Taxi In	887,982	281,452
Boeing 737-800 Series	CFM56-7B26 (8CM051)	B738_1.2	Taxi Out	1779,514	564,03
Boeing 737-800 Series	CFM56-7B26 (8CM051)	B738_1.2	Takeoff	3136,346	994,088
Boeing 737-800 Series	CFM56-7B26 (8CM051)	B738_1.2	Climb Out	972,944	308,382
Boeing 737-800 Series	CFM56-7B26 (8CM051)	B738_1.2	Approach	1947,702	617,338
Boeing 737-800 Series	CFM56-7B26 (8CM051)	B738_1.2	Taxi In	873,544	276,876
Boeing 737-800 Series	CFM56-7B27	B738_1.2	Taxi Out	53,382	16,92
Boeing 737-800 Series	CFM56-7B27	B738_1.2	Takeoff	90,777	28,772
Boeing 737-800 Series	CFM56-7B27	B738_1.2	Climb Out	28,198	8,938
Boeing 737-800 Series	CFM56-7B27	B738_1.2	Approach	56,407	17,879
Boeing 737-800 Series	CFM56-7B27	B738_1.2	Taxi In	25,906	8,211
Boeing 747-400 Series	PW4056 Reduced smoke	B744_1.2	Taxi Out	14,098	4,469
Boeing 747-400 Series	PW4056 Reduced smoke	B744_1.2	Takeoff	23,138	7,334
Boeing 747-400 Series	PW4056 Reduced smoke	B744_1.2	Climb Out	23,828	7,553
Boeing 747-400 Series	PW4056 Reduced smoke	B744_1.2	Approach	11,821	3,747
Boeing 747-400 Series	PW4056 Reduced smoke	B744_1.2	Taxi In	5,827	1,847

Boeing 757-200 Series Freighter	RB211-535C	B752F_3.1	Taxi Out	204,316	64,759
Boeing 757-200 Series Freighter	RB211-535C	B752F_3.1	Takeoff	214,542	68,001
Boeing 757-200 Series Freighter	RB211-535C	B752F_3.1	Climb Out	200,398	63,518
Boeing 757-200 Series Freighter	RB211-535C	B752F_3.1	Approach	134,551	42,647
Boeing 757-200 Series Freighter	RB211-535C	B752F_3.1	Taxi In	123,102	39,018
Boeing 767-200 Series Freighter	CF6-80A	B762F_3.1	Taxi Out	139,076	44,081
Boeing 767-200 Series Freighter	CF6-80A	B762F_3.1	Takeoff	312,051	98,907
Boeing 767-200 Series Freighter	CF6-80A	B762F_3.1	Climb Out	178,33	56,523
Boeing 767-200 Series Freighter	CF6-80A	B762F_3.1	Approach	132,031	41,848
Boeing 767-200 Series Freighter	CF6-80A	B762F_3.1	Taxi In	92,236	29,235
Boeing 767-300 Series	CF6-80C2B6F	B763_1.1	Taxi Out	17,436	5,527
Boeing 767-300 Series	CF6-80C2B6F	B763_1.1	Takeoff	30,782	9,756
Boeing 767-300 Series	CF6-80C2B6F	B763_1.1	Climb Out	18,405	5,834
Boeing 767-300 Series	CF6-80C2B6F	B763_1.1	Approach	17,649	5,594
Boeing 767-300 Series	CF6-80C2B6F	B763_1.1	Taxi In	8,797	2,788
Boeing 767-300 Series	CF6-80C2B7F	B763_2.2	Taxi Out	70,247	22,265
Boeing 767-300 Series	CF6-80C2B7F	B763_2.2	Takeoff	124,467	39,451
Boeing 767-300 Series	CF6-80C2B7F	B763_2.2	Climb Out	74,399	23,581
Boeing 767-300 Series	CF6-80C2B7F	B763_2.2	Approach	72,095	22,851
Boeing 767-300 Series	CF6-80C2B7F	B763_2.2	Taxi In	43,775	13,875
Boeing MD-81	JT8D-217C	MD81_1.2(1)	Taxi Out	166,165	52,667
Boeing MD-81	JT8D-217C	MD81_1.2(1)	Takeoff	159,393	50,521
Boeing MD-81	JT8D-217C	MD81_1.2(1)	Climb Out	167,623	53,129
Boeing MD-81	JT8D-217C	MD81_1.2(1)	Approach	117,58	37,268
Boeing MD-81	JT8D-217C	MD81_1.2(1)	Taxi In	71,347	22,614
Boeing MD-81	JT8D-219	MD81_1.2(2)	Taxi Out	60,896	19,301
Boeing MD-81	JT8D-219	MD81_1.2(2)	Takeoff	59,502	18,86
Boeing MD-81	JT8D-219	MD81_1.2(2)	Climb Out	62,533	19,82
Boeing MD-81	JT8D-219	MD81_1.2(2)	Approach	43,906	13,916
Boeing MD-81	JT8D-219	MD81_1.2(2)	Taxi In	26,453	8,384
Boeing MD-82	JT8D-217C	MD82_1.2	Taxi Out	276,773	87,725
Boeing MD-82	JT8D-217C	MD82_1.2	Takeoff	297,452	94,28
Boeing MD-82	JT8D-217C	MD82_1.2	Climb Out	297,692	94,356
Boeing MD-82	JT8D-217C	MD82_1.2	Approach	198,173	62,812
Boeing MD-82	JT8D-217C	MD82_1.2	Taxi In	121,657	38,56
Boeing MD-83	JT8D-219 Environmental Kit (E_Kit)	MD83_1.2	Taxi Out	15,397	4,88
Boeing MD-83	JT8D-219	MD83_1.2	Takeoff	16,651	5,278



Boeing MD-83	Environmental Kit (E_Kit) JT8D-219	MD83_1.2	Climb Out	17,051	5,405
Boeing MD-83	Environmental Kit (E_Kit) JT8D-219	MD83_1.2	Approach	11,679	3,702
Boeing MD-83	Environmental Kit (E_Kit)	MD83_1.2	Taxi In	6,834	2,166
Bombardier CRJ-200	CF34-3B	CRJ200_2.2	Taxi Out	1,493	0,473
Bombardier CRJ-200	CF34-3B	CRJ200_2.2	Takeoff	1,28	0,406
Bombardier CRJ-200	CF34-3B	CRJ200_2.2	Climb Out	0,404	0,128
Bombardier CRJ-200	CF34-3B	CRJ200_2.2	Approach	0,852	0,27
Bombardier CRJ-200	CF34-3B	CRJ200_2.2	Taxi In	0,716	0,227
Bombardier CRJ-700	CF34-8C1	CRJ700_2.1	Taxi Out	3,986	1,263
Bombardier CRJ-700	CF34-8C1	CRJ700_2.1	Takeoff	4,034	1,278
Bombardier CRJ-700	CF34-8C1	CRJ700_2.1	Climb Out	4,573	1,449
Bombardier CRJ-700	CF34-8C1	CRJ700_2.1	Approach	4,466	1,416
Bombardier CRJ-700	CF34-8C1	CRJ700_2.1	Taxi In	1,724	0,546
Bombardier CRJ-900	CF34-8C5 LEC (8GE110)	CRJ900_2.1	Taxi Out	404,578	128,234
Bombardier CRJ-900	CF34-8C5 LEC (8GE110)	CRJ900_2.1	Takeoff	439,423	139,278
Bombardier CRJ-900	CF34-8C5 LEC (8GE110)	CRJ900_2.1	Climb Out	499,013	158,166
Bombardier CRJ-900	CF34-8C5 LEC (8GE110)	CRJ900_2.1	Approach	494,501	156,736
Bombardier CRJ-900	CF34-8C5 LEC (8GE110)	CRJ900_2.1	Taxi In	179,816	56,994
Dornier 228-200 Series	PT6A-28	Dornier228_2.2	Taxi Out	14,146	4,484
Dornier 228-200 Series	PT6A-28	Dornier228_2.2	Takeoff	5,74	1,819
Dornier 228-200 Series	PT6A-28	Dornier228_2.2	Climb Out	11,777	3,733
Dornier 228-200 Series	PT6A-28	Dornier228_2.2	Approach	8,661	2,745
Dornier 228-200 Series	PT6A-28	Dornier228_2.2	Taxi In	5,925	1,878
Embraer ERJ135	AE3007A1/3 Type 2	E135_2.2	Taxi Out	33,259	10,542
Embraer ERJ135	AE3007A1/3 Type 2	E135_2.2	Takeoff	27,29	8,65
Embraer ERJ135	AE3007A1/3 Type 2	E135_2.2	Climb Out	35,97	11,401
Embraer ERJ135	AE3007A1/3 Type 2	E135_2.2	Approach	43,295	13,723
Embraer ERJ135	AE3007A1/3 Type 2	E135_2.2	Taxi In	18,213	5,773

Embraer ERJ145	AE3007A	E145_2.2(1)	Taxi Out	56,415	17,881
Embraer ERJ145	AE3007A	E145_2.2(1)	Takeoff	45,151	14,311
Embraer ERJ145	AE3007A	E145_2.2(1)	Climb Out	59,463	18,847
Embraer ERJ145	AE3007A	E145_2.2(1)	Approach	71,287	22,595
Embraer ERJ145	AE3007A	E145_2.2(1)	Taxi In	26,355	8,353
Embraer ERJ145	AE3007A1 Type 3 (reduced emissions)	E145_2.1	Taxi Out	23,268	7,375
Embraer ERJ145	AE3007A1 Type 3 (reduced emissions)	E145_2.1	Takeoff	18,084	5,732
Embraer ERJ145	AE3007A1 Type 3 (reduced emissions)	E145_2.1	Climb Out	23,766	7,533
Embraer ERJ145	AE3007A1 Type 3 (reduced emissions)	E145_2.1	Approach	28,487	9,029
Embraer ERJ145	AE3007A1 Type 3 (reduced emissions)	E145_2.1	Taxi In	11,534	3,656
Embraer ERJ145	AE3007A1/1 Type 3 (reduced emissions)	E145_2.2(2)	Taxi Out	10,895	3,453
Embraer ERJ145	AE3007A1/1 Type 3 (reduced emissions)	E145_2.2(2)	Takeoff	8,361	2,65
Embraer ERJ145	AE3007A1/1 Type 3 (reduced emissions)	E145_2.2(2)	Climb Out	11,069	3,508
Embraer ERJ145	AE3007A1/1 Type 3 (reduced emissions)	E145_2.2(2)	Approach	13,373	4,239
Embraer ERJ145	AE3007A1/1 Type 3 (reduced emissions)	E145_2.2(2)	Taxi In	5,755	1,824
Embraer ERJ170	CF34-8E5 LEC (8GE108)	E170_2.1	Taxi Out	41,438	13,134
Embraer ERJ170	CF34-8E5 LEC (8GE108)	E170_2.1	Takeoff	34,976	11,086
Embraer ERJ170	CF34-8E5 LEC (8GE108)	E170_2.1	Climb Out	10,91	3,458
Embraer ERJ170	CF34-8E5 LEC (8GE108)	E170_2.1	Approach	19,356	6,135
Embraer ERJ170	CF34-8E5 LEC (8GE108)	E170_2.1	Taxi In	19,367	6,139
Embraer ERJ175	CF34-8E5 LEC (8GE108)	E175_2.1	Taxi Out	59,972	19,009
Embraer ERJ175	CF34-8E5 LEC (8GE108)	E175_2.1	Takeoff	86,452	27,402
Embraer ERJ175	CF34-8E5 LEC (8GE108)	E175_2.1	Climb Out	52,474	16,632
Embraer ERJ175	CF34-8E5 LEC	E175_2.1	Approach	69,117	21,907

Embraer ERJ175	(8GE108) CF34-8E5 LEC (8GE108)	E175_2.1	Taxi In	29,317	9,292
Embraer ERJ190	CF34-10E6 2253M21	E190_2.1(1)	Taxi Out	746,483	236,603
Embraer ERJ190	CF34-10E6 2253M21	E190_2.1(1)	Takeoff	966,953	306,483
Embraer ERJ190	CF34-10E6 2253M21	E190_2.1(1)	Climb Out	868,61	275,312
Embraer ERJ190	CF34-10E6 2253M21	E190_2.1(1)	Approach	568,67	180,244
Embraer ERJ190	CF34-10E6 2253M21	E190_2.1(1)	Taxi In	395,373	125,316
Embraer ERJ190	CF34-10E7 2253M21	E190_2.1(2)	Taxi Out	256,778	81,388
Embraer ERJ190	CF34-10E7 2253M21	E190_2.1(2)	Takeoff	321,568	101,923
Embraer ERJ190	CF34-10E7 2253M21	E190_2.1(2)	Climb Out	288,811	91,541
Embraer ERJ190	CF34-10E7 2253M21	E190_2.1(2)	Approach	189,01	59,908
Embraer ERJ190	CF34-10E7 2253M21	E190_2.1(2)	Taxi In	134,914	42,762
Embraer ERJ195	CF34-10E5A1 2253M21-PFN	E195_2.1	Taxi Out	447,744	141,916
Embraer ERJ195	CF34-10E5A1 2253M21-PFN	E195_2.1	Takeoff	552,604	175,152
Embraer ERJ195	CF34-10E5A1 2253M21-PFN	E195_2.1	Climb Out	496,446	157,352
Embraer ERJ195	CF34-10E5A1 2253M21-PFN	E195_2.1	Approach	325,831	103,274
Embraer ERJ195	CF34-10E5A1 2253M21-PFN	E195_2.1	Taxi In	233,921	74,143
Fokker F100	TAY Mk650-15	F100_1.2	Taxi Out	254,904	80,794
Fokker F100	TAY Mk650-15	F100_1.2	Takeoff	377,556	119,669
Fokker F100	TAY Mk650-15	F100_1.2	Climb Out	226,217	71,701
Fokker F100	TAY Mk650-15	F100_1.2	Approach	301,479	95,556
Fokker F100	TAY Mk650-15	F100_1.2	Taxi In	101,776	32,259
Fokker F70	TAY Mk620-15	F70_1.1	Taxi Out	221,276	70,135
Fokker F70	TAY Mk620-15	F70_1.1	Takeoff	113,799	36,07
Fokker F70	TAY Mk620-15	F70_1.1	Climb Out	88,141	27,937
Fokker F70	TAY Mk620-15	F70_1.1	Approach	98,85	31,331
Fokker F70	TAY Mk620-15	F70_1.1	Taxi In	83,939	26,605
Saab 2000	AE3007A	Saab_2.2	Taxi Out	0,543	0,172
Saab 2000	AE3007A	Saab_2.2	Takeoff	0,172	0,055
Saab 2000	AE3007A	Saab_2.2	Climb Out	0,344	0,109
Saab 2000	AE3007A	Saab_2.2	Approach	0,201	0,064
Saab 2000	AE3007A	Saab_2.2	Taxi In	0,277	0,088
de Havilland DHC-8-300	PW123	Dash8_2.2	Taxi Out	30,091	9,538

de Havilland DHC-8-300	PW123	Dash8_2.2	Takeoff	12,691	4,022
de Havilland DHC-8-300	PW123	Dash8_2.2	Climb Out	17,079	5,413
de Havilland DHC-8-300	PW123	Dash8_2.2	Approach	9,855	3,124
de Havilland DHC-8-300	PW123	Dash8_2.2	Taxi In	14,128	4,478



