



# Rapporto dell'UFAC sulla promozione dello sviluppo e dell'utilizzo di carburanti sostenibili per l'aviazione

Nel quadro della

Misura 5 del Piano d'azione 2021–2023 della Strategia per uno sviluppo sostenibile 2030

15.12.2022



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti,  
dell'energia e delle comunicazioni DATEC  
**Ufficio federale dell'aviazione civile UFAC**

## **Impressum**

### **Edito da:**

Ufficio federale dell'aviazione civile UFAC

### **Ottenibile presso:**

Versione elettronica scaricabile da: [www.bazl.admin.ch](http://www.bazl.admin.ch)

Disponibile anche in francese e tedesco

12.2022

## Indice

<b>Sintesi</b> .....	<b>4</b>
<b>1 Situazione iniziale</b> .....	<b>7</b>
1.1 Strategia climatica a lungo termine della Svizzera .....	7
1.2 Strategia per uno sviluppo sostenibile 2030 .....	7
1.3 Impatto del traffico aereo sul clima .....	8
1.4 Gli obiettivi del settore dell'aviazione .....	9
<b>2 Misure per la riduzione dell'impatto sul clima dell'aviazione</b> .....	<b>11</b>
2.1 Misure per l'aumento dell'efficienza .....	11
2.2 Carburanti sostenibili drop-in .....	11
2.3 Sistemi alternativi di stoccaggio dell'energia .....	12
2.4 Misure basate sul mercato .....	13
2.5 Tecnologie a emissioni negative .....	14
2.6 Conclusione.....	15
<b>3 Carburanti sostenibili per l'aviazione</b> .....	<b>16</b>
3.1 Carburanti biogeni .....	16
3.2 Carburanti sintetici (PtL/StL) .....	18
3.3 Sostenibilità dei percorsi di produzione.....	19
3.4 Potenziale di attuazione su larga scala.....	21
3.5 Aspetti nazionali .....	23
<b>4 Promozione statale dei SAF</b> .....	<b>26</b>
4.1 Contesto internazionale .....	26
4.2 Gli strumenti di promozione esistenti in Svizzera .....	27
4.3 Promozione delle vendite.....	27
4.4 Necessità di promozione dello sviluppo .....	31
4.5 Criteri di sostenibilità .....	36
4.6 Modelli commerciali.....	37
<b>5 Strategia di promozione dei SAF dell'UFAC</b> .....	<b>41</b>
5.1 Obiettivi .....	41
5.2 Misure.....	42
<b>Allegato A. Percorsi di produzione di sistemi alternativi di stoccaggio dell'energia</b> .....	<b>46</b>
A.1. Fabbisogno di energia e risorse.....	46
A.2. Impatto sul clima .....	46
A.3. Fabbisogno di sviluppo.....	47
<b>Allegato B. Strumenti di promozione svizzeri già esistenti per lo sviluppo dei SAF</b> .....	<b>51</b>
<b>Allegato C. Strumenti per la promozione di un mercato dei SAF</b> .....	<b>53</b>
C.1. Requisiti degli strumenti .....	53
C.2. Imposte e tasse sui biglietti aerei e sulle emissioni di CO <sub>2</sub> .....	53
C.3. Scambio di quote di emissioni e offsetting .....	55
C.4. Rimunerazione per l'immissione nel sistema di distribuzione.....	55
<b>Allegato D. Posizione del Consiglio federale sulle tecnologie a emissioni negative</b> .....	<b>57</b>
<b>Bibliografia</b> .....	<b>58</b>
<b>Glossario</b> .....	<b>61</b>
<b>Abbreviazioni</b> .....	<b>63</b>

## Sintesi

**L'impiego di carburanti sostenibili per l'aviazione è una delle idee più promettenti per ridurre in maniera significativa gli effetti del traffico aereo sul clima.** Il presente rapporto ufficiale concerne lo sviluppo, la promozione e l'utilizzo di carburanti sostenibili per l'aviazione in Svizzera. Alla base vi è il Piano d'azione 2021–2023 della «Strategia per uno sviluppo sostenibile 2030» che incarica l'UFAC di elaborare tale rapporto (misura 5). A tal fine il rapporto funge anche da base specialistica per le discussioni sull'utilizzo di carburanti sostenibili per l'aviazione nel quadro del processo di revisione della legge sul CO<sub>2</sub>. Presenta inoltre la situazione di partenza dell'impatto del traffico aereo sul clima e analizza le opzioni d'intervento, riconoscendo l'importanza dei carburanti sostenibili per l'aviazione per raggiungere gli obiettivi climatici nel traffico aereo, quale misura principale, sebbene non l'unica. Al fine di sfruttare questo potenziale vengono definiti obiettivi concreti e illustrate le relative misure.

**Nel 2018 e 2019 l'insieme dei voli in partenza dagli aeroporti svizzeri ha generato all'anno circa 5,7 milioni di tonnellate di gas a effetto serra (CO<sub>2</sub> equivalenti).** Secondo il principio dello smercio queste emissioni corrispondono all'11 per cento dei gas serra generati in Svizzera da tutte le fonti, espresso in CO<sub>2</sub> equivalenti. Per evitare un ulteriore riscaldamento del clima è necessario azzerare le emissioni di CO<sub>2</sub> da fonti fossili anche nel settore del traffico aereo. A queste emissioni si aggiunge l'impatto sul clima di sostanze non registrate come gas serra, le cosiddette emissioni non CO<sub>2</sub>. Anche questa categoria di emissioni deve essere considerata nell'ambito delle misure per la riduzione dell'impatto sul clima del traffico aereo.

**La strategia climatica della Svizzera a lungo termine prevede per il traffico aereo della Svizzera «un bilancio netto delle emissioni con impatto sul clima pari a zero entro il 2050».** Obiettivi analoghi sono stati definiti da diversi operatori del settore dell'aviazione. Una panoramica sui possibili approcci è contenuta in particolare nella «Road Map Sustainable Aviation» svizzera. Gli aumenti dell'efficienza ottenuti attraverso innovazioni a livello di velivolo e d'esercizio possono giocare un ruolo importante, ma da soli non bastano a ridurre sufficientemente le emissioni. Lo stesso vale per le misure basate sul mercato: per esempio il Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (COR-SIA) dell'ICAO e il sistema di scambio di quote di emissioni, entrambe già applicate in Svizzera.

**In futuro le tecnologie a emissioni negative potrebbero contribuire a compensare l'utilizzo dei carburanti fossili nell'aviazione.** Tuttavia, secondo il rapporto del Consiglio federale sulla cattura e il sequestro del CO<sub>2</sub> (CCS) e le tecnologie a emissioni negative (NET) del maggio 2022, queste tecnologie non devono sostituire le misure per la riduzione diretta delle emissioni fossili, bensì integrarle. Risulta più opportuno utilizzare in tutti i settori, in via prioritaria e in modo parsimonioso, l'energia rinnovabile ed evitare così il consumo di risorse limitate.

**A lungo termine i velivoli elettrici con batterie o a idrogeno consentiranno di ridurre le emissioni in una certa misura.** Tuttavia tale riduzione potrà essere conseguita solamente tra alcuni decenni, ossia trascorso il periodo necessario per costruire e certificare i corrispondenti velivoli, sostituire quote rilevanti della flotta attuale e predisporre la necessaria infrastruttura. Occorre affrontare in primo luogo le sfide connesse allo stoccaggio a bordo di un quantitativo sufficiente di energia e le questioni legate all'impatto sul clima di queste tecnologie.

**I carburanti sostenibili per l'aviazione (Sustainable Aviation Fuels, SAF), invece, possono essere utilizzati già con la flotta di velivoli e l'infrastruttura per il rifornimento di carburante attualmente esistenti.** Per essere considerati sostenibili questi carburanti devono generare lungo il loro ciclo di vita una sensibile riduzione delle emissioni di gas serra e produrre effetti che siano complessivamente sostenibili per l'ambiente. Per la Svizzera sono rilevanti i criteri della legge federale sull'imposizione degli oli minerali (LIOM), dell'articolo 35d della legge sulla protezione dell'ambiente (LPAMB), nonché le norme stabilite dall'UE e dall'ICAO. Grazie alla loro composizione, inoltre, contribuiscono a ridurre gli effetti sul clima delle emissioni non CO<sub>2</sub> e l'inquinamento atmosferico negli aeroporti. Di conseguenza, le roadmap nazionali e internazionali attribuiscono ai SAF un ruolo centrale nel raggiungimento degli obiettivi di riduzione delle emissioni.

**Sul mercato sono già disponibili SAF da fonti biogene.** Questi carburanti possono essere prodotti sia a partire da rifiuti biogeni (olio commestibile usato, grassi animali) sia da biomassa coltivata appositamente a fini energetici. Tuttavia, quest'ultima spesso presenta un bilancio ecologico critico e può entrare in concorrenza con la produzione di alimenti e mangimi. Per queste ragioni in Svizzera si utilizzano solamente i carburanti prodotti da rifiuti biogeni i quali, tuttavia, per la disponibilità delle materie prime all'origine, sono limitati e pertanto in grado di soddisfare solamente una piccola parte del fabbisogno di cherosene.

**Attualmente sono ancora in fase di sviluppo percorsi di produzione di SAF sintetici basati sul CO<sub>2</sub> e su acqua/idrogeno.** Affinché questi SAF risultino sostenibili, per la loro produzione non possono essere utilizzate risorse fossili, ma solamente energia da fonti rinnovabili. Ciò può avvenire utilizzando l'energia elettrica (Power-to-Liquid, PtL) o direttamente l'energia solare (Sun-to-Liquid, StL). Entrambe queste modalità produttive sono state applicate a livello globale in impianti di dimostrazione di piccole dimensioni. Attualmente per questi procedimenti sono ancora da chiarire questioni legate al grado di efficienza e ai costi; la prevista applicazione su vasta scala migliorerà decisamente questi aspetti. Scegliendo l'ubicazione e l'energia primaria più adeguate, a medio-lungo termine queste due soluzioni risultano molto promettenti in termini di sostenibilità e redditività. Tuttavia la Svizzera non è molto idonea come sito produttivo: in altri Paesi, infatti, le energie rinnovabili (prodotte dal sole, dal vento o dalla forza idrica) sono disponibili in quantità maggiori e di conseguenza risultano molto più convenienti. Complessivamente i SAF sintetici presentano quindi il maggiore potenziale in termini di riduzione dell'impatto sul clima del traffico aereo fino al 2050, come osservato anche dal Consiglio federale nella strategia climatica a lungo termine della Svizzera.

**Partendo da questi presupposti, nel presente rapporto sono formulati tre obiettivi per l'utilizzo dei SAF:**

1. **Sfruttare il potenziale dei SAF di riduzione dell'impatto climatico dell'aviazione**

2. **Sostenere l'attuazione su vasta scala di percorsi di produzione dei SAF sostenibili e convenienti**

3. **Semplificare le condizioni quadro per l'utilizzo dei SAF**

**Il primo obiettivo include una riduzione di almeno il 60 per cento entro il 2050 delle emissioni di CO<sub>2</sub> di origine fossile generate dal traffico aereo attraverso l'utilizzo dei SAF in Svizzera (rispetto allo sviluppo che si verificherebbe senza alcuna misura).** Le emissioni rimanenti devono però essere ridotte con altre misure, fra cui un aumento dell'efficienza, forme di propulsione alternative ed eventualmente NET. Ciò significa che entro il 2050 il fabbisogno di carburanti fossili per l'aviazione deve essere sostituito dai SAF o compensato con NET. Al fine di affermare un mercato dei SAF in Svizzera, obiettivo questo non raggiunto con le misure attuate sinora, è necessario sancire per legge un obbligo di miscelazione, che imporrebbe agli offerenti di carburanti per l'aviazione in Svizzera di miscelare una quota di SAF al cherosene. Le quote concrete dei SAF da utilizzare per il rifornimento e i criteri di sostenibilità che devono rispettare sono stabiliti dal Consiglio federale. In questo contesto è fondamentale allinearsi alle corrispondenti norme internazionali, in particolare dell'UE; anche quest'ultima prevede infatti l'introduzione di un obbligo di miscelazione.

**Il secondo obiettivo riguarda lo sviluppo di percorsi di produzione dei SAF grazie ai quali ottenere rapidamente grandi quantitativi di carburanti per l'aviazione sostenibili e convenienti.** Il mondo scientifico e l'industria sono concordi sul fatto che, per consentire la produzione su larga scala dei SAF, sia necessario non solo promuoverne il mercato, ma anche lo sviluppo. Alcuni operatori svizzeri sono leader a livello mondiale proprio nello sviluppo dei carburanti sintetici per l'aviazione e possono quindi fornire un importante contributo in questa direzione. Per poter sfruttare questa opportunità è necessaria una promozione decisa e tempestiva, incentrata a medio termine sulla promozione di impianti

pilota e di dimostrazione a partecipazione svizzera, che consentirebbe inoltre di colmare la lacuna esistente negli strumenti di promozione. Rinunciandovi, il raggiungimento degli obiettivi climatici dipenderebbe in modo significativo dalle importazioni dall'estero e in tal modo sarebbe compromesso l'accesso a un mercato in forte crescita.

**Il terzo obiettivo concerne l'eliminazione degli ostacoli all'utilizzo dei SAF in Svizzera.** Gli ostacoli tecnici al commercio esistenti in Svizzera nell'ambito delle importazioni di SAF, come pure nella fornitura dei certificati di sostenibilità, devono essere rapidamente eliminati. L'Ufficio federale dell'aviazione civile continua a impegnarsi, insieme agli uffici partner, per un'ottimale interconnessione degli stakeholder svizzeri e, a livello internazionale, a favore di un elevato utilizzo su scala mondiale dei SAF.

# 1 Situazione iniziale

## 1.1 Strategia climatica a lungo termine della Svizzera

Nel 2017 la Svizzera ha ratificato l'Accordo di Parigi, impegnandosi così a dimezzare le emissioni di gas serra entro il 2030 rispetto al 1990; tuttavia da questo obiettivo è escluso il traffico aereo internazionale. Nel 2019 il Consiglio federale ha stabilito un obiettivo più ambizioso: **a partire dal 2050 il bilancio netto delle emissioni di gas serra della Svizzera dovrà essere pari a zero**. Le linee guida per la politica climatica svizzera sono state definite dal Consiglio federale nel 2021 con l'approvazione della strategia climatica a lungo termine della Svizzera, che stabilisce obiettivi strategici per i diversi settori<sup>1</sup> e comprende anche il traffico aereo internazionale. Ai fini dell'obiettivo del saldo netto pari a zero la strategia climatica considera quindi anche le emissioni generate dal traffico aereo (si veda il riquadro sotto), nella misura in cui ciò è scientificamente e tecnicamente possibile in conformità con le indicazioni dell'inventario dei gas serra.

### Obiettivo 2050

Nel 2050 il bilancio netto delle emissioni con impatto sul clima generate dal traffico aereo internazionale in partenza dalla Svizzera dovrà essere possibilmente pari a zero. Ciò implica:

- un bilancio delle emissioni di CO<sub>2</sub> di origine fossile pari a zero;
- la diminuzione oppure la compensazione attraverso altre misure dei restanti effetti sul clima.

## 1.2 Strategia per uno sviluppo sostenibile 2030

L'elaborazione di misure riguardanti il traffico aereo è integrata nella Strategia per uno sviluppo sostenibile 2030 (SSS 2030) dell'Ufficio federale dello sviluppo territoriale ARE. La SSS 2030 rappresenta lo strumento di **attuazione** della Svizzera **dell'Agenda 2030 dell'ONU** e illustra come raggiungere i 17 obiettivi globali per uno sviluppo sostenibile. Uno dei tre ambiti tematici prioritari, dal titolo «Clima, energia e biodiversità», comprende la riduzione delle emissioni di gas serra, un utilizzo più efficiente dell'energia, lo sviluppo delle energie rinnovabili, nonché la conservazione, l'utilizzo sostenibile, la promozione e il ripristino della biodiversità.

Nel quadro della SSS 2030 ad ogni legislatura il Consiglio federale approva un piano d'azione che include nuove misure selezionate ai fini dell'attuazione della SSS 2030. L'attuale piano d'azione 2021–2023 è stato approvato nel giugno 2021 unitamente alla SSS 2030. Una delle 22 misure del piano prevede **lo sviluppo, la promozione e l'utilizzo di carburanti sostenibili per l'aviazione** e, come primo passo, l'elaborazione della presente strategia:

---

<sup>1</sup> Consiglio federale (2021). È inoltre possibile che, nell'ambito dell'iniziativa per i ghiacciai o della sua controproposta, venga inserito nella Costituzione federale un obiettivo di riduzione. La relativa votazione popolare non si terrà prima della fine del 2022.

### **Misura 5 – Strategia per lo sviluppo, la promozione e l'utilizzo di carburanti sostenibili per l'aviazione**

I carburanti sintetici per l'aviazione ottenuti da fonti energetiche rinnovabili rappresentano una delle idee più promettenti per ridurre in maniera significativa gli effetti del traffico aereo sul clima. Partendo da questi presupposti, l'UFAC elabora quindi una strategia per promuoverne lo sviluppo, la produzione e l'utilizzo. Poiché attualmente non esiste una tecnologia per poter produrre carburanti sostenibili per l'aviazione in quantità da elevate a molto elevate, vi è la necessità di promuovere la ricerca in maniera mirata affinché sia possibile produrli riducendo l'impatto sul clima, il consumo di risorse e i costi di produzione. Inoltre, per l'utilizzo di questi carburanti possono essere offerti degli incentivi che incidano il meno possibile sul mercato dei combustibili sostenibili.

Nel quadro dell'attuazione della misura 5 il presente rapporto evidenzia innanzitutto la necessità d'intervento nel settore dell'aviazione ai fini della protezione del clima e propone una panoramica delle misure tecnologiche attuabili. In tal modo si illustra il ruolo dei carburanti sostenibili per l'aviazione nel raggiungimento degli obiettivi climatici svizzeri. Dopodiché il rapporto presenta nel dettaglio le tecnologie prese in considerazione e i possibili strumenti di promozione dei carburanti rinnovabili. Ne risulta una visione globale sulle modalità di attuazione degli strumenti più adeguati (nel quadro della revisione parziale della legge CO<sub>2</sub>). L'attenzione è posta sull'aviazione civile commerciale quale fonte principale di emissioni di gas serra nel settore aeronautico; tuttavia, è illustrata anche la situazione dell'aviazione generale e militare.

In questo contesto i carburanti sostenibili per l'aviazione sono analizzati in un orizzonte temporale più lungo rispetto al piano d'azione e alla Strategia per uno sviluppo sostenibile (2030), corrispondente all'orizzonte della Strategia climatica a lungo termine della Svizzera (2050). Il periodo di analisi deve essere più esteso in quanto il passaggio a una produzione su vasta scala dei carburanti sostenibili per l'aviazione richiede decenni e di conseguenza le tecnologie devono essere analizzate lungo questo lasso di tempo. Per poter realizzare una transizione continua verso i carburanti sostenibili entro il 2050, la produzione su vasta scala deve essere già avviata entro il 2030, il che a sua volta presuppone l'entrata in vigore delle relative basi legali entro il 2025. Di conseguenza le necessarie basi legali devono essere elaborate nel periodo del piano d'azione 2021–2023. Considerati i rapidi sviluppi tecnologici e politici, al più tardi entro il 2030 sarà necessario un aggiornamento del presente rapporto.

### **1.3 Impatto del traffico aereo sul clima**

Negli ultimi due anni precedenti la pandemia di Coronavirus l'insieme dei voli in partenza dagli aeroporti svizzeri ha prodotto **ogni anno circa 5,7 milioni di tonnellate di gas serra** (CO<sub>2</sub> equivalenti)<sup>2</sup>, quasi interamente generate al di fuori del territorio svizzero. Questa cifra corrisponde all'11 per cento delle emissioni di gas serra di tutte le fonti in Svizzera, in CO<sub>2</sub> equivalenti<sup>2</sup>.

Tra le emissioni generate dai velivoli il **CO<sub>2</sub> è il gas serra più rilevante**. A causa del lunghissimo tempo di permanenza del CO<sub>2</sub> nell'atmosfera, la maggior parte delle emissioni di CO<sub>2</sub> di origine fossile emesse attualmente e nei prossimi decenni avrà un effetto riscaldante sul clima anche tra 100 anni e oltre. Un'emissione annuale costante di CO<sub>2</sub> fossile porterebbe quindi comunque a un incremento della concentrazione di CO<sub>2</sub> e, di conseguenza, a un aumento del riscaldamento. Per evitare che il traffico aereo contribuisca al riscaldamento globale, le emissioni di CO<sub>2</sub> di origine fossile, esattamente come nel caso delle altre fonti, devono essere completamente azzerate. Fornire un contributo in questo senso è il requisito fondamentale delle misure da adottare nel settore. L'impatto sul clima del traffico aereo, tuttavia, non è da ricondurre esclusivamente ai gas serra menzionati, ma anche alle cosiddette **emissioni non CO<sub>2</sub>**. Le principali emissioni non CO<sub>2</sub> con impatto sul clima generate dal traffico aereo sono le

---

<sup>2</sup> Situazione nel 2018 e 2019, voli nazionali e internazionali (escluso Basel-Mulhouse, in quanto su territorio francese): <https://www.bafu.admin.ch/bafu/it/home/temi/clima/stato/dati/inventario-gas-serra/trasporto-aereo.html>

seguenti: polveri fini, ossidi d'azoto e acqua (anche se direttamente il vapore acqueo gioca un ruolo secondario). L'effetto principale delle emissioni di vapore acqueo combinato con le polveri fini consiste nella creazione di scie di condensazione e di ulteriori cirri; se si formano di notte questi ultimi hanno un effetto riscaldante, mentre di giorno l'effetto è raffreddante. Complessivamente, negli ultimi 20 anni le emissioni non CO<sub>2</sub> del traffico aereo sono aumentate. Secondo le stime attuali, se questo aumento dovesse proseguire il loro impatto quotidiano sul clima risulterebbe di diverse volte maggiore rispetto all'impatto sul clima del CO<sub>2</sub>. La principale differenza consiste nel fatto che per fermare gli effetti sul riscaldamento globale non è necessario azzerare le emissioni non CO<sub>2</sub>; una loro stabilizzazione rappresenterebbe già un importante progresso. Questo perché, gli effetti non si sommano nel corso del tempo, come accade invece con il CO<sub>2</sub><sup>3</sup>. Poiché le emissioni di CO<sub>2</sub> e le emissioni non CO<sub>2</sub>, con i rispettivi effetti, non sono proporzionali le une rispetto alle altre, nell'ambito dell'esame delle misure e del monitoraggio dell'andamento annuale delle emissioni devono essere considerate separatamente. Inoltre le emissioni non CO<sub>2</sub>, diversamente dalle emissioni di CO<sub>2</sub>, non sono semplicemente proporzionali al consumo di carburante e al contenuto di carbonio del carburante, ma variano notevolmente in base al tipo di motore. Questo aspetto permette di considerare possibili misure per la riduzione delle emissioni non CO<sub>2</sub> (v. punto 2.1).

Per quanto riguarda l'andamento delle emissioni registrato sinora, si può affermare che la domanda di viaggi e trasporti in aereo è aumentata più rapidamente di quanto le emissioni di CO<sub>2</sub> abbiano potuto essere ridotte con miglioramenti tecnici e ulteriori ottimizzazioni (v. punto 2.1). Ciò ha prodotto un incremento complessivo delle emissioni generate dal traffico aereo. Nel 2020–2021, a causa della pandemia di Coronavirus, è stato registrato un temporaneo calo della domanda. A partire dal 2022–2023 si prevede un nuovo aumento della domanda e di conseguenza delle emissioni<sup>4</sup>. Tuttavia, in questo contesto sono state ritoccate le previsioni di crescita per il traffico aereo globale del periodo 2018–2028 dal 4,2 per cento annuale a mediamente l'1,2–3,6 per cento<sup>5</sup>. Tra il 2018 e il 2050 ci si attende una crescita media del 2,9–4,2 per cento<sup>5</sup>, una previsione questa ancora piuttosto incerta.

#### 1.4 Gli obiettivi del settore dell'aviazione

Negli ultimi anni è diventato sempre più chiaro il ruolo che il traffico aereo può e deve assumere nel raggiungimento degli obiettivi climatici. L'aviazione rimane un settore in cui una **riduzione dell'impatto sul clima è particolarmente impegnativa**, poiché le relative tecnologie sono ancora in fase di sviluppo. Ciononostante, tra il 2020 e il 2022 diverse organizzazioni hanno presentato roadmap e obiettivi ambiziosi (v. più avanti) che delineano le modalità con cui il traffico aereo può fare la propria parte per la riduzione delle emissioni. Le misure contenute sono illustrate nel capitolo 2.

Nell'ottobre del 2022 l'**Organizzazione internazionale dell'aviazione civile ICAO** ha fissato per l'aviazione internazionale l'obiettivo di raggiungere entro il 2050 un saldo netto di emissioni di CO<sub>2</sub> pari a zero. Nel rapporto sulla raggiungibilità di questo obiettivo vengono analizzate le misure disponibili e se ne evidenzia l'impatto nel quadro di diversi scenari. I carburanti sostenibili per l'aviazione svolgono un ruolo centrale, ma nel complesso, per raggiungere l'obiettivo prefigurato servono anche misure esterne al settore, quali le tecnologie a emissioni negative. Già da tempo è in vigore l'obiettivo dell'ICAO di aumentare ogni anno l'efficienza del 2 per cento fino al 2050<sup>6</sup> e di conseguire, a partire dal 2020, una crescita del settore del trasporto aereo neutrale in termini di CO<sub>2</sub>. A tal fine si possono attuare svariate misure, per esempio:

---

<sup>3</sup> Neu (2021)

<sup>4</sup> <https://www.icao.int/sustainability/Pages/Economic-Impacts-of-COVID-19.aspx>

<sup>5</sup> <https://www.icao.int/sustainability/Pages/Post-Covid-Forecasts-Scenarios.aspx>

<sup>6</sup> Long Term Aspirational Goal (LTAG), v. ICAO CAEP (2022)

- nuovi standard e tecnologie, in particolare sono in fase di elaborazione un più severo standard riguardante il CO<sub>2</sub> per i nuovi tipi di velivoli e un inasprimento dei valori limite per le polveri fini e gli ossidi d'azoto;
- Air Traffic Management (gestione del traffico aereo) ed esercizio, con particolare attenzione all'interoperabilità e ai relativi tool;
- il Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation globale CORSIA (v. punto 2.4);
- l'utilizzo di carburanti sostenibili per l'aviazione, promosso dall'ICAO attraverso varie iniziative.

Inoltre, nel rapporto Waypoint 2050<sup>7</sup> l'**Air Transport Action Group (ATAG)** ha dimostrato che le emissioni di CO<sub>2</sub> generate dall'aviazione possono essere dimezzate globalmente entro il 2050, rispetto al 2005. Pertanto, a seconda del Paese, l'obiettivo del saldo netto di CO<sub>2</sub> pari a zero nel settore aeronautico può essere raggiunto già entro il 2065 o addirittura il 2060. Il rapporto presenta svariate misure con priorità diverse e si focalizza sull'aumento dell'efficienza nell'esercizio e nell'infrastruttura, sui carburanti sostenibili per l'aviazione, sulle tecnologie innovative (batterie e idrogeno solo per le tratte più brevi) o in alternativa sulla compensazione al di fuori del settore.

Per quanto riguarda l'Europa, alcune associazioni formate da rappresentanti di compagnie aeree (A4E, ERA), aeroporti (ACI EUROPE), costruttori di aeromobili (ASD Europe) e controllo del traffico aereo (CANSO) hanno presentato una visione per il saldo netto di emissioni di CO<sub>2</sub> generate dall'aviazione europea a partire dal 2050 denominata **Destination 2050**<sup>8</sup>. Le misure consistono principalmente in tecnologie volte ad aumentare l'efficienza e in carburanti sostenibili per l'aviazione nonché, come seconda priorità, in misure economiche e in un esercizio più efficiente.

Inoltre diverse altre organizzazioni hanno approvato obiettivi riguardanti il saldo netto di CO<sub>2</sub> pari a zero: per esempio l'**Airports Council International Europe (ACI EUROPE)**, l'associazione europea dei gestori aeroportuali, ha previsto per tutti gli aeroporti sotto il suo controllo l'obiettivo del saldo netto di CO<sub>2</sub> pari a zero e proposto corrispondenti misure. A livello internazionale, nell'ottobre 2021 l'**International Air Transport Association IATA**, in qualità di associazione mantello delle compagnie aeree, ha approvato l'obiettivo del saldo netto di CO<sub>2</sub> pari a zero per l'industria aeronautica globale a partire dal 2050<sup>9</sup>.

Un'analisi riferita alla Svizzera è stata effettuata con la **Road Map for Sustainable Aviation (RMSA)**<sup>10</sup>. In questo studio, commissionato congiuntamente dall'UFAC, dall'UFAM e dall'Aviation Research Center Switzerland (ARCS), diversi esperti del mondo scientifico e dell'industria illustrano le misure per un'aviazione sostenibile e ne quantificano i possibili effetti. Complessivamente tali misure permettono di raggiungere l'obiettivo del saldo netto di CO<sub>2</sub> pari a zero nel traffico aereo svizzero entro il 2050. Parallelamente Swiss, easyJet Switzerland, Aerosuisse e la Swiss Business Aviation Association (SBAA) hanno pubblicato una dichiarazione d'intenti<sup>11</sup>, in cui s'impegnano a raggiungere gli obiettivi della strategia climatica a lungo termine della Svizzera e di conseguenza l'obiettivo del saldo netto di CO<sub>2</sub> entro il 2050 (v. punto 1.1). Nella dichiarazione viene attribuito entro il 2050 un potenziale di riduzione delle emissioni del 30 per cento alle misure volte ad aumentare l'efficienza e addirittura di oltre il 50 per cento ai carburanti sostenibili drop-in.

---

<sup>7</sup> Air Transport Action Group (2020)

<sup>8</sup> Royal Netherlands Aerospace Centre (2021)

<sup>9</sup> <https://www.iata.org/en/pressroom/2021-releases/2021-10-04-03/>

<sup>10</sup> Ecoplan (2021)

<sup>11</sup> <https://www.arcs.aero/sites/default/files/downloads/Absichtserklärung%20Sustainable%20Aviation.pdf>

## 2 Misure per la riduzione dell'impatto sul clima dell'aviazione

L'impatto sul clima dell'aviazione può essere ridotto attraverso diversi approcci. Per poter raggiungere gli ambiziosi obiettivi climatici della Svizzera in questo settore, si possono attuare svariate misure tecniche. Di seguito viene presentata una panoramica degli approcci applicabili con il relativo potenziale di riduzione delle emissioni.

### 2.1 Misure per l'aumento dell'efficienza

Negli ultimi decenni nel settore dell'aviazione è stato registrato un notevole aumento dell'efficienza energetica e, di conseguenza, un netto calo delle emissioni di CO<sub>2</sub> per tonnellata di carico utile trasportato e per passeggero-chilometro<sup>10</sup>. Questo aumento dell'efficienza è stato possibile, in particolare, grazie agli **sviluppi tecnologici degli aeromobili e nello specifico, dei sistemi di propulsione**. Di conseguenza la più recente generazione di propulsori si avvicina già ora alla massima efficienza di combustione possibile dal punto di vista fisico. Tuttavia, esiste un ulteriore potenziale nell'ambito della conversione in spinta e nella riduzione delle emissioni non CO<sub>2</sub>, che per essere sfruttato necessita di condizioni quadro e misure corrispondenti. Un primo passo in questa direzione è stato lo sviluppo e l'introduzione a livello globale di una certificazione delle polveri fini per i propulsori degli aerei, a cui l'UFAC ha attivamente partecipato. Questo fatto ha indotto il settore a sviluppare miglioramenti tecnici nella combustione, con il risultato di una riduzione delle polveri ultrasottili, che hanno un ruolo determinante nella formazione delle nubi. Inoltre è necessario ridurre, oltre alle emissioni di polveri fini, anche quelle di altre sostanze dannose con un impatto sul clima, come gli ossidi di azoto. Oltre al miglioramento dei propulsori, vengono elaborati diversi piani per ottimizzare l'aerodinamica degli aerei, misura questa che da sola potrebbe consentire una riduzione del consumo di carburante pari al 20 per cento e la conseguente riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub>. La scienza che studia in particolare l'impatto sul clima dell'aviazione ribadisce che la riduzione delle emissioni non CO<sub>2</sub> non deve portare a maggiori emissioni di CO<sub>2</sub> fossile.<sup>12</sup>

Un altro aspetto determinante per il consumo di carburante per passeggero-chilometro o tonnellata-chilometro è **l'esercizio dei velivoli**, comprendente parametri di volo quali l'altitudine, la velocità e la scelta delle rotte. Quest'ultima è estremamente limitata in Europa a causa dello spazio aereo fortemente frammentato. Con l'obiettivo di apportare dei miglioramenti in questo ambito è stata avviata da tempo l'iniziativa «Single European Sky»<sup>13</sup>, che tuttavia è stata ostacolata dal prevalere degli interessi nazionali. Diversi piani tentano di conseguire dei miglioramenti entro i limiti esistenti, per esempio attraverso avvicinamenti più diretti o l'ottimizzazione della quota di volo al fine di ridurre le scie di condensazione persistenti che di notte hanno un forte impatto sul clima. Inoltre è rilevante anche **l'infrastruttura a terra**, soprattutto negli aeroporti. In questo caso per ridurre le emissioni si può, per esempio, optare per un approvvigionamento energetico da fonti rinnovabili, sia per gli edifici che per gli aeromobili. Tuttavia, complessivamente questa misura è in grado di ridurre solo in minima parte le emissioni di gas serra dell'aviazione. Secondo l'RMSA le misure a livello di esercizio e infrastruttura possono ridurre le emissioni del traffico aereo del 5–10 per cento.

### 2.2 Carburanti sostenibili drop-in

Esistono già diverse alternative equivalenti ai carburanti fossili per l'aviazione, che lungo l'intero ciclo di vita generano un quantitativo di emissioni di gas serra nettamente inferiore e rispettano determinati criteri di sostenibilità. Il vantaggio di questi carburanti è la possibilità di utilizzarli senza dover modificare l'aeromobile e di miscelarli al carburante fossile. Per questa ragione sono denominati anche carburanti drop-in. Nella legislazione svizzera questi carburanti vengono classificati come **carburanti rinnovabili**

---

<sup>12</sup> <https://www.greenairnews.com/?p=1421>

<sup>13</sup> [https://transport.ec.europa.eu/transport-modes/air/single-european-sky\\_en](https://transport.ec.europa.eu/transport-modes/air/single-european-sky_en)

**per l'aviazione**, ossia la forma abbreviata di **carburanti da fonti rinnovabili**. Nel presente rapporto si utilizza il termine affermato a livello internazionale «SAF», ossia Sustainable Aviation Fuels, come pure **carburanti sostenibili per l'aviazione**. Per la loro produzione esistono diverse opzioni; nel quadro del presente rapporto vengono suddivisi in due categorie in base alla rispettiva fonte energetica:

I **carburanti biogeni sostenibili** vengono prodotti a partire dalla biomassa, utilizzata come fonte primaria di carbonio, idrogeno ed energia. La combustione di questi carburanti non genera direttamente CO<sub>2</sub> fossile. Tuttavia non tutti i tipi di biomassa possono essere utilizzati come materia prima. Nella scelta della materia di partenza e nella definizione del percorso di produzione occorre limitare le emissioni di gas serra (GES) e altri effetti negativi sull'ambiente. Le relative implicazioni sono presentate nel dettaglio nel capitolo 3.

I **carburanti sintetici sostenibili** utilizzano invece essenzialmente fonti energetiche non biogene ed esclusivamente rinnovabili. Se per la produzione di un carburante liquido si utilizza energia elettrica da fonti rinnovabili (tramite elettrolisi dell'acqua), il processo globale è denominato **Power-to-Liquid (PtL)**. In alternativa è in fase di sviluppo un percorso di produzione che a tal fine utilizza direttamente l'energia solare (**Sun-to-Liquid, StL**). Le tecnologie in questione nonché le fonti di carbonio e idrogeno sono illustrate nel capitolo 3. Non tutti i carburanti sintetici sono sostenibili: attualmente sono già attuati percorsi di produzione basati sul carbone o sul gas naturale. Tuttavia, poiché questi liberano grandi quantitativi di CO<sub>2</sub> fossile, non possono in alcun modo essere designati come sostenibili e di conseguenza non sono trattati nel presente rapporto.

L'RMSA considera i carburanti sostenibili drop-in come la **misura principale per la riduzione dell'impatto sul clima del traffico aereo**. Tuttavia, affinché l'utilizzo di questi carburanti nell'intero settore possa ridurre le emissioni in modo significativo, è necessario superare alcuni ostacoli. Fra questi vi sono, a seconda della tecnologia: la scarsa disponibilità di materie prime, un elevato fabbisogno di energia, costi elevati o un basso grado di sviluppo e di conseguenza elevati rischi tecnologici. Questi argomenti sono trattati nel capitolo 3 e approfonditi nell'Allegato A. Nei capitoli 4 e 5 sono illustrate le misure attualmente esistenti e quelle previste volte a superare tali ostacoli.

### 2.3 Sistemi alternativi di stoccaggio dell'energia

Da decenni si stanno studiando sistemi alternativi per lo stoccaggio dell'energia, in grado di fornire energia per il trasporto aereo senza generare emissioni dirette di CO<sub>2</sub>. Per esempio i **velivoli elettrici con batterie** utilizzano le batterie come accumulatori di energia e sono dotati di motori elettrici. Per questa tecnologia esiste già un'omologazione di tipo per un piccolo velivolo. Il record storico del numero di velivoli elettrici attualmente in fase di sviluppo porterà a un aumento costante degli aeromobili omologati. Tuttavia, a meno che si registrino forti sviluppi imprevisti nel settore delle batterie (in particolare concernenti il peso e la sicurezza), anche a lungo termine la propulsione elettrica diretta rimarrà limitata ai piccoli aeromobili in grado di percorrere distanze brevi. E anche se si potranno coprire distanze più ampie, il peso maggiore dell'accumulatore di energia rispetto al cherosene comporta inevitabili perdite del carico utile. Ne consegue un maggior fabbisogno di energia per passeggero o carico utile, il che riduce il potenziale di riduzione dell'impatto sul clima.

Un altro sistema di stoccaggio dell'energia è costituito dall'**idrogeno** in forma liquida (raffreddamento a -253°C), trasportabile a bordo in una cisterna. Ai fini della propulsione l'idrogeno può essere impiegato direttamente nelle turbine a gas oppure, tramite le celle a combustibile, può produrre energia elettrica, utilizzata poi nei motori elettrici per generare la spinta (propulsione elettrica ibrida). Attualmente vengono utilizzati piccoli aeromobili per testare la tecnologia a idrogeno basata sui serbatoi di stoccaggio a compressione. Sono in fase di sviluppo aeromobili più grandi con serbatoi per l'idrogeno liquido: questa tecnologia presenta alcune sfide tecnologiche riguardanti, tra le altre cose, la sicurezza, il peso e il volume

del sistema di stoccaggio dell'energia. Mentre per il corto e medio raggio gli aeromobili passeggeri a idrogeno sono una possibile alternativa, questa tecnologia non è idonea per il lungo raggio a causa, in particolare, del volume di stoccaggio necessario<sup>14</sup>.

Per poter valutare la riduzione dell'impatto sul clima raggiungibile devono essere chiariti gli effetti a breve termine del vapore acqueo emesso alla quota di volo. Inoltre devono essere evitate emissioni elevate di ossido di azoto. La condizione principale per una riduzione dell'impatto sul clima consiste nell'evitare le fonti energetiche fossili nella produzione dell'idrogeno: in questo contesto si considera in primo luogo l'elettrolisi dell'acqua con l'elettricità generata da fonti rinnovabili<sup>15</sup>.

Per quanto riguarda i sistemi alternativi di stoccaggio dell'energia risulta il seguente **quadro complessivo**: per poter sfruttare il potenziale di riduzione delle emissioni delle batterie e dell'idrogeno è necessario dapprima sviluppare questi sistemi di stoccaggio dell'energia, applicarli a livello di prototipi e infine sostituire la flotta di aeromobili esistente. A tal fine serve un'infrastruttura ampia che riguardi vari aspetti: dalla messa a disposizione della necessaria energia primaria rinnovabile al trasporto e allo stoccaggio intermedio sino all'approvvigionamento di tutti gli aeroporti utilizzati da questi aeromobili. Di conseguenza nei prossimi decenni il potenziale di copertura del fabbisogno di trasporto attraverso queste tecnologie aumenterà solo lentamente. Si prevede pertanto che il segmento a corto raggio potrà essere coperto in questo modo non prima del 2040 e quello a medio raggio non prima del 2050<sup>16</sup>. Ciò significa che fino al 2040 (risp. 2050) ai voli cui è imputabile il 97 per cento (risp. 73 %) delle emissioni di CO<sub>2</sub> non potranno essere applicate queste tecnologie<sup>17</sup>. Nella promozione dei progetti svizzeri riguardanti i sistemi alternativi di stoccaggio dell'energia nell'aviazione si dovrebbe tenere conto di questa situazione. A lungo termine, invece, alcuni studi prevedono che i velivoli a idrogeno, a parità di riduzione dell'impatto sul clima, avranno costi inferiori rispetto ai carburanti sostenibili drop-in<sup>18</sup>. La possibilità di evitare emissioni lungo il ciclo di vita dei velivoli elettrici con batterie dipende dallo sviluppo tecnologico, in particolare nella produzione delle batterie, e di conseguenza attualmente non può essere quantificata.

## 2.4 Misure basate sul mercato

Diversi approcci per la riduzione dell'impatto sul clima del trasporto aereo consistono nell'assegnare un prezzo alle emissioni di CO<sub>2</sub>, nell'aumentarne il prezzo in modo indiretto oppure nel compensarle al di fuori del settore. Per esempio il programma **CORSIA (Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation)**<sup>19</sup> dell'ICAO prevede l'obbligo di acquisto di certificati di compensazione per le emissioni di CO<sub>2</sub> fossile dell'aviazione internazionale che eccedono il quantitativo del 2019–2020. Il numero di certificati che una compagnia aerea è tenuta ad acquistare può essere ridotto utilizzando i SAF. La riduzione dell'obbligo di compensazione si basa sulla riduzione delle emissioni definita nel corrispondente standard dell'ICAO che considera le emissioni generate nella produzione del carburante utilizzato. Inoltre devono essere rispettati i criteri di sostenibilità. A partire dal 2027 tutti i 193 Stati ICAO saranno obbligati a partecipare al programma CORSIA che secondo l'attuale pianificazione proseguirà sino al 2035. Per ora sono 118 gli Stati che hanno confermato di aderirvi su base volontaria prima del 2027, fra i quali la Svizzera.

---

<sup>14</sup> Al contrario dei serbatoi del cherosene, quelli dell'idrogeno non possono essere alloggiati nelle ali in quanto devono resistere a un'elevata pressione ed essere isolati.

<sup>15</sup> In alternativa, sono ipotizzabili le fonti biogene (sebbene siano sottoposte alle stesse restrizioni dei carburanti liquidi di origine biogena, v. capitolo **Error! Reference source not found.**), il cosiddetto «idrogeno blu» (fossile combinato con le NET, sebbene soggetto alle stesse restrizioni menzionate al punto 2.5) oppure l'idrogeno prodotto dall'acqua direttamente con l'energia solare (come è stato possibile dimostrare in laboratorio).

<sup>16</sup> Per l'aviazione generale tali obiettivi potrebbero essere raggiunti anticipatamente.

<sup>17</sup> Air Transport Action Group (2020)

<sup>18</sup> Per quanto riguarda l'uso di idrogeno su tratte brevi, Destination 2050 stima un costo di circa 225 € per ogni tonnellata di CO<sub>2</sub> risparmiata, rispetto ai 289 € per gli HEFA e ai 400–800 € per i PTL. Fonte: Royal Netherlands Aerospace Centre (2021).

<sup>19</sup> ICAO (2018)

Inoltre è in vigore il sistema svizzero di scambio di quote di emissioni (SSQE)<sup>20</sup>, collegato all'**Emissions Trading Scheme (ETS)** dell'UE, che impone il rilascio di diritti di emissione di CO<sub>2</sub> per i voli all'interno della Svizzera e dalla Svizzera verso lo Spazio economico europeo (SEE)<sup>21</sup>. Ai voli in partenza dal SEE verso la Svizzera e a quelli interni al SEE si applica l'ETS dell'UE. Anche in questo caso si considera l'utilizzo dei SAF: come ulteriore incentivo le emissioni generate dai SAF sono valutate pari a zero, indipendentemente dal quantitativo di emissioni generato durante la loro produzione. Maggiori informazioni in merito al punto 4.1.

Un'altra misura basata sul mercato è data dalle tasse d'incentivazione sui biglietti aerei, così come erano previste in Svizzera nel quadro della legge sul CO<sub>2</sub> bocciata alle urne. Le conseguenze di questa misura sono illustrate nel dettaglio nell'Allegato C.1.

## 2.5 Tecnologie a emissioni negative

Un'alternativa più diretta rispetto alla compensazione consiste nel sottrarre dall'atmosfera e catturare a lungo termine lo stesso quantitativo di CO<sub>2</sub> emesso, nel nostro caso, dall'aviazione. Queste procedure, designate con il termine «**tecnologie a emissioni negative**» (**NET**) sono le sole a consentire il raggiungimento effettivo del saldo netto di emissioni di CO<sub>2</sub> pari a zero nel settore dell'aviazione.

Attraverso le NET si prevede di sottrarre a lungo termine il CO<sub>2</sub> dall'atmosfera. I relativi approcci sono suddivisi in due fasi: la **cattura del CO<sub>2</sub> e il conseguente stoccaggio**. Per catturare il CO<sub>2</sub> dall'atmosfera esistono tre possibilità: l'utilizzo di piante che attuano naturalmente questo processo mediante la fotosintesi; il filtraggio del CO<sub>2</sub> dall'aria ambiente in impianti appositi oppure la cattura in fonti biogene puntuali (v. punto 0). Anche per lo stoccaggio a lungo termine del CO<sub>2</sub> esistono diversi approcci: il CO<sub>2</sub> può essere immagazzinato in formazioni geologiche, quali giacimenti di petrolio o gas naturale inattivi oppure, come dimostrato dai primi test, in formazioni rocciose in cui nel corso del tempo si lega in modo permanente alla roccia. Nel metodo basato sulle piante è possibile, inoltre, garantire direttamente che il CO<sub>2</sub> fissato non rientri nell'atmosfera, per esempio attraverso la produzione di carbone di legna successivamente immagazzinato a lungo termine.

Per azzerare, per quanto possibile, entro il 2050 le emissioni nette climalteranti bisognerebbe considerare anche gli effetti non CO<sub>2</sub>, il che è possibile per esempio grazie alla cattura e allo stoccaggio di ulteriore CO<sub>2</sub>. Secondo la strategia climatica a lungo termine della Svizzera, le NET devono essere utilizzate come elemento complementare per le emissioni difficilmente evitabili, ma non sostituiscono altre misure di riduzione<sup>22</sup>. Uno studio del PF di Zurigo sottolinea che, rispetto ai SAF sintetici, le NET possono necessitare di minore energia e presentare costi inferiori<sup>23</sup>. Sinora, tuttavia, non è stato possibile dimostrarne la realizzabilità su larga scala. In un rapporto del 2022 sul potenziamento delle NET per il raggiungimento degli obiettivi climatici a lungo termine,<sup>24</sup> il Consiglio federale rileva che CCS e NET sono elementi centrali per raggiungere entro il 2050, in Svizzera, l'obiettivo delle emissioni nette di gas serra pari a zero. Sono necessari per annullare l'effetto sul clima delle emissioni difficilmente evitabili. Gli approcci sono ampiamente conosciuti, ma non sono ancora utilizzati attivamente su una scala rilevante per il clima».

---

<sup>20</sup> V. ordinanza del 30 novembre 2012 sulla riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> (ordinanza sul CO<sub>2</sub>) che disciplina la disponibilità dei diritti di emissione.

<sup>21</sup> Fatte salve eventuali modifiche, dal 2024 l'ETS riguarderà anche i voli in entrata e in uscita nello/dallo SEE.

<sup>22</sup> Consiglio federale (2021), Consiglio federale (2022)

<sup>23</sup> Becattini / Gabrielli / Mazzotti (2021)

<sup>24</sup> Consiglio federale (2022)

## 2.6 Conclusione

Nell'analisi delle misure individuate gli studi nazionali e internazionali concordano ampiamente sul fatto che per raggiungere gli obiettivi climatici nel settore aeronautico è necessaria un'interazione delle misure esistenti, ma in ogni caso un ruolo centrale è svolto dai **carburanti sostenibili drop-in**.

### 3 Carburanti sostenibili per l'aviazione

Mentre la combustione dei carburanti per l'aviazione fossili rilascia CO<sub>2</sub> che era rimasto legato nella terra per milioni di anni, i carburanti per l'aviazione sostenibili mirano a un **ciclo del carbonio chiuso a breve termine**. Ciò significa che nella produzione dovrebbe essere catturato dall'atmosfera un quantitativo di CO<sub>2</sub> pari a quello liberato durante la combustione. In ogni caso anche i carburanti per l'aviazione sostenibili non sono totalmente a emissioni zero, poiché ogni percorso di produzione comporta determinate emissioni residue.

In questo contesto con carburanti per l'aviazione sostenibili s'intendono i carburanti prodotti a partire da materie prime ed energia da fonti rinnovabili, che rispettano determinati criteri di sostenibilità e simili al cherosene. I criteri di qualità vigenti per il cherosene (tipicamente il carburante Jet-A1) devono essere pertanto rispettati e i carburanti devono poter essere impiegati senza rischi per la sicurezza. I diversi percorsi di produzione attualmente certificati a tal fine permettono di miscelare già ora questi carburanti al cherosene fossile. Tuttavia la composizione dei SAF presenta lievi differenze: per esempio nei carburanti sostenibili per l'aviazione il contenuto della classe di molecole dei composti aromatici è nettamente inferiore o addirittura pari a zero. Nel caso di un grado di miscelazione troppo elevato, il ridotto contenuto di composti aromatici può provocare problemi tecnici negli aeromobili attualmente in uso. Pertanto attualmente, a dipendenza del contenuto di composti aromatici della quota fossile, i carburanti sostenibili per l'aviazione possono essere **miscelati nella misura massima del 50 per cento**<sup>25</sup>. Una quota rinnovabile fino al 100 per cento rende necessarie lievi modifiche materiali (p. es. nel sistema di carburazione). Alcuni aeromobili di prova hanno già effettuato con successo voli con il 100 per cento di carburante rinnovabile<sup>26</sup>; i produttori di aeromobili e sistemi di propulsione lo annunciano sempre più spesso per i modelli che saranno prodotti a partire dal 2025<sup>27</sup>.

Grazie al basso contenuto di composti aromatici e all'assenza di zolfo, in fase di combustione i SAF producono quantitativi inferiori di polveri fini, il che a sua volta riduce la formazione di nubi e le emissioni di polveri sottili negli aeroporti<sup>28</sup>. **Pertanto** i carburanti sostenibili per l'aviazione **possono anche ridurre gli effetti non CO<sub>2</sub>**, il che accresce la loro rilevanza per la riduzione dell'impatto sul clima dell'aviazione. Inoltre permettono di migliorare la qualità dell'aria locale, aspetto questo particolarmente vantaggioso nei dintorni degli aeroporti.

I punti seguenti presentano una panoramica delle tecnologie per i SAF biogeni e sintetici (per la differenza v. il punto 2.2), un'analisi comparativa del potenziale e una stima del ruolo che potrebbe assumere la Svizzera in questo ambito.

#### 3.1 Carburanti biogeni

I carburanti prodotti a partire dalla biomassa presentano un ciclo del carbonio chiuso. L'intero quantitativo di CO<sub>2</sub> liberato durante la combustione di tali carburanti è stato precedentemente catturato dalle piante nell'atmosfera per la loro crescita. Tuttavia, in fase di coltivazione (inclusa la preparazione della superficie coltivata) e durante il processo di raffinazione vengono liberati altri gas serra e di conseguenza il ciclo di vita **non è totalmente neutrale sotto il profilo delle emissioni di CO<sub>2</sub>**. Queste emissioni possono essere rilevanti soprattutto nel caso della biomassa coltivata esclusivamente per la produzione di carburanti. A

---

<sup>25</sup> [https://www.caafi.org/focus\\_areas/fuel\\_qualification.html](https://www.caafi.org/focus_areas/fuel_qualification.html)

<sup>26</sup> <https://www.airbus.com/en/newsroom/stories/2021-10-this-a319neo-is-the-latest-to-test-100-saf>

<sup>27</sup> <https://boeing.mediaroom.com/2021-01-22-Boeing-Commits-to-Deliver-Commercial-Airplanes-Ready-to-Fly-on-100-Sustainable-Fuels>

<sup>28</sup> Brenn et al. (2015)

ciò si sommano ulteriori effetti negativi sull'ambiente, quali per esempio l'aggiunta di sostanze nutritive attraverso l'uso di fertilizzanti<sup>29</sup>.

Per quanto riguarda le materie prime sono già stati registrati importanti sviluppi: i biocarburanti di prima generazione sono prodotti da colture alimentari e foraggere contenenti zucchero, amido o olio. Per ovviare al conseguente problema della **concorrenza alla produzione di alimenti e mangimi**, sono stati sviluppati i biocarburanti di seconda generazione: prodotti da rifiuti di origine biogena, consentono la valorizzazione energetica di risorse già utilizzate. Una terza generazione di biocarburanti utilizza, per esempio, come materia prima alghe coltivate appositamente a fini energetici. Qualora non si riuscisse a valorizzare altri flussi di rifiuti, per una produzione su vasta scala bisognerebbe coltivare biomassa in grandi quantità. In questo ambito gli sviluppi riguardano diverse specie di piante e processi di trasformazione, che però implicano alcune sfide: il fabbisogno di terreno e di acqua, i costi e gli effetti sul clima e, infine, l'impatto sull'ambiente generato dalle coltivazioni. In Svizzera e nell'UE non devono essere utilizzati carburanti biogeni per l'aviazione che entrano in concorrenza con la produzione di alimenti e mangimi, si vedano i punti 3.3 e 4.5.

La trasformazione della biomassa in carburante per l'aviazione può essere realizzata attraverso diversi processi: il più semplice consiste nell'utilizzare sostanze che presentano strutture simili al cherosene, ossia grassi e oli, come quelli contenuti nell'olio commestibile usato (e nei rifiuti di origine animale). Il carburante che ne risulta è denominato **HEFA-SPK** (synthesized paraffinic kerosene from hydroprocessed esters and fatty acids) o brevemente HEFA ed è già disponibile sul mercato. Tuttavia la quantità disponibile di materie prime è molto inferiore rispetto alla quantità necessaria a una sostituzione completa del cherosene fossile.

Per questa ragione si sta studiando l'utilizzo di altre sostanze di scarto biogene, per esempio i residui della selvicoltura o i rifiuti domestici; a questo riguardo, tuttavia non è ancora stata raggiunta la maturità di mercato. A tale scopo sono necessari altri processi di trasformazione quali **Alcohol to Jet (AtJ)**<sup>30</sup>, in cui tramite la fermentazione si produce un alcool come prodotto intermedio, che può essere convertito in carburante per l'aviazione mediante processi di raffinazione. La sfida in questo caso consiste nell'aumentare l'efficienza e ridurre i costi.

La massima flessibilità in quanto a sostanza di partenza è offerta dalla cosiddetta **gassificazione / sintesi Fischer-Tropsch (GFT)**. In questo processo la biomassa viene portata a temperature elevate e trasformata in uno stato gassoso; il risultato è una miscela di idrogeno e monossido di carbonio (CO). Per trasformare l'idrogeno e il CO in carburanti per l'aviazione si è già affermata la **sintesi Fischer-Tropsch (FTS)**<sup>31</sup>. Gli aspetti problematici di questo approccio sono il basso grado di efficienza (di circa il 75%) e il minore controllo sui prodotti finali: generalmente il risultato è una miscela di diversi idrocarburi<sup>32</sup>. Nella successiva fase di raffinazione questi vengono separati e riutilizzati nel processo oppure miscelati a diversi prodotti, tra cui benzina, cherosene e diesel. Il percorso di produzione tramite FTS è già stato certificato in sostituzione del cherosene e i sottoprodotti possono essere utilizzati anche nel trasporto stradale o navale.

**Sul mercato sono già disponibili** i carburanti biogeni sostenibili per l'aviazione, principalmente basati sulla tecnologia HEFA. In Europa la ditta Neste (Finlandia) presenta le maggiori capacità produttive. A livello mondiale tra i leader di mercato di questo settore si annoverano Gevo (USA), Fulcrum (USA),

---

<sup>29</sup> Jeswani / Chilvers / Azapagic (2020)

<sup>30</sup> Una panoramica di tutti i percorsi di produzione in via di sviluppo è stata elaborata dall'Agenzia internazionale dell'energia: IEA Bioenergy (2019)

<sup>31</sup> Da decenni la FTS è utilizzata per convertire su scala industriale il carbone e il gas naturale in carburanti sintetici non sostenibili.

<sup>32</sup> Danish Energy Agency (2022)

Alder Fuels (USA), Shell (Regno Unito), SG Preston (USA), Velocys (Regno Unito) e Aemetis, Inc. (USA)<sup>33</sup>.

### 3.2 Carburanti sintetici (PtL/StL)

I carburanti sintetici sostenibili rappresentano una valida alternativa ai carburanti fossili per l'aviazione grazie al loro impatto sul clima nettamente inferiore lungo l'intero ciclo di vita perché per produrli vengono utilizzate esclusivamente fonti energetiche rinnovabili. Complessivamente la loro produzione consiste nell'inversione della reazione di combustione: i prodotti della combustione acqua e CO<sub>2</sub> vengono trasformati in carburante. Tuttavia per la produzione è necessario un quantitativo di energia molte volte superiore al quantitativo liberato durante la combustione. Per questa ragione, in caso di produzione su larga scala occorre considerare anche il potenziamento delle energie rinnovabili. Inoltre, in tutte le fasi del processo, in particolare nella messa a disposizione dell'energia, vengono generate emissioni (fossili) di CO<sub>2</sub>. Per queste ragioni anche i carburanti sintetici **non sono totalmente neutrali in termini di CO<sub>2</sub>**.

La prima fase riguarda la **messa a disposizione di CO<sub>2</sub> concentrato**. Le corrispondenti tecnologie sono state sufficientemente indagate e nel mondo sono già in funzione alcuni piccoli impianti. Le fonti utilizzate sono l'atmosfera o altre fonti puntuali. La cattura del CO<sub>2</sub> dall'atmosfera rappresenta la scelta più costosa e comporta il maggior quantitativo di energia. Un'opzione più semplice è costituita dalle ubicazioni in cui il CO<sub>2</sub> è presente in concentrazioni maggiori. La scelta più vantaggiosa in questo caso è data dalle fonti puntuali con CO<sub>2</sub> biogeno quali gli impianti bioenergetici, poiché i carburanti prodotti in questo modo hanno un ciclo del carbonio chiuso. Tuttavia, poiché queste fonti sono disponibili in misura estremamente limitata, si può anche ricorrere a fonti puntuali interamente o parzialmente non biogene, come per esempio i cementifici<sup>34</sup>. In questo caso, però, va sottolineato che la produzione di cemento e quella di carburanti non possono essere allo stesso tempo neutrali sotto il profilo climatico; tutt'al più possono essere dimezzate le emissioni complessive di CO<sub>2</sub> dei due sistemi. Pertanto i vantaggi economici ed ecologici devono essere considerati in maniera differenziata, in particolare se si applicano i sistemi basati sul mercato.

In una fase successiva l'acqua è trasformata in idrogeno e il CO<sub>2</sub> risultante viene ridotto a CO. Questa è la fase che richiede il maggior quantitativo di energia. A tal fine il processo PtL utilizza l'energia elettrica<sup>35</sup>, mentre il processo StL direttamente l'energia solare. Analogamente al processo GFT (v. punto 3.1), questa miscela gassosa viene trasformata in carburante per l'aviazione mediante la **sintesi Fischer-Tropsch (FTS)** e la successiva raffinazione. Un'alternativa al percorso basato sul CO o sulla FTS è data da un **percorso di produzione basato sul metanolo**. In questo caso il CO<sub>2</sub> e l'idrogeno sono trasformati direttamente in metanolo, a sua volta trasformato in carburante. Questo processo, seppur non ancora introdotto a livello industriale, probabilmente potrà raggiungere un maggior grado di flessibilità, efficienza e controllo sui prodotti. Allo sviluppo di questa tecnologia sta lavorando, per esempio, la società svizzera Metafuels.

Attualmente sono in funzione i primi **piccoli impianti PtL a scopo di ricerca e dimostrazione**, come l'impianto svizzero «Energy System Integration» (ESI) al Paul Scherrer Institut (PSI). Nel 2021 Atmosfair ha messo in funzione in Germania un impianto di questo tipo. Sempre in Germania nel 2022 è entrato in funzione un impianto StL pilota, gestito da Synhelion, una spin-off del PF di Zurigo<sup>36</sup>. Tuttavia, con una capacità produttiva in alcuni casi di gran lunga inferiore a una tonnellata di carburante al giorno, questi impianti non sono ancora pronti per una produzione redditizia, ma fungono essenzialmente da piattaforme test per la successiva produzione su vasta scala dei corrispondenti elementi tecnologici.

---

<sup>33</sup> <https://www.icao.int/environmental-protection/GFAAF/Pages/Offtake-Agreements.aspx>

<sup>34</sup> Se altri settori raggiungeranno i loro obiettivi climatici, la disponibilità di CO<sub>2</sub> da fonti puntuali, soprattutto non biogene, diminuirà drasticamente entro il 2050.

<sup>35</sup> Per poter conseguire una riduzione delle emissioni di GES di un carburante PtL, l'energia elettrica utilizzata per la produzione deve provenire da fonti rinnovabili, v. punto 3.3.

<sup>36</sup> <https://synhelion.com/news/synhelion-receives-funding-from-german-federal-ministry-for-economic-affairs-and-energy>

Impianti commerciali più grandi sono per ora solo in fase di progettazione. La sfida della tecnologia PtL e StL consiste nel **ridurre le perdite energetiche e i costi di produzione**. Con la tecnologia odierna, può essere convertita in PtL-SAF al massimo la metà dell'energia utilizzata<sup>32</sup>. L'integrazione dei processi è fondamentale per un ulteriore sviluppo: per esempio, la FTS genera molto calore residuo, che può essere utilizzato a monte per la cattura del CO<sub>2</sub>, riducendo così al minimo l'apporto di energia aggiuntiva. Anche la scelta dell'ubicazione è decisiva: tutte le materie prime necessarie devono essere disponibili a prezzi vantaggiosi, soprattutto l'energia da fonti rinnovabili. Quest'ultima deve essere prodotta in modo conveniente in grandi quantità, eventualmente stoccata provvisoriamente in caso di fonti energetiche soggette a fluttuazioni e deve essere trasportabile all'impianto di produzione. Difficilmente queste condizioni possono essere soddisfatte in Svizzera, mentre in diverse località in Europa e nel mondo è possibile<sup>37</sup>.

### 3.3 Sostenibilità dei percorsi di produzione

Per poter essere classificati come sostenibili, i percorsi di produzione dei SAF devono rispettare diversi criteri; i più rilevanti e impegnativi, ossia il fabbisogno di suolo e risorse nonché la riduzione delle emissioni di gas serra, sono illustrati in questo punto. L'attuazione di questi criteri a livello di regolamentazione è presentata al punto 4.5.

Un importante fattore per la sostenibilità è il rispettivo **fabbisogno di risorse** in termini di suolo, acqua e materie prime. Mentre le fonti di energia primaria rinnovabili (sole, vento) sono globalmente disponibili in grande quantità, il loro utilizzo implica un elevato consumo di suolo e materie prime e si pone in concorrenza con il fabbisogno di altri settori. Di conseguenza un elevato consumo di suolo e risorse può limitare fortemente il potenziale di un approccio. Sebbene non siano ancora disponibili dati sufficienti su tutti gli approcci per consentire un loro confronto esaustivo, è comunque possibile trarre conclusioni importanti.

La **Tabella 1** presenta una **panoramica del fabbisogno di suolo e risorse** dei diversi percorsi di produzione di carburanti alternativi. I SAF da rifiuti biogeni presentano il minore fabbisogno di suolo e risorse, poiché la loro produzione è attribuita al primo utilizzo della biomassa e di conseguenza vengono considerate solamente la raccolta e la raffinazione. Poiché, tuttavia, il loro potenziale è limitato a causa della disponibilità delle risorse, è indispensabile considerare anche altre tecnologie.

Emerge in ogni caso il fatto che la sostituzione di enormi quantità di energia da fonti fossili implica un **consumo significativo di superficie**. Tra le tecnologie considerate, i carburanti prodotti a partire da biomassa coltivata appositamente a fini energetici presentano il maggiore fabbisogno di acqua e suolo. Ad esempio, per soddisfare il fabbisogno totale di carburanti per l'aviazione del 2019 in Svizzera con l'olio di colza servirebbe una superficie di circa 16 000 chilometri quadrati, più dell'intera superficie agricola svizzera<sup>38</sup>. I carburanti basati sulle alghe si possono produrre con un quantitativo minore di acqua e superficie; in questo caso, inoltre, non deve trattarsi di terreno fertile. I carburanti sintetici sostenibili presentano un fabbisogno minore di acqua e suolo, sebbene anche nel caso del fotovoltaico o dell'StL siano necessarie superfici vastissime.

Un elemento fondamentale per la sostenibilità è dato dalla **riduzione delle emissioni di gas serra** rispetto ai carburanti fossili lungo l'intero ciclo di vita, comprendente produzione, catena di fornitura e combustione. La produzione di carburanti da biomassa coltivata appositamente a fini energetici può generare diverse emissioni, tra cui CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e ossidi d'azoto (incl. N<sub>2</sub>O). La quantità di queste emissioni dipende dal tipo di pianta utilizzato e dalla sua coltivazione, come emerge dall'analisi già menzionata (v. Tabella 1). Nel caso dell'olio derivato dalle alghe, per esempio, le emissioni di gas serra possono essere ridotte soltanto del 40 per cento circa rispetto al cherosene fossile. Attraverso altri percorsi di produzione che utilizzano biomassa coltivata appositamente a fini energetici come l'olio di palma o l'olio

---

<sup>37</sup> Rojas / Crone / Löchle (2019), Ram et al (2020).

<sup>38</sup> <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/raum-umwelt/bodennutzung-bedeckung.html>

di colza si possono ottenere riduzioni delle emissioni più elevate, ma anche nettamente inferiori o addirittura un aumento delle emissioni rispetto al cherosene fossile. Ciò è da ricondurre al cambio di utilizzazione del suolo nel luogo di coltivazione: se, per esempio, per produrre biocarburanti vengono abbattute le foreste, l'effetto di riduzione di CO<sub>2</sub> della vegetazione precedente viene perso e il CO<sub>2</sub> immagazzinato nel suolo rilasciato. Anche per questi motivi, oltre al fatto che entrano in concorrenza con la produzione di alimenti e mangimi, i carburanti biogeni di prima generazione non possono essere considerati sostenibili.

Percorso di produzione	Fabbisogno di suolo (m <sup>2</sup> /L <sub>jet-fuel-eq</sub> /anno)	Fabbisogno di suolo (m <sup>2</sup> /L <sub>jet-fuel-eq</sub> /anno)	Olio commestibile usato missioni vs. cherosene*
Olio alimentare usato (HEFA)	-	-	84% <sub>3</sub>
Olio di palma (HEFA)	2.2 <sub>1</sub>	5'204 <sub>1</sub>	< 58% <sub>1</sub>
Olio di colza (HEFA)	7.4 <sub>1</sub>	5'724 <sub>1</sub>	< 55% <sub>1</sub>
Olio da alghe (HEFA)	0.9-2.3 <sub>1</sub>	497-1'839 <sub>1</sub>	43% <sub>1</sub>
Power-to-Liquid	~ 0.3 <sub>1</sub>	~ 6.7 <sub>2</sub>	< 95% <sub>2</sub>
Sun-to-Liquid	~ 0.2 <sub>2</sub>	~ 3.5 <sub>2</sub>	< 99% <sub>2</sub>

Tabella 1: Fabbisogno di suolo e di risorse nonché riduzione delle emissioni di diversi percorsi di produzione dei carburanti alternativi

Fonte 1: Schmidt / Weindorf et al. (2016)

Fonte 2: Treyer / Sacchi / Bauer (2021)

Fonte 3: ICAO (2022)

\* rispetto alle emissioni di gas serra lungo il ciclo di vita del cherosene secondo il programma CORSIA, a causa della mancanza di dati affidabili non vengono considerati gli effetti non CO<sub>2</sub>

I **carburanti prodotti a partire da rifiuti biogeni** possono ridurre notevolmente le emissioni lungo il ciclo di vita, poiché le emissioni generate dalla coltivazione della biomassa sono conteggiate al primo utilizzo. In questo modo sono considerate solo la logistica tra il primo e il secondo utilizzo e la raffinazione. Rispetto al carburante fossile per l'aviazione i carburanti da rifiuti biogeni permettono di ridurre le emissioni di GES fino all'84 per cento.

Uno studio commissionato dall'UFAC al PSI<sup>39</sup> ha evidenziato che i **SAF sintetici** (PtL e StL) possono portare a una riduzione delle emissioni lungo il ciclo di vita superiore al 90 per cento; questa percentuale, tuttavia, dipende fortemente dall'intensità di CO<sub>2</sub><sup>40</sup> dell'energia primaria totale utilizzata. Per esempio, attualmente nel corso della produzione oltre la metà dell'energia primaria non finisce nel carburante, ma nel calore residuo. In questo modo l'intensità di CO<sub>2</sub> dell'energia primaria incide più del doppio e, affinché il prodotto finale generi una riduzione considerevole di emissioni, deve avere una percentuale di CO<sub>2</sub> fossile molto bassa.

Nel caso degli impianti PtL, inoltre, è fondamentale anche **considerare l'intera infrastruttura dell'approvvigionamento di elettricità e idrogeno** che comprende, oltre alle fonti di energia elettrica, in particolare il trasporto e lo stoccaggio intermedio sino all'utilizzazione nella produzione dei SAF. Sia nella

<sup>39</sup> Treyer / Sacchi / Bauer (2021)

<sup>40</sup> Con intensità di CO<sub>2</sub> si intende la massa di CO<sub>2</sub> emessa per unità energetica durante i processi produttivi.

produzione che nel trasporto e nello stoccaggio intermedio non è possibile contare sull'infrastruttura esistente, già fortemente sfruttata a causa dell'imminente elettrificazione di altri settori e che di conseguenza dovrebbe essere potenziata.

### 3.4 Potenziale di attuazione su larga scala

Le strategie disponibili partono perlopiù dal presupposto che **nel 2050 il SAF sarà in grado di soddisfare la maggior parte del fabbisogno di cherosene**<sup>41</sup>. A causa delle limitazioni nella disponibilità delle materie prime, il contributo a questo risultato dei rispettivi percorsi di produzione può essere solo frutto di stime. La tecnologia HEFA, per esempio, utilizza materiali di scarto contenenti oli e grassi e per questo motivo può soddisfare al massimo il 5 per cento del fabbisogno di carburante<sup>42</sup>. Anche altri carburanti biogeni presentano una limitazione analoga che, tuttavia, è ancora più difficile da quantificare; infatti, non è ancora chiaro per quali materie prime si potranno affermare percorsi di produzione sostenibili. Ma anche in questo caso, secondo le previsioni, attraverso i percorsi di produzione biogeni (incl. HEFA) potrà essere soddisfatto al massimo il 50 per cento del fabbisogno<sup>43</sup>. In linea di principio non esistono invece limitazioni per quanto riguarda i SAF sintetici, poiché vi è eccedenza di materie prime per la produzione, perlomeno a livello globale. L'unica limitazione in questo caso è data dal maggiore utilizzo di energia primaria rinnovabile. Per tutti i percorsi di produzione, esiste inoltre un'incertezza dovuta allo sviluppo dei sistemi energetici globali: la disponibilità di biomassa e di energia primaria rinnovabile dipende dall'utilizzo in altri settori.

I costi previsti dei carburanti si differenziano fortemente da una tecnologia all'altra: i **SAF biogeni** possono essere prodotti a un prezzo di vendita minimo di 1–2 \$/litro<sup>44</sup>. A dipendenza dei costi della biomassa necessaria, da qui al 2050 questi prezzi potrebbero diminuire o aumentare. I prezzi delle materie possono subire forti oscillazioni anche a breve termine, come è accaduto nel caso degli HEFA-SPK nel 2022. Per i **SAF sintetici** si prevede nei prossimi decenni una netta riduzione dei costi di produzione, dovuta essenzialmente all'utilizzo delle energie rinnovabili, divenuto più conveniente, e alla maggiore efficienza dei processi. I costi dovrebbero diminuire dagli attuali 1.6–5.0 \$/litro a 1.2–2 \$/litro nel 2050<sup>44</sup>. I principali fattori di costo sono le fonti di CO<sub>2</sub> e di energia. Il CO<sub>2</sub> da fonti puntuali è significativamente più economico rispetto alla cattura diretta dall'atmosfera ma, secondo le previsioni, difficilmente sarà disponibile in grandi quantità nel 2050. I costi dell'energia dipendono fortemente dall'ubicazione; la produzione è più economica nelle località con un'elevata disponibilità di energia solare o eolica.

Nel 2021 sono state prodotte nel mondo **80 000 tonnellate di SAF**<sup>45</sup>, corrispondenti allo 0,04 per cento del fabbisogno di cherosene di tutte le compagnie aeree nel 2021<sup>46</sup>. Per soddisfare la maggior parte del fabbisogno di cherosene nel 2050, **la produzione di SAF deve aumentare ogni anno del 30 per cento**. Sono già in fase di pianificazione alcuni progetti in grado di coprire entro il 2030 circa il 3 per cento della domanda globale di cherosene<sup>47</sup>. Il 90 per cento della produzione da questi progetti riguarda la tecnologia HEFA, ossia il metodo che presenta il minore rischio tecnologico<sup>49</sup>. Parallelamente, tuttavia, la produzione di altri SAF biogeni e sintetici dovrà essere testata e ulteriormente sviluppata in diversi impianti di dimostrazione, per poterne sfruttare il potenziale di produzione su larga scala dopo il 2030. L'ICAO mette a disposizione una panoramica dei progetti SAF, aggiornata regolarmente<sup>33,48</sup>.

---

<sup>41</sup> In Svizzera: Ecoplan (2021), in Europa: Royal Netherlands Aerospace Centre (2021), nel mondo: ICAO CAEP (2022), Air Transport Action Group (2020)

<sup>42</sup> Secondo un'analisi a livello di UE, fonte: van Grinsven et al (2020)

<sup>43</sup> ICAO CAEP (2022)

<sup>44</sup> ICAO CAEP (2022), Rojas / Crone / Löchle (2019)

<sup>45</sup> <https://www.iata.org/en/programs/environment/sustainable-aviation-fuels/>

<sup>46</sup> <https://www.statista.com/statistics/655057/fuel-consumption-of-airlines-worldwide/>

<sup>47</sup> Mission Possible Partnership (2022)

<sup>48</sup> <https://datastudio.google.com/s/iWy-HY00860>

Per consentire un'attuazione su larga scala servono investimenti a livello globale pari a circa 100 miliardi di dollari all'anno<sup>43</sup>, corrispondenti al 4 per cento degli attuali investimenti globali nel settore energetico secondo l'Agenzia internazionale dell'energia. Il **finanziamento dell'attuazione su larga scala** rappresenta una sfida per vari motivi: gli investimenti sono necessari per tutto il periodo che va dalla ricerca di laboratorio agli impianti commerciali, ma il ritorno sull'investimento può essere ottenuto solo al secondo o terzo impianto commerciale. Inoltre, a partire da una data dimensione un impianto può essere costruito solo quando l'intera produzione di combustibile dell'impianto è già stata venduta. Ciò dimostra il grande rischio tecnologico e quindi d'investimento: le decisioni di investimento devono essere prese quando la tecnologia non è ancora del tutto nota e i costi di produzione – e quindi i potenziali rendimenti – sono ancora molto incerti, soprattutto rispetto alle tecnologie concorrenti. Gli operatori aerei si trovano quindi di fronte a una grande sfida: non possono accedere a un mercato esistente, ma devono partecipare attivamente alla produzione su larga scala dei SAF. Serve **un'integrazione verticale**, una cooperazione tra produttori e consumatori che sinora non è stata necessaria in questa misura.

La produzione su larga scala dei SAF e quindi il raggiungimento degli obiettivi climatici nel settore dell'aviazione saranno possibili solo grazie a un intensivo **sviluppo delle tecnologie coinvolte**. L'obiettivo di questo sviluppo è fornire grandi quantità di SAF nel modo più economico ed ecologico possibile. Analogamente alle tecnologie già consolidate nel campo delle energie rinnovabili, si possono stimare gli effetti di apprendimento previsti. Infatti, solo grazie a questi effetti di apprendimento, basati su un'intensa attività di ricerca, si possono ottenere le riduzioni dei costi già menzionate. Le tecnologie vengono continuamente sviluppate nel corso di diverse generazioni di impianti, da prototipi di laboratorio a impianti su larga scala redditizi. La **Figura 1** fornisce un quadro d'insieme di questo aspetto, inclusa una panoramica dei punti sui quali i progetti svizzeri possono dare un contributo. L'obiettivo dovrebbe essere quello di ridurre il rischio tecnologico il più rapidamente possibile, per poter valutare il potenziale delle tecnologie in una fase iniziale. Per ottenere una produzione su larga scala dei SAF, questo rischio deve essere ridotto al minimo diversificando lo sviluppo tra diverse tecnologie. Per lo sviluppo tecnologico in questo settore sarà quindi indispensabile destinare una quota significativa dei costi all'attuazione su larga scala.

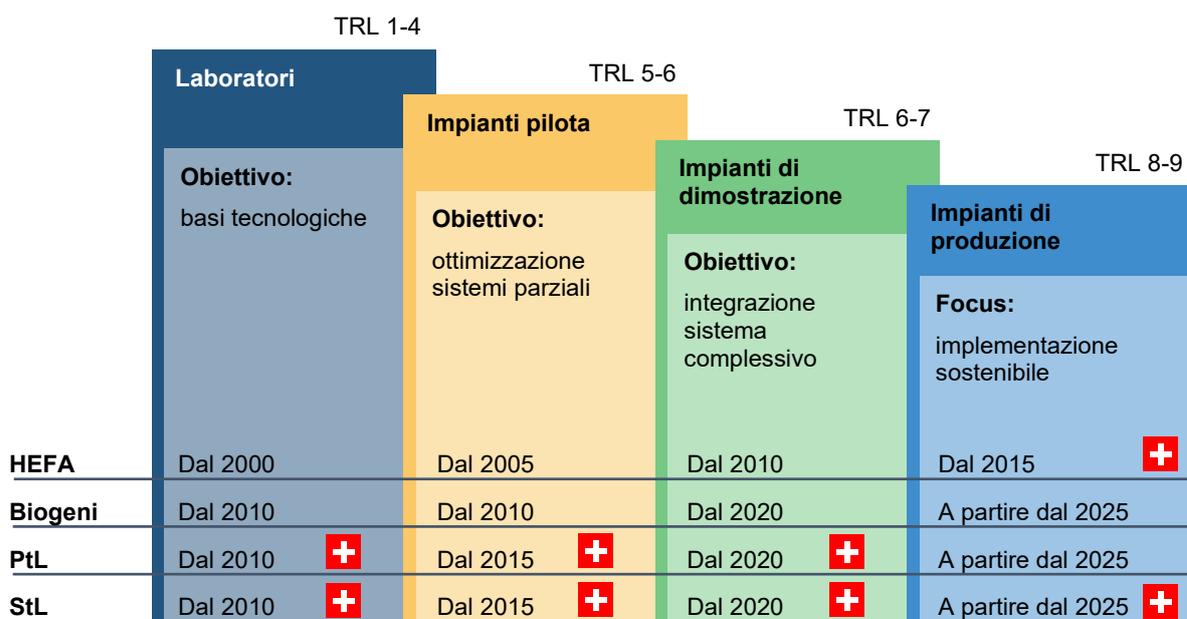


Figura 1: *Panoramica delle fasi dello sviluppo dei SAF, suddivise per periodo e tipo d'impianto. TRL sta per Technology Readiness Level; le croci svizzere indicano progetti svizzeri pianificati o in corso.*

I carburanti sintetici sostenibili rappresentano la tecnologia più promettente sia a livello internazionale che sul mercato svizzero. Non presentano limiti invalicabili per la produzione su vasta scala e il relativo fabbisogno di suolo e risorse è minore rispetto ai SAF biogeni, mentre il fabbisogno di energie rinnovabili è elevato e deve quindi essere considerato nella produzione su larga scala. Questa posizione coincide con quella del Consiglio federale che nella strategia climatica a lungo termine della Svizzera afferma «Nel periodo di riferimento fino al 2050, l'impiego di carburanti sintetici neutrali dal punto di vista del CO<sub>2</sub> dovrebbe essere l'unica alternativa veramente praticabile<sup>1</sup>». Tuttavia, per il prossimo futuro i percorsi di produzione dei carburanti biogeni sostenibili prodotti a partire da materie prime (di scarto) adeguate rimarranno una parte considerevole del mercato internazionale. Per il mercato svizzero i SAF biogeni sono presi in considerazione solamente se soddisfano i criteri di sostenibilità e se può essere esclusa una concorrenza con la produzione di alimenti e mangimi.

### 3.5 Aspetti nazionali

A lungo termine, difficilmente sarà possibile soddisfare gran parte della domanda svizzera di carburanti sostenibili per l'aviazione attraverso la **produzione propria**. A tal fine sono determinanti gli aspetti economici: le materie prime e l'energia necessaria devono essere disponibili in Svizzera ed essere competitive rispetto a una produzione all'estero. Per soddisfare l'intera domanda svizzera di carburante per l'aviazione attraverso i processi **PtL** servirebbe più del 70 per cento dell'elettricità attualmente prodotta in Svizzera<sup>49</sup>. Per una produzione commerciale dei SAF mediante PtL bisognerebbe quindi potenziare di molto la produzione svizzera di elettricità da fonti rinnovabili, inclusi il trasporto e l'eventuale infrastruttura di stoccaggio. Ciò non è possibile entro un termine utile e attualmente non è nemmeno previsto nelle Prospettive energetiche 2050+<sup>50</sup>. I costi supplementari della produzione di carburanti PtL in Svizzera rispetto a sedi produttive ottimizzate a livello globale sono ancora incerti; un primo studio li stima a circa il 30 per cento<sup>51</sup>. In Svizzera non è pensabile nemmeno una produzione su larga scala degli **StL**,

<sup>49</sup> L'acqua necessaria a produrre questo quantitativo di SAF sintetici invece corrisponde solamente allo 0,3% del fabbisogno di acqua potabile della Svizzera.

<sup>50</sup> Prognos / TEP Energy / Infras / Ecoplan (2020)

<sup>51</sup> Ram et al (2020)

a causa dell'irraggiamento solare insufficiente<sup>52</sup>. I **SAF biogeni** prodotti da biomassa coltivata appositamente a fini energetici non sono presi in considerazione per la mancanza di superficie coltivabile eccedente e a causa dei citati timori circa la loro sostenibilità. Inoltre, i rifiuti biogeni disponibili non sono sufficienti (anche applicando potenziali tecnologie future) per soddisfare il fabbisogno svizzero di cherosene. In linea di principio è possibile produrre su scala commerciale i SAF a partire da rifiuti biogeni disponibili; anche in questo caso, la competitività rispetto alla produzione all'estero rimane un fattore critico. Per esempio Helvol sta progettando un impianto commerciale (v. **Figura 3** al punto 4.4).

Una produzione economica è possibile soprattutto a livello di nicchie in cui alla produzione di carburante in Svizzera è attribuita maggiore importanza. Ciò è ipotizzabile, per esempio, per le Forze aeree svizzere che basandosi sul Piano d'azione energia e clima del DDPS<sup>53</sup> si affidano anche ai SAF. In questo quadro, la dipendenza dalle fonti energetiche fossili deve essere ridotta e l'uso delle energie rinnovabili deve essere ampliato, anche nell'ambito di una produzione indigena di energia. Le possibilità di coprire parte della domanda di cherosene attraverso la produzione locale sono attualmente oggetto di studio in collaborazione con diversi partner.

Nel complesso, è prevedibile che il SAF provenga principalmente dalla produzione su larga scala all'estero. Per il sistema energetico svizzero, è quindi improbabile che l'utilizzo su larga scala dei SAF in Svizzera abbia un impatto significativo. Per la produzione all'estero, si deve garantire attraverso criteri di sostenibilità appropriati che anche il sistema energetico locale non ne subisca conseguenze negative (vedi punto 4.5). In linea di principio ciò è possibile per ogni percorso tecnologico menzionato. Un effetto positivo dell'utilizzo su larga scala del SAF è la possibilità di aumentare la sicurezza dell'approvvigionamento attraverso la sua diversificazione. Mentre la disponibilità di risorse fossili è altamente localizzata – il 90 per cento della produzione di petrolio greggio è concentrata in 22 Paesi<sup>54</sup> – il SAF può essere prodotto in molti altri luoghi, in modo particolare i SAF sintetici basati sulla cattura di CO<sub>2</sub> dall'atmosfera.

Un contributo importante nella produzione su larga scala dei carburanti sostenibili per l'aviazione può essere svolto dal settore svizzero della **ricerca e dello sviluppo**. Nel settore dei SAF sintetici, in Svizzera esistono diverse aziende innovative, alcune leader di mercato a livello mondiale (v. anche punti 0 e 4.4). Per esempio Climeworks ha lanciato sul mercato tecnologie per la cattura del CO<sub>2</sub> dall'atmosfera, un processo fondamentale per la produzione dei SAF sintetici, già in fase di studio in questo contesto. Synhelion sta sviluppando la tecnologia StL che ha già trasferito alla fase di dimostrazione in un impianto pilota a Jülich (Germania). Metafuels sviluppa una tecnologia per la produzione dei SAF sintetici che dovrebbe aggirare la bassa efficienza e la selettività dell'FTS. Airborn Fuels Switzerland sta studiando la possibilità di un impianto combinato per la produzione e lo sviluppo di SAF sintetici in Svizzera. La fattibilità di una produzione di SAF è esaminata anche a Payerne da swiss aeropole. A ciò si aggiunge l'esperienza pluriennale di vari istituti tecnici di ricerca. Le spin-off del PF di Zurigo Climeworks e Synhelion fanno riferimento alle ricerche svolte per diversi anni dal Politecnico, mentre al citato studio in corso nella sede di Payerne partecipa anche l'EPFL Vallese. Ad Airborn Fuels Switzerland partecipano ricercatori della ZHAW e dell'OST. Inoltre dal 2021 è in corso un'iniziativa comune dell'Empa e del PSI denominata «SynFuels», nell'ambito della quale sono analizzate tecnologie chiave per la produzione dei SAF.

In questi progetti e impianti verrà generato, soprattutto in Svizzera, ulteriore know-how in grado di favorire l'attuazione su larga scala di queste tecnologie. Non appena le nuove tecnologie si saranno affermate in laboratorio, in Svizzera serviranno impianti pilota di maggiori dimensioni. Inoltre per generare ulteriore know-how sarà indispensabile realizzare **impianti di dimostrazione all'estero** di PtL e StL dove si svolgerà la produzione a lungo termine. In particolare in queste ubicazioni è utile raccogliere per

---

<sup>52</sup> Secondo Synhelion i valori massimi nazionali di 1'400 kWh/m<sup>2</sup> raggiunti nel Vallese e il numero di ore a pieno carico troppo esiguo non sono sufficienti a garantire un esercizio redditizio.

<sup>53</sup> <https://www.vbs.admin.ch/it/ambiente/protezione-ambiente/energia.html>

<sup>54</sup> BP (2022)

tempo esperienze con l'intera catena di creazione di valore. Tuttavia, a livello mondiale sinora non è stato possibile finanziare impianti di questo tipo; se ne deduce quindi la necessità di una **più intensa collaborazione internazionale**. La Svizzera può promuovere tale collaborazione impegnandosi per la produzione su vasta scala dei SAF in seno a diversi organismi internazionali (soprattutto nel settore dell'aviazione) e assumendo un ruolo attivo e di coordinamento. Gli impianti pilota e di dimostrazione menzionati e la possibile partecipazione svizzera in impianti di produzione su scala più ampia all'estero sono illustrati nel dettaglio al punto 4.4.

## 4 Promozione statale dei SAF

Attualmente in Svizzera i SAF (biogeni) possono essere utilizzati su base volontaria per il rifornimento di carburante; poiché tuttavia implicano costi supplementari per i vettori aerei i volumi sono esigui. In questa situazione il raggiungimento degli obiettivi climatici svizzeri nel settore aeronautico non è affatto garantito. Servono chiare condizioni quadro legali che nei prossimi decenni incentivino tutti gli attori coinvolti a favorire un rapido sviluppo del mercato dei SAF. Diversi studi<sup>55</sup> hanno analizzato come debbano essere strutturate queste condizioni per poter essere il più possibile efficaci e consentire l'impegnativa produzione su larga scala dei SAF. Tutte queste strategie concordano, senza alcuna eccezione, sul fatto che per raggiungere gli obiettivi climatici nel settore dell'aviazione **sia necessario promuovere a livello statale sia la domanda sia lo sviluppo**. In questo capitolo sono illustrate le misure già attuate a livello nazionale e internazionale e il fabbisogno di ulteriore promozione.

### 4.1 Contesto internazionale

Determinante per poter creare e utilizzare alternative sostenibili ai carburanti fossili per l'aviazione è tenere conto degli sviluppi internazionali. L'Organizzazione internazionale dell'aviazione civile ICAO considera i SAF un importante pilastro per la riduzione delle emissioni dell'aviazione. Già nel 2017 l'ICAO ha approvato la **2050 Vision for Sustainable Aviation Fuels** in cui invita «gli Stati, l'industria e altri gruppi d'interesse a sostituire entro il 2050 una quota significativa di carburanti convenzionali per l'aviazione con carburanti sostenibili (SAF)». Nel quadro del programma **CORSIA** dell'ICAO l'utilizzo dei carburanti sostenibili per l'aviazione permette di ridurre gli obblighi di compensazione delle compagnie aeree (v. punto 2.4). La regolamentazione ICAO prevede criteri standard per misurare la riduzione di CO<sub>2</sub> ottenuta utilizzando i SAF. Nel rapporto concernente un ambizioso obiettivo climatico per l'aviazione internazionale, tra tutte le misure esaminate l'ICAO attribuisce ai SAF il maggior potenziale<sup>43</sup>.

Nell'UE esiste già una determinata promozione dei SAF mediante l'ETS (v. punto 2.4). Un netto potenziamento di questa promozione è previsto con il pacchetto «**Fit for 55**» contenente proposte di legge volte a ridurre le emissioni di gas serra del 55 per cento entro il 2030 (rispetto al livello di emissioni del 1990). Per quanto concerne la promozione sono tre le iniziative rilevanti: una **modifica dell'ETS** prevede che a partire dal 2024 la quantità totale di diritti di emissione disponibili diminuisca annualmente del 4,2 per cento anziché del 2,2 per cento. Inoltre tra il 2024 e il 2026 la quota dei diritti di emissione attribuiti gratuitamente deve essere progressivamente azzerata. Ciò si ripercuote anche sull'SSQE della Svizzera, collegato all'ETS dell'UE: sulla base dell'Accordo tra la Svizzera e l'UE relativo al collegamento dei sistemi di scambio di quote di emissioni<sup>56</sup> occorre continuare con lo sviluppo equivalente dei due sistemi (principio di equivalenza). Altrettanto rilevante per il settore dell'aviazione è anche una modifica della direttiva sulla tassazione dell'energia proposta nel quadro del pacchetto «Fit for 55» con cui verrebbe tassato il cherosene utilizzato per i voli all'interno dell'UE (v. Allegato C.1). A tal fine l'UE prevede di applicare il programma CORSIA unicamente ai voli al di fuori del SEE e soltanto l'ETS dell'UE ai voli all'interno del SEE e verso il Regno Unito. Inoltre l'iniziativa dell'UE «**ReFuelEU Aviation**» prevede un obbligo di miscelazione per i carburanti sostenibili per l'aviazione. I dettagli di questo strumento sono illustrati al punto 4.3. Al momento, tuttavia, non è certo in che misura il pacchetto «Fit for 55» verrà modificato a seguito del processo legislativo.

Per i SAF gli **USA** puntano invece su obiettivi di rifornimento assoluti, sulla promozione dello sviluppo tecnologico e sulle agevolazioni fiscali per i produttori.

---

<sup>55</sup> Air Transport Action Group (2020), Aviation Initiative for Renewable Energy in Germany e.V. (2020), Deutsche Bundesregierung (2021), Ecoplan (2021), ICAO CAEP (2022), Mission Possible Partnership (2022), Royal Netherlands Aerospace Centre (2021), WEF Clean Skies for Tomorrow (2021).

<sup>56</sup> Accordo del 23 novembre 2017 tra la Confederazione Svizzera e l'Unione europea sul collegamento dei rispettivi sistemi di scambio di quote di emissioni di gas a effetto serra.

## 4.2 Gli strumenti di promozione esistenti in Svizzera

Attualmente la promozione dei SAF in Svizzera poggia su due elementi: la promozione del mercato attraverso un'agevolazione fiscale e alcuni strumenti che permettono un determinato sostegno allo sviluppo.

Nel quadro della **legge federale sull'imposizione degli oli minerali** (LIOM) si applica in Svizzera una promozione delle vendite di carburanti biogeni che, fatta salva la nuova versione della legge sul CO<sub>2</sub>, proseguirà sino alla fine del 2024 (v. punto 5.2). Grazie a questo strumento i carburanti biogeni possono beneficiare di un'imposta sugli oli minerali agevolata se rispettano determinati criteri di sostenibilità (v. punto 4.5). Tuttavia questa agevolazione **non ha grande rilevanza** per l'aviazione elvetica poiché il 96 per cento<sup>57</sup> del consumo di cherosene in Svizzera è da imputare al traffico aereo internazionale, già esentato dall'imposta sugli oli minerali. Inoltre, sinora non è stato possibile applicare un'agevolazione fiscale ai carburanti biogeni per l'aviazione, in quanto implicherebbe una catena di fornitura separata, ovvero nessuna miscelazione con carburanti alternativi provenienti da materie prime non sostenibili. Ad oggi nessun fornitore di SAF ha potuto implementare questa soluzione.

Inoltre in Svizzera **nell'ambito della ricerca in materia energetica e ambientale** esistono già alcuni **strumenti di promozione** applicabili, tra gli altri, ai progetti di sviluppo nel settore dei SAF. Concretamente si tratta dei contributi del finanziamento di base delle scuole universitarie secondo la legge federale sulla promozione e sul coordinamento del settore universitario svizzero (LPSU), del contributo finanziario al settore dei PF, del Fondo nazionale svizzero (FNS) nonché della promozione di programmi e progetti Innosuisse, a cui si aggiungono ulteriori strumenti dell'UFAM, dell'UFAC e dell'UFE. Una panoramica dettagliata di tali strumenti è presentata nell'Allegato B. Esistono quindi diverse misure di promozione che possono già oggi favorire lo sviluppo dei carburanti per l'aviazione alternativi e sostenibili e che hanno anche permesso di raggiungere l'eccellente livello del know-how svizzero in questo settore. A questo risultato ha contribuito anche il finanziamento speciale per il traffico aereo dell'UFAC, con cui vengono sostenuti i progetti della ZHAW/OST e Synhelion di cui al punto 3.5. Poiché l'ambito tematico dei carburanti sostenibili non è chiaramente delimitabile rispetto ad altre tematiche, non è possibile quantificare in modo preciso la totalità degli strumenti di promozione esistenti nel settore dei SAF<sup>58</sup>. Tuttavia, si può affermare con certezza che la necessità di promozione per le prossime fasi di innovazione della produzione su larga scala dei SAF è superiore agli strumenti esistenti (v. punto 4.4).

## 4.3 Promozione delle vendite

Di seguito sono confrontate le diverse misure di promozione finalizzate ad affermare un mercato dei SAF. Tale confronto è effettuato sulla base di uno studio della Technische Universität di Amburgo<sup>59</sup> che analizza i possibili strumenti di promozione di un mercato allo scopo di darne una classificazione indicativa in base al rispettivo grado di idoneità. La **Tabella 2** presenta una panoramica dei destinatari di ogni strumento, ossia di chi si assume la responsabilità dell'attuazione e si fa carico dei relativi costi. Dalla tabella emerge che gli strumenti illustrati riguardano un'ampia fetta della struttura di mercato. Inoltre nella **Tabella 2** sono riassunti i principali requisiti degli strumenti di promozione analizzati nell'ambito dello studio: efficacia, influenza di variabili esterne, efficienza statica e dinamica (per i dettagli v. l'Allegato B). Gli autori sottolineano che questi quattro requisiti non sono esaustivi e pertanto non consentono di effettuare una stima comparativa sotto il profilo quantitativo dell'idoneità degli strumenti, ma solamente una prima classificazione indicativa.

---

<sup>57</sup> Fonte: [https://www.bazl.admin.ch/dam/bazl/it/dokumente/Politik/Umwelt/co2\\_emissionen\\_grundsuetzliches\\_zahlen.pdf.download.pdf/CO2-Emissionen\\_des\\_Luftverkehrs.pdf](https://www.bazl.admin.ch/dam/bazl/it/dokumente/Politik/Umwelt/co2_emissionen_grundsuetzliches_zahlen.pdf.download.pdf/CO2-Emissionen_des_Luftverkehrs.pdf)

<sup>58</sup> Per esempio i progetti per lo sviluppo della cattura del CO<sub>2</sub> dall'atmosfera o dell'elettrolisi non sono direttamente attribuibili al settore dei SAF, sebbene siano fondamentali nel settore dei SAF sintetici.

<sup>59</sup> Bullerdiek / Kaltschmitt (2020)

Criterio	Tassa sul traffico aereo	Tassa sul CO <sub>2</sub>	ETS UE	CORSIA	Quota di miscelazione	Quota di riduzione GES	Rimunerazione fissa	Bandi di gara
Efficacia	-	-	-	-	+	+	o	+
Influsso prezzo greggio	Non applicabile	-	-	-	+	+	o	+
Efficienza statica	Non applicabile	+	+	+	+	+	-	+
Efficienza dinamica	Non applicabile	+	o	+	o	+	-	+
Destinatario strumento	Compagnia aerea				Distributori di carburante		Produttori di carburante	
Destinatario costi aggiuntivi	Compagnia aerea / passeggeri						Fisco	

Tabella 2: Valutazione dei possibili strumenti di promozione per l'utilizzo dei carburanti sostenibili per l'aviazione, da Bullerdiek / Kaltschmitt (2020)<sup>60</sup>. Gli strumenti analizzati vengono valutati ad ogni punto sotto il profilo qualitativo con «molto idoneo (+)», «mediamente idoneo/neutrale (o)» o «poco idoneo (-)» oppure «non applicabile».

Tra i possibili strumenti, in Svizzera non sono attuabili quelli i cui i costi dovrebbero essere assunti unicamente dallo Stato (remunerazioni fisse e bandi di gara)<sup>61</sup>. Gli strumenti SSQE/ETS e CORSIA, entrambi attivi anche in Svizzera, sono giudicati poco idonei a causa del prezzo per l'utilizzo dei SAF elevato se confrontato con i diritti di emissione o gli offset. Tra gli strumenti alternativi di promozione risultano inadeguate anche le tasse sui biglietti e sul CO<sub>2</sub>. Come ogni altra tassa sui biglietti aerei, la tassa sul traffico aereo applicata in Germania non genera alcun incentivo a fare rifornimento con i SAF. E se anche venisse introdotta potrebbe causare una distorsione del mercato, come già era stato riconosciuto nell'ambito della tassa sui biglietti aerei proposta in Svizzera. Affinché le tasse sul CO<sub>2</sub> possano contribuire effettivamente all'affermazione di un mercato dei SAF, dovrebbero generare costi aggiuntivi superiori al rifornimento con i SAF. Tuttavia è impensabile applicare tasse sul CO<sub>2</sub> così elevate, in particolare all'inizio del processo verso la produzione su vasta scala dei SAF. Inoltre l'importo necessario è fortemente soggetto a oscillazioni in base al livello dei prezzi del greggio e dei SAF, il che rende estremamente difficile una pianificazione. Particolarmente idonei si sono rivelati invece i modelli dei contingentati, basati sul quantitativo del rifornimento (quota di miscelazione basata sull'energia, la massa o il volume) o sulla riduzione delle emissioni di gas serra in tal modo conseguita (quota di riduzione dei GES). Questi approcci vengono approfonditi di seguito, mentre le altre misure sono descritte nel dettaglio nell'Allegato C.

Un **modello dei contingentati** prescrive agli attori di mercato di utilizzare una percentuale minima di SAF in un determinato periodo. La responsabilità per il raggiungimento del contingente può essere attribuita ai fornitori di carburante oppure alle compagnie aeree. Poiché in ogni caso le compagnie aeree ordinano il carburante perlopiù attraverso i fornitori, attribuire loro questa responsabilità è una scelta poco efficace

<sup>60</sup> Per consentire una più facile lettura è stata adattata la sequenza delle colonne.

<sup>61</sup> Non essendo applicabile, l'approccio delle agevolazioni fiscali per i produttori praticato negli USA non è stato considerato: dato che la Svizzera è soggetta all'importazione di carburanti SAF, ciò avrebbe soltanto un effetto marginale.

e comporterebbe un onere amministrativo supplementare per ogni compagnia in ogni aeroporto. Nell'ambito del modello dei contingenti il mancato raggiungimento degli obiettivi deve comportare svantaggi economici maggiori rispetto al loro raggiungimento. Pertanto un obiettivo riguardante il rifornimento dovrebbe prevedere **sanzioni** in caso di mancato raggiungimento dei contingenti.

Ogni tecnologia (SAF biogeni, StL, PtL) **deve essere promossa in modo diverso**: l'introduzione di una quota comprendente tutte le tecnologie porterebbe all'utilizzo della variante più conveniente. Ciò comporterebbe lo svantaggio di poter sfruttare gli effetti di scala solo per questa tecnologia (un maggior volume di produzione riduce i prezzi). In tal modo aumenterebbe il vantaggio rispetto ad altre tecnologie. Per contrastare questo fenomeno si può applicare l'approccio basato sui moltiplicatori o sulle sottoquote. Adottare il sistema dei moltiplicatori significherebbe, ai fini dell'obiettivo di rifornimento, conteggiare più volte determinate tecnologie (meno sviluppate) rispetto alle tecnologie affermate. Tuttavia questo approccio rende estremamente difficile per il legislatore pianificare la riduzione raggiungibile delle emissioni. Inoltre quantificare il moltiplicatore è complicato: si dovrebbero infatti compensare le differenze in termini di prezzo, bilancio ambientale e, in generale, di impatto sull'ambiente. In alternativa le sottoquote possono tenere conto del diverso stadio di sviluppo dei singoli percorsi di produzione. Ciò si tradurrebbe in un singolo obiettivo di rifornimento per ogni tecnologia e di conseguenza in una concorrenza limitata ai produttori della stessa tecnologia<sup>62</sup>. In questo modo è possibile pianificare a breve termine la riduzione raggiungibile delle emissioni e guidare a lungo termine lo sviluppo tecnologico verso le tecnologie dal potenziale elevato. Un altro studio della Technische Universität di Amburgo giunge alla conclusione che le sottoquote rappresentano l'approccio più adatto ai fini di una differenziazione per tecnologia<sup>63</sup>. Questo permetterebbe di ridurre i rischi tecnologici per i fornitori e i consumatori di carburanti, ripartendo tra tutti gli utenti i costi d'investimento per ogni tecnologia.

Inoltre vi è il rischio che i modelli dei contingenti siano aggirati mediante il **tankering**, ossia la prassi di rifornirsi di più carburante del necessario in luoghi in cui il carburante è reperibile a condizioni migliori per ridurre il rifornimento all'aeroporto successivo in cui i prezzi sono più elevati. Questo fenomeno provoca un maggiore consumo di carburante e di conseguenza un maggiore impatto sul clima, il che è da evitare. Se, avendo stabilito un contingente, il prezzo del carburante presenta forti differenze rispetto agli Stati confinanti, devono essere adottate misure per contrastare il tankering. Nell'ambito dei voli tra regioni in cui è applicato un contingente di SAF e altre in cui non è previsto, il tankering è rischioso, in quanto può provocare una notevole differenza di prezzo. Di conseguenza è fondamentale adeguare i contingenti a livello transfrontaliero oppure, se non fosse possibile, prevedere un meccanismo di prevenzione del tankering.

L'**efficacia** per le quote di miscelazione e le quote di riduzione dei GES è data; l'utilizzo di una quantità (anche se diversamente definita) di SAF è garantito, indipendentemente da fattori esterni come la differenza tra il prezzo dei SAF e il cherosene tradizionale. La differenza tra i due approcci consiste essenzialmente negli incentivi per i produttori. Mentre per entrambi gli approcci, attraverso la concorrenza tra produttori, viene creato un incentivo a **minimizzare i costi**, per quanto riguarda le sole quote di riduzione dei GES vi è anche un forte incentivo a **ridurre al minimo l'impatto sul clima**. Nel caso delle quote di miscelazione devono essere a tal fine definiti dei criteri di sostenibilità, che tuttavia possono rappresentare un incentivo anche solo in un determinato settore. Poiché in entrambi gli approcci manca un incentivo per minimizzare altri effetti sull'ambiente, a tale scopo devono essere applicati in entrambi i casi criteri di sostenibilità stringenti.

In Europa i modelli dei contingenti sono attuati o pianificati in diversi Stati, per esempio Finlandia, Francia, Germania, Norvegia, Paesi Bassi, Regno Unito e Svezia<sup>64</sup>. L'approccio tedesco si concentra sui

---

<sup>62</sup> Per quanto riguarda le quote di riduzione dei GES può anche essere inclusa una sottoquota relativa alle NET.

<sup>63</sup> Bullerdiek / Neuling / Kaltschmitt (2021) giunge a questa conclusione per quanto riguarda le quote di riduzione dei GES, che interessa tuttavia anche le quote di miscelazione di carburanti sostenibili.

<sup>64</sup> Una panoramica è offerta da WEF Clean Skies for Tomorrow (2020).

SAF sintetici, di cui è stato sancito per legge un contingente<sup>65</sup>. Tuttavia, è possibile che gli obblighi di miscelazione a livello nazionale o regionale negli Stati membri dell'UE siano sostituiti da una proposta dell'UE. Una quota di miscelazione rappresenta il fulcro dell'iniziativa «ReFuelEU Aviation», che è parte del pacchetto «Fit for 55» dell'UE<sup>66</sup> (v. punto 4.1). Le quote previste nell'UE, incluso il confronto con la sottoquota tedesca, sono presentate nella **Figura 2**. Ai fini del raggiungimento della quota non sono considerati i carburanti biogeni di prima generazione. La proposta di legge della Commissione europea è limitata agli aeroporti con oltre un milione di passeggeri o 100 000 tonnellate di merci all'anno. Questa cifra include il 95 per cento del traffico in partenza (dall'UE) ed evita ai piccoli aeroporti un onere amministrativo non trascurabile. Sono inclusi soltanto i vettori aerei con almeno 729 partenze all'anno da questi aeroporti. Tuttavia la responsabilità per il rispetto della quota spetta ai fornitori di carburante; in questo modo si semplifica l'attuazione, poiché il numero di fornitori è nettamente inferiore al numero di vettori aerei. In questo caso non sono previste eccezioni per i piccoli fornitori. Se la quota stabilita non viene raggiunta, la quantità mancante deve essere fornita dell'anno successivo. A ciò si aggiunge una sanzione, pari ad almeno il doppio dell'importo risparmiato il primo anno. È previsto inoltre un meccanismo di prevenzione del tankering: il 90 per cento del cherosene consumato sui voli in partenza dall'UE deve essere anche rifornito nell'UE. Nell'ambito di questa misura esiste un obbligo di notifica per le compagnie aeree, aggregate per aeroporto, che superano un determinato volume (v. sopra).

---

<sup>65</sup> Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG (legge federale sul controllo delle emissioni) nella versione della comunicazione del 17 maggio 2013, stato 24 settembre 2021, § 37a, capoverso 4a.

<sup>66</sup> Fa parte di «Fit for 55» anche la corrispondente iniziativa relativa alle emissioni navali, FuelEU Maritime, che contiene una quota di riduzione dei GES per non limitare la più ampia varietà di tecnologie in uso in questo settore.

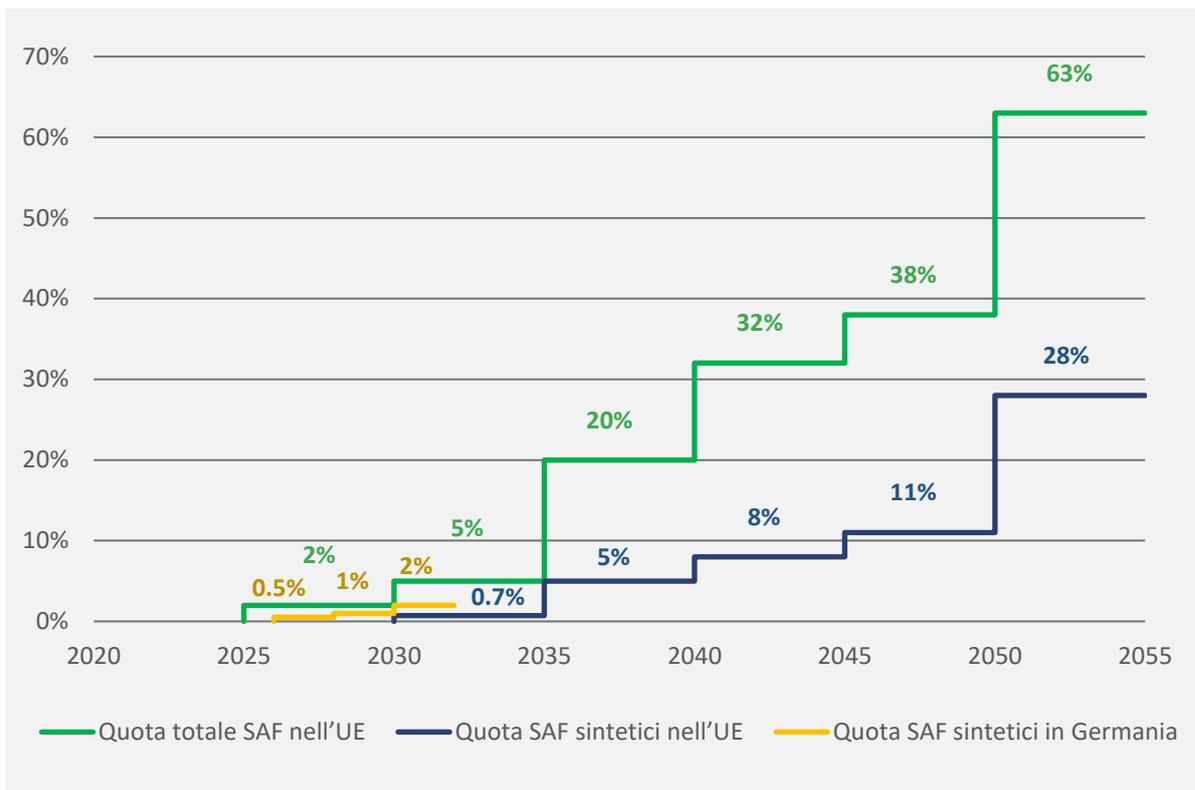


Figura 2: Quote di miscelazione previste nell'UE e quota applicata in Germania.

Affinché possa essere sfruttato il potenziale di riduzione delle emissioni dei SAF nel traffico aereo, occorre accelerare in modo sostanziale l'affermazione del relativo mercato in Svizzera e a livello globale. Tra le possibili misure a tale scopo la più adatta è risultata essere l'introduzione di un obbligo di miscelazione. La quota auspicata è definita attraverso la quantità di rifornimento (quota di miscelazione) oppure la riduzione delle emissioni da raggiungere in tal modo (quota di riduzione dei GES). Le quote di riduzione dei GES costituiscono un incentivo più forte verso la riduzione delle emissioni, mentre le quote di miscelazione, per garantire questo effetto, devono essere accompagnate da criteri di sostenibilità. Tuttavia, considerato il **carattere internazionale** del settore dell'aviazione è preferibile introdurre una quota di miscelazione: in tal modo la procedura svizzera non è individuale e può essere armonizzata con i partner internazionali. A tal fine anche l'ammontare della quota e i costi aggiuntivi della miscelazione devono corrispondere all'incirca a quelli degli Stati confinanti. In questo modo può affermarsi un mercato internazionale senza distorsioni della concorrenza né i conseguenti svantaggi per gli operatori svizzeri; ciò offre la necessaria sicurezza di pianificazione sia per il raggiungimento degli obiettivi climatici sia per i vettori aerei, i gestori degli aeroporti, i produttori e i fornitori di carburante.

#### 4.4 Necessità di promozione dello sviluppo

Al fine di consentire in modo puntuale l'attuazione su vasta scala illustrata al punto 3.4 e raggiungere così gli obiettivi climatici, l'UFAC ha individuato una necessità di promozione statale dello sviluppo, corrispondente a tutte le fonti elencate all'inizio del capitolo 4. Lasciare il finanziamento dello sviluppo interamente all'industria comporterebbe diversi rischi: nei primi anni, gli investimenti si concentrerebbero principalmente su tecnologie a basso rischio, come i SAF biogeni. In questo modo si creerebbe un effetto lock-in, verrebbero a mancare gli investimenti in tecnologie a più alto rischio per i SAF sintetici e quindi nel lungo periodo la disponibilità di SAF sarebbe a rischio. Inoltre, il potenziale di miglioramento dell'efficienza nei percorsi di produzione difficilmente verrebbe sfruttato in modo ottimale e quindi non si innescherebbero gli effetti di apprendimento, con conseguente aumento dei prezzi e probabilmente dell'impatto sull'ambiente.

Infine, senza misure aggiuntive, gli investitori e altri stakeholder non sarebbero incentivati a condividere i risultati della ricerca, il che annullerebbe il potenziale di riduzione delle emissioni. Anche se non finanziata da sola lo sviluppo dei SAF, l'industria aeronautica svolge comunque un ruolo centrale, come già indicato al punto 3.4, in particolare per l'acquisto di combustibile dalle prime generazioni di impianti non ancora economicamente redditizi.

Questa promozione dello sviluppo è già iniziata, sia in Svizzera che a livello internazionale. Dal punto di vista dell'UFAC, la promozione sarà necessaria finché la domanda di SAF non potrà essere soddisfatta in modo economico. A parte gli impianti per HEFA-SAF (con un potenziale complessivo molto limitato), in tutto il mondo non esiste ancora un impianto redditizio per la produzione di SAF; prima che ciò avvenga saranno necessarie diverse generazioni di impianti. Affidare la promozione di questo sviluppo esclusivamente ad altri Paesi comporterebbe una dipendenza insostenibile nel raggiungimento degli obiettivi climatici. Come dimostra l'esempio di Synhelion (vedi la scheda), ciò comporterebbe anche il rischio di un trasferimento all'estero di aziende svizzere innovative. Bisognerebbe piuttosto puntare su una cooperazione la più attiva possibile per sfruttare al meglio le sinergie. Per una produzione su larga scala basata sulle promettenti tecnologie SAF, è necessario combinare in modo ottimale le tecnologie di punta di diversi Paesi. Il contributo da parte della Svizzera sarà fornito molto più probabilmente laddove esiste già un know-how.

La promozione dello sviluppo dei SAF da parte della Svizzera (v. anche punto 3.5) crea molteplici vantaggi: gli obiettivi climatici potranno essere raggiunti solo nel momento in cui il rifornimento avverrà con i SAF. Inoltre, la Svizzera trae vantaggio come polo industriale e di ricerca. Il valore aggiunto risiede nello sviluppo stesso, ma anche nell'esportazione delle tecnologie sviluppate. Quello dei SAF è un promettente mercato in crescita e quindi una grande opportunità per la piazza economica svizzera. L'utilizzo di tecnologie svizzere negli impianti di dimostrazione e successivamente anche di produzione all'estero svolge un ruolo importante. Ciò dovrebbe essere esplicitamente possibile nel quadro della promozione dello sviluppo (finanziamento di partenza) da parte della Svizzera (v. punto 5.2). Il rifornimento con il SAF prodotto in questi impianti può fornire un contributo diretto al raggiungimento degli obiettivi climatici svizzeri.

Al momento esiste un solo operatore svizzero che ha annunciato pubblicamente un progetto nel settore dei **SAF biogeni**: si tratta di Helvoil e il progetto riguarda la realizzazione di un **impianto di produzione** nel Vallese in cui saranno prodotti carburanti per il trasporto stradale e aereo a partire dall'olio commestibile usato (v. scheda nella Figura 3). Non essendo ancora nota la redditività della produzione né chiarito l'aspetto della ricerca nel settore dei carburanti per l'aviazione, la necessità di promozione per questo impianto è ancora incerta.

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fondata nel 2021</li> <li>• Prevista la produzione svizzera di carburanti, tra cui SAF, a partire dall'olio commestibile usato e da grassi animali</li> <li>• Dal 2024 prevista una produzione annua di 100 000 tonnellate di carburante</li> </ul>		
<b>2020-24</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pianificazione e costruzione dell'impianto</li> <li>• Ottimizzazione del processo HEFA</li> <li>• Domanda di costruzione presentata nel 2022</li> </ul>	\$	Finanziamento proprio assicurato fino alla quota SAF	<b>TRL 9</b>
<b>Ab 2024</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produzione annua di ca. 100 000 t</li> <li>• Utilizzo dell'infrastruttura esistente</li> <li>• Possibile utilizzo come piattaforma di ricerca</li> </ul>	\$	Investimento di circa 100 mio. CHF	<b>TRL 9</b>
		\$	Promozione attraverso un fondo UBS	
		\$	Necessità di promozione per la produzione di SAF	

Figura 3: *Panoramica degli sviluppi nel campo di un impianto di produzione svizzero di SAF biogeno nell'esempio dell'azienda svizzera Helvoil SA*

Nel settore **StL** la necessità di promozione è già stata chiaramente dimostrata (v. Figura 4): la corrispondente attività di **ricerca** al PF di Zurigo è stata possibile grazie alla promozione da parte della Svizzera, della Germania e dell'UE. Ne fa parte un piccolo impianto pilota sotto l'egida del PF di Zurigo.

Una fase successiva verso la produzione su larga scala si svolgerà fra il 2022 e il 2024 in un **impianto pilota** a Jülich (Germania), finanziato in gran parte dalla Germania. Questo mostra il rischio di un trasferimento all'estero della tecnologia svizzera. Un **impianto di dimostrazione** più grande sarà costruito e gestito in Spagna tra il 2024 e il 2026; uno studio di pianificazione per questo impianto è già stato promosso attraverso il finanziamento speciale per il traffico aereo. Per il debutto sul mercato è prevista una collaborazione con Swiss, che utilizzerà il carburante prodotto in questi impianti per la sua flotta. Pertanto, l'attività di sviluppo sinora portata avanti da Synhelion è un esempio di successo del potenziale della tecnologia svizzera. L'ulteriore sviluppo dovrebbe contribuire a minimizzare il rischio tecnologico il più rapidamente possibile, in modo da poter determinare con maggiore precisione il potenziale di questa tecnologia. Se il potenziale venisse confermato con la prossima generazione di impianti, in una fase successiva tra il 2025 e il 2030 potrà essere costruito un **primo impianto di produzione**. Anche questo non sarà ancora redditizio e potrebbe comportare la necessità di promozione.

 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fondata nel 2016 come spin-off del PF</li> <li>• Leader a livello mondiale nel settore StL</li> <li>• Dal 2030 prevista una produzione annua di 700 000 t di SAF</li> </ul>			
<b>2010-20</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prototipi (Zurigo, Spagna)</li> <li>• Prodotte piccole quantità di SAF</li> <li>• Sviluppo di componenti industriali</li> </ul>	\$ Promozione da parte di Svizzera, Germania e UE	<b>TRL 1 ⇨ 5</b>
<b>2021-22</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prototipo nella torre solare a Jülich (DE)</li> <li>• Dimostrata la produzione di gas di sintesi</li> </ul>	\$ Promozione da parte di Svizzera (0,33 mio. CHF) e Germania (0,4 mio. EUR) \$ Investimento proprio di 15 mio. CHF	<b>TRL 5 ⇨ 6</b>
<b>2022-24</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Impianto di dimostrazione a Jülich (DE)</li> <li>• Dimostrazione dell'intera catena del processo</li> <li>• Produzione di numerose tonnellate all'anno</li> </ul>	\$ Promozione da parte di Svizzera (0,75 mio. CHF) e Germania (3,9 mio. EUR) \$ Investimento proprio di 25 mio. CHF \$ Acquisto di SAF da parte di SWISS	<b>TRL 6 ⇨ 7</b>
<b>2024-26</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Impianto di dimostrazione vicino a Madrid (Spagna)</li> <li>• Avvio pianificazione nel 2022; avvio costruzione nel 2024</li> <li>• Dimostrazione della produzione commerciale</li> <li>• Produzione annua di ca. 1'000 tonnellate</li> </ul>	\$ Pianificazione promossa dall'UFAC \$ Investimento di circa [...] \$ Necessità di promozione per la costruzione/l'esercizio \$ Volume di investimento non ancora chiaro (atteso: ca. 20-40 mio. CHF) \$ Acquisto di SAF da parte di SWISS e Lufthansa	<b>TRL 7 ⇨ 9</b>

Figura 4: *Panoramica degli sviluppi nel campo dei SAF prodotti tramite Sun-to-Liquid nell'esempio del provider tecnologico svizzero Synhelion SA*

Diversamente dall'StL, nel settore PtL esistono molte più tecnologie rilevanti e corrispondenti operatori nel contesto internazionale. Una panoramica a livello europeo è presentata nello studio di Transport & Environment<sup>67</sup> che mostra come attualmente non vi siano ancora capacità produttive ed esista un solo impianto pilota in esercizio in Germania. C'è quindi una notevole necessità di promozione per raggiungere rapidamente la produzione su larga scala in questo ambito. In Svizzera, dal 2021 è in corso un **progetto di ricerca** triennale congiunto dell'Empa e del PSI denominato SynFuels, il cui obiettivo è

<sup>67</sup> Transport & Environment (2022).

sviluppare nuovi processi per la produzione di SAF sintetico. In questo campo è attiva anche l'azienda svizzera Metafuels, che sta studiando un metodo di sintesi alternativo attraverso il metanolo anziché la sintesi di Fischer-Tropsch (v. **Figura 5**). Per questi progetti allo stadio iniziale, spesso si possono utilizzare le infrastrutture esistenti, come la piattaforma Energy System Integration (ESI) del PSI. Tuttavia, un ulteriore passo nell'attuazione su larga scala, come previsto nei prossimi anni, richiede una nuova infrastruttura. Un **impianto pilota** – nel senso di un progetto faro – potrebbe consentire di raggruppare le innovazioni svizzere in materia di SAF in una piattaforma di ricerca. Oltre allo sviluppo di nuove tecnologie, in Svizzera esiste anche un potenziale per l'ulteriore sviluppo e l'integrazione delle tecnologie esistenti. Un **impianto di dimostrazione locale** potrebbe far progredire lo sviluppo della tecnologia e produrre già oggi combustibili a livello commerciale.

Diversi operatori stanno attualmente collaborando con Airborn Fuels Switzerland e swiss aeropole per valutare i business case in questo settore. La sfida più grande è l'approvvigionamento di una quantità sufficiente di energia da fonti rinnovabili, che dovrebbe essere fornita in aggiunta alla produzione attuale e non gravare ulteriormente sul sistema energetico svizzero. Probabilmente risulta economicamente più vantaggioso un **impianto di dimostrazione all'estero**, in una posizione dal potenziale più elevato per l'utilizzo di elettricità da fonti rinnovabili. In particolare, è vantaggioso che l'impianto di dimostrazione sia costruito in un luogo adatto a essere successivamente trasformato in un impianto di produzione. La promozione da parte della Svizzera si concentra anche sulla tecnologia svizzera negli impianti all'estero. Nel caso di StL e PtL, lo sviluppo (non redditizio) può anche estendersi a un **primo impianto di produzione**, per il quale è ipotizzabile una promozione da parte svizzera.

 <ul style="list-style-type: none"> <li>Fondata nel 2021</li> <li>Impegnata nella sintesi di SAF a partire dal metanolo</li> <li>Obiettivo: sostituire dell'inefficiente sintesi di Fischer-Tropsch</li> </ul>			
2020-24	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sviluppo di un catalizzatore innovativo</li> <li>Ottimizzazione del processo</li> </ul>	\$ Finanziamento proprio	TRL 1 ⇄ 3
2022-24	<ul style="list-style-type: none"> <li>Impianto pilota al PSI</li> <li>Auspicata la certificazione come SAF per la miscelazione fino al 10%</li> <li>Produttività quotidiana: ca. 100 l</li> </ul>	\$ Investimento necessario di circa 10 mio. CHF \$ Necessità di promozione per la costruzione/l'esercizio	TRL 3 ⇄ 6
2024-26	<ul style="list-style-type: none"> <li>Progetto successivo: impianto di dimostrazione</li> <li>Auspicata la certificazione come SAF per la miscelazione fino al 50% e oltre</li> <li>Produzione annua di ca. 4000 t</li> </ul>	\$ Volume d'investimento non ancora chiaro (previsti ca. 15–25 mio. CHF) \$ Necessità di promozione per la costruzione/l'esercizio	TRL 6 ⇄ 9

Figura 5: *Panoramica degli sviluppi nel campo dei SAF prodotti tramite Power-to-Liquid nell'esempio del provider tecnologico svizzero Metafuels AG*

È chiaro che le **risorse disponibili provenienti dagli strumenti esistenti non sono sufficienti** a soddisfare questa necessità di promozione. In particolare esiste una lacuna nel settore del finanziamento di impianti pilota e di dimostrazione fino al lancio sul mercato. In queste fasi non sono disponibili le fonti di finanziamento di gran lunga più importanti (contributi alle scuole universitarie e FNS). Pertanto, la promozione attraverso gli strumenti rimanenti si limita a un importo di molto inferiore. Come mostrato in precedenza, nel caso dei SAF sintetici ciò corrisponde alle attuali fasi di sviluppo. Il sito web dell'UFAM

«Paesaggio di innovazione»<sup>68</sup> fornisce una panoramica grafica di questa lacuna negli strumenti di promozione esistenti. Poiché i fondi esistenti non possono essere chiaramente assegnati al settore dei SAF (v. punto 4.2), non è nemmeno possibile quantificare con esattezza la portata di questa lacuna. Le risorse mancanti si aggirano sui 20–50 milioni di franchi all'anno, pari al 10 per cento della promozione della ricerca energetica in Svizzera.

Fino a che non saranno implementati strumenti di promozione aggiuntivi è indispensabile utilizzare gli strumenti esistenti in questo ambito nel modo più efficiente possibile. A tal fine bisogna coordinare tutti gli strumenti dell'Amministrazione federale concernenti questo settore e assegnare a questo argomento la priorità che merita. Tra questi strumenti vi sono il finanziamento speciale per il traffico aereo dell'UFAC nonché il programma pilota e di dimostrazione e SWEET (Swiss Energy Research for the Energy Transition) dell'UFE. In questo contesto è fondamentale una stretta collaborazione tra gli uffici al fine di armonizzare le attività di promozione. Per quanto riguarda l'entità delle risorse messe a disposizione, si stima una cifra annua di 6–10 milioni di franchi con cui si potranno sostenere gli impianti pilota e di ricerca nonché studi di pianificazione concernenti impianti di dimostrazione ed eventualmente di produzione. Per questi ultimi, tuttavia, sarà quasi impossibile ottenere un sostegno in questo stadio.

Una promozione aggiuntiva dovrebbe chiaramente essere strutturata in forma **sussidiaria** e generare innanzitutto ulteriori investimenti nell'industria. In questo contesto la promozione dovrebbe essere riservata unicamente ai casi in cui si prospetti un'**efficacia supplementare** rispetto ai progetti esistenti (anche all'estero). L'attuazione su larga scala dei percorsi di produzione deve essere promossa soltanto se questi rispettano i **criteri di sostenibilità**, requisito questo che ne consente l'utilizzo in Svizzera (v. punto 4.5). Questa promozione supplementare deve corrispondere a un **finanziamento di partenza**. La promozione deve essere intensificata non appena l'intera produzione di SAF sarà in grado di soddisfare il fabbisogno in modo redditizio oppure nel momento in cui ci saranno sufficienti investimenti per questo sviluppo.

Fino a quel momento è fondamentale la **compatibilità** con gli strumenti esistenti che dovrebbero continuare a essere applicati nel settore dei SAF. Più facile da attuare rispetto alla creazione di nuovi strumenti sarebbe eventualmente l'**aumento della dotazione degli strumenti esistenti**. La sfida sta nei requisiti degli strumenti, che possono cambiare in modo significativo durante le fasi di innovazione. Per esempio, il volume degli investimenti cresce con l'aumentare delle dimensioni degli impianti, ma allo stesso tempo diminuiscono il rischio di investimento e la proporzionale necessità di promozione. Anzi, poiché risorse a fondo perduto, richieste inizialmente per i progetti di ricerca, per gli impianti in una fase successiva di sviluppo sarebbero rilevanti, per esempio, le fidejussioni.

Attualmente la principale sfida nello sviluppo dei SAF è l'assenza di chiare **condizioni quadro** a lungo termine, in particolare nell'ambito della promozione delle vendite, in cui le dimensioni del mercato dipendono dalle decisioni politiche. In una prima fase serve chiarezza su questo aspetto e parallelamente una decisione circa la promozione dello sviluppo (v. capitolo 5). Dopodiché deve essere elaborato un piano dettagliato di promozione in questo settore così dinamico che tenga conto degli sviluppi e dell'intero processo di sviluppo, al fine di consentire la produzione su larga scala e la conseguente riduzione delle emissioni.

---

<sup>68</sup> Fonte (stato 2016): <https://www.bafu.admin.ch/bafu/it/home/temi/educazione/ricerca-ambientale--mandato--obiettivi--finanziamento/paesaggio-di-innovazione.html>

Attraverso una robusta promozione delle attività di sviluppo la Svizzera può dare un contributo determinante all'ulteriore sviluppo delle attuali tecnologie SAF e permettere la messa in produzione e l'utilizzo rapidi dei necessari carburanti rinnovabili per l'aviazione. Inoltre gli operatori svizzeri, alcuni già leader a livello mondiale, possono mantenere e consolidare ulteriormente il proprio vantaggio competitivo. Si tratta di una grande opportunità per la piazza economica e di ricerca svizzera, che tuttavia implica un piano di promozione coordinato. A tal fine da qui al 2025 dovranno essere utilizzati gli strumenti di promozione esistenti. Dopo il 2025, tuttavia, per gli impianti della generazione successiva dai costi elevati serviranno mezzi supplementari di notevole entità. Di conseguenza le tecnologie svizzere dovranno essere sviluppate non più in laboratorio ma negli impianti pilota e di dimostrazione e infine applicate negli impianti di produzione a livello mondiale. In questo modo si contribuirà all'approvvigionamento della Svizzera con i SAF e di conseguenza al raggiungimento degli obiettivi climatici.

## 4.5 Criteri di sostenibilità

Affinché si possa sfruttare il loro potenziale di riduzione dell'impatto sul clima e sull'ambiente rispetto ai carburanti fossili, i SAF devono rispettare determinati criteri di sostenibilità. Per l'aviazione svizzera sono rilevanti i criteri stabiliti dalla legge federale sull'imposizione degli oli minerali (LIOM) e dalla legge sulla protezione dell'ambiente (LPAMB) nonché dall'UE e dall'ICAO. I criteri UE e ICAO sono determinanti ai fini della computabilità nell'SSQE o nel programma CORSIA.

Nell'**UE** i criteri per i carburanti e i combustibili sostenibili, disciplinati nell'articolo 29 della seconda versione della Renewable Energy Directive (RED II)<sup>69</sup>, sono i seguenti:

- lungo il ciclo di vita i biocarburanti devono generare come minimo il 65 per cento di GES<sup>70</sup> in meno rispetto al carburante fossile;
- l'utilizzo di materie prime biogene deve rispettare requisiti e criteri articolati volti a proteggere la biodiversità, la qualità del suolo e, in particolare, ad assicurare un elevato tenore di carbonio del suolo;
- per i carburanti sintetici è prescritta una riduzione dei GES lungo il ciclo di vita almeno del 70 per cento rispetto al carburante fossile.

Mentre questi criteri sono applicati a tutti i settori, nell'ambito del traffico aereo si deve aggiungere un'ulteriore limitazione, conformemente all'iniziativa «ReFuelEU Aviation»: i SAF prodotti da biomassa coltivata appositamente a fini energetici non possono essere computati nel quadro dell'obbligo di miscelazione<sup>71</sup>.

Nel quadro del programma **CORSIA** l'utilizzo dei carburanti sostenibili può consentire di ridurre l'obbligo di compensazione<sup>72</sup>. La riduzione dell'obbligo di compensazione corrisponde alla quota di emissioni che può essere evitata lungo il ciclo di vita del carburante sostenibile rispetto al carburante fossile convenzionale. Per essere computato, un carburante deve rispettare i seguenti criteri:

---

<sup>69</sup> Direttiva (UE) 2018/2001 del Parlamento europeo e del Consiglio, dell'11 dicembre 2018, sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili.

<sup>70</sup> Agli impianti messi in servizio prima del 2021 si applica una quota di riduzione minima inferiore, del 60 per cento; se la messa in servizio è antecedente al 2015 addirittura del 50 per cento.

<sup>71</sup> L'unica eccezione riguarda l'olio prodotto dalle alghe coltivate sulla terraferma: non richiedendo l'uso di terreni fertili questa coltivazione non entra in concorrenza diretta con la produzione di alimenti o mangimi.

<sup>72</sup> ICAO (2018)

- lungo il ciclo di vita deve generare come minimo il 10 per cento di GES in meno rispetto al carburante fossile;
- l'utilizzo di materie prime biogene deve soddisfare criteri volti a proteggere la qualità del suolo e, in particolare, ad assicurare un elevato tenore di carbonio del suolo;

Inoltre devono essere rispettate ulteriori direttive concernenti la protezione dell'ambiente e temi sociali.

In Svizzera, inoltre, l'articolo 12*b* della **legge federale sull'imposizione degli oli minerali (LIOm)** e l'articolo 19*c* dell'ordinanza sull'imposizione degli oli minerali (OIOm), nella versione attuale in vigore sino alla fine del 2024, stabiliscono quali requisiti deve rispettare un carburante non di origine fossile<sup>73</sup> per essere esente dall'imposta sugli oli minerali (v. punto 4.2):

- lungo il ciclo di vita deve generare come minimo il 40 per cento di GES in meno rispetto al carburante fossile;
- lungo il ciclo di vita l'impatto complessivo sull'ambiente non deve superare il 25 per cento rispetto al carburante fossile;
- le materie prime biogene non possono essere coltivate su superfici riconvertite dopo il 2007 e che prima della riconversione presentavano un elevato tenore di carbonio o un'ampia biodiversità;
- queste superfici coltivate devono essere state acquistate legalmente;
- i carburanti devono essere prodotti in condizioni socialmente accettabili;
- il Consiglio federale può introdurre il requisito secondo cui la produzione non deve andare a discapito della sicurezza alimentare.

Inoltre l'articolo 35*d* della **legge federale sulla protezione dell'ambiente (LPAmb)** prevede attualmente la possibilità per il Consiglio federale di stabilire ulteriori esigenze ecologiche o sociali qualora i carburanti non di origine fossile che non soddisfano questi criteri siano «messi in commercio in grande quantità». Nel quadro della nuova versione della legge sul CO<sub>2</sub>, i criteri di sostenibilità applicati in Svizzera per la quota di miscelazione dovranno essere allineati con quelli dell'UE (v. capitolo 5).

## 4.6 Modelli commerciali

Poiché sinora l'utilizzo dei SAF ha riguardato piccole quantità, la catena di approvvigionamento dalla produzione fino al rifornimento si è rivelata una sfida: è necessario, infatti, garantire la tracciabilità affinché gli utenti possano computare l'utilizzo dei SAF nell'ambito delle misure basate sul mercato (v. punto 4.1). In linea di principio, a tal fine il SAF può essere **separato fisicamente** lungo l'intera catena di fornitura; questo richiede però un'infrastruttura parallela consolidata, il che risulta inefficiente dal punto di vista economico ed ecologico, in particolare se si tratta di piccole quantità. Pertanto nell'ambito dell'utilizzo su larga scala dei SAF si dovrebbe puntare all'uso il più efficiente possibile dell'infrastruttura già utilizzata per il trasporto del cherosene fossile. Per poter garantire la tracciabilità della quota sostenibile delle miscele di carburanti lungo la catena di fornitura è possibile ricorrere a diversi sistemi commerciali, già applicati con successo in altri settori<sup>74</sup>. L'obiettivo di questi sistemi è evitare sempre in tutti i sistemi di conteggio di considerare due volte le quantità di SAF oggetto del rifornimento. In questo processo è rilevante la delimitazione rispetto ai carburanti fossili, ma anche rispetto a quelli non fossili prodotti a partire da materie prime che non rispettano i criteri di sostenibilità.

---

<sup>73</sup> Attualmente nella LIOm, nell'OIOm e nella legge sulla protezione dell'ambiente (LPAmb) i carburanti sostenibili sono denominati «biocarburanti».

<sup>74</sup> Sistemi commerciali per il tracciamento di quote di produzione sostenibili esistono, p. es., nel mercato del gas e dell'energia elettrica e nel commercio dell'olio di palma.

Un approccio più semplice consiste nel miscelare una sola volta il SAF e gli altri carburanti e immettere questa **miscela** nell'infrastruttura esistente; così facendo la quota sostenibile è chiaramente tracciabile. Per esempio un treno merci può essere caricato con questo tipo di miscela.

Un ulteriore metodo prevede, nell'ambito della miscelazione di due prodotti e della successiva ripartizione delle quantità parziali, la possibilità di attribuire una determinata quota di SAF che può essere diversa dalla quota fisica. In questo caso, tuttavia, l'intera quantità designata come sostenibile deve corrispondere alla quantità precedente alla miscelazione. Questo sistema, denominato **bilancio di massa**<sup>75</sup>, può essere utilizzato per esempio nei sistemi di distribuzione di carburante negli aeroporti: una compagnia aerea paga per una fornitura di SAF e la aggiunge nel serbatoio di stoccaggio (spesso l'unico disponibile). Grazie al sistema basato sul bilancio di massa, la compagnia aerea può attribuire per intero a sé stessa l'utilizzo di questa fornitura di SAF e la riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> che ne risulta nonostante tutti gli utenti dell'aeroporto utilizzino fisicamente una piccola quota di tale fornitura. Questo sistema implica la sorveglianza di tutte le fasi del trasporto, ma permette di utilizzare interamente l'infrastruttura esistente.

Un altro sistema, denominato **Book & Claim**, prevede la sorveglianza non di ogni fase del trasporto, bensì solamente delle entrate e delle uscite nella e dall'infrastruttura di trasporto. Così facendo il flusso di merci fisico viene in larga misura separato dal commercio (virtuale) di certificati di sostenibilità.

Quale di questi sistemi commerciali possa essere utilizzato dipende dal sistema di conteggio per l'utilizzo dei SAF; una corrispondente panoramica è presentata nella **Tabella 3**. In generale quando si importano in Svizzera (o si esportano dalla Svizzera) miscele composte da quote fossili e da SAF deve essere correttamente dichiarata la quota fisica di SAF. In questo caso non sono possibili il sistema Book & Claim o il bilancio di massa tra SAF e cherosene fossile. Ciò vale per tutti i sistemi di conteggio che richiedono un rifornimento di SAF in Svizzera; a tal fine è determinante il diritto doganale, che prevede la corretta dichiarazione di merci fisicamente distinguibili<sup>76</sup>. Per contro il bilancio di massa tra le diverse quote non fossili nella produzione, nel trasporto e nell'importazione è possibile nella maggior parte dei sistemi di conteggio (fatta eccezione per l'agevolazione sull'imposta sugli oli minerali, vedasi più avanti). I sistemi commerciali utilizzabili in Svizzera sono determinati dal sistema di conteggio applicato; analogamente, i sistemi commerciali possono essere utilizzati fra le quote non fossili come anche rispetto alle quote fossili.

Un'**agevolazione sull'imposta sugli oli minerali** implica il rifornimento di SAF in Svizzera, ovvero un'importazione o una produzione locale di SAF. In questo caso, secondo l'UDSC è necessaria lungo l'intera catena di fornitura, dalla produzione sino all'utilizzo, una separazione fisica rispetto ai carburanti alternativi che non rispettano i criteri di sostenibilità secondo la LIOM. Insieme alla certificazione separata conformemente ai requisiti della LIOM ciò costituisce un ostacolo, poiché entrambi i requisiti sono richiesti solo in Svizzera. Secondo le indicazioni fornite dai clienti, ad oggi nessun produttore è in grado di offrire SAF nella forma separata richiesta con le relative certificazioni; sinora i SAF sono stati importati solo rinunciando all'agevolazione fiscale<sup>77</sup>. Un altro aspetto da chiarire è quale sistema commerciale sarebbe necessario in Svizzera per un'agevolazione fiscale.

Ai fini del conteggio nel **sistema svizzero di scambio di quote di emissioni** sono determinanti le disposizioni dell'ETS UE<sup>20</sup> secondo cui per il conteggio in Svizzera è necessario il rifornimento in Svizzera; entro i confini nazionali può essere applicato il bilancio di massa tra quote fossili e di SAF. Lo

---

<sup>75</sup> Il termine bilancio di massa viene utilizzato in alcuni contesti solo per distinguere tra combustibili non fossili con diverse caratteristiche di sostenibilità, in particolare nel contesto dell'UE secondo la direttiva sull'energia da fonti rinnovabili (direttiva 2018/2001).

<sup>76</sup> Nell'importazione del biogas o del gas naturale esiste la stessa limitazione, poiché sono distinguibili. È invece possibile l'importazione virtuale di quote di elettricità verde, poiché queste non presentano caratteristiche fisiche distinguibili.

<sup>77</sup> Per le compagnie aeree ciò ha scarsa rilevanza, la maggior parte dei carburanti viene consumata nel trasporto aereo internazionale, già esente dall'imposta sugli oli minerali, mentre assume maggiore importanza per gli acquirenti che operano entro i confini nazionali, come nell'aviazione generale e in quella militare.

stesso è previsto per un possibile futuro **obbligo di miscelazione** (v. punto 5.2), con in più la possibilità entro i confini nazionali non solo del bilancio di massa, ma anche del sistema Book & Claim.

Il conteggio di riduzioni delle emissioni tramite SAF in **CORSIA** è effettuato secondo i **CORSIA Approved Sustainability Certification Schemes**. Attualmente sono ammessi a tal fine due sistemi (ISCC, RSB) che consentono un bilancio di massa tra quote fossili e di SAF. Responsabile di evitare i doppi conteggi è la compagnia aerea. L'indicazione del SAF rifornito è contenuta nel rapporto sulle emissioni destinato al rispettivo Stato di origine della compagnia aerea, indipendentemente dal luogo di rifornimento del SAF. CORSIA presenta quindi alcune analogie con un sistema Book & Claim. Di conseguenza sia gli operatori svizzeri che quelli con sede in altri Stati possono importare in Svizzera i SAF e utilizzarli qui oppure utilizzarli all'estero.

I SAF possono essere conteggiati anche attraverso altri **sistemi volontari**, per esempio per tracciare il raggiungimento degli obiettivi di riduzione delle emissioni delle imprese. Determinanti per il conteggio dell'utilizzo dei SAF in questi sistemi sono i rispettivi requisiti; in linea di massima in questo caso non è necessario il rifornimento locale. L'assenza di rifornimento locale di SAF significa che il cherosene di origine fossile viene importato, tassato e utilizzato, ma l'utilizzo del SAF è computato nel sistema corrispondente. La quantità corrispondente di SAF viene utilizzata all'estero per questo scopo, ma senza pagare per questo uso un sovrapprezzo sul cherosene fossile o poter conteggiare questo consumo di SAF in un sistema.

È possibile che le disposizioni sul commercio dei SAF nell'UE siano ancora modificate nei prossimi anni. Il Parlamento europeo ha aggiunto al progetto ReFuelEU Aviation della Commissione europea la possibilità di un «meccanismo di flessibilizzazione». A seconda della struttura di tale meccanismo, ciò potrebbe consentire all'interno dell'UE un approccio basato sul bilancio di massa oppure Book & Claim. Inoltre, l'UE prevede la possibilità (così come la proposta di legge svizzera per l'obbligo di miscelazione) di un bilancio di massa tra SAF con diversi criteri di sostenibilità.

Strumento	Conteggio senza rifornimento locale	Conteggio con rifornimento locale	Sistema di scambio nella produzione e nel trasporto fino all'importazione		Sistema di scambio in Svizzera
			per diverse quote non fossili	vs. quote fossili	
Agevolazione imposta sugli oli minerali	Non possibile	Possibile	Separazione necessaria	Miscelazione possibile	Incerto
Obbligo di miscelazione secondo progetto della nuova legge sul CO <sub>2</sub>	Non possibile	Possibile	Bilancio di massa possibile	Miscelazione possibile	Possibile Book & Claim
ETS	Possibile solo nello Stato di rifornimento se UE	Possibile in Svizzera	Bilancio di massa possibile	Miscelazione possibile	Bilancio di massa possibile
CORSIA per compagnie aeree con sede all'estero	Possibile solo nello Stato di origine	Possibile solo nello Stato di origine	Bilancio di massa possibile	Miscelazione possibile	Bilancio di massa possibile
CORSIA per compagnie aeree con sede in Svizzera	Possibile in Svizzera	Possibile in Svizzera	Bilancio di massa possibile	Miscelazione possibile	Bilancio di massa possibile
Sistemi volontari	Possibile globalmente	Possibile globalmente	Bilancio di massa possibile	Miscelazione possibile	Possibile Book & Claim

Tabella 3: *Panoramica dei sistemi commerciali ammessi in Svizzera per diverse misure basate sul mercato*

Attualmente in Svizzera UFAM, UDSC e UFE stanno lavorando a una piattaforma per il tracciamento nazionale di carburanti da fonti rinnovabili: il **Registro dei carburanti e dei combustibili rinnovabili**. Questo registro comprende tutti i carburanti e i combustibili sostenibili commerciati in Svizzera e sostituisce i singoli sistemi esistenti per ognuno di questi. Così facendo può essere utilizzato in particolare anche per il bilancio di massa o l'approccio Book & Claim. Un tracciamento deve essere possibile dal momento dell'importazione (o della produzione locale) e deve essere conforme alla legge federale sull'imposizione degli oli minerali, all'ETS, a CORSIA e alle future quote di miscelazione. La creazione e l'esercizio di questo registro saranno sanciti dalla legge sull'energia; la sua entrata in esercizio è prevista per il 2024.

## 5 Strategia di promozione dei SAF dell'UFAC

Il presente capitolo illustra gli obiettivi e le misure con cui la Svizzera può promuovere lo sviluppo e l'utilizzo dei carburanti sostenibili per l'aviazione al fine di ridurre il più possibile l'impatto sul clima del traffico aereo. L'utilizzo di questo tipo di carburanti rappresenta la misura più promettente, seppur non l'unica, per raggiungere gli obiettivi della strategia climatica a lungo termine della Svizzera. A tal fine devono essere attuate ulteriori misure in questo settore (v. capitolo 2). Conformemente alla strategia climatica a lungo termine della Svizzera i seguenti obiettivi e misure nel settore dei SAF si applicano anche per il periodo sino al 2050 (v. punti 1.1 e 1.2); gli obiettivi e le misure devono essere periodicamente adattati agli sviluppi tecnologici e della regolamentazione.

Il 17 settembre 2021 il Consiglio federale ha incaricato il DATEC di redigere una nuova versione della legge sul CO<sub>2</sub> («legge federale sulla riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub>»). Il 16 settembre il Consiglio federale ha pubblicato il messaggio concernente la revisione. Il punto 5.2 illustra come in tal modo potranno essere create le basi legali per l'attuazione delle misure.

### 5.1 Obiettivi

#### 1. Sfruttare il potenziale dei SAF di riduzione dell'impatto sul clima dell'aviazione

Secondo le analisi condotte nel quadro della «Road Map Sustainable Aviation»<sup>11</sup> svizzera, la Svizzera deve sfruttare il potenziale dei SAF per ridurre l'impatto climatico del traffico aereo e in tal modo ridurre le emissioni fossili di CO<sub>2</sub> generate dal trasporto aereo svizzero almeno del 60 per cento<sup>78</sup> entro il 2050 (rispetto allo sviluppo che si verificherebbe senza alcuna misura). Le emissioni rimanenti devono essere ridotte con altre misure, fra cui un aumento dell'efficienza, forme di propulsione alternative ed eventualmente NET.

#### 2. Sostenere l'attuazione su vasta scala di percorsi di produzione dei SAF sostenibili e convenienti

La Svizzera dà un contributo alla rapida messa in produzione su vasta scala dei SAF. Così facendo si sfruttano quanto prima le economie di scala al fine di ridurre i costi di produzione dei SAF. In questo ambito devono essere rispettati severi criteri di sostenibilità finalizzati a minimizzare l'impatto sul clima e sull'ambiente. Concretamente ci si deve concentrare sui carburanti sintetici per l'aviazione ed evitare i biocarburanti per l'aviazione di prima generazione.

#### 3. Semplificare le condizioni quadro per l'utilizzo dei SAF

Attualmente esistono diversi ostacoli a un utilizzo su vasta scala dei SAF, in particolare riguardanti la certificazione, dalla fase di produzione all'importazione sino all'utilizzo nei motori (esclusa la quota fossile). La Svizzera s'impegna attivamente per eliminare questi ostacoli, in linea con gli sviluppi internazionali.

<sup>78</sup> Gli obiettivi corrispondono ai risultati di diversi studi. In Svizzera: EcoPlan (2021), in Europa: Royal Netherlands Aerospace Centre (2021), a livello globale: ICAO CAEP (2022), Air Transport Action Group (2020)

## 5.2 Misure

### 1. Sviluppo considerevole del mercato dei SAF mediante l'obbligo di miscelazione coordinato a livello europeo

Fino alla fine del 2021 sono già state importate in Svizzera prime forniture di SAF per il rifornimento. Tuttavia, per raggiungere il primo obiettivo e sfruttare l'elevato potenziale di riduzione dell'impatto sul clima del traffico aereo (v. punti 2.2 e 1.4) bisogna accelerare lo sviluppo del mercato di vendita.

Al fine di affermare un mercato dei SAF in Svizzera occorre introdurre una misura che renda economicamente attrattivo il rifornimento con i SAF per tutti gli offerenti e gli utenti di carburanti per l'aviazione. La misura più adeguata consiste nell'obbligo di miscelazione (v. punto 4.3) che funge da base per creare un mercato stabile e permette di ridurre i rischi legati agli investimenti negli impianti di produzione dei SAF. Inoltre, così facendo si attribuisce ai fornitori e agli acquirenti di carburante per l'aviazione la responsabilità per lo sviluppo di un approvvigionamento redditizio con i SAF. Attualmente non esiste in Svizzera una base legale per l'obbligo di miscelazione dei SAF nel traffico aereo.

L'introduzione di tale obbligo deve essere conforme alle relative direttive europee. Eventuali divergenze porterebbero a distorsioni della concorrenza<sup>79</sup>, con il rischio che si verifichi il fenomeno del tankering e dello spostamento del traffico verso i vicini Paesi esteri (v. punto 4.3). Questi effetti comporterebbero un aumento delle emissioni. In particolare anche i criteri di sostenibilità dei SAF devono essere armonizzati con i criteri dell'UE. Eventuali divergenze minaccerebbero la disponibilità di SAF sul mercato svizzero, poiché la Svizzera dipende in larga misura dalle importazioni<sup>80</sup>. Anche un obbligo di miscelazione armonizzato a livello europeo, tuttavia, comporta obblighi diversi sui voli intercontinentali. Ad esempio, su un volo con scalo al di fuori dell'Europa, i SAF devono essere utilizzati solo nella prima parte del volo, mentre sui voli diretti devono essere utilizzati per l'intero volo.

Inoltre è necessaria una promozione supplementare dei SAF sintetici al fine di favorirne la rapida produzione su vasta scala e renderla così redditizia quanto prima, evitando in tal modo un lock-in su carburanti biogeni disponibili in misura limitata. Per poter garantire la sicurezza degli investimenti per i produttori di SAF, i fornitori e le compagnie aeree in qualità di utenti, la quota deve essere stabilita con alcuni anni di anticipo. Vanno altresì adottate misure per fronteggiare l'eventuale disponibilità insufficiente dei carburanti sostenibili per l'aviazione.

---

<sup>79</sup> A questo proposito è particolarmente importante disporre di condizioni simili per gli aeroporti nazionali, in quanto l'EuroAeroporto Basilea-Mulhouse-Friburgo offre anche voli con diritti di traffico aereo francesi. Occorre tenere conto anche di eventuali effetti distorsivi del mercato dovuti all'obbligo di miscelazione nel segmento dei voli a lungo raggio.

<sup>80</sup> Dato che in Europa si prevede una domanda elevata, in Svizzera i produttori fornirebbero i SAF con specifiche diverse tutt'al più con costi aggiuntivi.

La proposta del DATEC per la nuova versione della legge sul CO<sub>2</sub> include anche l'obbligo di miscelazione (art. 28j–28n). I requisiti dei SAF e l'ammontare della quota di miscelazione sarà stabilito a livello di ordinanza; è inoltre prevista la possibilità di fissare una sottoquota per i SAF sintetici. Conformemente alla presente strategia – e ai piani dell'UE – i biocarburanti per l'aviazione sono ammessi soltanto se non entrano in concorrenza con la produzione di alimenti e mangimi (v. punto 4.5). Questa misura risponde alla problematica sinora affrontata nella LIOm attraverso i criteri di sostenibilità sociali. I criteri di sostenibilità per tutti i carburanti e i combustibili sostenibili sono disciplinati nell'articolo 35d LPAmb. L'ammontare della quota e i SAF ammessi in termini di sostenibilità si basano in modo preponderante sugli sviluppi europei, in particolare si dovrà rispettare la conformità con l'iniziativa «ReFuelEU Aviation». All'obbligo di miscelazione sono assoggettati tutti gli offerenti di carburanti per l'aviazione in Svizzera, indipendentemente dall'aeroporto in cui viene effettuato il rifornimento; grazie a questa condizione si previene una distorsione del mercato. Gli offerenti di carburanti per l'aviazione che non rispettano questo obbligo devono essere sanzionati. Si tiene inoltre conto del rischio di tankering: se necessario, vanno predisposte misure adeguate o sanzioni. Tuttavia queste misure riguardano solo il cherosene e non la benzina per aerei; per quest'ultima infatti non esistono ancora alternative sostenibili e le modeste quantità di vendita non giustificano il considerevole onere supplementare. Un'ulteriore misura di promozione prevista dalla proposta di legge consiste nel mantenimento dell'agevolazione sull'imposta sugli oli minerali per i SAF che ne favorisce notevolmente l'utilizzo sui voli nazionali.

Inoltre, nel quadro dell'Accordo bilaterale sul trasporto aereo, l'Unione europea potrebbe richiedere alla Svizzera il recepimento dell'obbligo di miscelazione UE. Le conseguenze esatte di un recepimento non sono al momento note, poiché l'obbligo di miscelazione europeo è oggetto di una proposta della Commissione, che potrà subire ulteriori modifiche (v. punto 4.3). Tuttavia si può supporre che in questo caso verrebbe meno una regolamentazione dell'obbligo di miscelazione attraverso la legge sul CO<sub>2</sub>. Se l'attuale proposta dell'UE non subirà modifiche, l'obiettivo della presente strategia potrebbe essere raggiunto, poiché anche l'UE prevede un'ambiziosa attuazione su larga scala accompagnata da una promozione mirata dei SAF sintetici nonché da sanzioni efficaci. Con l'applicazione delle quote di miscelazione coordinate a livello europeo, il rischio di tankering è minimo. Inoltre non è noto se, nel momento in cui la Svizzera dovesse disporre di uno strumento equivalente, l'UE confermerà la richiesta di recepimento della propria direttiva, come illustrato in questo punto.

## 2. Promozione globale di promettenti progetti di sviluppo dei SAF con partecipazione svizzera

Il mondo scientifico e l'industria concordano sul fatto che per un'efficace produzione su larga scala dei SAF servano misure di sostegno, non solo alle vendite, ma anche allo sviluppo. Di conseguenza nel presente rapporto l'UFAC evidenzia la necessità di una promozione dello sviluppo (v. punto 4.4). Nel corso della messa in produzione su vasta scala si prevedono miglioramenti significativi in termini di efficienza dei costi e di impatto sul clima. Per questa ragione occorre accelerare il più possibile tale processo, in particolare i percorsi di produzione dei SAF sintetici che ancora non sono prodotti su scala industriale. Rinunciare alla promozione metterebbe a rischio la disponibilità di SAF in misura sufficiente e quindi porterebbe a una dipendenza insostenibile nell'ambito del raggiungimento degli obiettivi climatici. Un decisivo finanziamento di partenza a livello nazionale offre grandi opportunità: la Svizzera dispone di istituti di ricerca e aziende che sono, in alcuni casi, leader mondiali in questo campo.

Gli strumenti esistenti hanno contribuito in modo significativo all'attuale status di leader mondiale della ricerca svizzera nel campo dei SAF. Tuttavia, gli strumenti di promozione attualmente disponibili non sono sufficienti per le fasi di sviluppo dei prossimi anni. Soprattutto nel settore degli impianti pilota e di dimostrazione attualmente sono disponibili meno fondi. In questo caso, una promozione aggiuntiva può creare un valore aggiunto di molte volte superiore: da un lato si rafforza la piazza di ricerca,

dall'altro l'economia trae vantaggio dalla successiva esportazione delle tecnologie sviluppate in Svizzera in questo mercato in forte espansione. Ciò richiede la collaborazione tra mondo scientifico, industria e Confederazione. Sebbene gran parte degli investimenti debba provenire dall'industria, è necessario un intervento sussidiario da parte della Confederazione per ridurre i rischi tecnologici nella fase iniziale e ottenere un effetto leva che inneschi ulteriori investimenti. La promozione deve essere orientata a questo obiettivo ed essere sospesa non appena si affermeranno tecnologie in grado di soddisfare la domanda di carburanti per l'aviazione in modo ecologicamente ed economicamente sostenibile. È necessario garantire l'interazione con gli strumenti di promozione esistenti e con la promozione delle vendite. I criteri di sostenibilità devono essere applicati anche agli impianti pilota e di dimostrazione. Il carburante per l'aviazione prodotto nell'ambito dei progetti svizzeri dovrebbe quindi essere utilizzabile sul mercato svizzero.

Per una promozione efficace è necessario coordinare gli strumenti esistenti della Confederazione, come già avvenuto nel quadro del bando di gara SWEET dell'UFE concernente i carburanti rinnovabili: l'intenso scambio tra UFE, UFAC e armasuisse ha permesso di considerare nell'ambito di questo bando di gara le richieste di tutti gli uffici coinvolti. Per esempio, conformemente al «Piano d'azione energia e clima», il DDPS attribuisce ai carburanti sostenibili (per l'aviazione) un ruolo centrale nella riduzione delle emissioni<sup>53</sup> e ne sta pianificando l'introduzione attraverso la miscelazione. La produzione locale di SAF può rappresentare un valore aggiunto per il DDPS in qualità di cliente, in quanto riduce la dipendenza dall'estero. Questo è già di per sé un ulteriore valore aggiunto nel caso degli impianti di dimostrazione in Svizzera. Anche il finanziamento speciale per il trasporto aereo dell'UFAC può contribuire alla promozione, poiché i SAF rappresentano una priorità dell'attuale programma pluriennale. In questo settore sono già stati finanziati diversi progetti.

Nel quadro della nuova versione della legge sul CO<sub>2</sub> è prevista anche un'ulteriore promozione dello sviluppo dei SAF sintetici, come sancito nell'articolo 103b della legge federale sulla navigazione aerea (LNA). Si prospetta un finanziamento di 20 milioni di franchi svizzeri all'anno, che aumenterà il tetto massimo. Il punto 3 definisce i criteri che caratterizzano le misure particolarmente promettenti. Si tratta di un elevato potenziale in termini di riduzione a lungo termine delle emissioni di gas serra, di efficienza dei costi a lungo termine, di un elevato potenziale di applicazione e di un'alta probabilità di successo. Ciò comprende, in particolare, progetti con partner lungo l'intera catena di produzione. Inoltre dovrà essere rivolta particolare attenzione alla tecnologia svizzera e alla creazione di valore aggiunto in Svizzera. Tuttavia, sarà possibile anche un sostegno esplicito agli impianti all'estero.

Parallelamente all'elaborazione in Parlamento della nuova versione della legge sul CO<sub>2</sub>, in seno all'UFAC, all'UFAM e all'UFE sono già in corso lavori volti a concretizzare l'utilizzo di potenziali risorse supplementari che, per quanto possibile, dovranno andare ad aggiungersi a quelle esistenti, senza creare nuovi strumenti. Occorrerà in particolare tenere conto dei requisiti degli strumenti di promozione che varieranno a seconda della fase di sviluppo.

### 3. Sostegno attivo alla collaborazione tra tutti gli stakeholder a livello nazionale e internazionale

Affinché gli strumenti (obbligo di miscelazione e promozione dello sviluppo) siano efficaci è necessario coordinarli con le misure ambientali già esistenti e quelle previste nel settore del traffico aereo. Per questo motivo e tenuto conto anche dell'obiettivo 3 della presente strategia queste misure vengono integrate con attività di accompagnamento dell'Amministrazione federale.

Tali attività comprendono anche l'**interconnessione degli stakeholder svizzeri**. Considerato il ruolo centrale dello sviluppo dei SAF sintetici in Svizzera, occorre in particolare riunire le fonti d'innovazione

elvetiche. In questo ambito è già stata lanciata un'iniziativa per coordinare gli istituti di ricerca svizzeri, il settore energetico e quello aeronautico.

In seno all'Amministrazione federale è posta in primo piano l'**introduzione del registro nazionale dei carburanti e dei combustibili rinnovabili**. Il registro, gestito dall'UFAM, dall'UDSC e dall'UFE, semplificherà, anche nel settore dei carburanti per l'aviazione, il tracciamento delle forniture di carburante e la relativa imputazione nelle misure basate sul mercato. In questo contesto verranno inoltre affrontati gli ostacoli alle importazioni di SAF (v. punto 4.5).

A lungo termine potrebbe essere introdotto un **meccanismo di flessibilità internazionale** (v. punto 4.6). In proposito l'Amministrazione federale deve seguire i corrispondenti sviluppi ed eventualmente supportarli, al fine di rendere accessibile un sistema funzionante anche per la Svizzera.

A livello internazionale è necessario **supportare lo sviluppo e la certificazione** di nuovi percorsi di produzione, motori e sistemi negli aeromobili in ambito SAF. Concretamente questo processo si svolgerà insieme ai rappresentanti dell'industria e in seno ai corrispondenti organi internazionali, in cui la Svizzera sarà rappresentata da esponenti dell'UFAC e dell'UFE. Inoltre deve essere sostenuta la **collaborazione (facilitation) a livello internazionale**, che contribuisce al raggiungimento dell'obiettivo 2. In particolare ci si concentrerà sullo sviluppo di CORSIA e di strumenti analoghi, si raccoglieranno nuove conoscenze sull'impatto ambientale dei SAF (in particolare sulle emissioni non CO<sub>2</sub>) e si individuerà la necessità di promozione per i progetti internazionali nell'ambito degli impianti di produzione e di dimostrazione dei SAF.

Questa misura non comporta la modifica delle condizioni quadro legali; di conseguenza il progetto di legge non include articoli in merito.

## **Allegato A. Percorsi di produzione di sistemi alternativi di stoccaggio dell'energia**

Il presente allegato presenta un'analisi approfondita dei sistemi alternativi di stoccaggio dell'energia in uso nel settore aeronautico, unitamente alle attività presenti e future di vari operatori rivolte in tal senso.

### **A.1. Fabbisogno di energia e risorse**

Un fattore importante relativo all'implementabilità dei sistemi alternativi di stoccaggio dell'energia è il fabbisogno di risorse in termini di energia primaria, terra, acqua e materie prime. Mentre le fonti di energia primaria (sole, vento) sono disponibili in sovrabbondanza a livello globale, il loro utilizzo comporta un elevato fabbisogno di materie prime e costi di produzione ed entra in concorrenza con altri settori. Un elevato fabbisogno di energia o di risorse può pertanto limitare fortemente il potenziale di una tecnologia. Sebbene non siano ancora disponibili dati sufficienti su tutti gli approcci per consentire un loro confronto esaustivo, è comunque già possibile trarre conclusioni importanti.

Per quanto riguarda il fabbisogno di energia primaria, sono determinanti i livelli di efficienza di tutte le fasi del processo che rappresentano quindi un aspetto centrale anche per il relativo sviluppo. Il concetto è sostanzialmente chiaro: se la produzione di energia elettrica può essere utilizzata per caricare le batterie direttamente, senza essere precedentemente stoccata, i velivoli a propulsione elettrica presentano un fabbisogno minimo di energia primaria. A seguire abbiamo i velivoli a idrogeno, poiché in tal caso conta soltanto l'efficienza dell'elettrolisi e della compressione o condensazione. A questi seguono i carburanti PtL e StL poiché in tal caso, come materia prima è richiesto anche il CO<sub>2</sub> e si aggiungono le successive fasi del processo. Infine abbiamo i percorsi di produzione dei SAF di origine biogena in quanto i processi biologici equivalenti sono meno efficienti.

L'analisi dei livelli di efficienza non è tuttavia sufficiente per la valutazione del fabbisogno energetico complessivo in quanto non tutte le varianti richiedono la stessa quantità di energia per un volo: i velivoli a propulsione elettrica e quelli a idrogeno saranno, per esempio, significativamente più pesanti dei loro equivalenti a combustibile liquido. Per i velivoli a idrogeno a lungo raggio, uno studio attuale<sup>81</sup> calcola, per esempio, una massa maggiore del 23 per cento, con un conseguente fabbisogno energetico maggiore del 42 per cento. Dati più esatti saranno disponibili solo al momento dell'introduzione nel mercato di aeromobili commerciali dotati di sistemi alternativi di stoccaggio dell'energia.

### **A.2. Impatto sul clima**

I velivoli a propulsione elettrica producono i quantitativi di emissioni più ridotti, premessa una bassa intensità di CO<sub>2</sub> dell'energia elettrica utilizzata. Non è tuttavia chiara l'incidenza del fabbisogno di materie prime necessarie per il gruppo propulsore completamente elettrico, la produzione della batteria e dell'infrastruttura di ricarica. Essa varia a seconda dell'intensità di CO<sub>2</sub> legata all'estrazione delle materie prime e al loro futuro riciclaggio, alle fonti di energie utilizzate per la produzione delle batterie e al ciclo di vita di queste ultime. Le batterie o il gruppo propulsore elettrico comportano un considerevole fabbisogno di materie prime, gran parte delle quali deve essere estratta per la prima volta dalla terra. A questo proposito, occorre tenere conto anche dell'infrastruttura di ricarica, compresi gli impianti di stoccaggio per la fornitura di elevate potenze elettriche di ricarica. Dato che per l'aviazione commerciale non esistono ancora sistemi appropriati, non è possibile esprimere valutazioni esaustive rispetto all'onere richiesto nel caso dei carburanti rinnovabili.

---

<sup>81</sup> McKinsey & Company (2020)

L'intensità di CO<sub>2</sub> dell'energia primaria è un aspetto che riguarda anche i velivoli a idrogeno, sebbene in questo caso siano rilevanti anche altri fattori: mentre le emissioni di CO<sub>2</sub> dei velivoli a idrogeno sono pressoché nulle, la quantità di vapore acqueo è superiore a quella prodotta dagli aerei a propulsione convenzionale. Il vapore acqueo emesso può aumentare la formazione di scie di condensazione e cirri o il loro assorbimento di radiazioni termiche e dare luogo a effetti importanti sul clima. Ciò dipende tuttavia in modo considerevole dalla quota di volo; nel caso dei velivoli a idrogeno non sono ancora disponibili dati precisi ottenuti da misurazioni. A ciò si aggiunge l'emissione di ossidi di azoto prodotti dalla combustione nelle turbine a gas: il relativo quantitativo varia a seconda dell'esatta struttura delle turbine e non sono quindi disponibili dati al riguardo. Le celle a combustibile non causano emissioni di ossidi di azoto, ma i sistemi ad oggi disponibili forniscono potenze limitate ed essendo più pesanti aumentano il consumo energetico del velivolo.

Una panoramica sulla riduzione dell'impatto sul clima delle emissioni è illustrata nella Figura 6 la riduzione è contrassegnata da 0 (nessuna variazione), - (riduzione parziale), -- (riduzione significativa), --- (eliminazione), o da un punto interrogativo (variazione non chiara).

CO <sub>2</sub>	PM	NO <sub>x</sub>	H <sub>2</sub> O	Totale	
--	---	---	---	--	Elettrico con batterie
--	---	?	?	-	Idrogeno liquido
--	-	o	o	--	Power to Liquid (PtL)
--	-	o	o	--	Sun to Liquid (StL)
-	-	o	o	-	Biomass to Liquid (BtL)
---	o	o	o	---	Tecnologie a emissioni negative (NET)

Figura 6: *Panoramica qualitativa sulla riduzione netta dell'impatto sul clima causato dalle emissioni (CO<sub>2</sub> e non CO<sub>2</sub>) in caso di utilizzo dei rispettivi approcci tecnologici.*

### A.3. Fabbisogno di sviluppo

#### Velivoli a propulsione elettrica

Un criterio determinante per valutare l'idoneità di un sistema di stoccaggio di energia per i velivoli commerciali è la densità energetica, ossia il peso e il volume richiesti per lo stoccaggio dell'energia necessaria. Rispetto al cherosene, le batterie ad alta potenza ad oggi disponibili sono estremamente pesanti e di grandi dimensioni: per ogni chilo dell'intero sistema batteria può essere stoccato soltanto 1/60 dell'energia del cherosene e soltanto 1/20 per metro cubo<sup>82</sup>. Sebbene i motori a propulsione elettrica siano fino due volte più efficienti delle turbine a gas e richiedano quindi soltanto circa la metà dell'energia, i valori raggiungibili sono ancora troppo ridotti per consentirne l'utilizzo. La ricerca in tal senso è in corso, ma le previsioni al momento disponibili prospettano «soltanto» un raddoppio della densità energetica. Un lungo ciclo di vita delle batterie ad alta potenza destinate al settore aeronautico sarà un aspetto molto importante sia in termini ambientali che economici. Progressi in tale ambito sono necessari anche in materia di densità di potenza. Ciò riguarda l'intero gruppo propulsore con cavi e convertitori dalla batteria al motore. L'importanza della densità energetica e di potenza diminuisce per i velivoli con carico utile,

<sup>82</sup> Ufficio federale dell'aviazione civile (2020)

velocità e autonomia più ridotti. Ciò spiega il motivo per cui al momento siano già omologati piccoli velivoli a propulsione elettrica, mentre non sono ancora realizzabili velivoli passeggeri (a lungo raggio) di grandi dimensioni.

La sicurezza e la gestione termica sono altri ostacoli verso la realizzazione di velivoli a propulsione elettrica commerciali. Il rischio maggiore è rappresentato dall'incendio delle batterie. Progressi al riguardo sono stati compiuti negli ultimi decenni nell'industria automobilistica e nel settore dei dispositivi elettrici portatili. Secondo uno studio svolto in tale ambito, i sistemi che potrebbero impedire la formazione di incendi presentano un peso troppo elevato per poter essere applicati nel settore aeronautico<sup>83</sup>. Per quanto riguarda la gestione termica, la sfida consiste nel fornire il calore necessario per la cabina passeggeri e assicurare il funzionamento dei dispositivi di sbrinamento, tuttavia con una disponibilità di calore residuo molto più ridotta rispetto ai propulsori di tipo convenzionale.

Rispetto a un velivolo a propulsione convenzionale, sono necessari alcuni adattamenti: per esempio, l'integrazione sui motori elettrici del propulsore, alimentazione di energia inclusa, che comporta una sensibile differenza rispetto al precedente utilizzo di turbine a gas. A ciò si aggiunge il processo di ricarica a terra: l'aspetto critico a tale riguardo è il fabbisogno di tempo in quanto l'uso di processi di carica rapidi comporta un ciclo di vita della batteria più ridotto e un fabbisogno di potenza esorbitante per molti tipi di velivoli di grandi dimensioni. Un altro aspetto critico riguarda la fase di preparazione: la sostituzione di una flotta di velivoli convenzionali è possibile soltanto se in tutti gli aeroporti di destinazione è presente un'adeguata infrastruttura. A questo riguardo, si potrebbe anche pensare alla sostituzione delle batterie scariche con batterie cariche, sebbene tale operazione limiti l'integrazione delle batterie nel velivolo e richieda elevati requisiti all'infrastruttura aeroportuale. In caso di utilizzo di velivoli a propulsione elettrica su larga scala, bisognerebbe inoltre sviluppare un sistema in grado di fornire la capacità di ricarica elettrica necessaria agli aeroporti, anche molto elevata, da fonti rinnovabili («power-on-demand»). A fronte della considerevole variabilità e incertezza delle prestazioni di gran parte delle fonti rinnovabili (in particolare l'energia solare ed eolica), si rendono necessari sistemi di stoccaggio di enormi dimensioni in grado di erogare elevate potenze elettriche per la ricarica dei velivoli. A questo proposito occorre tenere conto dei carichi risultanti sul sistema energetico.

Nel 2020, il Pipistrel Velis Electro è stato il primo velivolo elettrico al mondo a ottenere il certificato di tipo<sup>84</sup>. A causa della ridotta autonomia di volo, al massimo 50 minuti più 10 minuti di riserva, questo biposto viene utilizzato principalmente come aereo da addestramento. Al momento sono in fase di sviluppo oltre 200 velivoli a propulsione elettrica<sup>85</sup>, tra cui si annoverano anche progetti svizzeri con lo Smartflyer SFX1 a quattro posti e l'aEro a due posti a decollo verticale di Dufour Aerospace. Con la prima circumnavigazione del globo (a tappe) di un velivolo elettrico monoposto a propulsione elettrica è salito agli onori della cronaca anche il velivolo sperimentale Solar Impulse 2 sviluppato in Svizzera.

## **Idrogeno liquido**

La sfida principale legata all'utilizzo dell'idrogeno come carburante per l'aviazione è lo stoccaggio. Di per sé (senza serbatoio) l'idrogeno presenta un contenuto energetico per chilogrammo tre volte superiore al cherosene. Il problema è tuttavia il contenuto energetico per litro (volume): i valori utili per l'aviazione commerciale vengono ottenuti soltanto dai serbatoi di idrogeno liquido<sup>86</sup>. Rispetto a quelli del cherosene, ad oggi sono quattro volte più pesanti e cinque volte più grandi. Dato che l'idrogeno in esso contenuto è raffreddato a -253°C, il serbatoio deve essere adeguatamente isolato. È inoltre necessario tenere conto dell'affaticamento del materiale dovuto alle variazioni della pressione durante i cicli di ricarica e all'effetto

---

<sup>83</sup> Courtin / Hansman (2018)

<sup>84</sup> <https://www.admin.ch/gov/it/pagina-iniziale/documentazione/comunicati-stampa.msg-id-79969.html>

<sup>85</sup> Thomson (2020)

<sup>86</sup> Per i velivoli dell'aviazione generale a breve raggio operativo o a ridotto carico utile può anche essere considerato l'uso di serbatoi pressurizzati.

diretto dell'idrogeno stesso. Pertanto, non sono possibili tutti i tipi di struttura. Il serbatoio, per esempio, non può essere alloggiato nelle ali come nel caso del cherosene. Ciò rende pertanto necessario un adattamento dell'intera struttura del velivolo.

A causa del fabbisogno di potenza, per la motorizzazione dei velivoli di grandi dimensioni, anche a lungo termine può essere considerato solo l'uso di turbine a gas. A fronte del diverso comportamento di combustione rispetto al cherosene, l'uso dell'idrogeno richiede un adattamento dei propulsori. Avvenendo tramite l'aria e a temperature molto elevate, la combustione dell'idrogeno non supportata da speciali misure comporta elevate emissioni di ossido di azoto; tecnologie ad hoc per la loro riduzione nei bruciatori di idrogeno sono ancora in fase di studio<sup>87</sup>. Dato che lo sviluppo è appena iniziato e non sono ancora disponibili le misurazioni sull'impatto climatico delle emissioni principali, costituite da vapore acqueo, l'effetto totale sul clima dei velivoli a idrogeno non è ancora noto.

Considerato il ridotto fabbisogno di potenza e autonomia, soprattutto per i velivoli di piccole dimensioni, è in fase di sviluppo un propulsore elettrico alternativo con celle a combustibile e motori elettrici. A tale proposito, la ricerca confida in un maggiore livello di efficienza e un minore impatto sul clima. In linea di principio, è persino pensabile condensare il vapore acqueo prima della sua emissione, riducendo ulteriormente l'impatto sul clima. In tale ambito sussiste però un'ulteriore necessità di sviluppo in termini di leggerezza della struttura delle celle a combustibile. Per quanto riguarda la propulsione, gli adattamenti necessari corrispondono a quelli dei velivoli elettrici.

A causa del serbatoio criogenico o ad alta pressione, i velivoli a idrogeno rappresentano un potenziale di pericolo maggiore rispetto a quelli a cherosene. Un eventuale guasto delle guarnizioni darebbe luogo a una rapida evaporazione dell'idrogeno con un elevato rischio di esplosione. Sebbene questo rischio sia maggiore rispetto al cherosene, all'aperto si riduce più rapidamente. È quindi necessario individuare adeguate misure, come il trasporto e lo stoccaggio nell'area aeroportuale, il processo di rifornimento e metodi finalizzati a una gestione sicura di tutte le possibili emergenze in volo. Questa problematica è stata esaminata in più studi e fino ad ora nessun problema è stato ritenuto irrisolvibile<sup>88</sup>.

Per un utilizzo su larga scala dell'idrogeno in ambito aeronautico è necessario realizzare un'infrastruttura completamente nuova: come nel caso dei sistemi alternativi di stoccaggio dell'energia, si inizia dalla fornitura di energia primaria da fonti rinnovabili. I sistemi di produzione e distribuzione negli aeroporti, stoccaggio intermedio e liquefazione inclusi, devono essere realizzati ex-novo. La gestione dell'idrogeno è tecnicamente molto impegnativa in quanto esso è molto volatile e su numerosi materiali produce un'azione di infragilimento. A questo proposito è necessario assicurare un'integrazione a regola d'arte nel sistema energetico già esistente. Un ulteriore aspetto da non trascurare sono le perdite di energia, riscontrabili in particolar modo nei processi di elettrolisi, liquefazione e trasporto o anche in caso di stoccaggio a lungo termine. Particolarmente critica sarà la fase di transizione all'idrogeno: affinché una rotta possa essere percorsa, entrambi gli aeroporti devono essere dotati dell'infrastruttura necessaria. Per l'intera durata della transizione sarà quindi necessario disporre in parallelo sia dell'infrastruttura del cherosene che di quella, nuova, dell'idrogeno.

I test condotti con piccoli velivoli di vario tipo con serbatoio dell'idrogeno, celle a combustibile e motore elettrico hanno dato esito positivo: sono stati sviluppati da Boeing (Fuel Cell Demonstrator), dall'agenzia spaziale tedesca (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt - DLR: Hy4) e dalla start-up Zeroavia. Quest'ultima è impegnata nello sviluppo di piccoli velivoli a idrogeno, mentre la DLR sta progettando prototipi di più grandi dimensioni con l'Electric Flight Demonstrator. I velivoli a idrogeno più grandi, che

---

<sup>87</sup> Con il TU-155, la Russia ha sperimentato e dimostrato la propulsione a idrogeno liquido con turbine a gas su un velivolo di grandi dimensioni. La riduzione dell'ossido di azoto non è stata però considerata.

<sup>88</sup> Airbus (2003), McKinsey & Company (2020)

richiedono un adeguato sistema di stoccaggio dell'idrogeno criogenico, sono in fase di progettazione nell'ambito del progetto ZEROe di Airbus.

## Allegato B. Strumenti di promozione svizzeri già esistenti per lo sviluppo dei SAF

In Svizzera esistono vari strumenti di promozione del settore della ricerca energetica e ambientale utilizzabili anche per i progetti di sviluppo in ambito SAF. La presente sezione fornisce una descrizione generale di questi strumenti. La gran parte degli strumenti di promozione statali destinati al settore energetico proviene dal **finanziamento di base delle scuole universitarie secondo la LPSU (RS 414.20) e dal contributo di finanziamento al settore dei PF**, nell'ordine di 140 milioni di franchi per il settore energetico e di 500 milioni di franchi per il settore ambientale<sup>89</sup>. A ciò si aggiungono le risorse del **Fondo nazionale svizzero (FNS)**, nell'ordine di 35 milioni di franchi per il settore energetico e di 116 milioni di franchi per il settore ambientale<sup>90</sup>. Nel quadro della **promozione di programmi e progetti, Innosuisse** ha inoltre destinato risorse per 38 milioni di franchi al settore energetico e 12 milioni di franchi al settore ambientale. Questi contributi, tuttavia, sono destinati esclusivamente alla ricerca di base e applicata e ai prototipi di laboratorio.

In particolare nel settore della ricerca sull'energia e sull'innovazione, esistono interfacce con vari programmi dell'**UFE**. L'UFE promuove, per esempio, anche progetti di ricerca incentrati sui temi chiave del Piano direttivo della ricerca energetica. Prioritari sono i progetti di ricerca applicata e di sviluppo. A fine novembre 2020, la Commissione federale per la ricerca energetica CORE ha pubblicato il **Piano direttivo della ricerca energetica della Confederazione 2021–2024** i cui temi principali sono un «accoppiamento efficiente tra diversi settori» e i «processi industriali», inclusa la «riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> nel settore dell'aviazione commerciale tramite l'uso di carburanti rinnovabili». L'elaborazione di scenari per la realizzazione di infrastrutture di sintesi e distribuzione di combustibili sintetici nel trasporto stradale, marittimo e aereo costituisce, per esempio, un tema di ricerca nel settore della mobilità e della sostituzione dei combustibili fossili. Con il Programma pilota e di dimostrazione (**Programma P+D**), l'UFE promuove «lo sviluppo e la sperimentazione di nuove tecnologie, soluzioni e approcci nei settori dell'uso parsimonioso ed efficiente dell'energia, del suo trasporto e stoccaggio nonché dello sfruttamento delle fonti rinnovabili.». A questo proposito vanno menzionati anche i Centri di competenza svizzeri per la ricerca energetica (**Swiss Competence Centers for Energy Research, SCCER**), che dal 2013 al 2020 hanno portato avanti la ricerca su vari aspetti legati alla transizione energetica. Sul tema dei carburanti sostenibili per l'aviazione sussistono varie interfacce con i centri SCCER, nel frattempo sostituiti dal programma di promozione **SWEET (Swiss Energy research for the Energy Transition)**. Dal 2021, l'obiettivo del programma SWEET è la promozione di innovazioni necessarie all'implementazione delle Prospettive energetiche 2050+ e al raggiungimento degli obiettivi climatici svizzeri. Le attività del programma SWEET sono in gran parte riferite al ciclo dell'innovazione e spaziano dalla ricerca di base a quella orientata all'applicazione fino all'implementazione. Per l'intera durata del programma di promozione è al momento prevista la distribuzione di 136,4 milioni di franchi da destinarsi a misure di promozione nell'intero settore energetico.

Attraverso il **finanziamento speciale per il traffico aereo**, l'UFAC promuove progetti di ricerca e sviluppo nel settore ambientale. Con un totale di 2,2 milioni di franchi, nel 2019 sono stati sostenuti soprattutto progetti di ricerca applicata. Sulla base della legge federale concernente l'utilizzazione dell'imposta sugli oli minerali a destinazione vincolata e di altri mezzi a destinazione vincolata per il traffico stradale e aereo (LUMin) e della relativa ordinanza (OMinTA), è consentito sostenere soltanto misure volontarie finalizzate a produrre i loro effetti o vantaggi in Svizzera. Per quanto riguarda la protezione dell'ambiente, la LUMin contempla anche la protezione dagli effetti del rumore, dalle emissioni di sostanze nocive dell'infrastruttura del traffico aereo e degli aeromobili, lavori di ricerca relativi agli effetti del traffico aereo

---

<sup>89</sup> Fonte (stato: 2016): <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/bildung/umweltforschung/innovationslandschaft-umwelt-energie.html>

<sup>90</sup> Situazione 2014–2016, ibid.

sull'ambiente, provvedimenti di adattamento degli aeromobili al fine di proteggere la popolazione dalle immissioni foniche e di sostanze nocive e lo sviluppo di procedure di volo rispettose dell'ambiente. Ai sensi dell'OMinTA, l'importo dei singoli contributi è calcolato in base ai benefici del provvedimento in relazione all'obiettivo della corrispondente categoria di provvedimenti, alla capacità economica del richiedente e all'interesse proprio di quest'ultimo. Questi requisiti hanno fatto sì che ad oggi sia pervenuto un ridotto numero di richieste nel settore ambientale e l'importo annuale non sia stato completamente utilizzato. Per quanto riguarda il settore dei SAF sono già pervenute diverse richieste, alcune delle quali valutate positivamente e sostenute con risorse pari a circa cinque milioni di franchi. Il sostegno ai progetti SAF è in linea con uno dei temi principali dell'attuale programma pluriennale di finanziamento speciale<sup>91</sup>.

Attraverso il **Fondo per le tecnologie** e la **Promozione delle tecnologie ambientali (misure di accompagnamento** incluse), l'UFAM sta attuando altri programmi a favore delle tecnologie di sviluppo di carburanti sostenibili. Tali programmi riguardano le fasi dell'innovazione che spaziano dalla ricerca applicata fino alla diffusione sul mercato e all'esportazione. In totale sono disponibili circa 36 milioni di franchi<sup>92</sup>, ripartiti tra tutte le questioni ambientali.

---

<sup>91</sup> <https://www.bazl.admin.ch/bazl/it/home/themen/finanzhilfen-luftverkehr/mehrjahresprogramm.html>

<sup>92</sup> Di questi, 25 milioni sono destinati al Fondo per le tecnologie, che è uno strumento di garanzia.

## Allegato C. Strumenti per la promozione di un mercato dei SAF

### C.1. Requisiti degli strumenti

In una pubblicazione della Technische Universität di Amburgo sono stati analizzati quattro requisiti centrali delle misure di promozione dei carburanti sostenibili<sup>93</sup> (v. il punto successivo): efficacia, influenza di variabili esterne, efficienza statica e dinamica.

L'**efficacia** descrive la validità di uno strumento, ossia se l'obiettivo fissato può essere raggiunto. Nel presente caso, l'obiettivo consiste nel conseguire una crescita significativa della percentuale di utilizzo di carburanti SAF, ovvero nel conseguire una determinata riduzione delle emissioni. Essendo questo un requisito centrale, è necessario esaminare attentamente vari strumenti di promozione.

I vari approcci di promozione sono diversamente sensibili alle **influenze esterne**. È quindi necessario analizzare in che misura il raggiungimento degli obiettivi degli strumenti dipenda dal mutamento delle circostanze economiche. Ciò include in particolare la differenza di prezzo tra i carburanti per l'aviazione convenzionali e quelli sostenibili che, a sua volta è determinato, per esempio, dal prezzo del greggio e dal livello corrente dei tassi di interesse.

L'**efficienza dei costi** (denominata anche efficienza statica) valuta se le risorse impiegate forniscono il miglior contributo al raggiungimento dell'obiettivo, in particolar modo se è in uso la combinazione tecnologica più efficiente in termini di costi e se ciò avvenga nella sede più adatta.

Per garantire un'elevata efficienza dello strumento anche a lungo termine, la cosiddetta **efficienza dinamica** svolge un ruolo importante. Tale concetto definisce se uno strumento assicura i giusti incentivi per orientare il progresso tecnologico a favore della riduzione dei costi di produzione e degli influssi sull'ambiente.

Come ulteriori aspetti rilevanti ai fini di una decisione, nella stessa fonte vengono menzionate «la velocità di implementazione, le modalità normativo-giuridiche, la capacità di adattamento e i requisiti amministrativi».

### C.2. Imposte e tasse sui biglietti aerei e sulle emissioni di CO<sub>2</sub>

Con la **tassa sul traffico aereo** tedesca introdotta nel 2011, vengono tassati i passeggeri dei voli commerciali in partenza dalla Germania. L'ammontare della tassa, variabile a seconda della tratta tra la Germania e il Paese di destinazione (in tre classi di distanza), al momento è compreso tra 12 e 59 euro. L'obiettivo della tassa è in prima linea influire sul comportamento di mobilità e dare quindi luogo a una riduzione degli spostamenti. Essa non è invece appropriata per incentivare l'utilizzo dei SAF, poiché i voli che utilizzano i SAF sono tassati allo stesso modo di quelli riforniti con i carburanti di tipo convenzionale.

Nell'ambito della revisione della legge sul CO<sub>2</sub> respinta alle urne nel 2021, in Svizzera era stata pianificata una **tassa sui biglietti aerei** finalizzata a incentivare comportamenti di mobilità sostenibili e conseguire quindi una riduzione delle emissioni. Determinante ai fini dell'ammontare della tassa di incentivazione sarebbe stata la distanza di volo e la classe di viaggio, che avrebbe comportato importi tra 30 e 120 franchi. Secondo il principio di una tassa di incentivazione, almeno la metà delle entrate sarebbe stata restituita alla popolazione, mentre la parte restante sarebbe stata destinata a un fondo per il clima

---

<sup>93</sup> Bullerdiel / Kaltschmitt (2020)

che, a sua volta, avrebbe finanziato anche la ricerca sui SAF. Questo approccio comporta più sfide (v. anche RMSA<sup>10</sup>):

- occorre assicurarsi che non sia aggirata la legislazione all'EuroAirport Basilea-Mulhouse-Friburgo, ovvero che si effettuino voli in base ai diritti di traffico aereo francesi anziché svizzeri. In tal caso verrebbero meno le tasse dando luogo a una distorsione della concorrenza ed anche a una possibile limitazione dell'efficacia della misura;
- l'ammontare della tassa dovrebbe essere proporzionale alle emissioni prodotte. Una segmentazione per classi di distanza non sempre è opportuna e, a seconda del rispettivo modello commerciale, può gravare in modo sensibilmente maggiore su determinate compagnie aeree rispetto ad altre;
- è altresì necessario tenere conto degli effetti economici sulle compagnie aeree con un numero di voli proporzionalmente elevato dalla Svizzera, in quanto costrette a ripartire i costi maggiori su un numero di passeggeri notevolmente inferiore.

Un incentivo finalizzato a evitare le emissioni nocive per il clima causate dagli aeromobili può essere direttamente ottenuto con l'applicazione di una **tassa sul CO<sub>2</sub>** (o, più in generale, una tassa sui carburanti o sui gas a effetto serra). Affinché sia efficace ai fini della promozione dei SAF, è necessario tenere conto delle emissioni causate con la produzione in quanto le emissioni di CO<sub>2</sub> prodotte dai SAF durante il volo equivalgono a quelle del carburante di tipo convenzionale. Tuttavia sulle emissioni e su altri effetti ambientali causati dai voli internazionali l'ICAO raccomanda espressamente di applicare anziché imposte, soltanto tasse a destinazione vincolata e correlate ai costi effettivamente sostenuti<sup>94</sup>. Secondo l'ICAO, il carburante utilizzato per i voli internazionali deve essere esente da imposte e tasse<sup>95</sup>. Queste imposte quindi fino ad ora sono state applicate soltanto ai voli nazionali.

Con la revisione della **Energy Taxation Directive** una tale tassa è contenuta nel pacchetto «Fit for 55» della Commissione europea. In base ad essa, il cherosene deve essere tassato sui voli all'interno della UE a un'aliquota minima di 10.75 €/GJ, che equivale a circa 38 centesimi al litro. Questa regola deve essere introdotta dopo un periodo transitorio di dieci anni, durante i quali l'aliquota minima pari a 0 dovrà essere aumentata di 1.075 €/GJ all'anno. Per i biocarburanti, l'aliquota minima è di 5.38 €/GJ, mentre per i carburanti rinnovabili di origine non biogena è di soli 0.15 €/GJ. Questa differenza genera un incentivo all'utilizzo dei SAF, che dipende comunque direttamente dalla differenza di prezzo tra SAF e carburante per l'aviazione di tipo convenzionale.

In Svizzera, l'**imposta sugli oli minerali** risponde a questo obiettivo. La legge sull'imposizione degli oli minerali (LIOM) e l'ordinanza sull'imposizione degli oli minerali (OIOM) prescrive al momento un'imposta sul cherosene di 44 centesimi al litro, cui si aggiunge un supplemento fiscale sugli oli minerali di 30 centesimi al litro. Mentre una parte dell'imposta sugli oli minerali confluisce nella cassa federale generale, il 50 per cento di essa e il 100 per cento del supplemento fiscale sugli oli minerali confluiscono nel finanziamento speciale per il traffico aereo ai sensi dell'articolo 87b della Costituzione (v. il punto 4.2). Sgravi fiscali sui carburanti sostenibili per l'aviazione sono a questo proposito teoricamente possibili per cui, per lo meno sui voli nazionali (circa il 4% del fabbisogno di cherosene in Svizzera), avrebbero un determinato effetto incentivante, mentre nella pratica i produttori di SAF non possono al momento separare i SAF come richiesto e fornire le necessarie prove di sostenibilità (v. punto 4.5).

---

<sup>94</sup> ICAO (1996)

<sup>95</sup> ICAO (2000)

### C.3. Scambio di quote di emissioni e offsetting

I meccanismi di promozione dei carburanti SAF nell'ambito del programma CORSIA e del sistema di scambio di quote di emissioni dell'UE sono già stati spiegati al punto 4.1. Secondo gli autori<sup>96</sup> «dal punto di vista odierno, sia l'ETS UE che il programma CORSIA non sono adatti ad assicurare un'ampia introduzione sul mercato dei carburanti rinnovabili per l'aviazione in quanto, rispetto al loro utilizzo, l'acquisizione dei diritti di emissione (ETS UE) o di offset (CORSIA) presenta costi di opportunità sensibilmente più ridotti». L'**efficacia** dipende in entrambi i casi direttamente dai prezzi del cherosene convenzionale, dei SAF e delle emissioni.

Sia il programma CORSIA che l'ETS fanno sì che la variante più conveniente ottenga il favore dei fornitori di SAF. Ciò assicura un chiaro incentivo all'**efficienza dei costi**. Per quanto riguarda il programma CORSIA esiste persino un incentivo a massimizzare la riduzione delle emissioni, poiché dall'obbligo di compensazione sono esentate le sole emissioni non prodotte grazie all'utilizzo dei SAF. Un tale incentivo non è presente nell'ETS, poiché in questo ambito l'uso dei SAF può essere ritenuto a emissioni zero. In questo caso, vengono invece applicati rigorosi criteri di sostenibilità per controllare l'impatto sul clima e gli effetti generali sull'ambiente.

### C.4. Rimunerazione per l'immissione nel sistema di distribuzione

La remunerazione per l'immissione nel sistema di distribuzione è una sovvenzione statale destinata ai produttori, proporzionale al quantitativo di SAF prodotto. A questo proposito, gli approcci praticabili sono due: una **rimunerazione fissa**, indipendente dal quantitativo fornito e dall'eventuale concorrenza, il cui ammontare resta costante. I **modelli basati sulle gare d'appalto** riguardano invece determinati quantitativi di fornitura per i quali possono essere presentate delle offerte. Per quanto riguarda l'aggiudicazione, lo Stato può dare la priorità a offerte più convenienti, tenendo conto tuttavia di tutti gli elementi dei criteri di sostenibilità, riduzione delle emissioni inclusa. I modelli di remunerazione per l'immissione nel sistema di distribuzione possono quindi accelerare la competitività di nuovi percorsi di produzione. Un esempio concreto al riguardo è la remunerazione a copertura dei costi per l'immissione in rete di energia elettrica (RIC) con la quale la Svizzera promuove la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili. Un sistema di remunerazione per l'immissione nel sistema di distribuzione è pensabile anche per l'affermazione del mercato dei SAF, nel qual caso i beneficiari della remunerazione sarebbero i produttori di SAF.

In luogo dei quantitativi di fornitura, analogamente alle quote di riduzione dei GES, anziché le quote di miscelazione di carburanti sostenibili può essere oggetto di gara una determinata riduzione dei GES (p. es. per litro di carburante consumato). Ciò costituisce un incentivo al conseguimento di una riduzione dei GES a costi più ridotti possibile. Come nel caso delle quote di riduzione dei GES, se auspicato, anche in tal caso è possibile promuovere l'uso delle NET.

In caso di remunerazione fissa, la produzione dei SAF realmente raggiungibile è fortemente correlata all'ammontare della remunerazione e al prezzo dei carburanti convenzionali. L'**efficacia** è pertanto difficile da prevedere. Se troppo basse le remunerazioni portano a un effetto insufficiente, mentre se troppo elevate potrebbero dare luogo a un grado eccessivo di raggiungimento dell'obiettivo. Tramite la limitazione quantitativa e la competizione per le remunerazioni è invece possibile ottenere modelli di gara molto efficaci. Questi sono inoltre soggetti a influssi minori da effetti esterni quali, per esempio, le variazioni dei prezzi dei carburanti, mentre l'aumento dei costi aggiuntivi (dei SAF rispetto al cherosene fossile) comporterebbe remunerazioni più elevate.

---

<sup>96</sup> Bullerdiek / Kaltschmitt (2020)

Con la remunerazione costante viene meno quella concorrenza tra i produttori in grado di favorire l'**efficienza dei costi**. Per i produttori, l'incentivo alla minimizzazione dei costi consiste semplicemente nell'ottimizzazione dei margini di profitto. Per incentivare ulteriormente il continuo sviluppo delle tecnologie, sarebbe necessario stabilire remunerazioni decrescenti, che diminuiscono quindi nel tempo. In questo approccio non vi sono incentivi volti a minimizzare l'intensità dei GES o l'impatto ambientale. Anche in questo caso è necessario ricorrere a criteri di sostenibilità. Con la concorrenza tra produttori, i modelli di gara creano invece chiari incentivi all'ottimizzazione dei costi. Con questo approccio, per restare competitivi, i produttori devono investire nell'ottimizzazione delle tecnologie anche nel lungo termine. La richiesta di riduzione dei GES, anziché dei quantitativi di fornitura, darebbe persino luogo a un incentivo diretto alla riduzione dell'impatto sul clima. Gli incentivi al miglioramento delle prestazioni climatiche e ambientali possono essere creati anche se la remunerazione viene stabilita sulla base di questi aspetti e non soltanto di quelli economici.

Dato che con la remunerazione per immissione nel sistema di distribuzione lo Stato si fa carico di un'elevata quota di costi aggiuntivi dei SAF, deve essere stabilita una fonte che metta a disposizione le considerevoli risorse finanziarie necessarie. Ciò non sarà possibile senza l'**introduzione di nuove tasse o imposte**. Un argomento a sfavore delle remunerazioni per immissione nel sistema di distribuzione è il fatto che la Svizzera difficilmente potrà produrre quantitativi di SAF degni di nota; questa sovvenzione confluirebbe quindi in gran parte all'estero. Non è inoltre ancora chiaro se la Confederazione voglia essere coinvolta così attivamente nel commercio dei SAF. Ad oggi, remunerazioni di questo tipo in questo settore non sono nemmeno in uso a livello internazionale. In linea di principio, questo strumento sarebbe appropriato come integrazione a una soluzione generale basata sui contingenti, a supporto di singole tecnologie, anziché una sottoquota o i moltiplicatori.

## Allegato D. Posizione del Consiglio federale sulle tecnologie a emissioni negative

Il 2 settembre 2020, il Consiglio federale ha pubblicato un rapporto sull'importanza delle NET in Svizzera<sup>97</sup> volto a fornire una panoramica sulle varie tecnologie. La strategia presentata prevede l'uso delle NET laddove non sia possibile impedire le emissioni (agricoltura, impianti di incenerimento dei rifiuti urbani, cementifici). Secondo il suddetto rapporto, l'utilizzo delle NET per la compensazione delle emissioni deve essere valutato nel contesto dei seguenti principi<sup>98</sup>:

- il **principio di prevenzione**: le NET dovrebbero essere utilizzate per la compensazione delle emissioni dell'aviazione soltanto laddove non risultino idonee misure di eliminazione diretta delle emissioni stesse;
- il **principio di causalità**, ovvero chi inquina paga: se ne deduce che l'aviazione è responsabile della compensazione delle emissioni e deve quindi farsi carico dei costi;
- l'**azione alla fonte**: la riduzione delle emissioni è prioritaria rispetto all'adozione di misure di compensazione;
- un **approccio globale, che** richiede la scelta di misure in grado di assicurare la massima riduzione dell'impatto ambientale
- il **principio di cooperazione**: indica la possibilità di una collaborazione del settore aeronautico con altri settori finalizzata alla compensazione delle emissioni.

Il principio di prevenzione e l'azione alla fonte non considerano quindi l'utilizzo delle NET per la compensazione delle emissioni dell'aviazione, qualora possano essere adottate misure di eliminazione diretta. Questo approccio è stato confermato da un nuovo rapporto del Consiglio federale nel maggio 2022<sup>99</sup>. Restando in linea con un approccio globale, a questo proposito è tuttavia necessario soppesare le scelte valutando l'impatto ambientale e i costi delle possibili misure. Laddove risultassero favorevoli all'uso di NET, tali indicazioni rappresentano comunque un'opzione valida.

---

<sup>97</sup> Consiglio federale (2020)

<sup>98</sup> Ibid., Ufficio federale dell'ambiente (2013)

<sup>99</sup> Consiglio federale (2022)

# Bibliografia

Air Transport Action Group (2020): Waypoint 2050. Ginevra.

Airbus Deutschland (2003): Cryoplane. Liquid Hydrogen Fuelled Aircraft – System Analysis. Final Report. Amburgo.

Aviation Initiative for Renewable Energy in Germany e.V. (2020): Nachhaltige Flugkraftstoffe Status, Optionen, Handlungsnotwendigkeiten. aireg Roadmap zur Markteinführung von Sustainable Aviation Fuels. Berlino.

Becattini Viola / Gabrielli Paolo / Mazzotti Marco (2021): Role of Carbon Capture, Storage, and Utilization to Enable a Net-Zero-CO<sub>2</sub>-Emissions Aviation Sector. Industrial & Engineering Chemistry Research.

BP (2022): Statistical Review of World Energy. 71. Edition. Londra.

Brenn Benjamin / Durdina Lukas / Siegrist Frithjof / Beyerle Peter / Bruderer Kevin / Rindlisbacher Theo / Rocci-Denis Sara / Andac M. Gurhan / Zelina Joseph / Penanhoat Olivier / Wang Jing (2015): Effects of Fuel Aromatic Content on Nonvolatile Particulate Emissions of an In-Production Aircraft Gas Turbine. Environmental Science & Technology.

Bullerdiek Nils / Kaltschmitt Martin (2020): Analyse und Bewertung vorhandener und alternativer Lenkungsinstrumente zur Markteinführung erneuerbarer Flugkraftstoffe. Zeitschrift für Energiewirtschaft. Wiesbaden.

Bullerdiek Nils / Neuling Ulf / Kaltschmitt Martin (2021): A GHG reduction obligation for sustainable aviation fuels (SAF) in the EU and in Germany. Journal of Air Transport Management.

Commissione Europea (2011): Decisione della Commissione, del 26 settembre 2011, relativa ai parametri di riferimento per l'assegnazione delle quote di emissione dei gas a effetto serra a titolo gratuito agli operatori aerei ai sensi dell'articolo 3 sexies della direttiva 2003/87/CE del Parlamento europeo e del Consiglio. Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea. 2011/638/UE. Bruxelles.

Consiglio federale (2020): Che rilevanza potrebbero avere le emissioni negative di CO<sub>2</sub> per le future politiche climatiche della Svizzera? Rapporto del Consiglio federale in adempimento del postulato 18.4211 Thorens Goumaz del 12 dicembre 2018. Berna.

Consiglio federale (2021): Strategia climatica a lungo termine della Svizzera. Berna.

Consiglio federale (2022): Captage et stockage du CO<sub>2</sub> (CSC) et technologies d'émission négative (NET), Berna.

Courtin Christopher / Hansman John (2018): Safety Considerations in Emerging Electric Aircraft Architectures. 2018 Aviation Technology, Integration, and Operations Conference. Atlanta GA.

Danish Energy Agency (2022): Technology Data Renewable Fuels. Copenhagen.

Deutsche Bundesregierung (2021): PtL-Roadmap. Nachhaltige strombasierte Kraftstoffe für den Luftverkehr in Deutschland. Berlino.

Ecoplan (2021): Schweizer «Road Map Sustainable Aviation». Berna.

ICAO (1996): Council Resolution on environmental charges and taxes. 9 dicembre 1996. Montreal.

ICAO (2000): ICAO's Policies on taxation in the field of international air transport (Doc 8632). Terza edizione. Montreal.

ICAO (2018): Convention on International Civil Aviation, Annex 16 – Environmental Protection, Volume IV – Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA). Montreal.

ICAO (2022): CORSIA Default Life Cycle Emissions Values for CORSIA Eligible Fuels. Montreal.

ICAO CAEP (2022): Report on the feasibility of a long-term aspirational goal (LTAG) for international civil aviation CO<sub>2</sub> emission reductions. Montreal.

IEA Bioenergy (2021): Progress in Commercialization of Biojet /Sustainable Aviation Fuels (SAF): Technologies, potential and challenges. Für IEA Bioenergy Task 39.

Jewswani Harish K. / Chilvers Andrew / Azapagic Adisa (2020): Environmental sustainability of biofuels: a review. Proceedings of the Royal Society A.

McKinsey & Company (2020): Hydrogen-powered aviation. A fact-based study of hydrogen technology, economics, and climate impact by 2050. Für Clean Sky 2 JU und Fuel Cells and Hydrogen 2 JU. doi:10.2843/471510. Lussemburgo.

Mission Possible Partnership (2022): Making net-zero aviation possible. An industry-backed, 1.5°C-aligned transition strategy.

Neu Urs (2021): Die Auswirkungen der Flugverkehrsemissionen auf das Klima. In: Swiss Academies Communications 16 (3).

Pechstein Jan / Bullerdiek Nils / Kaltschmitt Martin (2019): A «book and Claim»-Approach to account for sustainable aviation fuels in the EU-ETS – Development of a basic concept. Energy Policy.

Prognos / TEP Energy / Infrac / Ecoplan (2020): Prospettive energetiche 2050+. Breve resoconto su incarico dell'Ufficio federale dell'energia. Berna.

Ram M., Galimova T., Bogdanov D., Fasihi M., Gulagi A., Breyer C., Micheli M., Crone K. (2020): Powerfuels in a Renewable Energy World – Global volumes, costs and trading 2030 to 2050. LUT Universität und Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena). Lappeenranta, Berlino.

Royal Netherlands Aerospace Centre (2021): Destination 2050. Amsterdam.

Rojas Diego / Crone Kilian / Löchle Sebastian / Siegemund Stefan (2019): Global Alliance Powerfuels. Powerfuels in Aviation. Per l'Agenzia tedesca per l'energia. Berlino.

Schmidt Patrick / Weindorf Werner / Roth Arne / Batteiger Valentin / Riegel Florian (2016): Power-to-Liquids – Potentials and Perspectives for the Future Supply of Renewable Aviation Fuel. Per l'Ufficio federale dell'ambiente tedesco. Monaco.

Thomson Robert (2020): Electrically propelled aircraft development exceed 200 for the first time. Roland Berger Insights. Londra.

Transport & Environment (2022): Analysis of green jet fuel production in Europe. Bruxelles.

Treyer Karin / Sacchi Romain / Bauer Christian (2021): Life Cycle Assessment of synthetic hydrocarbons for use as jet fuel: «Power-to-liquid» and «Sun-to-liquid» processes. Paul Scherrer Institut (PSI), Villigen. Su incarico dell'UFAC.

Ufficio federale dell'ambiente (2013): Il diritto ambientale in breve. Sintesi del diritto federale in materia ambientale. Berna.

Ufficio federale dell'aviazione civile (2020): Faktenmaterial Elektrisches Fliegen. Ittigen.

Van Grinsven Anouk / van den Toorn Emiel / van der Veen Reinier / Kampman Bettina (2020): Used Cooking Oil (UCO) as biofuel feedstock in the EU. CE Delft. Delft.

WEF Clean Skies for Tomorrow (2020): Sustainable Aviation Fuels as a Pathway to Net-Zero Aviation. Insight Report. Colonia.

WEF Clean Skies for Tomorrow (2021): Sustainable Aviation Fuel Policy Toolkit. Colonia.

## Glossario

Bilancio di massa	Opzione commerciale che consente di mischiare forniture di materie prime con caratteristiche di sostenibilità differenti
Book & Claim	Opzione commerciale in cui il flusso di merce fisico è separato dal commercio con i certificati di sostenibilità
Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA)	Programma dell'ICAO basato sul mercato finalizzato a rendere lo sviluppo del traffico aereo internazionale dal 2020 neutrale sotto il profilo del CO <sub>2</sub>
Emissioni non CO <sub>2</sub>	Tutti gli effetti sul clima che non sono da ricondurre alle emissioni di CO <sub>2</sub> . Con ciò ci si riferisce non solo ai gas serra.
EU Emissions Trading Scheme (EU ETS)	Sistema europeo di scambio di quote di emissioni (ETS UE): strumento basato sul mercato in cui sono messi all'asta i diritti di emissione e collegato all'analogo sistema svizzero
Gas serra	Tutti i gas che contribuiscono all'effetto serra
Impianto di dimostrazione	Impianto in una fase di sviluppo successiva in cui si sperimentano aspetti sistemici di una tecnologia, solitamente in scala 1:1
Impianto pilota	Impianto in una fase di sviluppo iniziale in cui si valuta la fattibilità tecnica, solitamente dei soli sistemi parziali
International Civil Aviation Organisation (ICAO)	<b>L'Organizzazione Internazionale per l'Aviazione Civile ICAO</b> è un'agenzia specializzata dell'ONU con sede a Montreal.
Obbligo di miscelazione, quota di miscelazione	Obbligo legale di miscelazione di una determinata quota di carburanti sostenibili
Power-to-Liquid (PtL)	Tecnologie per la produzione di carburanti liquidi in cui la fonte di energia è costituita dall'elettricità
Road Map Sustainable Aviation svizzera (RMSA)	Studio su mandato dell'UFAM e dell'UFAC concernente la defossilizzazione del traffico aereo in Svizzera
SAF biogeni	<b>Carburanti sostenibili biogeni per l'aviazione</b> , il cui contenuto di energia proviene prevalentemente da fonti biogene
SAF sintetici	<b>Carburanti sostenibili sintetici per l'aviazione</b> , il cui contenuto di energia proviene prevalentemente da fonti non biogene
Saldo netto pari a zero	Equilibrio tra emissioni e assorbimento, perlopiù riferito al CO <sub>2</sub> o ad altri gas serra

Sistema svizzero di scambio di quote di emissioni (SSQE)	Strumento basato sul mercato in cui sono messi all'asta i diritti di emissione e collegato all'analogo sistema dell'UE
Sun-to-Liquid (StL)	Tecnologie per la produzione di carburanti liquidi in cui la fonte di energia diretta è costituita dall'energia solare
Sustainable Aviation Fuels (SAF)	Nell'ambito di questo rapporto i carburanti per l'aviazione che possono essere utilizzati in sostituzione dei carburanti per l'aviazione fossili, prodotti con materie prime ed energia da fonti rinnovabili e che rispettano determinati criteri di sostenibilità, sono denominati <b>carburanti sostenibili per l'aviazione</b> o SAF (Sustainable Aviation Fuels). Nella legislazione svizzera questi carburanti sono denominati «carburanti rinnovabili per l'aviazione» o per esteso «carburanti per l'aviazione da fonti rinnovabili»
Tecnologie a emissioni negative (NET)	NET è un termine generale che indica le tecnologie in grado di ridurre la concentrazione di CO <sub>2</sub> nell'atmosfera.

## Abbreviazioni

ETS UE	(European Union) Emission Trading Scheme, Sistema europeo di scambio di quote di emissioni, UE
GES	Gas (a effetto) serra
NET	Tecnologie a emissioni negative
PtL	Power-to-Liquid, carburanti sintetici sostenibili prodotti a partire da energia elettrica rinnovabile
SAF	Sustainable Aviation Fuel(s), carburanti sostenibili per l'aviazione
SSQE	Sistema svizzero di scambio di quote di emissioni
StL	Sun-to-Liquid, carburanti sintetici sostenibili prodotti con l'energia solare