

ISSN 2282-6599

**RIVISTA
DI ECONOMIA
E POLITICA
DEI TRASPORTI**

Anno 2021
Numero 2

R.E.PO.T



SIET

Rivista Scientifica della Società
Italiana di Economia dei Trasporti e della
Logistica

LA CRISI PANDEMICA E L'OPPORTUNITÀ DELLA DECARBONIZZAZIONE. VERSO L'OTTIMIZZAZIONE DELLO SPAZIO AEREO

Francesca Castaldo^{1*}

La crisi economica legata alla pandemia da Coronavirus ha colpito duramente la mobilità globale facendo rilevare, nondimeno, qualche impatto di segno positivo sull'universo dei trasporti, come il minore inquinamento, rispetto agli anni passati, connesso alla forte contrazione dei traffici, di passeggeri e merci, a partire da marzo 2020.

Scopo di questo articolo è mostrare come la crisi pandemica e il conseguente collasso del trasporto aereo mondiale abbiano offerto un'opportunità straordinaria e unica per ripensare la gestione dello spazio aereo in chiave ottimizzatrice.

L'evidenza dell'aeroporto molto congestionato di London Heathrow sarà trattata come caso emblematico dello sforzo per modernizzare e ottimizzare lo spazio aereo, rispondendo al contempo ad istanze di sostenibilità ambientale ed economica.

Parole Chiave: crisi, spazio aereo, decarbonizzazione, ottimizzazione, sostenibilità ambientale, sostenibilità economica

1. Introduzione

La crisi economica legata alla pandemia da Covid-19, che dalla Cina si è propagata, a partire dall'inizio del 2020, all'Italia e di qui al mondo intero, ha colpito duramente interi settori industriali (Castaldo e Gatti, 2021). Tra questi vi è il comparto del trasporto aereo, certamente uno dei più danneggiati nell'ambito della mobilità globale (Castaldo, 2020b).

La crisi ha avuto, nondimeno, anche taluni effetti di segno positivo sul mondo dei trasporti, facendo emergere istanze etiche, trasformando, per esempio, la funzione d'uso di alcuni velivoli - i velivoli da trasporto tattico, ma finanche i business jet - in chiave umanitaria e di soccorso, in quello che è apparso, nelle fasi più acute dell'emergenza pandemica, come un poderoso e generalizzato slancio di solidarietà civile (Castaldo, Coniglio e Gatti, 2020).

Tra gli impatti a valenza positiva più evidenti della crisi da coronavirus per l'universo dei trasporti v'è stato, senz'ombra di dubbio, il minore inquinamento, atmosferico ma

* francesca.castaldo@uniroma1.it

anche acustico, connesso alla contrazione dei traffici di passeggeri e merci, riduzione vigorosissima (Castaldo, 2020a) rispetto agli anni antecedenti la pandemia (Marabucci, 2020) e sostenuta tuttora¹.

Se si pensa che l'aviazione contribuisce a circa il 2-3% delle emissioni di CO₂ a livello globale, e al 4% circa nella sola Europa, si può comprendere la rilevanza di quest'effetto secondario, ovvero chiaramente non intenzionale, del fenomeno pandemico. D'altronde, la 'clean mission', o lo sforzo profuso a 'pulire i cieli', ottenibile con una drastica riduzione delle emissioni di anidride carbonica (Hansen et al., 2008; Whitmarsh, Seyfang, O'Neill, 2011) e, a tendere, con la completa decarbonizzazione del comparto (Danielis, 2019b), era già imperante nel periodo ante Covid e assolutamente in linea con il Green Deal europeo che, se rispettato, potrebbe rendere l'Europa la prima regione al mondo a raggiungere la neutralità climatica entro il 2050.

Con riferimento al trasporto aereo, la Commissione Europea aveva già dichiarato di puntare a un obiettivo ambizioso: l'ingresso in servizio di un velivolo a 'zero emissioni' entro il 2035, mentre le principali associazioni aeronautiche europee (Airlines for Europe - A4E; Airports Council International - Aci Europe; Aerospace and Defence Europe Industries Association for Europe - ASD Europe; European Region Airline Association – Era; Civil Air Navigation Services Organisation - Canso) nel febbraio 2021 hanno stretto un accordo, noto come 'Destination 2050', alleandosi per trovare entro il 2050 tutte quelle soluzioni, di natura tecnica e tecnologica, ma anche gestionale e strategica, atte a traguardare l'industria aeronautica a quota 'impatto zero'².

Tra le soluzioni possibili, l'uso di combustibili sostenibili per l'aviazione rappresenta una prospettiva promettente ma gli alti costi di produzione, da un lato, e la bassa capacità di fornitura, dall'altro, hanno limitato la loro adozione fino ad oggi³.

Nell'articolo sostengo che la contrazione del trasporto aereo mondiale seguita alla crisi del 2020, malgrado i notori effetti rovinosi, non solo a livello commerciale e industriale, ma anche pervasivi su scala planetaria, stia offrendo - nondimeno - un'opportunità straordinaria e unica per ripensare la gestione dello spazio aereo in ottica ottimizzatrice, oltre che a livello di safety, a livello economico, o sul piano dei costi, e a quello ambientale, o sul piano della decarbonization.

London Heathrow, caso emblematico di aeroporto congestionato, mostrerà, pertanto, come lo sforzo per modernizzare lo spazio aereo vada ad inquadrarsi appieno nella cornice della transizione verso un'era post-critica viepiù sostenibile, ambientalmente ed economicamente.

¹ L'articolo è stato scritto nella primavera del 2021.

² Quota 'impatto zero' sta ad indicare un impatto di livello nullo molto basso, che cioè non altera sostanzialmente il bilancio di CO₂, metano o altri gas inquinanti, nel sistema ambientale del quale l'industria aeronautica fa parte.

³ Com'è noto, ci sono due potenziali fonti di energia per gli aerei 'a zero emissioni': idrogeno ed elettricità. A causa del peso delle batterie attuali, i velivoli elettrici saranno limitati a missioni pendolari a corto raggio nel breve termine. I velivoli alimentati a idrogeno, d'altra parte, sono promettenti ma non senza le loro sfide tecnologiche.

2. L'aria e il suo inquinamento

Tra tutte le risorse naturali, l'aria è senz'altro la più importante, letteralmente indispensabile per l'essere umano: senza aria, infatti, la sua stessa sopravvivenza cesserebbe in una manciata di minuti.

Se è di immediata intuizione l'assoluta rilevanza dell'aria per l'espletamento del respiro e di ogni altra funzione vitale, del pari, è facilmente immaginabile la portata delle ripercussioni negative a carico degli organismi viventi che una cattiva qualità dell'aria, dovuta all'inquinamento, potrebbe avere.

È noto che l'aria sia prevalentemente costituita da alcune specie chimiche in fase gassosa, quali ossigeno, idrogeno, azoto, argon, neon, elio e xenon, che costituiscono i cosiddetti 'gas permanenti', la cui concentrazione non cambia apprezzabilmente nel tempo.

Numerose altre molecole, anche se presenti in piccolissime concentrazioni rispetto ai gas permanenti, possono influenzare e peggiorare la qualità dell'aria (Tavolaro, 2020). Queste sono note come 'inquinanti', di cui, peraltro, esistono diverse classificazioni⁴.

L'inquinamento viene definito, all'art. 2 del D.P.R. del 24 maggio 1988 come "ogni modificazione della normale composizione o stato fisico dell'aria atmosferica, dovuta alla presenza nella stessa di una o più sostanze in quantità e con caratteristiche tali da alterare le normali condizioni ambientali e di salubrità dell'aria; da costituire pericolo ovvero pregiudizio diretto o indiretto per la salute dell'uomo; da compromettere le attività ricreative e gli altri usi legittimi dell'ambiente; alterare le risorse biologiche e gli ecosistemi ed i beni materiali pubblici e privati"⁵.

È oggi nota la correlazione tra l'inquinamento e molte malattie di tipo respiratorio, non ultime le allergie, moltiplicatesi a dismisura negli ultimi anni. Secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità nel mondo avvengono circa sette milioni di decessi prematuri all'anno⁶ causati dalle polveri sottili e dalle sostanze inquinanti presenti nell'aria, annoverati entrambi come 'carcinogeni umani di tipo 1', ovvero sostanze certamente correlate al cancro (WTO, website 2021).

Sebbene inquinanti solidi, come polveri e fumi, possano anche provenire da sorgenti naturali, come foreste che incendiano, vulcani che eruttano, vegetali e microorganismi che emanano gas, i principali processi inquinanti derivano da attività antropiche, come quelle produttive industriali e urbane che comportano qualche tipo di combustione (incenerimento di rifiuti solidi urbani, traffico urbano, riscaldamento, ...). Mentre gli inquinanti del primo tipo sono distribuiti nel tempo o dispersi su vaste

⁴ Gli inquinanti atmosferici vengono distinti, innanzitutto, in due tipologie: inquinanti gassosi e inquinanti particellari (fino al diametro di 100 µm). Questi ultimi, noti come 'particolati', sono, poi, classificati come 'liquidi' (costituiti da aerosol e nebbie) e 'solidi' (contenenti polveri e fumi) e possono essere ulteriormente suddivisi in primari (introdotti direttamente nell'ambiente) e secondari (derivanti da interazioni che si verificano nell'aria).

⁵ Decreto del Presidente della Repubblica 24 maggio 1988, n. 236, Attuazione della direttiva CEE n. 80/778 concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano, ai sensi dell'art. 15 della legge 16 aprile 1987, n. 183.

⁶ Il dato, riferito all'anno 2016, è reperibile sul Website della World Health Organization (WHO), alla sezione "Mortality from environmental pollution".

aree, tanto da non costituire generalmente grandi danni per l'ambiente, i fenomeni del secondo tipo sono concentrati in aree urbane e industriali ridotte (su scala mondiale). Basti pensare al fatto che su una superficie pari al 5% della superficie terrestre viva in aree di tipo urbano circa la metà della popolazione mondiale (Tavolaro, 2020).

Per lunghi secoli lo sviluppo economico-industriale è proseguito senza alcuna considerazione all'ambiente e all'ecologia, portando a considerare l'aria come un elemento naturale 'scontato', ovvero come l'abnorme giacimento nel quale disperdere, diluendole all'infinito, tutte le sostanze gassose generate dai vari processi produttivi. È oggi, invece, risaputo che l'inquinamento atmosferico costituisca uno dei problemi più rilevanti su scala planetaria, rendendo indispensabile la progettazione di politiche di sviluppo sostenibile.

3. Spazio aereo e navigazione aerea: cenni preliminari

Lo spazio aereo è definito nell'Enciclopedia Treccani come "lo spazio in cui si svolge la navigazione aerea e spaziale, con specifico riferimento alle norme di diritto nazionale e internazionale che la regolano". Tali norme distinguono uno spazio 'atmosferico' sovrastante il territorio di uno Stato e compreso nella sua sfera di sovranità, e uno spazio 'extra-atmosferico' non soggetto a giurisdizione statale, che si trova al di là dell'atmosfera e in cui è possibile il volo orbitale tramite lo sfruttamento della meccanica celeste" (Treccani, website 2021).

Lo spazio in cui si svolge la navigazione aerea è, pertanto, quello atmosferico.

La Convenzione di Chicago sull'aviazione civile internazionale del 7 dicembre 1944, all'art.1, sancisce che la sovranità di un determinato Stato si estende allo spazio atmosferico sovrastante il suo territorio, compreso il mare territoriale. Tali diritti sovrani non si estendono, invece, allo spazio sovrastante l'alto mare e gli spazi non appropriabili.

L'attraversamento dello spazio di uno Stato è soggetto al consenso e all'autorizzazione di quest'ultimo. Lo Stato territoriale può regolare, infatti, mediante la conclusione di specifici accordi internazionali, il passaggio nel proprio spazio, consentendo o impedendo l'ingresso ad aerei di altri Stati. Questo insieme regolamentario è noto, in gergo aeronautico, come il "regime dello spazio atmosferico".

Nello spazio sovrastante l'alto mare e altri spazi internazionalizzati vige invece libertà di sorvolo, sebbene sia invalsa la prassi da parte degli Stati costieri di definire delle 'zone di identificazione'. Gli aerei che entrano in dette zone e che sono diretti verso le coste hanno l'obbligo di sottoporsi all'identificazione, alla localizzazione e ad altre misure di controllo. In tale spazio aereo, la libertà di sorvolo può subire, inoltre, delle limitazioni dettate da esigenze di difesa dello Stato territoriale.

Non vi sono modalità universali concordate tra gli Stati sulla delimitazione dello spazio atmosferico. Così, mentre in senso orizzontale la sovranità dello stato trova un limite nello spazio sottoposto alla sovranità di un altro stato territoriale confinante, in senso verticale non esiste, in genere, una precisa delimitazione. Per ragioni pragmatiche si assume, tuttavia, che il limite estremo dello spazio atmosferico sia rappresentato dall'altezza massima che può essere raggiunta da un aeromobile in volo.

Si parla di "aerovia" per indicare una definita regione dello spazio aereo, detta anche nel linguaggio comune "corridoio aereo", nella quale il volo è oggetto di

radioassistenza e sottoposto a particolari controlli volti a garantire la sicurezza del traffico che la attraversa.

Le aerovie sono delimitate orizzontalmente (da 10 a 20 miglia) e verticalmente (da 450 metri sul terreno alle più alte quote utilizzate dai velivoli). Normalmente tutto il traffico aereo civile avviene lungo aerovie, come pure quello militare di collegamento.

Viepiù, il sistema di navigazione aerea che consente di volare fuori dalle aerovie, quindi su tratte prive dei radioaiuti procedurali, per raggiungere più direttamente il punto d'arrivo, usando in modo più razionale lo spazio aereo, abbreviando la rotta e risparmiando tempo e carburante, è noto come "RNAV", sigla che sta per aRea NAVigation. Più concretamente, diremo che la navigazione aerea è l'attitudine del pilota a condurre un aeromobile in sicurezza da un punto all'altro della superficie terrestre lungo una rotta prestabilita.

4. L'Air Traffic Control Tower

L'Air Traffic Control Tower (noto con l'acronimo TWR) è, oltre al nome stesso dell'edificio che lo ospita, ovvero 'la Torre di Controllo', l'Ente deputato al controllo del traffico aereo in tutti gli aeroporti che superano un certo volume di voli, in cui è indispensabile organizzare e controllare i movimenti di terra, di avvicinamento e di partenza degli aerei che vi transitano. A differenza dei piccoli aeroporti, dove sono i piloti stessi che si coordinano tra di loro via radio, autogestendo le precedenza secondo le cosiddette 'Regole dell'Aria', negli aeroporti con grande traffico, questo tipo di gestione risulterebbe impossibile.

Di fatto, la torre di Controllo è il cuore nevralgico di un aeroporto: da essa vengono impartiti tutti i comandi che sono necessari alle operazioni in termini di sicurezza e operatività.

Ci sono tre specifiche fasi di controllo:

- 1) **Controllo di Torre:** Gestisce tutto il traffico al suolo, in pista, e nelle immediate vicinanze dell'aeroporto;
- 2) **Controllo di Avvicinamento:** Dirige l'instradamento da e verso le aerovie, separando arrivi e partenze e impostando le sequenze di arrivo con l'opportuno spaziamento tra successivi voli;
- 3) **Controllo di Area:** Coordina il traffico in rotta, sulle aerovie.

Quando è terminato l'imbarco dei passeggeri e l'aeromobile è pronto per la partenza, il pilota si mette in contatto con la Torre di Controllo, che lo autorizza a mettere in moto il velivolo e a spostarsi dal parcheggio verso le piste di rullaggio. Questa fase, chiamata "controllo di aerodromo", termina quando il pilota viene autorizzato al decollo.

Una volta decollato, il velivolo passa allo stadio due, di "controllo di avvicinamento", che ne garantisce un sicuro instradamento verso la successiva fase di rotta per l'inserimento nell'aerovia che gli è stata assegnata.

Raggiunta l'aerovia, si passa alla fase tre, quella di "controllo d'area", che sorveglierà il mantenimento di rotta. In questa fase, al velivolo viene assegnato un livello di volo e indicata la traiettoria da seguire, in modo che rimanga sempre a distanza di sicurezza, sia verticale che orizzontale, rispetto agli altri velivoli, in modo quindi da evitare ogni possibile collisione.

In prossimità dell'aeroporto di destinazione, l'aereo passa nuovamente nella fase di "controllo di avvicinamento", dove il nuovo Ente che lo prende in carico lo guida vettorandolo in discesa, secondo la sequenza di arrivo, all'allineamento con la pista di atterraggio destinatagli. Quando l'aeromobile è stabilizzato sul sentiero di atterraggio e in vista dell'aeroporto, la gestione viene affidata di nuovo alla Torre di Controllo dell'aeroporto di destinazione, che guida l'aereo fino al parcheggio.

Un aereo, dunque, non è mai seguito da un'unica persona ma gestito da vari referenti in funzione della sua fase di volo.

5. Riconfigurazione delle rotte e mantenimento in volo dei velivoli

Com'è noto, una delle vie per ridurre i consumi di carburante degli aeromobili e, conseguentemente, l'inquinamento dell'aria, è ottenibile facendo volare i velivoli ad altitudini maggiori.

Aerei che volano più in alto, dove l'aria è più rarefatta, consentirebbero, infatti, ai vettori di risparmiare tonnellate di carburante (voce di costo sempre più importante), a beneficio della redditività e della creazione di valore e, al contempo, di emettere quantità minori di anidride carbonica, a tutto vantaggio dell'ambiente.

Una riconfigurazione complessiva delle rotte in questa chiave sarebbe così, suscettibile di produrre un duplice vantaggio, di efficienza o economicità, e di efficacia o qualità ambientale.

Quando gli aerei, però, volano ad altitudini elevate si pongono dei problemi fluidodinamici, come quelli rappresentati dai vortici, creati dalle ali di ogni aeromobile in ciascuna fase del volo. Tali vortici, detti 'vortici da scia', si estendono per alcuni chilometri alle spalle dell'aereo che li crea. La loro intensità dipende dal peso dell'aereo, dalla densità dell'aria, dalla velocità dell'aeromobile e dalla sua apertura alare. La vita media di tali fenomeni può essere dell'ordine di alcuni minuti e dipende dalle condizioni meteorologiche.

La presenza dei vortici incide sul rapporto sicurezza/efficienza temporale. Infatti, un vortice generato da un aeromobile decollato o in fase di atterraggio può agire su un aereo che decolla o deve atterrare dopo di esso con effetti potenzialmente disastrosi, del tipo di quelli provocati dal wind shear, fenomeno atmosferico consistente in una variazione improvvisa del vento, in intensità e direzione, particolarmente pericoloso in fase di atterraggio dei velivoli⁷.

⁷ La pericolosità del fenomeno meteorologico del wind shear durante la fase di atterraggio degli aeromobili è dovuta al fatto che l'improvvisa variazione del vento, in intensità e direzione, ingannerebbe il pilota sul corretto assetto e la velocità di discesa da mantenere, portando così ad atterraggi pericolosi, se non sfociando in veri e propri incidenti.



Fig. 1 - Vortici di scia generati in volo da un velivolo commerciale.

Ne segue che, per preservare la sicurezza, è necessario separare temporalmente e spazialmente il decollo o l'atterraggio dopo un aeromobile di grandi dimensioni. L'entità di tale separazione dipende dalle dimensioni del successivo aeromobile: è tanto più alta quanto più quest'ultimo è piccolo. Ovviamente, gli effetti sono più pericolosi in fase di atterraggio, in analogia con quanto avviene appunto con situazioni di forte wind shear.

Uno degli strumenti più utili per studiare i vortici da scia è quello del classico tunnel del vento. Recentemente però si stanno sviluppando tecniche per monitorare nella realtà lo sviluppo e il decadimento di questi vortici tramite i 'Light detection and ranging' (LIDAR), il cui principio di funzionamento è simile a quello dei radar. La spinta per ulteriori studi sui vortici da scia ha acquistato nuovo vigore a causa del fatto che molti aeroporti internazionali particolarmente intasati lavorano al limite delle loro capacità, almeno durante le ore di picco.

Una migliore comprensione del fenomeno dei vortici di scia permetterebbe di ottimizzare le separazioni fra aerei, quando le condizioni meteorologiche lo consentano, e regolare quindi la congestione del traffico. Si tratterebbe, in altri termini, di contemperare sicurezza ed efficienza temporale del trasporto aereo.

In generale, riconfigurare le rotte, evitando il più possibile percorsi a "linea spezzata", è un'attività molto importante, perseguibile oggi più facilmente che in passato grazie al ricorso ad algoritmi specifici, big data, analytics e tool vari di intelligenza artificiale (Castaldo, 2020c; 2020d).

Se pianificare rotte ottimizzate in particolare in base a parametri di safety (evitazione di collisioni), economicità (riduzione dei consumi di combustibili) e sostenibilità ambientale (diminuzione dell'inquinamento dell'aria ma anche di quello acustico) è oggi un'attività comune nell'ambito della gestione e del controllo del traffico aereo (Castaldo, 2018), è del pari vero che aeroporti particolarmente congestionati, magari di zone geografiche caratterizzate in molti mesi dell'anno da condizioni meteo 'avverse', rendano più difficili le operazioni routinarie di discesa verso le piste di atterraggio, contribuendo alla prassi del "mantenimento in volo" degli aeromobili in attesa delle autorizzazioni dei controllori all'atterraggio.

La situazione descritta è tipica di alcuni aeroporti inglesi, primo tra tutti quello di London Heathrow, uno dei più congestionati per traffico intenso di aerei in partenza

da e arrivo a Londra, meta turistica e commerciale tra le più affollate a livello globale. E il clima grigio e piovoso per gran parte dell'anno del Regno Unito, è notorio, ha storicamente reso il lavoro dei controllori di volo particolarmente gravoso.



Fig. 2 - Un B-777 in fase di atterraggio all'aeroporto di Birmingham in un banco di nebbia.

Malgrado oggi quasi tutte le operazioni avvengano in modo digitale e siano facilitate dalle comunicazioni radar, il lavoro degli operatori delle torri di controllo inglesi è tutt'altro che facile, se paragonato a quello di molte altre località europee, come ad esempio la Grecia o l'Italia, che al contrario beneficiano di condizioni meteorologiche molto più gradevoli, unitamente ad un traffico veicolare in molti casi meno intenso.



Fig. 3 - Torre di Controllo di Cranfield, UK.

Ora, mantenere gli aeromobili in volo prima di farli atterrare, come avviene tipicamente nelle vicinanze di Heathrow, è una pratica non solo costosa (in termini di

consumo di carburante), ma anche dannosa per l'ambiente (causando emissioni prolungate di biossido di carbonio), la salute umana (il rumore molto forte, nei pressi degli aeroporti, è correlato positivamente all'insorgere di diverse malattie⁸) e il benessere in generale (si pensi ai livelli di stress connesso alla rumorosità, percepito da operatori, utenti e abitanti delle aree aeroportuali). Di qui la necessità avvertita negli ultimi anni, in cui i temi della sostenibilità ambientale sono divenuti sempre più pervasivi, di ridurre o, idealmente, eliminare, lo stazionamento in volo degli aerei pervenendo ad ottimizzare lo spazio aereo, in generale, e quello di alcune aree, come quelle dove sorgono gli aeroporti più congestionati, in particolare.

La pandemia, e la conseguente crisi economica che ne è derivata, hanno fortemente ridotto il trasporto di passeggeri e merci nel corso del 2020 (Castaldo 2020b), riduzione che, in scala ridotta, continua tuttora.

Un tale drastico crollo, lungi dall'essere connotato solo negativamente, con riferimento agli impatti sia per i vettori, i costruttori, a monte di global supply chains, e i passeggeri, a valle di esse, che per i lavoratori del comparto del trasporto aereo, ha portato con sé anche la possibilità di ripensare una gestione del traffico che, sotto diversi punti di vista, è subottimale.

In casi di super-operatività come quella che ha caratterizzato il lavoro di un aeroporto intasato come quello inglese di London Heathrow in epoca pre-covid, non era possibile - sostiene Juliet Kennedy, Operations Director per NATS⁹, il principale fornitore di servizi di controllo del traffico aereo del Regno Unito, fermarsi un attimo a riflettere e impiegare risorse umane alla risoluzione delle problematiche. Avere invece un traffico pari a circa il 10% di quello del 2019 ha reso possibile toccare con mano ciò che non accadeva da decenni, ovvero che una gestione più ordinata dello spazio aereo è non solo possibile, ma anche e soprattutto auspicabile per il futuro. Operare in condizioni più agevoli, di traffico meno intenso, che a sua volta ha avuto ripercussioni benefiche a livello di inquinamento ambientale ed acustico, ha favorito l'emersione della questione soggiacente e latente dell'ottimizzazione delle rotte aeree (Aerosociety.com, 2021).

Parallelamente alla generale presa di coscienza globale, favorita dalla crisi pandemica, dell'urgenza di intervenire a sostegno della sostenibilità del pianeta, è andata sollevandosi la richiesta precipua da parte degli operatori e dei professionisti della gestione e controllo del traffico aereo, di operare in condizioni migliorate rispetto agli intensi periodi precritici.

Più in generale, è andata facendosi strada, nell'ambito del trasporto, la consapevolezza della straordinarietà dell'opportunità che la crisi da coronavirus andava offrendo in termini di decarbonizzazione. In altri termini, il collasso dei

⁸ L'inquinamento acustico è l'effetto più immediatamente percepibile e fastidioso della presenza di un aeroporto. L'esposizione prolungata al rumore, specialmente notturno, può causare danni alla salute. Oltre all'impatto sull'apparato uditivo, il rumore può causare disturbi del sonno, compromissione delle prestazioni cognitive e gravi effetti cardiovascolari, come ipertensione, infarto del miocardio e ictus.

⁹ NATS è il principale fornitore di servizi di controllo del traffico aereo del Regno Unito, il cui purpose è "Advancing aviation, keeping the skies safe". Si tratta di un'azienda leader nel proprio comparto, che in un anno tipico pre-Covid, gestiva oltre 2,5 milioni di voli e 250 milioni di passeggeri viaggianti nel Regno Unito e nell'Atlantico del Nord. Al di fuori del Regno Unito, NATS offre attualmente servizi di traffico aereo a clienti dell'Europa, Nord America, Asia e Medio Oriente.

trasporti ha avuto l'effetto secondario di ridurre momentaneamente, con la combustione, l'emissione di biossido di carbonio, con benefici effetti per l'ambiente e la salute umana.

In tale scenario si situa l'ottimizzazione dello spazio aereo come opportunità da cogliere nel periodo attuale, di traffico ancora limitato, in cui più facile sarebbe avviare progetti, misure e iniziative che vanno in tale direzione.

Come ha affermato Jan Iopson, Head of Environmental and Community Affairs di NATS, la company sta cercando di avvantaggiarsi dalla situazione di livello di traffico basso per creare il suo "nuovo corso" a partire da un progetto strutturale dello spazio aereo vecchio di 70 anni, che attualmente non utilizza al meglio le capacità di prestazioni dei nuovi aeromobili. La compagnia è desiderosa di ricostruire la struttura dello spazio aereo in un modo efficiente dal punto di vista del carbonio e di fare network con le aerolinee e gli aeroporti per ridurre l'inquinamento dell'aria e il rumore locale, impegnandosi, attraverso l'aviazione sostenibile, a raggiungere emissioni nette di CO₂ pari a zero per il settore entro il 2050 (Aerosociety.com, 2021).

Ma come sarebbe perseguibile tale ottimizzazione?

Prima di tutto attraverso la riduzione delle distanze e dei tempi di volo.

Si dovrebbero, secondo gli esperti dell'ENAV, impegnati in piani di efficientamento del volo (flight efficiency plan) elaborati sin dal 2008 e oggetto di continue revisioni e miglioramenti, disegnare traiettorie più dirette, evitando per esempio dei collegamenti a zig-zag tra uno scalo e l'altro, a quote di volo più elevate, dove l'aria è più rarefatta (website Enav, 2021).

La razionalizzazione della gestione del traffico aereo, ricercando soluzioni basate sul principio "rotte più dirette che consentono risparmi di carburante e riduzione dell'inquinamento", sarebbe così realizzata migliorando sia i livelli di sicurezza del volo che incrementando la capacità dello spazio aereo, affermano gli esperti dell'ENAV (Morino, 2012).

Le salite e discese verso gli aeroporti dovrebbero, poi, essere più continue, risparmiando anche sui tempi di rullaggio, portando a ridurre il più possibile, fino idealmente ad eliminarlo, il mantenimento in volo degli aeromobili, per come lo conosciamo ora, afferma il Gen. Umberto Rossi, membro della 'Royal Aeronautical Society'¹⁰.

Nel complesso, il processo di ottimizzazione dello spazio aereo consentirebbe di ridurre i costi di esercizio e l'impatto ambientale correlato alle operazioni di volo.

Questa, nel periodo attuale, sarebbe un'opportunità unica da cogliere e soprattutto perseguire nel post-crisi, in cui ragionevolmente è lecito attendersi dei ritorni a volumi di traffico via via più sostenuti.

Un'opportunità straordinaria, dunque, per decarbonizzare, in linea con il target, stabilito nell'ambito dell'Accordo di Parigi, delle emissioni nette ridotte a zero¹¹ per

¹⁰ La Royal Aeronautical Society è una società inglese fondata nel 1866 come "unico ente professionale al mondo dedicato alla comunità aerospaziale, per promuovere il progresso dell'arte, della scienza e dell'ingegneria aeronautica in tutto il mondo" (aerosociety.com, 2021). Sin dalla sua istituzione, la società è stata all'avanguardia degli sviluppi nel settore aerospaziale, e cerca tuttora di promuovere i più alti standard professionali e di fornire un forum centrale per la condivisione delle conoscenze.

¹¹ Il Pianeta Terra è molto reattivo già a lievi alterazioni della quota di CO₂, metano e altri gas serra nell'atmosfera, che hanno causato ingenti danni finora. L'emissione di questi gas, pertanto, deve essere gradualmente ridotta finché l'intero sistema non venga riportato in equilibrio. 'Netto zero' significa che tutte le emissioni di gas serra generate dall'uomo devono essere ulteriormente rimosse

stabilizzare le temperature globali, ma anche per perseguire l'efficienza operativa dei velivoli, a vantaggio dei bilanci delle compagnie aeree, negativamente impattati dalla Crisi del 2020.

6. Conclusioni

La pandemia ha causato, a livello industriale ed economico, ingenti e molteplici danni, più evidenti per alcuni comparti come l'universo dei trasporti, ma avuto, nondimeno, qualche impatto connotato di segno positivo, facendo emergere, per esempio, istanze etiche e di responsabilità sociale di impresa, e creando talune possibilità, come quella del minore inquinamento, rispetto agli anni scorsi, legato, con riferimento alla mobilità globale, alla drastica riduzione dei traffici.

Nell'ambito del trasporto aereo, una straordinaria e irripetibile opportunità da cogliere al volo - come sostenuto da alcuni manager inglesi della NATS Company e da membri della 'Royal Aeronautical Society' - pare essere quella dell'ottimizzazione dello spazio aereo e dell'impiego dei velivoli, sia per accelerare il processo di decarbonization, in conformità rispetto a quanto sancito dall'accordo di Kyoto, proseguendo, quindi, sulla strada della sostenibilità ambientale, sia per venire incontro alle richieste di riduzione dei costi, e quindi di sanamento di bilanci aziendali in dissesto e di efficienza, di aerolinee e aeroporti, che vanno, invece, nella direzione della sostenibilità economica.

Il caso di un aeroporto molto congestionato, come quello di London Heathrow, è stato trattato a livello emblematico come esemplificativo dello sforzo da approfondire per modernizzare la gestione dello spazio aereo, gestione che ha finora evidenziato molte falle di inefficacia e inefficienza.

Un management più attento, oggi, alle istanze ambientali, oltre che, naturalmente, sensibile al contenimento dei costi, non pare, tuttavia, di per sé sufficiente ad un radicale cambiamento di rotta. Una politica del trasporto aereo più evoluta e, al di là delle dichiarazioni di intenti, davvero al passo coi tempi richiederebbe, invece, il coinvolgimento di attori diversi, provenienti dal mondo pubblico e da quello privato, mediante, ad esempio, la creazione ad hoc di Public-private partnership per la gestione delle infrastrutture esistenti e l'erogazione di servizi di interesse pubblico, oltre che l'impegno serio, al di là dei proclami, a cambiare le operations in ottica sostenibile.

Uno degli insegnamenti che abbiamo tristemente appreso negli scorsi anni è proprio che nessuno sviluppo economico dovrebbe più essere perseguito a danno dell'ambiente, ma a beneficio del mondo attuale e, soprattutto, di quello che lasceremo alle generazioni future del pianeta.

Riferimenti bibliografici

Back Impallomeni, E. (1990) "Spazio aereo e spazio aereo extra-atmosferico", in Enc Dir., XLIII.

dall'atmosfera mediante opportune misure riduttive e che, quindi, il bilancio del clima della terra al netto, ovvero dopo aver tolto i sink biosferici, deve ammontare a zero. In questo modo l'umanità sarebbe climaticamente neutra e la temperatura globale si stabilizzerebbe.

- Belobaba, P., et al. (2016) *The Global Airline Industry*, 2a ed., Wiley, Chichester.
- Bronzetti, G. (2002) *Le imprese di gestione aeroportuale*, Franco Angeli, Milano.
- Castaldo, F. (2018) “I sistemi di gestione del traffico aereo e l’incombente minaccia del crimine: la necessità di un modello organizzativo cyber-security centric”, *Rivista Italiana di Conflittologia - Culture, Actors and Interactions*, 36, pp. 29-48.
- Castaldo, F. (2020a) “Airlines Newcomers. Verso una configurazione strutturale della ‘nebulosa’”, *Rivista di Economia e Politica dei Trasporti*, 3, pp. 1-11.
- Castaldo, F. (2020b) “Coronavirus e crisi del trasporto aereo: verso un nuovo panorama strategico?”, *Rivista di Economia e Politica dei Trasporti*, 1, pp. 1-11.
- Castaldo, F. (2020c) “Efficacia e limiti dell’Intelligenza Artificiale nell’era delle incertezze”, *Sviluppo & Organizzazione*, 296, novembre/dicembre, pp. 64-68.
- Castaldo, F. (2020d) “Macchine intelligenti nella C-Suite: verso una surroga dell’arte umana del comando?”, *Sviluppo & Organizzazione*, 292, marzo/aprile, pp. 38-45.
- Castaldo, F., Coniglio, S., Gatti, M. (2020) “Trasporto tattico ai tempi del coronavirus: il C-27 J tra flessibilità operativa e proactive management”, *Rivista di Economia e Politica dei Trasporti*, 1, pp.1-13.
- Castaldo, F., Gatti, M. (2021) “Crises and Digital Changeover as a Source of Disruption for Business: Trends and Perspectives in Top Management”, *Impresa Progetto - Electronic Journal of Management*, 1, pp. 1-15.
- Coletto, D., Bronzini, M. (2020) “Il cielo in un monitor. Tecnologie e pratiche di lavoro dei controllori del traffico aereo”, *Rassegna Italiana di Sociologia*, 61(1), pp. 3-27.
- Danielis, R. (2019a) “Il PNIEC e la decarbonizzazione dei trasporti: le potenzialità dei biocarburanti. Parte Prima”, *Rivista di Economia e Politica dei Trasporti*, 3, pp. 1-25.
- Danielis, R. (a cura di) (2019b) *La decarbonizzazione dei trasporti: è un obiettivo possibile?* EUT Edizioni Università di Trieste, Trieste.
- Frey, M., Iraldo, F. (2008) *Il management dell’ambiente e della sostenibilità oltre i confini aziendali*, Franco Angeli, Milano.
- Giansoldati, M., Danielis, R., Scorrano, M. “Cambiamento climatico e decarbonizzazione dei trasporti: una sfida per l’Europa per i prossimi decenni”, *Poliarchie/Polyarchies*, 4(1), pp. 25-68.
- Hansen, J., et al. (2008) “Target atmospheric CO₂: Where should humanity aim?”, *Open Atmos. Sci. J.*, 2, pp. 217-231.
- Hopkin, V.D. (2017) *Human factors in air traffic control*, CRC Press, Boca Raton, US.
- Jarrett, J. (Ed.) (2000) *Modern Air Transport Worldwide Air Transport from 1945 to the Present*, Putnam, London.
- Longo, L. (1976) “Psychopathology of air traffic controllers and radar operators”, *Rivista di medicina aeronautica e spaziale*, 39(3-4), pp. 329-341.
- McKibbin, W.J., Wilcoxon, P.J. (2002) “The role of economics in climate change policy”, *Journal of Economic Perspectives*, 16(2), pp. 107-129.
- Maggiore, P., Gajetti, M., Bonifacino, A. (2017) *Dal fattore umano alla safety in aviazione*, Società Editrice Esculapio, Bologna.
- Marabucci, A. (2020) “Impatti della pandemia da Covid-19 sul TPL romano: prime considerazioni per l’anno 2020”, *Rivista di Economia e Politica dei Trasporti*, 3, pp. 1-15.
- Morino M. (2012), “Caro kerosene? L’aereo fa la scorciatoia”, *Il Sole24ORE*, 13 marzo 2012.
- Nocera, S., Cavallaro, F. (2014) “A methodological framework for the economic evaluation of CO₂ emissions from transport”, *Journal of Advanced Transportation*, 48(2), pp. 138-164.



- Ortiz, R.A., Markandya, A. (2009) "Integrated impact assessment models of climate change with an emphasis on damage functions: a literature review", Basque Centre for Climate Change, Spain.
- Oster, C.V., Strong, J.S. (2017) *Managing the skies: Public policy, organization and financing of air traffic management*, Routledge, London.
- Pellegrino, F. (ed) (2015) *Legislation and regulation of risk management in aviation activity*, vol I., Giuffré, Milano.
- Pindyck, R.S. (2013) "The Climate Policy Dilemma", *Review of Environmental Economics and Policy*, 7(2), pp. 219-237.
- Reitani, G. (1996) "Il metodo econometrico per la previsione della domanda di trasporto aereo, *European Transport*", *Trasporti Europei*, 3, pp. 7-16.
- Seristö, H., Vepsäläinen, A.P.J. (1997) "Airline Cost Drivers: Cost Implications of Fleet, Routes, and Personnel Policies", *Journal of Air Transport Management*, 3(1), pp. 11-22.
- Tavolaro A. (2020), "Cosa ci ha insegnato il Covid-19: Qual è il legame tra Covid-19 e inquinamento? Lo sviluppo sostenibile ci conduce alla chimica circolare", *Analysis*, 3, pp. 25-30.
- Tol, R.S.J. (2013) "Targets for global climate policy: An overview", *Journal of Economic Dynamics and Control*, 37(5), pp. 911-928.
- Whitmarsh, L., Seyfang, G., O'Neill, S. (2011) "Public engagement with carbon and climate change: to what extent is the public 'carbon capable'?", *Global environmental change*, 21(1), pp. 56-65.