



Il calcolatore per i voli di myclimate

Il calcolatore delle emissioni per i voli quantifica le emissioni dirette e indirette di CO₂ equivalenti per ogni passeggero per una determinata rotta di volo. Le emissioni stimate rappresentano un valore medio per la distanza tra una determinata coppia di aeroporti di partenza e di destinazione. La quantificazione si basa sulle più recenti statistiche internazionali sulla capacità di utilizzo e sul carico aggiuntivo nonché sui tipi di aerei in uso. Le emissioni risultanti per ogni passeggero corrispondono alla quantità di CO₂ equivalente che si deve ridurre tramite i progetti per la tutela del clima di myclimate.

Di seguito si descrivono nel dettaglio le singole fasi per il calcolo delle emissioni per i voli. I fattori utilizzati si basano tutti su stime presenti nelle fonti di settore e statistiche attuali. Nella misura possibile, i calcoli e le ipotesi circa le emissioni sono conformi alla norma europea DIN EN 16258.

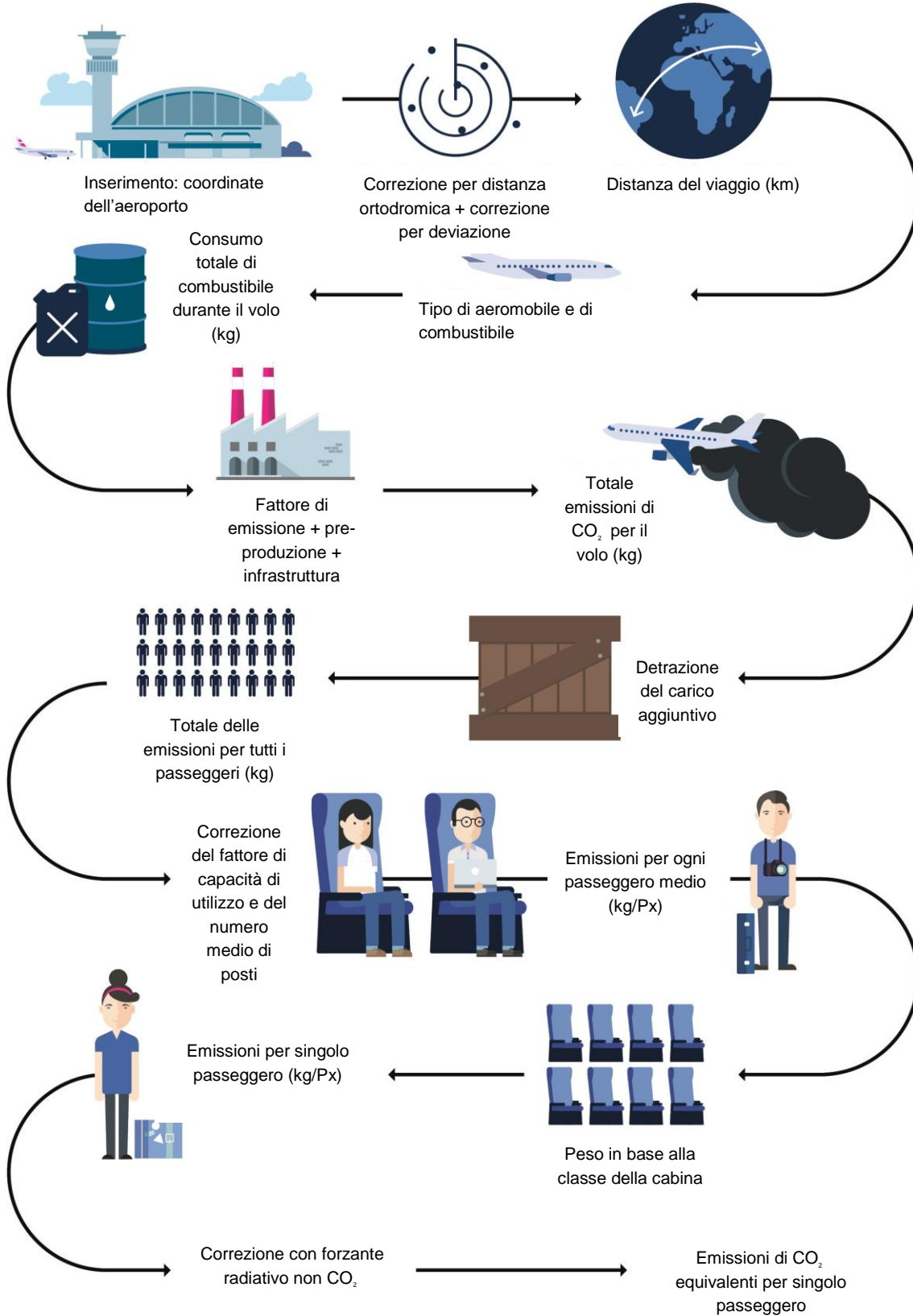
Fondazione myclimate

Pfingstweidstrasse 10
8005 Zurigo, Svizzera
info@myclimate.org
www.myclimate.org

13.08.2019

1. Panoramica delle fasi di calcolo

Il seguente diagramma illustra le varie fasi del calcolo del calcolatore per i voli:



2. Distanza del volo

La distanza del volo tra due aeroporti si basa sulla distanza ortodromica, ovvero sulla distanza più breve tra due aeroporti. Per i voli non diretti con scalo intermedio, le tappe vengono trattate come voli singoli. Dato che il tipo di aereo e il fattore di utilizzo dipendono dalla distanza del volo, distinguiamo tra voli a breve raggio (< 1 500 km) e voli a lungo raggio (> 2 500 km). Non essendoci un limite univoco per i voli a corto raggio, interpoliamo le rotte di volo tra i 1 500 e i 2 500 km al fine di ottenere un passaggio uniforme.

La distanza di volo effettiva tra due aeroporti spesso è decisamente maggiore della distanza più breve tra due aeroporti. Il percorso aggiuntivo principalmente va attribuito a inefficienze nei sistemi di sicurezza di volo, a sistemi temporaleschi o altri eventi meteorologici nonché ai circuiti di attesa prima dell'atterraggio (Kettunen 2005). Sebbene non siano disponibili delle statistiche globali affidabili sui chilometri aggiuntivi percorsi, le stime regionali si aggirano sul 6–8 percento negli Stati Uniti e sul 10 percento in Europa (Kettunen 2005). Con un approccio talmente relativo i chilometri di volo in più per le percorrenze a lungo raggio vengono tuttavia tendenzialmente sovrastimati. Per questo si adotta l'approccio proposto dalla norma europea DIN EN 16258 (2012) e per tutti i voli si aggiunge una correzione della distanza del volo (DC) di 95 chilometri.

3. Consumo del carburante per ogni chilometro percorso dall'aereo

Il consumo di combustibile per tratta si basa sulla combustione di carburante degli aerei che vengono utilizzati per voli a corto raggio (<1 500 km) e a lungo raggio (>2 500 km). Le emissioni del carburante consumato per ogni chilometro percorso dall'aereo si basano sulla Guida agli inventari sulle emissioni di inquinanti atmosferici EMEP/AEA (AEA 2016). Inoltre, per ogni volo, viene aggiunta una quantità di carburante costante per tenere conto del consumo del velivolo all'atterraggio e al decollo (LTO) e durante il rullaggio (spostamento a terra in aeroporto) (AEA 2016).

Il consumo di un velivolo si basa su una media ponderata del consumo di carburante durante il volo e del consumo nei cicli di atterraggio e di decollo per la maggior parte dei tipi di aerei in uso. La ponderazione dei tipi di velivoli risulta dal totale dei chilometri volati per tipo di velivolo (ICAODATA 2019) e si basa sui dati delle maggiori compagnie aeree. Lo schema di ponderazione comprende i velivoli a corto raggio (p.es. Airbus A310, Airbus A320) e a lungo raggio (p.es. Boeing 747, Boeing 777, Airbus A330 e Airbus A340) utilizzati più di frequente.

Sulla base di questo schema si calcola il consumo di carburante medio ponderato per diverse rotte di volo. Una funzione generale per il consumo di carburante per una rotta di volo a piacere viene approssimata mediante un polinomio di second'ordine per voli a corto o a lungo raggio.

$$f(x) + LTO = ax^2 + bx + c$$

con $x = GCD + DC$, dove GCD corrisponde alla distanza ortodromica [km], DC alla correzione della distanza [km] per i chilometri aggiuntivi e LTO al consumo supplementare di carburante per ogni ciclo di atterraggio e decollo. Il consumo di carburante per distanze comprese tra 1 500 e 2 500 km viene interpolato linearmente.

4. Emissioni di CO₂ e predisposizione di combustibile

Il calcolatore considera le emissioni di CO₂ mediante la predisposizione di carburante per aerei/cherosene (comprese le procedure di trasporto e raffinazione) e la combustione del carburante. Il fattore di emissione per la combustione del combustibile di volo (cherosene) è di 3,15 kg CO₂ e/kg cherosene (IPCC 2013) e il fattore utilizzato qui per la predisposizione è di 0,538 kg CO₂ e/kg cherosene (ecoinvent 2018).

5. Attribuzione di emissioni di volo al carico aggiuntivo

Gli aerei per passeggeri trasportano spesso quantità notevoli di carico e posta, in particolare in aerei a fusoliera larga su voli a lungo raggio. Per questo è necessario attribuire una parte di tutte le emissioni dei velivoli al carico aggiuntivo.

Per rispettare la norma europea DIN EN 16258 (2012), il carico nel trasporto aereo ora viene assegnato in funzione del loro peso (approccio di massa¹). A causa del maggiore carico utile (LH 2014) sui voli internazionali, le emissioni del carico aereo sono pertanto superiori. Le emissioni percentuali per i passeggeri sono conseguentemente inferiori.

6. Emissioni di CO₂ per singolo passeggero

Le emissioni di CO₂ per velivolo vengono ripartite sul numero medio di passeggeri su voli a corto e a lungo raggio. Il numero dei passeggeri viene definito qui come il numero di posti per tipo di velivolo (ICAO DATA 2019) moltiplicato per il fattore di capacità di utilizzo pubblicato dalla IATA (ICAO 2018). Le cifre vengono calcolate per ogni tipo di aeromobile e quindi ponderate secondo lo schema sopra descritto.

¹ Fino ad ora myclimate ha utilizzato un approccio monetario, vale a dire che le emissioni del carico sono state allocate sulla base del valore economico secondo i ricavi delle principali compagnie aeree dalle attività del traffico passeggeri e posta/merci.

7. Schema di ponderazione in base alla classe della cabina

La capacità di trasporto passeggeri degli aerei spesso è limitata, perché i sedili in prima classe e in business class occupano più posto. In altre parole lo stesso velivolo potrebbe trasportare più persone se si riducesse lo spazio a sedere. Per questo il calcolatore delle emissioni consente di selezionare una classe di cabina. Le emissioni vengono attribuite alle diverse classi di cabine in base alla superficie media del posto a sedere nella classe di cabina scelta (SeatGuru 2012). Viene calcolato il fattore di ponderazione delle classi della cabina e quindi applicato secondo lo schema di ponderazione sopra descritto.

8. Considerazione degli effetti non legati al CO₂ del traffico aereo

Gli aeromobili non emettono solo CO₂, bensì anche altre sostanze che influiscono sul bilancio energetico della terra e quindi sul clima. Le emissioni del traffico aereo provocano, tra le altre cose, un aumento a breve termine dell'ozono troposferico come conseguenza delle emissioni di ossido di azoto (NO_x) e generano strisce di condensa e possono influire sulla formazione dei cirri. È stato pertanto stimato che tutti gli effetti delle emissioni sono da due a tre volte superiori del forzante radiativo diretto del CO₂. La ricerca per limitare le incertezze prosegue. Oltre a ciò, un confronto tra gli effetti CO₂ rispetto a quelli non CO₂ è molto difficile, poiché si manifestano in intervalli di tempo diversi. Ciononostante un approccio scientifico non può ignorarli, a prescindere dalle incertezze.

Studi recenti (Jungbluth e Meili 2018)², sulla base della corretta interpretazione delle ultime pubblicazioni scientifiche, consigliano un fattore RFI di 2 per tutte le emissioni CO₂ degli aeromobili. Questo convalida i calcoli di myclimate, che già tiene conto del riscaldamento a causa delle emissioni non CO₂ dei voli (Jungbluth e Meili 2018, Kollmuss e Crimmins 2009).

9. Emissioni degli aeromobili e delle infrastrutture

Gli aeromobili vengono dapprima costruiti, poi sottoposti a manutenzione e, alla fine della loro vita, smaltiti. Le emissioni connesse con queste attività confluiscono, sulla base di un fattore, nelle emissioni del chilometraggio complessivamente percorso. L'attività di volo richiede inoltre una determinata infrastruttura, si tiene pertanto anche conto delle emissioni dell'esercizio aeroportuale (Messmer e Frischknecht 2016).

² Ulteriori informazioni e confronti: <http://www.esu-services.ch/fileadmin/download/jungbluth-2018-IntJLCA-GWP-aviation-recommendations.pdf>

10. Formula

Con la seguente formula si calcolano tutte le emissioni CO₂ equivalenti:

$$E = \frac{ax^2 + bx + c}{S * PLF} * (1 - CF) * CW * (EF * M + P) + AF * x + A$$

dove

E: emissioni di CO₂ equivalenti per singolo passeggero [kg]

x: distanza del volo [km], definita come il totale di GCD (distanza ortodromica) e DC (correttore della distanza per deviazioni e circuiti di attesa) nonché di inefficienze nel sistema di sicurezza di volo [km]

S: numero medio dei posti a sedere (totale di tutte le classi di cabine)

PLF: fattore delle capacità di utilizzo

CF: fattore di carico

CW: fattore di ponderazione delle classi della cabina

EF: fattore di emissione di CO₂ per la combustione del carburante aereo (cherosene)

M: moltiplicatore per il conteggio di potenziali effetti non CO₂

P: fattore di emissione di CO₂ per la messa a disposizione del carburante aereo (cherosene)

AF: fattore velivolo

A: emissioni dell'infrastruttura aeroportuale

La parte $ax^2 + bx + c$ è un'approssimazione non lineare di $f(x) + LTO$

LTO: consumo di carburante durante il ciclo di atterraggio e di decollo, compreso rullaggio [kg]

Un volo a corto raggio è definito come $x < 1\,500$ km e un volo a lungo raggio come $x > 2\,500$ km. Per la distanza intermedia si utilizza un'interpolazione lineare.

I seguenti parametri confluiscono nel calcolo:

Tipo di velivolo	Volo a corto raggio standard	Volo a lungo raggio standard
Media numero di posti a sedere (S)	153,51	280,21
Fattore di capacità di utilizzo (PLF)	0,82	0,82
Correzione per deviazione (DC)	95	95
1 - Fattore di carico (1 - CF)	0,93	0,74
Economy Class (CW)	0,96	0,80
Peso Business Class (CW)	1,26	1,54
Peso First Class (CW)	2,40	2,40
Fattore di emissione (EF)	3,15	3,15
Predisposizione (P)	0,54	0,54
Moltiplicatore (M)	2	2
Fattore velivolo (AF)	0,00038	0,00038
Aeroporto/infrastruttura (A)	11,68	11,68
a	±0,0000	0,0001
b	2,714	7,104
c	1166,52	5044,93

11. Fonti

- DIN EN 16258 (2012). Norma europea EN 16258, CEN Comitato europeo di normazione, Bruxelles, novembre 2012
- ecoinvent 2018. Versione 3.5, Centro svizzero per l'inventario ecologico, Zurigo, Svizzera. <http://www.ecoinvent.org>
- EUA 2016. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook — 2016. Technical guidance to prepare national emission inventories – *Part B: sectoral guidance chapters, section 1.A.3.a Aviation*
- ICAO 2018. International Civil Aviation Organization. Economic Development, Air Transport Monthly Monitor, luglio 2018
- ICAODATA 2019. International Civil Aviation Organization statistical data base on the air transport industry. Disponibilità dei dati: 2009–2017, <http://www.icaodata.com>
- IPCC 2013. IPCC Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. In: Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor e H. L. Miller (a cura di). Cambridge University Press, Cambridge, Gran Bretagna e New York, NY, USA, 996 pagine.
- Jungbluth e Meili 2018. Recommendations for calculation of the global warming potential of aviation including the radiative forcing index, ESU-services, Sciaffusa, novembre 2018. <http://www.esu-services.ch/fileadmin/download/jungbluth-2018-IntJLCA-GWP-aviation-recommendations.pdf>
- Kettunen et al. 2005. Flight Efficiency Studies in Europe and the United States. 6th USA / Europe Seminar on ATM Research and Development, Baltimore, Maryland, USA, 27–30 giugno, 2005. http://www.atmseminar.org/seminarContent/seminar6/papers/p_055_MPM.pdf
- Kollmuss e Crimmins 2009. Carbon Offsetting & Air Travel – Part 2: Non-CO₂ Emissions Calculations. Stockholm Environment Institute. SEI Discussion Paper, giugno 2009. http://sei-us.org/Publications_PDF/SEI-CarbonOffsettingAirTravelPt2-09.pdf
- LH 2014. Pallets, Containers, and fleet, Lufthansa Cargo AG, Frankfurt/Main, aprile 2014
- Messmer e Frischknecht 2016. Life Cycle Inventories of Air Transport Services, treeze, dicembre 2016. http://treeze.ch/fileadmin/user_upload/downloads/Publications/Case_Studies/Mobility/544-LCI-Air-Transport-Services-v2.0.pdf
- SeatGuru 2008. Airplane seating information. www.seatguru.com