



POLITECNICO  
MILANO 1863



# La sostenibilità nel comparto del trasporto aereo

## *Executive Summary*

PATTO PER LA  
**DECARBONIZZAZIONE**  
DEL TRASPORTO **AEREO**



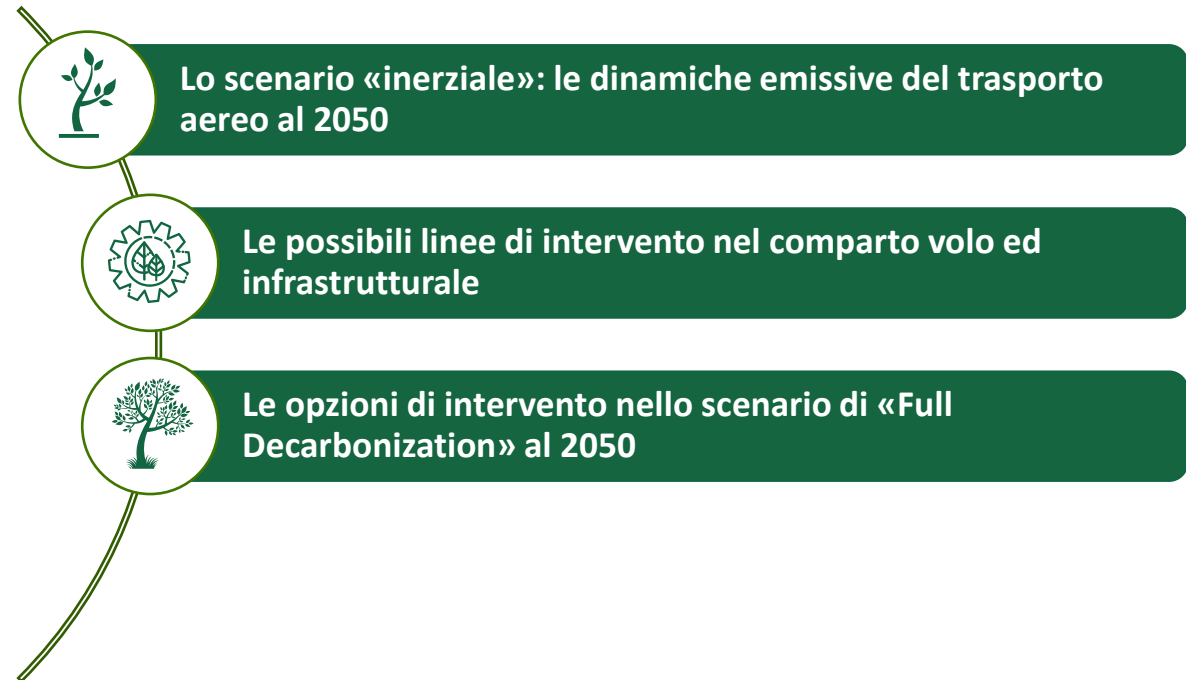
Settembre 2022



# Obiettivi e overview dello studio



Valutazione dei **percorsi di decarbonizzazione perseguibili dal settore del trasporto aereo** (comparto volo e infrastrutture), allo scopo di fornire elementi scientifici alla valutazione della sostenibilità del medesimo settore



# Sviluppo sostenibile e finanza sostenibile

## Criteri ESG



- Nel **2015** – in linea con l'**accordo di Parigi** per garantire il **contenimento del riscaldamento globale a 1,5 °C** – la comunità degli Stati ha approvato l'**Agenda 2030**, ovvero una strategia per promuovere lo **sviluppo sostenibile** basata su **17 Sustainable Development Goals (SDG)**.
- Fino **all'inizio degli anni 2000** erano presi in esame **puramente aspetti di natura economica** per la valutazione delle performance aziendali. Tuttavia, in accordo con la tematica di sviluppo sostenibile e al fine di rendere quantificabile e misurabile il **livello di sostenibilità in ambito economico/finanziario**, a partire dal 2005, sono stati introdotti nuovi criteri – *di natura non finanziaria* – che hanno dimostrato una crescente attenzione verso aspetti per misurare l'impatto ambientale, il rispetto dei valori sociali e gli aspetti di buona gestione di una società: i **criteri ESG**.
- Questi criteri sono strettamente legati al concetto di **finanza sostenibile**, ovvero il settore della finanza che si occupa di assicurare la **sostenibilità nel lungo periodo** di un investimento.

### Environmental



### Social



### Governance



### Il caso BlackRock

Blackrock nel 2020 ha di fatto dichiarato di scegliere per i propri investimenti **solo** aziende che scelgono di **migliorare il proprio impatto ambientale e di adottare governance attente alle tutele dei diritti del personale**. Per una realtà che gestisce risorse per oltre **6.500 miliardi di dollari**, arrivare a stilare una lista di **244 imprese** nel mondo che non stanno facendo abbastanza per contrastare il **climate-change** significa fornire indicazioni strategiche molto forti in direzione di politiche e progetti di tipo ESG.



So what

- Negli ultimi anni è emerso come gli **investimenti in aziende sostenibili over-performino** quelli in aziende non sostenibili. L'analisi dell'affidabilità delle imprese è sempre più legata a dimensioni non finanziarie. I criteri ESG sono probabilmente i sistemi più organicamente strutturati per valutare la sostenibilità di un'impresa.
- Molti fra i fondi d'investimento più importanti al mondo hanno di fatto dichiarato di **scegliere per i propri investimenti solo aziende impegnate a migliorare il proprio impatto ambientale e ad adottare governance attente alle tutele dei diritti del personale**.

# Sviluppo sostenibile e finanza sostenibile

## La tassonomia *green*



- Al fine di implementare un «sistema finanziario sostenibile», la Commissione ha pubblicato nel 2018 un manifesto programmatico denominato «**Piano d’azione per finanziare la crescita sostenibile**», dove sono definite **10 azioni necessarie** al fine di costruire un sistema finanziario sostenibile. Tra queste troviamo la necessità di sviluppare un **sistema di classificazione** universale per identificare le **attività economiche ecosostenibili** e promuoverle: «**EU Green Taxonomy**».
- Questa tassonomia è stata esposta nel **regolamento UE 2020/852 relativo all’istituzione di un quadro che favorisce gli investimenti sostenibili**. Nel regolamento, si introducono criteri univoci al fine di determinare se **un’attività economica** possa essere definita **ecosostenibile** e, parimenti, il **grado di ecosostenibilità di un investimento**.
- Redigere dichiarazioni di *carattere non finanziario* implica che le aziende debbano essere in grado di misurare le proprie decisioni di business analizzando tutti gli impatti (economici e non) che esse determinano. per comunicare questi impatti è necessario che l’azienda produca un **documento** che li contenga e li descriva, ovvero il **Report di Sostenibilità**.



So what

- A diversi anni dall’entrata in vigore della NFRD (Non Financial Reporting Disclosure) e della successiva CSRD (Corporate Sustainability Reporting Directive) emerge la **manca** di una **metodologia standard** adottata dalle imprese per rendere conto ai propri stakeholder delle performance di carattere non finanziario.
- La **Tassonomia Green** costituirà sempre più un **riferimento fondamentale per identificare le attività economiche ecosostenibili e promuoverle**, attualmente è ancora in una fase di impostazione e **presenta ancora elementi di incompletezza ed incoerenza**.

# La sostenibilità del trasporto aereo

## L'impatto del trasporto aereo sugli SDGs



- Il settore del trasporto aereo risulta di **maggiore rilevanza per gli SDGs connessi alla crescita economica** ( SDGs 8, 9 e 12). In tal senso, fanno parte di tale settore alcune delle infrastrutture strategiche per lo sviluppo economico dei singoli stati e per il supporto e crescita delle filiere industriali. Parimenti, la **valutazione sull'impatto climatico** (SDG 13) risulta elevata, vista anche l'importanza rivestita dal **tema delle emissioni e della decarbonizzazione del settore**.
- In ogni caso, risulta **significativo anche il contributo verso altri ambiti**, riferiti a **temi di disparità sociale, interconnessione culturale e salute** (SDGs 3, 4 e 5), confermando un **ruolo abilitante del trasporto aereo rispetto ad altri settori industriali**.



So what

➤ La decarbonizzazione del trasporto aereo è un **obiettivo vitale per il settore**, è però indispensabile definire un **percorso razionale e concretamente realizzabile di decarbonizzazione**. Il raggiungimento della sostenibilità economica, ambientale e sociale di questo percorso sono indispensabili per renderlo credibile.

# La sostenibilità del trasporto aereo

## Il ruolo abilitante del trasporto aereo rispetto ad altri settori industriali



- Il **trasporto aereo** non può essere limitato all'analisi della sola movimentazione di merci e/o passeggeri, bensì è caratterizzato da un **valore potenziale e prospettico estremamente rilevante**. In particolare, tale settore è **parte integrante di qualsiasi ecosistema di trasporto futuro**, fornisce una **mobilità globale** ed in molti casi rappresenta **l'unico collegamento praticabile** in un contesto nazionale ed internazionale.
- Il trasporto aereo supporta il **settore turistico** ed il **commercio**, offre **posti di lavoro**, **migliora il tenore di vita** delle popolazioni e **allevia la povertà**. Inoltre, la connettività contribuisce a **migliorare la produttività**, incoraggiando gli **investimenti** e **l'innovazione**, migliorando le operazioni commerciali e consentendo di attrarre dipendenti.



Sviluppo del settore turistico



Sviluppo del commercio



Sviluppo di reti economiche



Supporto occupazione



Allevia la povertà



Integrazione culturale e sociale



Migliora il tenore di vita degli individui



Incoraggia investimenti e innovazione



So what

- La **decarbonizzazione del trasporto aereo** è un **obiettivo vitale per il futuro dell'intero settore** visti i target normativi europei. Parimenti, però, è indispensabile definire un **percorso razionale e concretamente realizzabile di decarbonizzazione** al fine di non destabilizzare un intero settore industriale e tutti gli altri settori economici ad esso correlati.
- Sarà necessario **definire un riferimento metodologico organico** per valutare i possibili interventi sul fronte della decarbonizzazione, al fine di **assicurare sostenibilità economica, sociale ed ambientale del settore del trasporto aereo**.

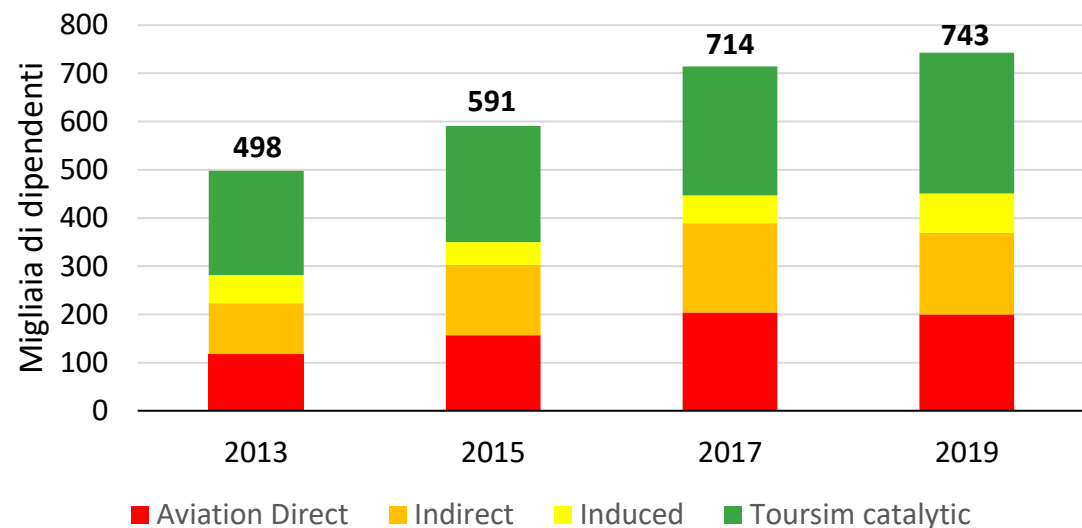
# L'impatto del trasporto aereo su occupazione e GDP

## La prospettiva a livello italiano

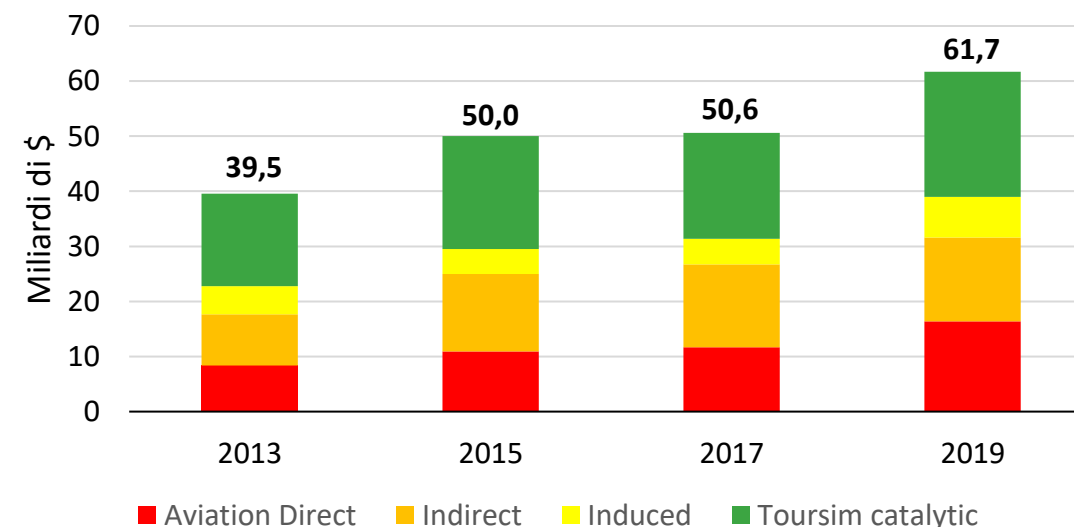


- Focalizzando l'analisi al solo contesto nazionale, tenendo in considerazione tutti i suddetti effetti «indiretti», si può evidenziare come il **livello di occupazione correlato al trasporto aereo arrivi a 743.000 dipendenti per l'anno 2019** (+49% rispetto al 2013). In particolare, tra il 2015 e il 2017 si segnala un netto aumento del livello di occupazione – diretta e indiretta – relativa al settore del trasporto aereo (da 591 mila occupati a circa 714 mila).
- Analogamente, si può evidenziare come il **GDP correlato al trasporto aereo raggiunga oltre 61,7 miliardi per l'anno 2019** (+56% rispetto al 2013). Al contrario del livello di occupazione, tra il 2015 e il 2017 non si manifesta un netto aumento del GDP relativo al trasporto aereo, bensì una stagnazione dello stesso che rimane ancorato nell'intorno dei 50 miliardi di \$.

L'impatto del trasporto Aereo sull'occupazione – 2019



L'impatto del trasporto Aereo sul GDP – 2019

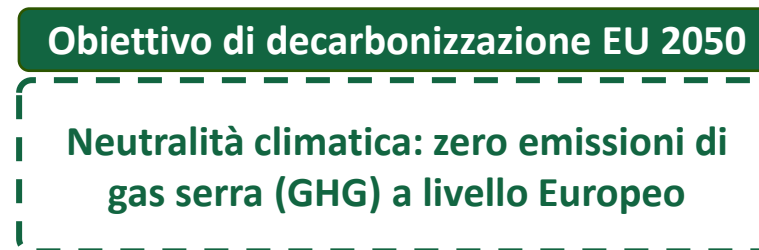


# Evoluzione normativa nel contesto europeo

## Gli obiettivi di decarbonizzazione



- Per raggiungere l'obiettivo di **neutralità climatica al 2050**, inoltre, a **luglio 2021** sono stati proposti alcuni **aggiornamenti** delle policy al **2030** attraverso il pacchetto «*Fit for 55*».



So what

- Gli **obiettivi di decarbonizzazione**, nel corso degli ultimi anni sono diventati **sempre più sfidanti**.
- Si definiscono **obiettivi di decarbonizzazione specifici per i diversi settori dell'Unione**, tuttavia **per il settore del trasporto aereo non risultano essere stati definiti obiettivi specifici ad esclusione dell'obbligo di uso progressivo di SAF**.



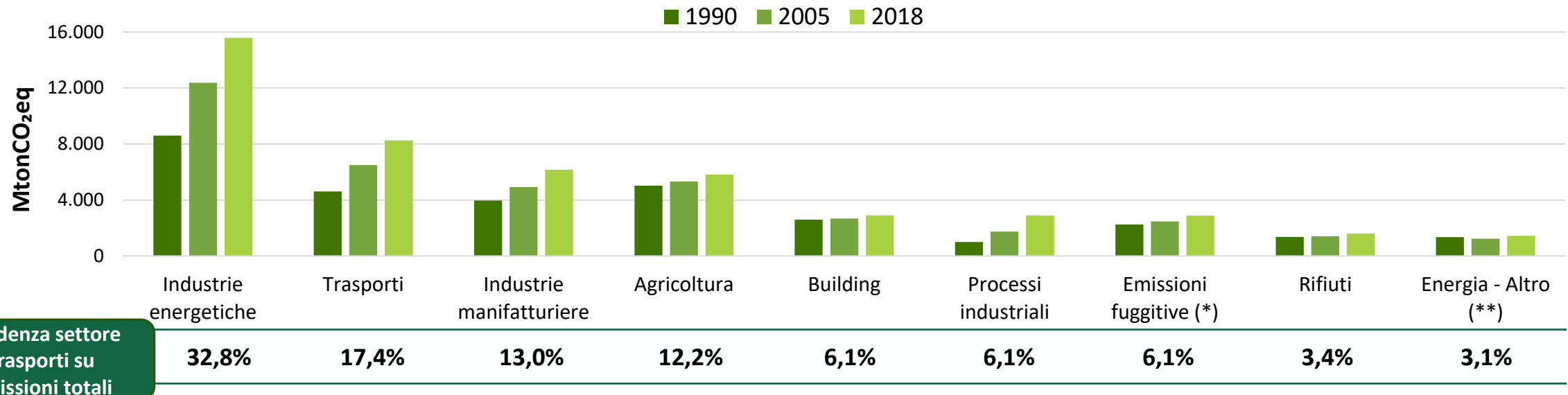
# Analisi del contesto emissivo

## Emissioni totali e del settore dei trasporti a livello mondiale



- Negli ultimi 3 decenni si è assistito ad un **forte aumento delle emissioni di GHG a livello mondiale**, da circa **35 miliardi di tonnellate di CO<sub>2eq</sub>** nel 1990 ad oltre **49 miliardi nel 2018 (+40%)**.
- Il **contributo maggiore** è associato alle **industrie energetiche**, che con **oltre 15,5 miliardi di tonnellate di CO<sub>2eq</sub>** hanno registrato un **incremento dell'81% tra il 1990 ed il 2018**. I **trasporti rappresentano il secondo settore per emissioni di GHG**, con **oltre 8,2 miliardi di tonnellate di CO<sub>2eq</sub>** nel 2018, registrando un **incremento del 79% rispetto al 1990**.

Andamento delle emissioni di GHG per settori



Incidenza settore trasporti su emissioni totali

**Nota:** All'interno dello studio sono valutate le emissioni di GHG (CO<sub>2eq</sub>), escludendo le emissioni non GHG (es. Nox, contrails and cirrus).

**Fonte:** Climate watch, 2019

(\*) Perdite e rilasci irregolari di gas o vapori, principalmente da attività industriali

(\*\*) Usi energetici non altrimenti classificati

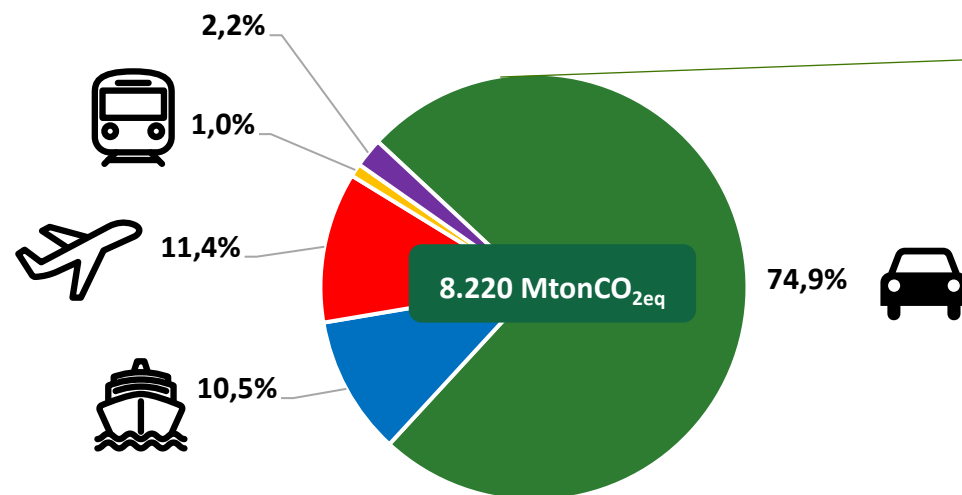
# Analisi del contesto emissivo

## L'incidenza delle diverse modalità di trasporto

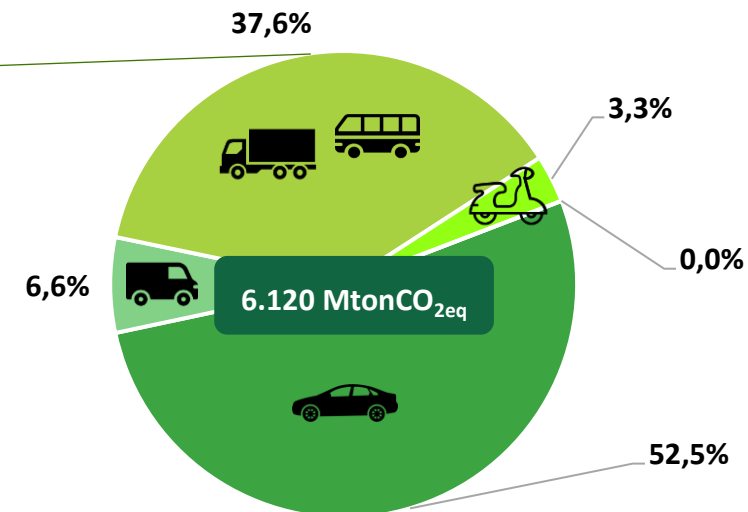


- Il trasporto aereo e marittimo pesano in maniera sostanzialmente egualitaria sul totale delle emissioni di GHG associate al settore dei trasporti nel 2018 (rispettivamente 11,4% e 10,5%), seguiti dal trasporto ferroviario (1%) e dalle altre tipologie di trasporto (2,2%). **Pertanto il settore del trasporto aereo pesa meno del 2% delle emissioni a livello globale.**
- Relativamente al trasporto su strada, le autovetture sono responsabili di oltre la metà delle emissioni (52,5%), seguite dai veicoli pesanti (autobus ed autocarri) e dagli autocarri leggeri (fino a 3,5 ton).

Ripartizione emissioni GHG per tipologia di trasporto - 2018



Ripartizione emissioni GHG per il trasporto stradale - 2018



■ Stradale ■ Marittimo ■ Aereo ■ Ferroviario ■ Altro

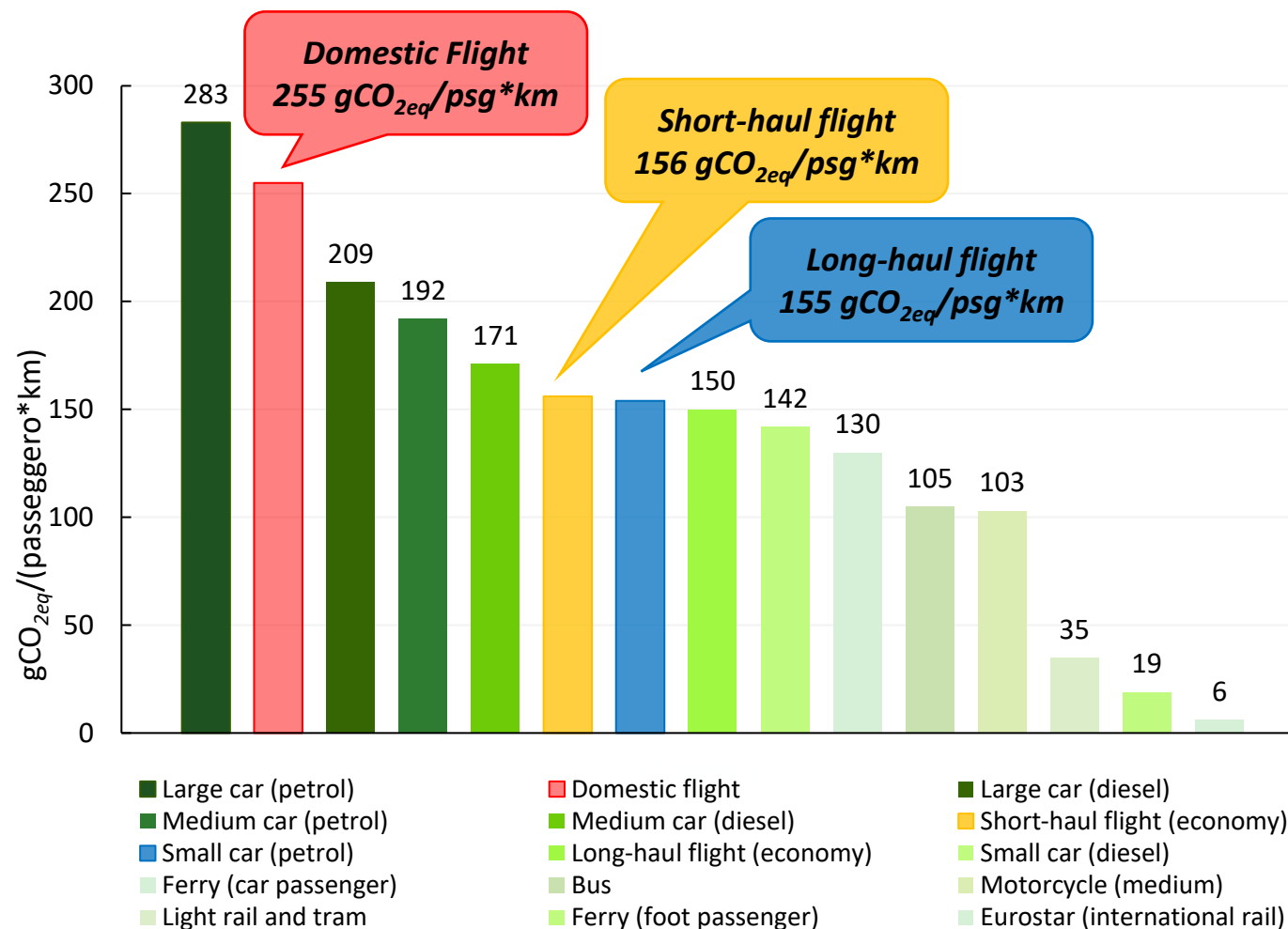
■ Passenger cars ■ Light duty vehicles ■ Heavy Duty vehicles e bus ■ Motocicli ■ Altro

# L'impatto ambientale per le diverse modalità di trasporto

## Valutazione comparativa



- In funzione delle diverse modalità di trasporto sono mostrati i **valori emissivi in gCO<sub>2</sub>eq prodotti da un passeggero che viaggia per un chilometro.**
- Il **trasporto su strada (large car, medium car)** registra i **valori emissivi complessivamente maggiori.**
- Inoltre, per il **trasporto aereo** si evince come questa metrica risulti **più negativa se si paragonano voli di domestici (255 gCO<sub>2</sub>eq/psg\*km) a quelli di lunga percorrenza (150 gCO<sub>2</sub>eq/psg\*km).**
- La spiegazione risiede nel fatto che la maggior parte degli inquinanti sono prodotti nella fase di decollo, andando dunque a peggiorare l'impatto delle tratte più brevi.

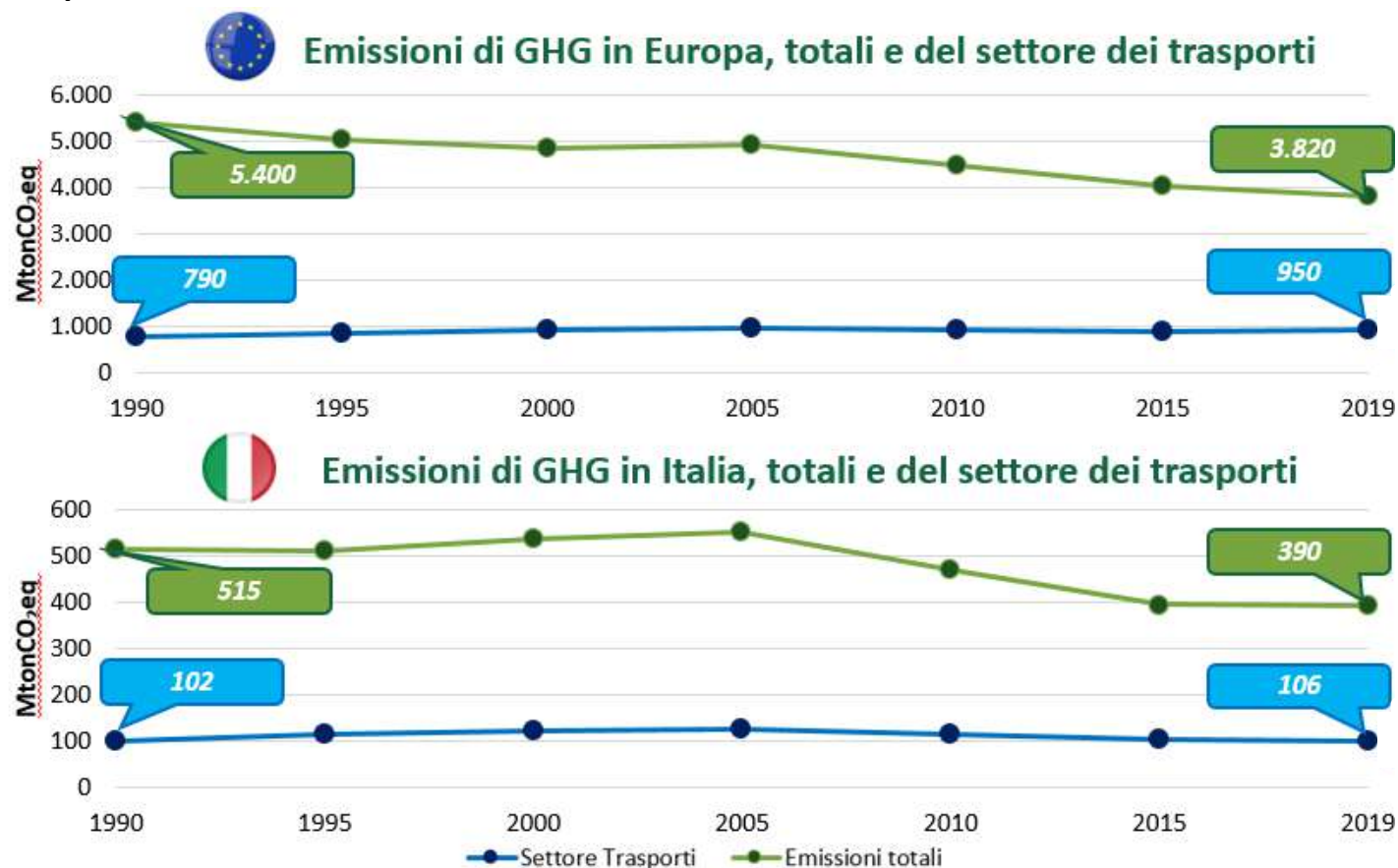


# Analisi del contesto emissivo

## Emissioni totali e del settore dei trasporti a livello europeo e nazionale



- Nel corso degli ultimi 3 decenni si è assistito ad una **sensibile riduzione delle emissioni di GHG nel contesto europeo** (-28% vs. 1990). Nel 2019, il **settore dei trasporti** rappresentava, dopo il settore delle industrie energetiche, il **secondo maggior settore per emissioni (+20% 2019 vs 1990)**.
- Analogamente, nel contesto italiano si è assistito ad una **sensibile riduzione delle emissioni di GHG** (-24% vs. 1990). Tuttavia, il **settore dei trasporti** rappresentava il **primo settore in termini emissivi**.

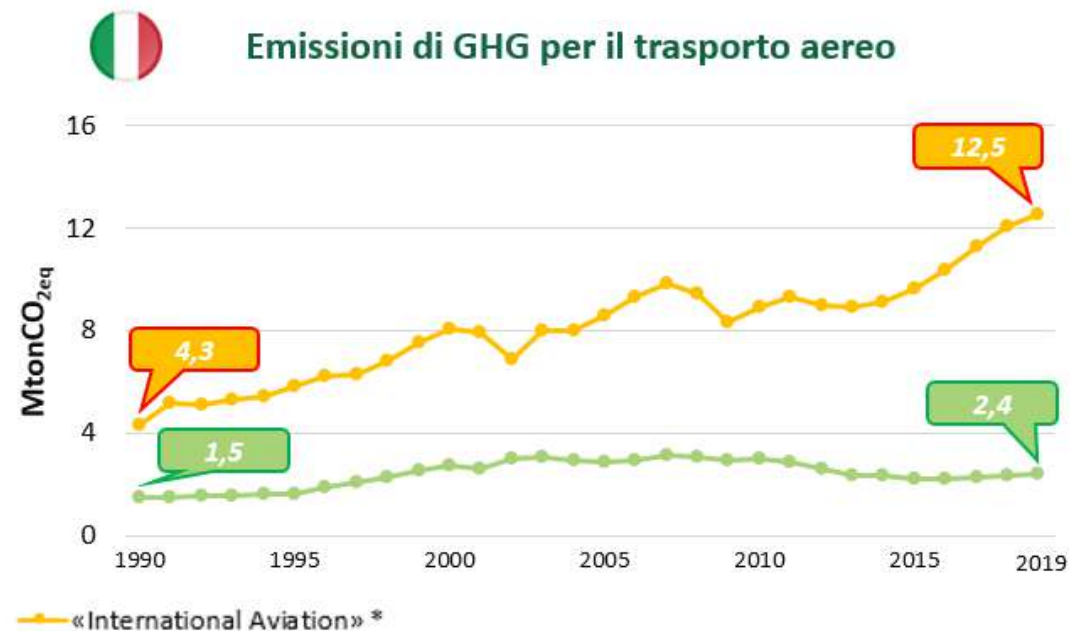
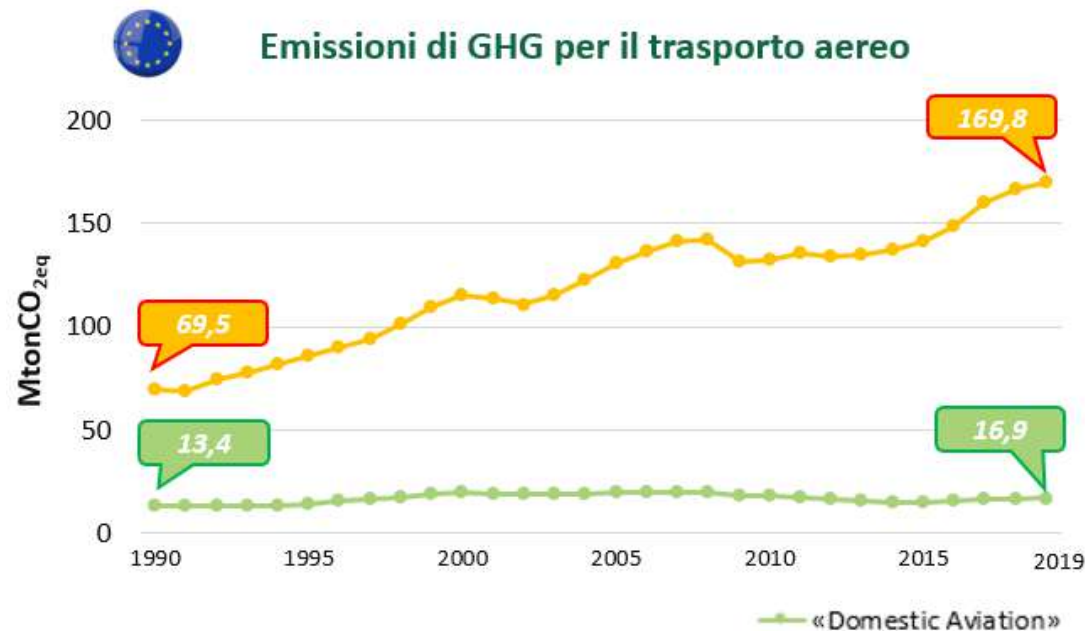


# Analisi del contesto emissivo

## L'impatto del trasporto aereo in Europa e in Italia



- Focalizzando l'analisi al solo trasporto aereo, è importante evidenziare come il **peso** del trasporto aereo sul totale delle emissioni di GHG del settore dei trasporti (rispettivamente l'1,8% e il 2,3% nel contesto europeo e italiano), **non comprenda l'impatto emissivo causato dai voli intercontinentali**. In particolare, quest'ultimi **nel contesto europeo ed italiano hanno raggiunto nel 2019** rispettivamente livelli pari a **170 MtonCO<sub>2eq</sub>** (10 volte più elevato delle emissioni dei voli continentali) e **12,5 MtonCO<sub>2eq</sub>** (5 volte più elevato delle emissioni dei voli nazionali).



**Fonte:** Rielaborazione Energy & Strategy dati EEA

(\*) «International aviation»: Emissioni di GHG relative a voli che partono dall'Italia/Europa e arrivano in un Paese/Continente differente e viceversa

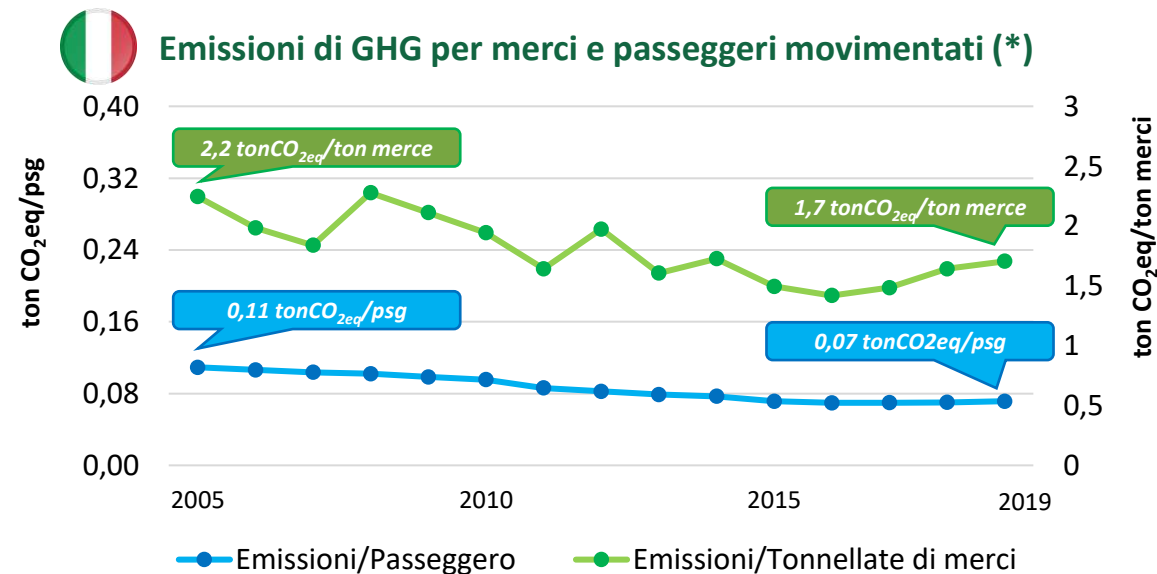
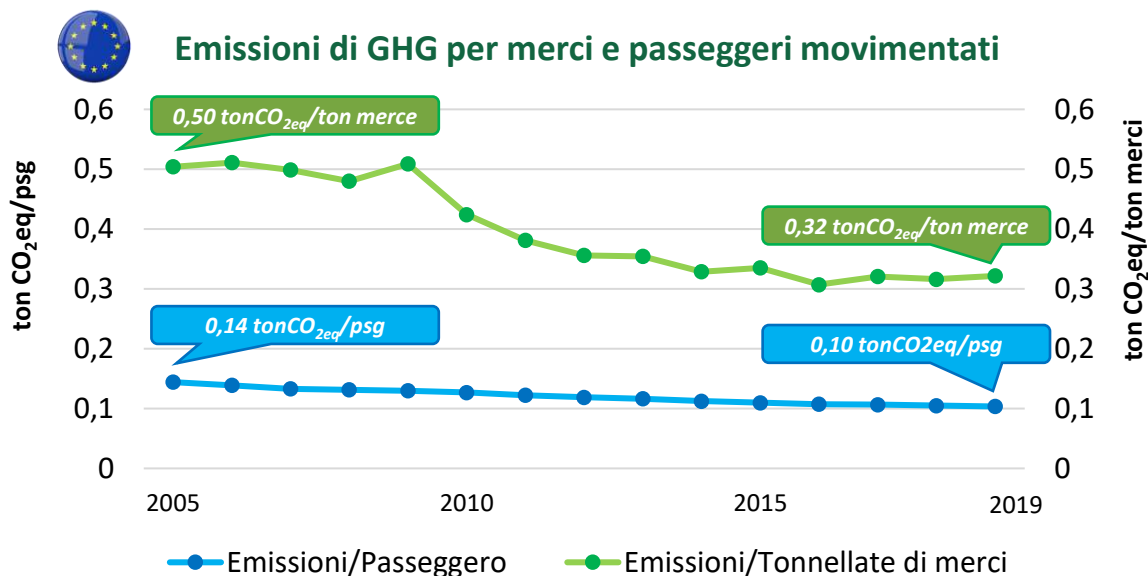
**Nota:** Si fa riferimento alle emissioni del settore del trasporto aereo, per il comparto volo, che rispetto all'intero settore rappresenta una quota di emissioni pari a circa il 90%, la rimanente quota risulta essere associata al comparto infrastrutturale.

# Analisi del contesto emissivo

## L'impatto del trasporto aereo per passeggeri e merci movimentate



- Nel **contesto europeo** nel corso degli ultimi 15 anni, per il **trasporto persone** si è registrata una **riduzione delle emissioni GHG di circa il 30%** mentre per il **trasporto merci** si è registra una **riduzione pari al 36%**.
- Nel **contesto italiano** per il **trasporto nazionale** si assiste ad una **riduzione delle emissioni di GHG, specifiche per passeggero, di circa il 36%**, lo stesso andamento decrescente si evidenzia anche per le emissioni specifiche nel caso del **trasporto merci in ambito nazionale, con una riduzione di circa il 23%** negli ultimi 15 anni.



- Il settore del trasporto aereo ha **già avviato un evidente processo di decarbonizzazione che deve essere però accelerato e rafforzato**. Sarà necessario definire un **riferimento metodologico organico** per valutare i possibili interventi sul fronte della decarbonizzazione
- Nell'ambito dei **voli a breve raggio**, lo **switch modale può avere un contributo non trascurabile alla riduzione delle emissioni di GHG** contenendo gli impatti ambientali relativi alla mobilità delle persone.

# Il trasporto aereo

## Settore *hard-to-abate*



- L'applicazione delle attuali normative europee in ambito decarbonizzazione al settore del trasporto aereo, tuttavia, sono tutt'altro che di semplice implementazione. Infatti questo settore, al pari di altri come il trasporto marittimo o della produzione dell'acciaio, è classificato come ***hard-to-abate***.
- Questa definizione identifica una serie di **ambiti caratterizzati non solo da emissioni di GHG importanti**, ma anche da **limitazioni di tipo tecnico** ed una **particolare rilevanza per la società**, che rendono difficile una loro profonda e rapida rivoluzione nell'assetto. Nello specifico, il trasporto aereo è un settore ***hard-to-abate*** perché caratterizzato da:



Continua crescita nella domanda  
CAGR +3% traffico pax 2024-2050



Opzioni ridotte di decarbonizzazione



Costi elevati

# Il trasporto aereo

## Barriere alla decarbonizzazione




- In particolare, è possibile individuare quattro elementi che rappresentano le **principali barriere per una effettiva decarbonizzazione del settore in tempi molto rapidi.**



**Bassi TRL (\*)**

Molte **soluzioni tecnologiche** che potrebbero supportare questa transizione, sono **ancora ad un livello di maturità poco avanzato.**




**Elevati LT (\*\*)**

Sono **necessari diversi anni perché le soluzioni di decarbonizzazione diventino effettive.** Attualmente sono pochi gli impianti produttivi in attività, per creare un **nuovo impianto di produzione SAF** sono necessari **alcuni anni.**



**Internazionalità**

Il **60% delle emissioni del trasporto aereo deriva da voli internazionali.** Pertanto, risulta difficile rendere progetti e misure nazionali efficaci su di uno spettro più ampio.



**Competitività**

Gli ingenti costi per la decarbonizzazione potrebbero potenzialmente riflettersi nelle *fares*, in decrescita negli ultimi anni, **rischiando di comprimere la domanda e penalizzare la competitività.**

**Fonte:** Taking Off for 1.5°C. a transition strategy for a 1.5°C-Compliant, Net-zero, Aviation Sector. 2022.

**Nota1:** Technology Readiness Level (TRL), classificazione che prevede di associare uno scoring (da 1 a 9) a seconda del livello di sviluppo della tecnologia.

**Nota2:** Lead Time (LT), tempo di sviluppo

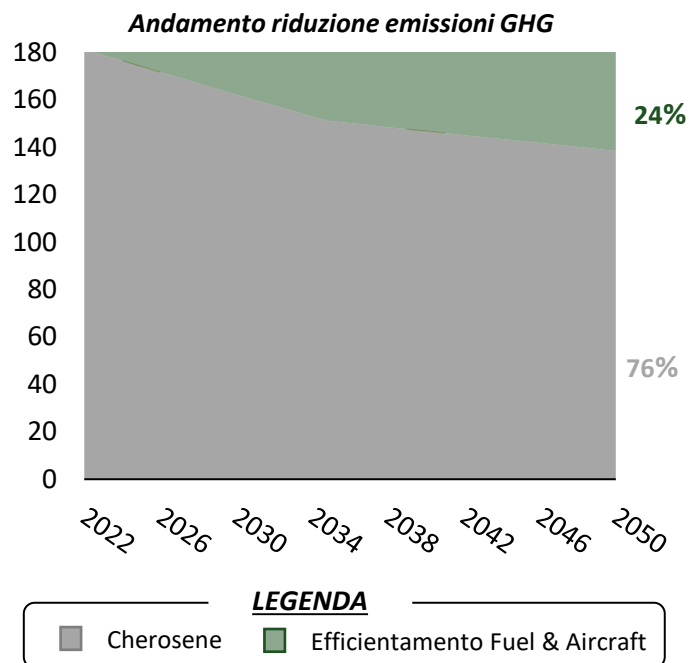


# Scenario inerziale *iso-tecnologie*

## Le dinamiche emissive del trasporto aereo al 2050



- Nel contesto europeo, in virtù dell'**attuale mix emissivo e tecnologico**, si stima che per le dinamiche già avviate di efficientamento emissivo delle flotte, di progressivo incremento dell'intermodalità, **senza considerare la crescita del traffico aereo**, si avrebbe una **variazione delle emissioni inquinanti a 162 MtCO<sub>2eq</sub> al 2030 e 138 MtCO<sub>2eq</sub> al 2050 vs 182 MtCO<sub>2eq</sub> del 2019**.



- Un primo trend già avviato è quello di **migliorare le soluzioni di trasporto esistenti**, con lo scopo di renderle **più efficienti** e quindi riuscire a **ridurre le emissioni di GHG** in atmosfera. Interventi di questo tipo fanno riferimento ad esempio a (i) **impiego di materiali più leggeri**, (ii) **adozione di motori più performanti** e (iii) **modifiche nel design degli aeromobili per migliorarne l'aerodinamicità**.
- Attraverso la valutazione di alcuni studi settoriali\* è stato possibile stimare la **riduzione di emissioni di CO<sub>2</sub>** rispetto al caso base (i.e. modelli datati 2008), che l'introduzione di questi nuovi e più efficienti modelli di velivoli può comportare, considerando uno **scenario conservativo** in cui la **capacità di produzione di aeromobili rimane uguale a quella attuale**.



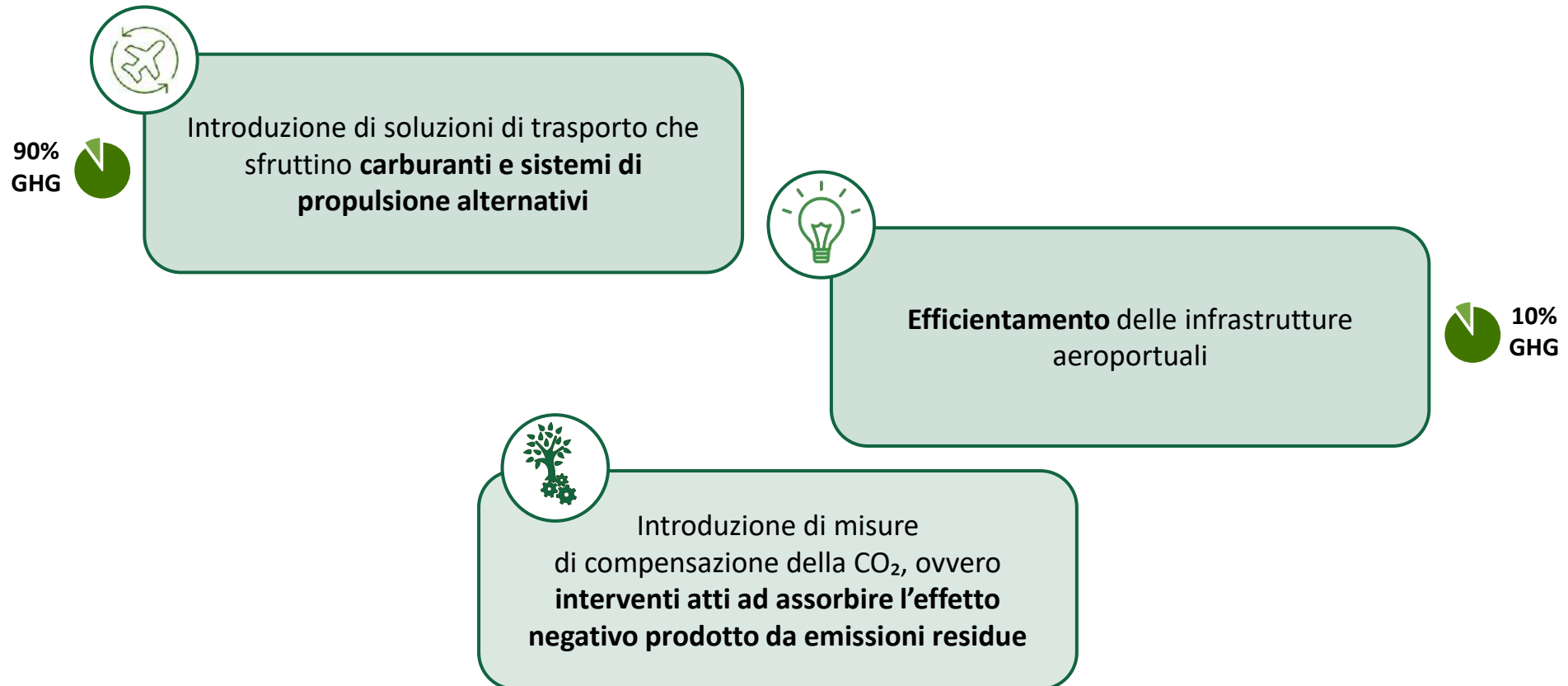
- *Il settore del trasporto aereo ha già avviato un evidente **processo di decarbonizzazione** che **deve essere però accelerato e rafforzato**.*
- *È importante sottolineare come il processo di decarbonizzazione debba sempre tenere in considerazione come **tale settore industriale influenzi in maniera rilevante, direttamente o indirettamente, il livello di occupazione e il GDP dei diversi Paesi**.*

(\*) **Nota:** Sustainable aviation fuels and imminent technologies – CO<sub>2</sub> emissions evolution towards 2050. Abrantes I. et al. 2021.

# Le possibili linee di intervento



- Al fine di adempiere agli obiettivi di decarbonizzazione, per il settore del trasporto aereo sarà necessario **perseguire una molteplicità di strategie**.
- Non è possibile individuare una singola strategia risolutiva che permetta di azzerare le emissioni di GHG**. Al contrario, è necessario **sviluppare un percorso composito ed organico**, che interessi la totalità delle attività e delle operazioni di cui si compone il settore. In particolare, è possibile identificare le seguenti **aree di intervento** per ambire ad un percorso di totale decarbonizzazione.



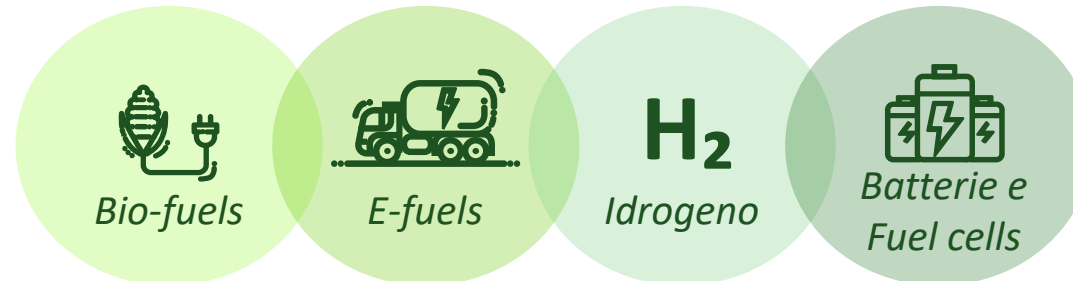
# Le possibili linee di intervento

## Carburanti e sistemi di propulsione alternativi



- I **bio-fuels** impiegati in aviazione sono in **forma liquida** ed utilizzano come **fonti primarie materiali organici**; attualmente sono certificate da ASTM sette sequenze di processo.
- Per essere utilizzati, questi carburanti, sono **miscelati con quelli tradizionali secondo differenti percentuali di «blending»**.
- Il loro **sviluppo tecnologico** risulta ad uno **stato avanzato** ed i **costi di produzione risultano abbastanza competitivi** con quelli dei carburanti tradizionali, sebbene però la **disponibilità di materie prime sia limitata rispetto alla domanda**.

- Gli **e-fuels** impiegati in aviazione sono in **forma liquida**, caratterizzati da una **maggiore densità energetica rispetto ai combustibili tradizionali** e da una **relativa facilità ed economicità di stoccaggio**.
- Ad oggi, l'**avanzamento tecnologico** per la loro produzione **risulta ancora ridotto**, anche in virtù **dell'assenza di una certificazione ASTM** per la maggior parte dei processi produttivi. La **disponibilità di materie prime per la produzione è sostanzialmente illimitata**, dovuta al fatto che la filiera dei "feedstock" non è consolidata e si sviluppa a partire dalla produzione di idrogeno verde.



- L'**idrogeno** può essere impiegato in aviazione sia allo **stato liquido che gassoso**, sebbene quest'ultima configurazione presenti **criticità in merito al suo stoccaggio**.
- L'impiego di **idrogeno liquido**, invece, risulta caratterizzato dalla **necessità di raggiungere temperature criogeniche** per il suo stoccaggio.
- Ad oggi l'**avanzamento tecnologico risulta ancora ridotto** e la produzione di idrogeno verde risulta ancora estremamente limitata a causa di **una limitata disponibilità da FER e degli elevati costi associati alla produzione e stoccaggio dello stesso idrogeno verde**.

- La configurazione di aeromobili alternativi che utilizzano **motori elettrici**, sebbene questa sia agli **albori del suo sviluppo**, non ci si aspetta possa essere **applicata compiutamente prima del 2035**.
- Tra i principali effetti positivi che si registrano per un loro utilizzo, vi è la **netta riduzione delle emissioni climalteranti** se le fonti di **generazione dell'energia elettrica impiegata in volo sono "green"** e se la filiera di produzione della fonte di alimentazione (batterie o idrogeno più fuel cells) è caratterizzata da un ridotto impatto ambientale (ottica LCA).

# Le possibili linee di intervento

## Carburanti e sistemi di propulsione alternativi: i bio-fuel



### Disponibilità del carburante

La disponibilità fino al 2030 sarà piuttosto bassa. La possibilità di soddisfare la futura domanda di bio-fuel può essere influenzata dalla limitata **disponibilità di feedstock organici** (possibile concorrenza con il settore agricolo e alimentare) che sono necessari alla sintesi del propellente.

### Disponibilità della tecnologia

Lo stato di avanzamento attuale permette di valutare una loro introduzione sul mercato nel **breve-medio periodo**.

### **Vantaggi**

- *Riduzione importante delle emissioni di GHG in tutto il ciclo di vita del carburante (Well-to-Wheel);*
- *Ottima compatibilità con le soluzioni tecnologiche oggi a mercato;*
- *Technology Readiness Level – TRL alto;*
- *Costi contenuti.*

### Impatto sui costi del trasporto aereo

I bio-fuel non richiedono modifiche sostanziali al sistema di propulsione degli aeromobili, essendo essi compatibili con il Turbofan, tecnologia attualmente in adozione. Ciò comporta un rilevante risparmio economico a fronte di un risparmio emissivo notevole.

In aggiunta, i **costi**, lato velivolo e carburante, **sono i più bassi** fra le soluzioni analizzate.

### Investimenti richiesti per lo sviluppo

Gli investimenti richiesti per lo sviluppo di questa soluzione tecnologica sono **i più contenuti** tra quelle analizzate.

I bio-fuel sono infatti la tecnologia a TRL più alto, oltre a non necessitare di sostanziali modifiche nella filiera di approvvigionamento.

### **Svantaggi**

- *Possibile limitata disponibilità di feedstock per la produzione del carburante (concorrenza con industria alimentare e agricola)*

# Le possibili linee di intervento

## Carburanti e sistemi di propulsione alternativi: gli e-fuel (PtL)



### Disponibilità del carburante

La disponibilità di e-fuel **strettamente legata alla disponibilità di idrogeno verde**, dal momento che esso rappresenta il principale input del loro processo produttivo. Per tale motivo, si prevede una produzione sostenuta di tale carburante solo a partire dai prossimi 5/10 anni.

### Disponibilità della tecnologia

Si valuta una loro introduzione sul mercato nel **medio periodo**.

### Impatto sui costi del trasporto aereo

Gli e-fuel non richiedono **modifiche sostanziali al sistema di propulsione** degli aeromobili, essendo essi compatibili con il Turbofan, attuale tecnologia in adozione. Ciò comporta un rilevante risparmio economico a fronte di un risparmio emissivo notevole.

Tuttavia, i loro costi, soprattutto lato carburante, risultano essere **molto alti**, (nettamente superiori rispetto a quelli dell'idrogeno).

### Investimenti richiesti per lo sviluppo

Gli investimenti richiesti per il loro sviluppo sono **abbastanza elevata** se paragonati a quelli caratterizzanti i bio-fuel. Questo è dovuto alla necessità di creare da zero un'intera filiera produttiva del carburante.

A differenza dell'idrogeno, però, non necessitano sostanziali modifiche nella filiera di distribuzione.

### **Vantaggi**

- *Emissioni di GHG nulle in tutto il ciclo di vita del carburante (Well-to-Wheel);*
- *Buona compatibilità con sistema di propulsione e supply chain attuali*
- *Materia prima ampiamente disponibile e non in concorrenza con altri usi (es. settore alimentare)*

### **Svantaggi**

- *Dipendenza dalla produzione e disponibilità di idrogeno verde;*
- *Costi ad oggi elevati per la produzione del carburante*

# Le possibili linee di intervento

## Carburanti e sistemi di propulsione alternativi: l'idrogeno

H<sub>2</sub>

### Disponibilità del carburante

Attualmente la produzione di **idrogeno verde** (idrogeno prodotto attraverso l'accoppiamento di elettrolizzatori e impianti FER), rappresenta una percentuale molto limitata dell'idrogeno presente in commercio. Parimenti, **si prevede una produzione sempre più sostenuta** di tale vettore energetico.

### Disponibilità della tecnologia

La sua introduzione sul mercato è prevedibile solo per il **lungo periodo**, vista l'assenza di una tecnologia matura lato velivolo.

### Impatto sui costi del trasporto aereo

Nel caso l'idrogeno sia utilizzato direttamente all'interno dei velivoli, questa soluzione risulta compatibile, attraverso specifiche modifiche tecnologiche, con la tecnologia Turbofan. Nel caso in cui, invece, l'idrogeno sia utilizzato attraverso fuel-cell, servirebbe un sostanziale cambiamento del sistema propulsore. I suoi costi, sia lato velivolo che carburante, **risultano essere molto elevati** (soprattutto nel caso di adozione tramite tecnologia fuel-cell).

### Investimenti richiesti per lo sviluppo

Gli investimenti richiesti per lo sviluppo di questa soluzione tecnologica sono fra i **più elevati** tra le soluzioni valutate, ad oggi di complessa quantificazione. Questo poiché è ancora necessario (i) migliorare le prestazioni economiche della produzione dell'idrogeno verde e (ii) realizzare un'efficiente filiera per la sua distribuzione.

### **Vantaggi**

- *Emissioni di GHG nulle (sia Well-to-Wheel che Tank-to-Wheel)*

### **Svantaggi**

- *Technology Readiness Level – TRL basso;*
- *Necessità di realizzare una filiera dedicata «green»;*
- *Costi, sia lato velivolo che carburante, elevati;*
- *Da valutare potenziale impatto da emissioni non-CO2*

# Le possibili linee di intervento

## Carburanti e sistemi di propulsione alternativi: elettrico



### Disponibilità del carburante

La disponibilità di energia elettrica non presenta particolari criticità a patto che le quantità di energia elettrica da fonti rinnovabili cresca in modo sufficiente

### Disponibilità della tecnologia

Si valuta una loro introduzione (*nell'ambito short, medium e long range flight*) sul mercato nel **lungo periodo**, vista l'assenza di una tecnologia matura lato velivolo.

### Impatto sui costi del trasporto aereo

L'impiego di questa soluzione richiede la **modifica sostanziale degli aeromobili**, dal momento che è necessario sostituire il sistema di propulsione Turbofan con quello elettrico. Sebbene i costi di esercizio siano molto ridotti (i.e. costo elettricità vs altri carburanti), il sostanziale cambiamento del sistema propulsore fa sì che il suo costo del velivolo sia **molto elevato**.

### Investimenti richiesti per lo sviluppo

Gli investimenti richiesti per lo sviluppo di questo sistema di propulsione sono **elevati**. Questa soluzione infatti è ancora caratterizzata da un TRL basso.

### **Vantaggi**

- Emissioni GHG nulle nella fase di utilizzo del vettore energetico (Tank-to-Wheel);
- Riduzione sostanziale impatto acustico, soprattutto in decollo
- Costi di esercizio ridotti

### **Svantaggi**

- Technology Readiness Level – TRL basso;
- Costi, lato velivolo, elevati;
- Ad oggi quantità ridotta di energia stoccabile nei sistemi di storage;
- Possibilità di adozione unicamente per tratte short range.

# I carburanti e gli aeromobili alternativi

## Messaggi chiave



Soluzione	Compatibilità con Turbofan	Sviluppo attuale	Difficoltà di implementazione	Penetrazione fra carburanti alternativi al 2050
Cherosene	● ● ● ●	● ● ● ●	○ ○ ○ ○	-
Idrogeno	● ○ ○ ○	● ● ○ ○	● ● ● ●	● ● ○ ○
Electro-Fuels	● ● ○ ○	● ○ ○ ○	● ● ○ ○	● ○ ○ ○
Biojet Fuels	● ● ● ○	● ● ● ○	● ○ ○ ○	● ● ● ○
Batterie	-	● ● ○ ○	● ● ● ○	● ○ ○ ○
Fuel Cells	-	● ● ○ ○	● ● ● ●	● ○ ○ ○

Fonte: Rielaborazione E&S a partire da Aviation Sustainability, Our Future, 2022.



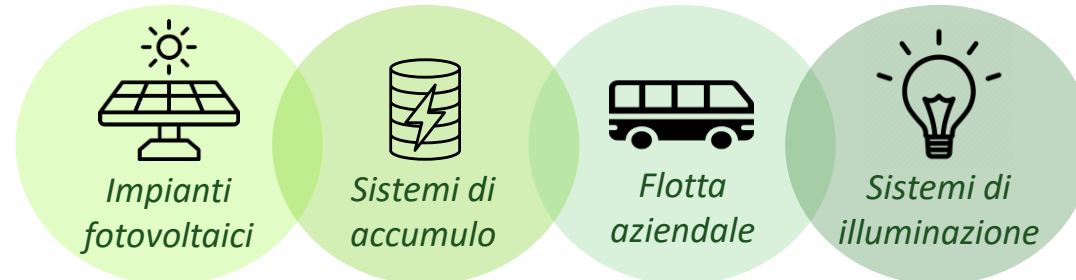
# Le possibili linee di intervento

## Efficientamento delle infrastrutture aeroportuali



- L'installazione di impianti fotovoltaici permette di **abbattere l'impatto emissivo derivante dall'approvvigionamento di energia elettrica** dalla rete nazionale.
- In particolare, si può stimare come attraverso **l'installazione di un impianto fotovoltaico da 5 MW** si potrebbe arrivare ad un valore di emissioni di CO<sub>2</sub> evitate pari a circa **1.180 tonCO<sub>2</sub>/anno**, mentre attraverso l'installazione di un **impianto da 30 MW** si potrebbe arrivare ad un valore di emissioni di CO<sub>2</sub> evitate pari a circa **12.280 tonCO<sub>2</sub>/anno**.

- I **sistemi di accumulo termico** rappresentano la principale soluzione al fine di **sfruttare al meglio la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili**. Questi migliorano l'efficienza energetica dell'edificio potendo aumentare la quota di energia rinnovabile autoconsumata per la produzione di energia termica necessaria per il riscaldamento o raffreddamento dell'edificio stesso.
- Ad oggi esistono **differenti tipologie e tecnologie perseguibili**, ognuna delle quali caratterizzate da **specifiche criticità e vantaggi che non permettono l'individuazione di una tecnologia preponderante**.



- La possibilità di efficientare l'utilizzo della flotta aziendale attraverso l'elettificazione della medesima, può fornire un **ulteriore supporto alla riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub>**.
- Nel dettaglio, un'autovettura elettrica permette di **risparmiare circa 1,37 – 1,46 tonCO<sub>2</sub>/anno**. Parimenti, un **veicolo leggero elettrico ed un autobus elettrico** permetterebbero di **risparmiare rispettivamente circa 3,28 – 3,46 tonCO<sub>2</sub>/anno e circa 13,2 – 19,9 tonCO<sub>2</sub>/anno** (il range è riferito ad un veicolo a benzina ed uno diesel).

- Il **relamping dei tradizionali sistemi di illuminazione con lampade LED** può portare ad un risparmio energetico non trascurabile.
- Nel caso di **relamping di un ambiente ad uso ufficio** con una metratura complessiva **pari a 1.000 m<sup>2</sup>**, si raggiunge un **risparmio energetico tra il 50% e il 78%** (in base ad un livello di smartless crescente) e ad un **risparmio di CO<sub>2</sub> tra le 4,7 tonCO<sub>2</sub>/anno e i 7,3 tonCO<sub>2</sub>/anno**.
- Nel caso, invece, di **relamping in un ambiente ad uso «grandi stazioni»** con una metratura complessiva **pari a 9.800 m<sup>2</sup>**, si raggiunge un **risparmio energetico tra il 50% e il 78%** ed un **risparmio di CO<sub>2</sub> tra le 72,4 tonCO<sub>2</sub>/anno e i 108,6 tonCO<sub>2</sub>/anno**.

# Efficientamento delle soluzioni esistenti

## Operations



- Parallelamente all'efficientamento degli aeromobili, **altre azioni che possono essere messe in campo per ridurre le emissioni del trasporto aereo riguardano l'organizzazione delle operations.**
- Questa seconda strategia non comporta una riduzione delle emissioni tanto eclatante come l'introduzione di modelli di aeromobili più avanzati e performanti, tuttavia **risulta di gran lunga più semplice e rapida nella sua implementazione.**
- Infatti, **combinando questi due approcci**, è possibile iniziare ad ottenere riduzioni importanti nelle emissioni in attesa che i nuovi modelli vengano immessi sul mercato e raggiungano una elevata penetrazione della flotta circolante.
- Questa seconda strategia si declina principalmente in:



### **Flight Operations**

*Es.: Ottimizzazione della gestione delle tratte*



### **Ground Operations**

*Es.: Approvvigionamento elettrico da fonti rinnovabili*

# Le possibili linee di intervento

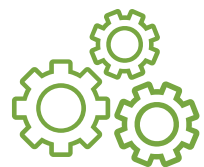
## Misure di compensazione e *carbon removal*



- Malgrado le numerose possibili soluzioni per traguardare la decarbonizzazione del trasporto aereo, ci si attende che **non sarà possibile annullare completamente le emissioni prodotte con il solo approccio tecnologico**. A tal fine, un'ulteriore strada perseguibile al fine di raggiungere l'obiettivo di neutralità climatica al 2050 comprende le cosiddette **misure di compensazione**.
- Queste strategie prendono il nome di «**Carbon Dioxide Removal (CDR)**», ovvero **interventi atti ad assorbire l'effetto negativo prodotto da queste emissioni residue**. Queste si distinguono in:



Le **soluzioni naturali per il clima** realizzano l'eliminazione di CO<sub>2</sub> attraverso processi naturali di fotosintesi,, entro la quale possono essere evidenziate la **riconversione del territorio** (tipicamente si riferisce alla riforestazione) e la **gestione del territorio** (gestione attiva delle foreste per la cattura di carbonio e gestione del suolo agricolo per la cattura di carbonio).



Le **soluzioni ingegneristiche** impiegano solventi chimici per catturare la CO<sub>2</sub> direttamente dall'aria, per poi accumularla in formazioni geologiche. Un esempio di tali soluzioni è rappresentato dal *Direct Air Carbon Capture and Storage (DACCS)*, ovvero una soluzione che prevede l'impiego di solventi chimici per prelevare la CO<sub>2</sub> direttamente dall'aria per poi trasportarla e stoccarla in siti di accumulo geologico di lungo termine.



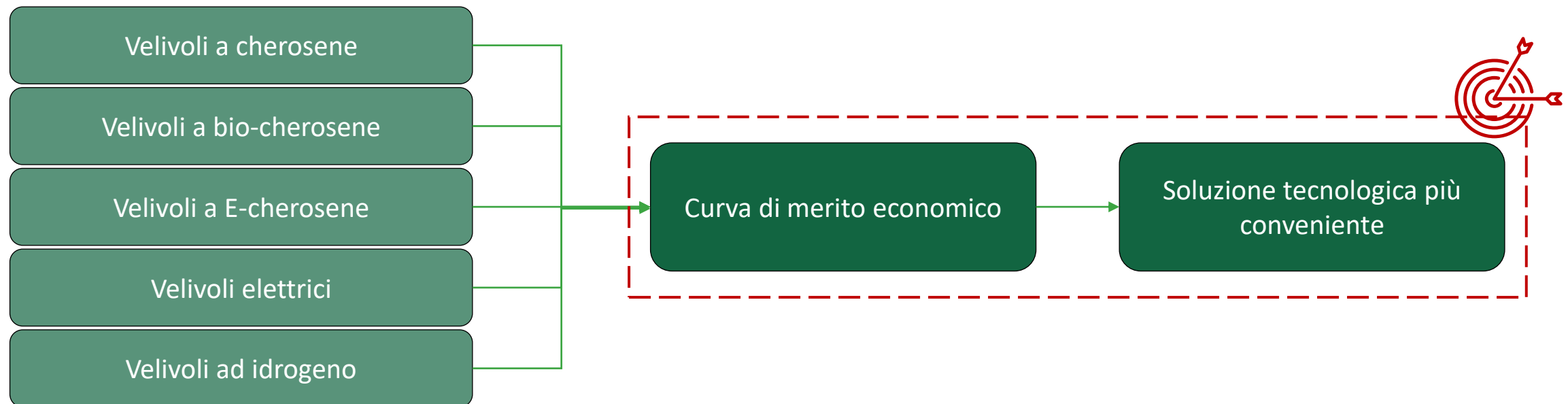
Le **soluzioni ibride** consistono in tecniche che combinano la **fotosintesi naturale con la tecnologia, per realizzare la cattura e stoccaggio di CO<sub>2</sub>**. Tra queste, si possono evidenziare la **Bioenergy with Carbon Capture and Storage – BECCS** (le biomasse sono impiegate per produrre energia, la cui CO<sub>2</sub> risultante è catturata ed immagazzinata in siti di accumulo geologico di lungo termine).

# Lo studio degli scenari attesi al 2050

## Obiettivi



- Al fine di identificare nell'arco temporale 2022-2050 quale **soluzione tecnologica sia la più conveniente** per la **decarbonizzazione del settore del trasporto aereo**, sono state costruite differenti **curve di merito economico** per ognuna delle soluzioni perseguibili per la decarbonizzazione dell'intero settore.
- Attraverso la costruzione di tali curve di merito, è stato possibile **caratterizzare ogni soluzione tecnologica attraverso un valore econometrico**, che permette di definire la **soluzione più conveniente in uno specifico periodo d'analisi**.




# Lo studio degli scenari attesi al 2050

## I range d'analisi



- Sono stati identificati **14 differenti scenari d'analisi** riguardanti il trasporto aereo. Tali scenari sono il risultato dell'incrocio di due differenti dimensioni:
  - Il **range di utilizzo medio dei velivoli** e conseguentemente il **numero medio di passeggeri trasportati**: *short range* (circa 700 NM\* e 100 passeggeri), *medium range* (circa 1.500 NM\* e 200 passeggeri) e *long range* (circa 2.400 NM\* e 300 passeggeri);
  - La **tipologia di velivolo**: (i) **velivolo a cherosene**, (ii) **velivolo a bio-cherosene (SAF)**, (iii) **velivolo a e-cherosene**, (iv) **velivolo all-electric**, (v) **velivolo ad idrogeno a turbina**, (vi) **velivolo ad idrogeno fuel-cell**.

Tipologia di velivolo			
	Short range [700 NM e 100 psg]	Medium range [1.500 NM e 200 psg]	Long range [2.400 NM e 300 psg]
<i>Cherosene</i>	✓	✓	✓
<i>Bio-cherosene (SAF)</i>	✓	✓	✓
<i>E-cherosene</i>	✓	✓	✓
<i>All-electric</i>	✓	✗	✗
<i>Idrogeno turbina</i>	✓	✓	✓
<i>Idrogeno fuel-cell</i>	✓	✗	✗

(\*) Nautical Miles (1NM = 1.852 km).

# Lo studio degli scenari attesi al 2050

## Curve di merito economico: i dati di input



Step 1  
Definizione input

- Si riporta di seguito una lista delle principali **informazioni di carattere tecnico-economico** relative alle **diverse tecnologie** modellizzate. Nel dettaglio, sono riportate indicazioni puntuali in merito a:
  - Consumo specifico dei velivoli;**
  - CAPEX e OPEX delle differenti tipologie di velivolo;**
  - Fattore di utilizzo** del velivolo per ogni specifica categoria d'analisi;
  - Vita utile** del velivolo e **anno di disponibilità della specifica soluzione tecnologica.**

Trasporto Aereo	Consumo specifico [GJ/NM]			CAPEX [USD2022/100 ASK]			OPEX [USD2022/100 ASK]			Vita utile [anni]	Fattore di utilizzo [%]	Anno di disponibilità [anno]
	2022	2035	2050	2022	2035	2050	2022	2035	2050			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Definizione delle <b>differenti soluzioni tecnologiche</b> (velivoli a cherosene, a bio-cherosene, a e-cherosene, velivoli all-electric, velivoli a turbina adoperanti idrogeno e velivoli fuel cell adoperanti idrogeno);</li> <li>Definizione delle <b>categorie entro cui possono ricadere</b> (short, medium e long range).</li> </ul>	Consumo specifico attuale e prospettico (2035 e 2050) delle differenti soluzioni tecnologiche oggetto d'analisi.			Capital expenditure attuali e prospettiche riconducibili ad una specifica soluzione tecnologica (investimento per l'acquisto di uno specifico velivolo)			Operational expenditure attuali e prospettiche riconducibili ad una specifica soluzione tecnologica (costi di gestione e manutenzione durante il ciclo di vita di uno specifico velivolo)			Tempo medio di attività in tutto il ciclo di vita di una specifica soluzione tecnologica	Percentuale media di utilizzo giornaliero di una determinat a soluzione tecnologica	Anno in cui una specifica soluzione tecnologica potrà entrare sul mercato

# Lo studio degli scenari attesi al 2050

## Curve di merito economico: metodologia di costruzione



Step 2  
Il modello

- Una volta definiti tutti gli input necessari, è stato costruito un **modello parametrico** per consentire la comparazione delle diverse tipologie di alimentazione nel arco temporale **2022-2050** mediante **curve di merito economico**.
- Nel dettaglio, il costo di ciascuna soluzione tecnologica considerata (**Levelized Cost of Aircraft**) è ottenuto per ciascun anno i-esimo come somma di quattro variabili:

$$LCOA_i [\text{€/km}] = CAPEX_i + OPEX_i + Fuel_i + Carbon\ tax_i$$

CAPEX<sub>i</sub>

Il **valore del CAPEX** è stato «spalmato» lungo l'intera vita utile considerando un WACC pari al 6%; in funzione della percorrenza media annua ipotizzata nell'analisi è stato ottenuto il relativo valore di €/km per ciascun anno.

OPEX<sub>i</sub>

Il **valore degli OPEX** annui è stato ottenuto come prodotto tra il valore CAPEX e la % riportata in tabella divisa per il chilometraggio medio annuo ipotizzato.

Fuel<sub>i</sub>

Unendo le informazioni relative alle curve di prezzo [€/MWh] delle varie *commodity* (fuel) e al consumo medio annuo [GJ/NM] riportato precedentemente, è stato definito il **costo associato al carburante** per ciascuna soluzione tecnologica considerata.

Carbon tax<sub>i</sub>

**Parametro opzionale:** moltiplicando i fattori emissivi specifici [gCO<sub>2</sub>/km] di ciascuna tipologia di alimentazione per il costo atteso della CO<sub>2</sub> sul mercato ETS, è stato ottenuto il costo associato all'emissione di anidride carbonica in atmosfera.

# Lo studio degli scenari attesi al 2050

## Evoluzione parco tecnologico ed emissioni



Step 3  
Ulteriori *output*

- Una volta definita la convenienza economica delle differenti soluzioni tecnologiche in esame, è stato valutato l'**andamento del parco tecnologico nel periodo 2022-2050** e, conseguentemente, del **consumo energetico annuo** ad esso associato oltre che le **emissioni di CO<sub>2</sub>** derivanti dall'utilizzo di tale parco tecnologico.
- A livello metodologico, possono essere evidenziati i seguenti *step*:

Per ogni anno d'analisi, viene definita la **soluzione tecnologica più conveniente** secondo una logica meramente economica (*Levelized Cost of Aircraft*).

Viene definito il **trend di dismissioni del parco tecnologico** nel periodo 2022-2050 e contestualmente le «**immatricolazione**» di nuovi velivoli. Per quanto riguarda le dismissioni, è stata ipotizzata una distribuzione normale delle stesse (*media pari a 15 anni e deviazione standard pari a 3,87*), mentre per quanto riguarda le «immatricolazioni», sono state scelte le soluzioni tecnologiche economicamente più convenienti nello specifico anno in analisi.

Per ogni anno d'analisi, viene definita la **composizione del «nuovo» parco tecnologico** utilizzato. Conseguentemente, viene calcolato il **consumo energetico annuo del parco tecnologico** e le relative **emissioni di CO<sub>2</sub>**.

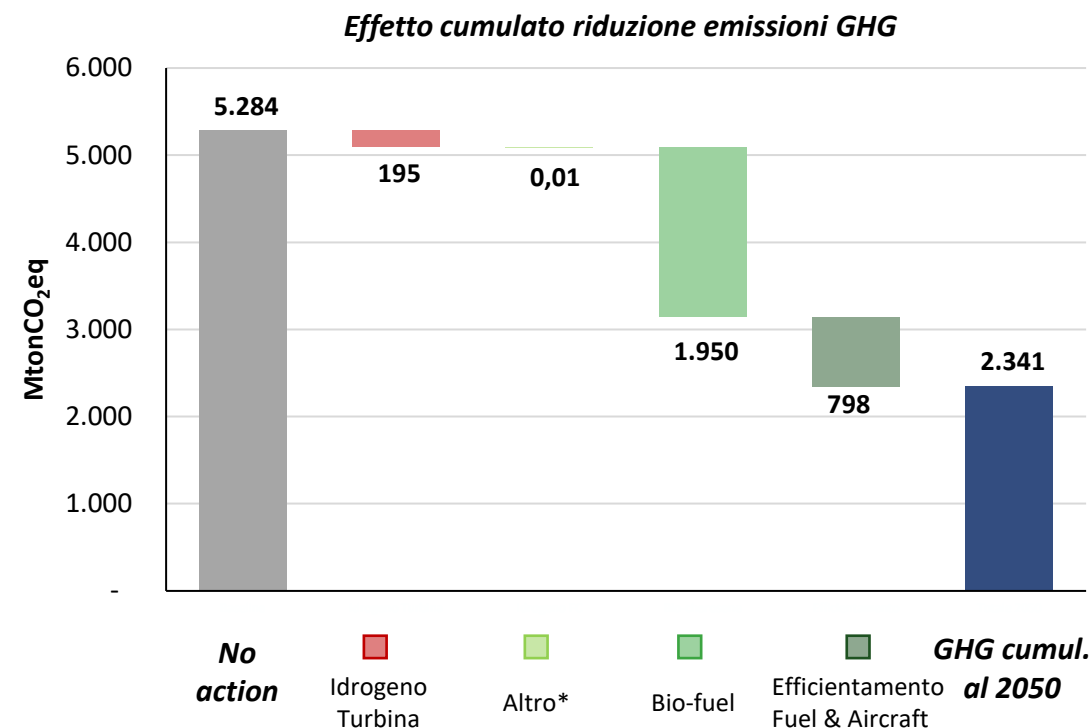
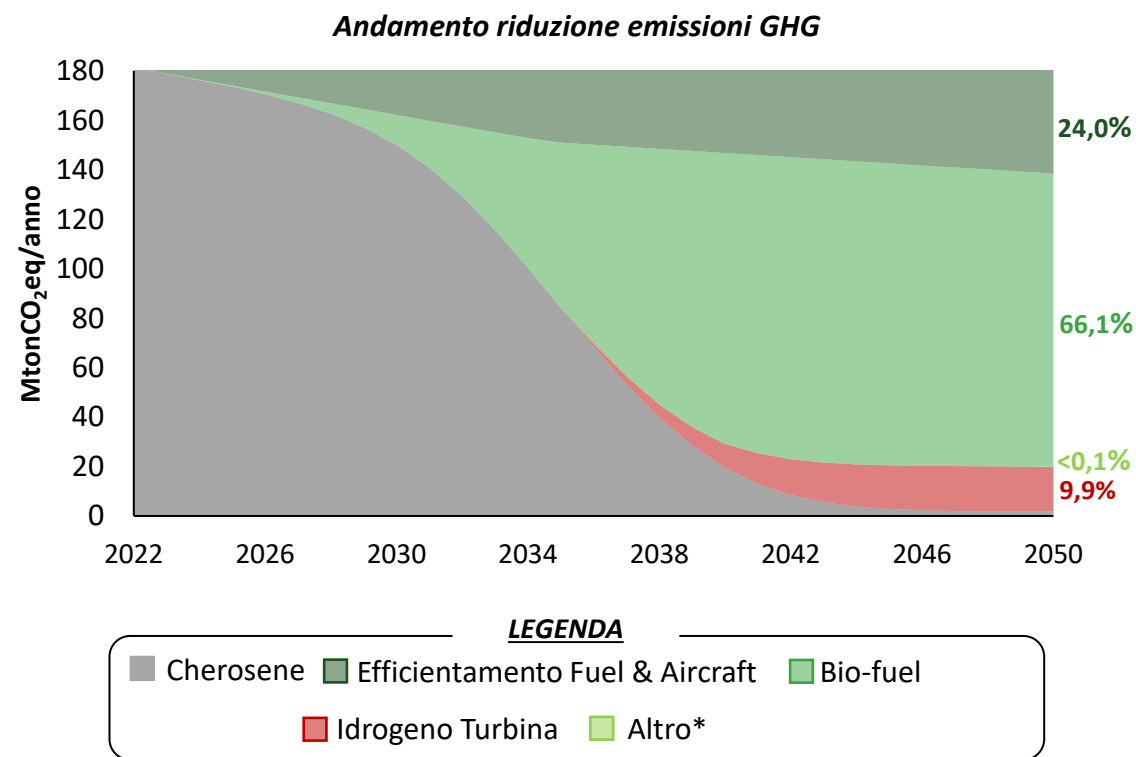
Successivamente, tale impatto emissivo è ripartito in base al numero di **passengeri** e alle tonnellate di **merci trasportate** e al **numero di voli effettuati**.



# Lo scenario «Full Decarbonization» al 2050 in UE

## Il traguardo del Net-Zero al 2050 è possibile

- Mediante delle **forme di sostegno economico** allo sviluppo delle tecnologie appena anticipate **si renderebbe la decarbonizzazione possibile al 2050**, con una riduzione delle emissioni (2022 vs. 2050) del 100%, principalmente grazie ai biofuel e all'efficiamento fuel & aircraft.
- Nello scenario elaborato, viene introdotto un contributo economico differenziale volto a rendere la curva di merito economico associata alle tecnologie adoperanti sistemi alternativi conveniente rispetto alla adozione di soluzioni tradizionali.



(\*) con «altro» si intendono le seguenti tecnologie: e-fuel, all-electric e idrogeno- FC (fuel cell).

# Lo scenario «*Full Decarbonization*» al 2050 in UE

## Le strategie per sostenere lo sviluppo tecnologico



- Gli incentivi economici sono calcolati con una **metodologia che permette di massimizzare l'effetto di decarbonizzazione** del settore, secondo una logica di minimizzazione dell'impatto economico associato agli incentivi.
- Per tale motivo gli incentivi necessari stimati dal modello associati a e-fuels, idrogeno fuel-cells, all-electric risultano essere minoritari, difatti a parità di investimento non garantirebbero allo stato attuale delle conoscenze la medesima riduzione delle emissioni rispetto alle altre soluzioni valutate.



### So what

- Per raggiungere l'obiettivo di completa decarbonizzazione, a fronte di un'ipotesi di crescita del traffico aereo con CAGR +3%, sarà necessario prevedere un **supporto economico del policy maker**.
- Tale supporto risulterà destinato in misura prevalente nel **breve-medio termine** allo sviluppo dei **bio-fuels**, mentre nel **medio-lungo termine** assumeranno anche un ruolo determinante le misure a supporto **dell'idrogeno-turbina**.

- L'analisi, svolta con l'ausilio di curve di merito economico, non considera tuttavia il **possibile vincolo della disponibilità dei feedstock** necessari che si potrebbe presentare in futuro a valle della massiccia adozione di questa tecnologia. Sebbene l'adozione di velivoli elettrici risulti oggi minoritaria, sarà importante sostenerne gli sviluppi di tali tecnologie con strumenti di sostegno allo sviluppo che permettano di ridurre il gap di convenienza economica e favorirne così l'adozione tecnologica in futuro.
- Inoltre, sarà necessario perseguire una **molteplicità di strategie parallele** promuovendo (laddove possibile) (i) **uno shift modale** per il trasporto su ferro in **ambito short range**, (ii) prevedere l'adozione di **misure di efficientamento energetico** per le infrastrutture aeroportuali e (iii) sostenere l'adozione di **misure di compensazione** per la cattura della CO<sub>2</sub> (*carbon removal*).

# Lo scenario «Full Decarbonization» al 2050 in UE

## Sintesi degli investimenti e delle azioni da condurre

Carburanti e sistemi di propulsione alternativi	Disponibilità	Principali criticità	Investimenti per lo sviluppo e azioni da condurre
<b>Bio-fuel</b>	Adozione nel breve termine ed in crescita nel medio-lungo termine, in virtù di costi del carburante in progressiva riduzione	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mancanza di impianti produttivi per diffusione su larga scala</li> <li>• Disponibilità limitata «feedstock»</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizzare nuovi impianti di produzione bio-fuel</li> <li>• Garantire approvvigionamento da «feedstock» sostenibili</li> </ul>
<b>E-fuel</b>	Presenza limitata sul mercato a partire dal 2035, a causa dei costi elevati della tecnologia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limitato sviluppo tecnologico</li> <li>• Costi elevati per produzione e stoccaggio</li> <li>• Produzione idrogeno <i>green</i></li> <li>• Interventi di retrofit su flotta attuale</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sviluppo della filiera produttiva e di stoccaggio</li> <li>• Supporto allo sviluppo di tecnologie per cattura della CO<sub>2</sub></li> <li>• Investimenti in R&amp;D</li> <li>• Sviluppo FER</li> </ul>
<b>Idrogeno</b>	Adozione a partire dal 2035, con una crescente disponibilità di idrogeno <i>green</i> e costi della tecnologia in riduzione	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produzione idrogeno <i>green</i></li> <li>• Costi elevati per produzione e stoccaggio</li> <li>• Avanzamento tecnologico attualmente ridotto</li> <li>• Nuovo sistema di propulsione e/o retrofit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sviluppo filiera produttiva, trasporto e stoccaggio</li> <li>• Supporto allo sviluppo della tecnologia</li> <li>• Sviluppo FER</li> </ul>
<b>Batterie e Fuel cells</b>	Prime sperimentazioni avviate, messa in servizio primi voli prevista intorno al 2025 e limitata sul mercato fino al 2035 a causa dei costi elevati della tecnologia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limitato sviluppo tecnologico</li> <li>• Costi elevati per adozione tecnologia</li> <li>• Produzione energia da FER</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Supporto allo sviluppo della tecnologia</li> <li>• Sviluppo FER</li> </ul>



POLITECNICO  
MILANO 1863



# La sostenibilità nel comparto del trasporto aereo

PATTO PER LA  
**DECARBONIZZAZIONE**  
DEL TRASPORTO **AEREO**



Settembre 2022

