



# Negli aeromobili, l'ottimizzazione degli effetti ambientali è come la quadratura del cerchio

## Ponderazione delle misure tecniche

L'aereo ideale dovrebbe essere il più possibile efficiente in termini di sfruttamento di risorse, non avere un impatto negativo sul clima della Terra, non produrre inquinamento atmosferico a livello locale ed essere il più silenzioso possibile.

### Contraddizioni nelle ottimizzazioni tecniche

Una difficoltà particolare con cui un'autorità aeronautica come l'UFAC deve confrontarsi nella definizione e nell'inasprimento dei requisiti ambientali per gli aeromobili consiste nello scegliere e nel ponderare correttamente le aree in cui possono essere ridotti gli impatti ambientali negativi. Purtroppo, il miglioramento di un aspetto può comportare il peggioramento di un altro. I limiti vengono raggiunti quando è compromessa la sicurezza d'esercizio di un aeromobile. Concretamente, si devono ponderare le seguenti contraddizioni: riduzione del consumo di carburante, e quindi minori emissioni di CO<sub>2</sub>, a fronte di maggiori emissioni di ossidi di azoto, emissioni di CO<sub>2</sub> a fronte di scie di condensazione e emissioni di CO<sub>2</sub> a fronte di rumore e, a seconda del tipo, emissioni di ossidi di azoto a fronte di emissioni di polveri fini.

### Decidendo le misure tecniche, si gettano le basi per il lungo termine

Una volta stabilita la direzione da seguire, le conseguenze sono a lungo termine, da un lato a causa del lunghissimo tempo di sviluppo degli aerei e dei loro motori (almeno 6-10 anni) e dell'onerosa prova della sicurezza d'esercizio, e dall'altro a causa della lunga durata di vita degli aerei (30 anni). La ponderazione delle misure tecniche deve pertanto essere estremamente accurata.

### Esempi

I primi due esempi concernenti i problemi descritti derivano dalla ricerca sugli effetti climatici e dalla consapevolezza che spesso non è possibile ridurre simultaneamente gli effetti climatici che dipendono dalle emissioni di CO<sub>2</sub> e quelli che non ne dipendono.

Il primo esempio riguarda le scie di condensazione che, secondo le conoscenze attuali, hanno complessivamente, piuttosto, un effetto riscaldante. Di primo acchito, sembrerebbe quindi ragionevole fare il possibile per evitarne la formazione. Tuttavia, è stato dimostrato che i motori a più basso consumo producono meno emissioni di CO<sub>2</sub> con impatto sul clima, ma emettono gas di scarico più freddi, tendendo quindi maggiormente a produrre scie di condensazione. Pertanto, l'uso di aerei con motori a consumo ridotto ha come conseguenza una maggiore formazione di scie di condensazione.

L'immagine qui sotto è stata ripresa dalla cabina di pilotaggio di un velivolo per la ricerca scientifica. A sinistra si vede una sonda per la misurazione dei gas di scarico, dipinta a strisce rosse e bianche. Davanti volano affiancati due aeromobili per voli a lungo raggio. Il velivolo a destra è un modello obsoleto

con un elevato livello di emissioni di CO<sub>2</sub>, ma il giorno della misurazione non ha formato scie di condensazione.



Fonte: DLR

Alla sua sinistra vola un modello contemporaneo dotato di motori a più basso consumo che emettono gas di scarico più puliti e più freddi, ma producono scie di condensazione. Ed ecco spiegato il conflitto di obiettivi: le emissioni di CO<sub>2</sub> (indipendentemente dalla fonte e dal luogo di emissione) permangono a lungo nell'atmosfera, contribuendo all'effetto serra. La maggior parte delle emissioni attuali sarà ancora presente nell'atmosfera tra 100 anni. Le scie di condensazione, invece, sono un fenomeno molto locale e di durata relativamente breve. In linea di principio, sarebbe possibile sviluppare dispositivi tecnici che permettano di modificare la quota di volo in funzione delle condizioni meteorologiche, ad esempio per evitare strati dell'atmosfera più umidi e molto freddi e quindi per contenere la formazione di scie di condensazione anche con motori molto efficienti. D'altra parte, nell'ottica del risparmio di carburante, gli aerei hanno una quota ottimale per ogni fase di volo (durante il volo l'aereo diventa più leggero e la quota viene gradualmente aumentata). Se si abbandonasse questa quota ottimale per evitare lo strato dell'atmosfera favorevole alla formazione di scie di condensazione, il consumo di carburante aumenterebbe notevolmente, avendo come effetto diretto la generazione di maggiori emissioni di CO<sub>2</sub>. Al momento non è possibile valutare se sia sensato accettare un maggior consumo di carburante e quindi maggiori emissioni di CO<sub>2</sub> al fine di ridurre la formazione di scie di condensazione.

Se, per evitare la formazione di scie di condensazione, la quota di crociera venisse corretta verso il basso, aumenterebbe il tempo di volo perché a tali quote l'aereo non potrebbe più volare alla stessa velocità. Inoltre, ciò si ripercuoterebbe negativamente sul comfort dei passeggeri, in quanto l'aereo volerebbe negli strati atmosferici più interessati dai fenomeni meteorologici e sarebbe quindi esposto a maggiori vibrazioni.

Il secondo esempio riguarda lo sviluppo di motori che convertono in modo più efficiente in spinta l'energia contenuta nel carburante e quindi emettono meno CO<sub>2</sub> con impatto sul clima. Per motivi fisico-chimici, di solito ciò comporta un aumento delle emissioni di ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>). Gli ossidi di azoto nascono, infatti, dalla reazione dei principali componenti dell'aria (azoto e ossigeno) ad alte temperature di combustione, soprattutto quando il carburante brucia in modo molto efficiente, assolutamente pulito e senza residui. Nonostante il conflitto di obiettivi tra le emissioni di NO<sub>x</sub> e quelle di CO<sub>2</sub>, l'UFAC ha già in passato sostenuto l'inasprimento dei limiti di NO<sub>x</sub>, soprattutto per motivi di igiene dell'aria, al fine di contrastare tali emissioni. Ad esempio, la Svizzera è stata la pioniera dell'introduzione di tasse sulle emissioni di NO<sub>x</sub> negli aeroporti. Finora tali tasse hanno esercitato un'ulteriore pressione sullo sviluppo di tecnologie di combustione complesse per ridurre gli NO<sub>x</sub>. Fino a qualche

anno fa, i costruttori di motori riuscivano a produrre motori con emissioni di NOx ben al di sotto degli ultimi valori limite (2016). In relazione alla politica climatica, la pressione per ulteriori riduzioni di CO<sub>2</sub> negli ultimi anni è diventata così forte che i produttori di motori hanno dovuto sfruttare quasi al massimo i valori limite di NOx per poter continuare a ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub>. Le emissioni di ossidi di azoto e, nello specifico di biossido (NO<sub>2</sub>), dovrebbero tuttavia essere ridotte per ragioni sanitarie e, come per la questione delle scie di condensazione, anche in questo caso al momento non è chiaro se abbia senso ostacolare la riduzione di CO<sub>2</sub> al fine di contenere ad esempio le emissioni di NOx durante il volo di crociera.

I due esempi delle scie di condensazione e degli ossidi di azoto, antagonisti del CO<sub>2</sub>, chiariscono inoltre quanto sia problematico valutare gli ulteriori effetti climatici del trasporto aereo come moltiplicatore di CO<sub>2</sub>. Ciò che può essere realmente valutato in modo sicuro e stabile e con effetto a lungo termine è la riduzione del CO<sub>2</sub> fossile. Ecco perché l'attenzione si è concentrata su di esso<sup>1</sup>.

Un altro tentativo dell'industria di ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub> avviene attraverso l'impiego del rotore aperto (*open rotor*). Semplificando, si tratta di una configurazione in cui le ventole di propulsione (rotori) sono poste all'esterno della gondola motore e non sono intubate come nelle attuali turboventole (*turbofan*). Dal punto di vista della propulsione, rotori di grandi dimensioni sono più efficienti delle piccole pale dei motori turbofan. Una riduzione del consumo del 20% rispetto ad oggi sembra realizzabile, tuttavia rotori di così grandi dimensioni presentano svantaggi per quanto riguarda la rumorosità, in quanto producono frequenze più basse degli attuali motori a reazione. Non sono necessariamente più rumorosi, ma rimbombano a bassa frequenza. Inoltre, per motivi di progettazione o per ragioni di peso o di resistenza, le grandi pale delle eliche possono essere difficilmente schermate con un rivestimento. Le basse frequenze subiscono una minore attenuazione da parte dell'atmosfera e possono attraversare facilmente i muri degli edifici. Anche a quote di volo elevate possono avere un effetto di disturbo. Un'autorità come l'UFAC fissa requisiti molto elevati in materia di protezione dal rumore e attualmente non è chiaro se la tecnologia del rotore aperto possa essere implementata in questo contesto, anche se sarebbe vantaggiosa per l'efficienza in materia di emissioni di CO<sub>2</sub>.



Snecma Open Rotor, © Snecma

Il terzo esempio mostra la difficoltà di ridurre ulteriormente il rumore e le emissioni di CO<sub>2</sub> allo stesso tempo. Sorprendentemente, le persone che assistono al decollo o all'atterraggio di un Airbus A380 a fusoliera larga riferiscono un livello sonoro relativamente basso. Infatti, nel corso della storia del suo sviluppo, l'A380 è stato dotato di una nuova ala al fine di migliorare la salita in fase di decollo; ciò ha

---

<sup>1</sup> [The current state of scientific understanding of the non-CO<sub>2</sub> effects of aviation on climate](#), David S. Lee, Manchester Metropolitan University, dicembre 2018

avuto come effetto la riduzione del rumore al suolo. Speciali rivestimenti del carrello di atterraggio riducono ulteriormente il rumore, soprattutto durante l'atterraggio. Tali misure, che hanno avuto un impatto negativo sull'aerodinamica (resistenza dell'aria) e sul peso del velivolo, secondo le stime dell'UFAC comportano anche un maggiore consumo di carburante pari a circa 7 tonnellate di cherosene per volo a lungo raggio e, quindi, emissioni di CO<sub>2</sub> supplementari. Nel caso di questo aeromobile di grandi dimensioni, si è deliberatamente dato più peso alla protezione dal rumore che alla massima riduzione possibile delle emissioni di CO<sub>2</sub>.