

Kompensacja i redukcja emisji dwutlenku węgla w lotnictwie międzynarodowym

Compensation and reduction of carbon dioxide emissions in international aviation



Eryk Kłopotowski

Mgr

Transworld Communications

erykk@icloud.com



Leszek Cwojdziański

Dr hab. inż. pil.

Airbus Poland S.A.

samolot221@wp.pl

Streszczenie: Zrównoważony rozwój, czyli spójność postępu gospodarczego i społecznego z ochroną środowiska, to cele, które należy osiągnąć w drodze do zapobieżenia globalnej degradacji środowiska. Redukcja emisji szkodliwych związków i hałasu jest aktualnym problemem poruszonym w różnych branżach gospodarki. Za pośrednictwem Organizacji Międzynarodowego Lotnictwa Cywilnego (ang. ICAO International Civil Aviation Organization) sektor lotniczy na całym świecie jest zaangażowany w wypełnianie swoich zobowiązań w zakresie redukcji emisji szkodliwych związków do atmosfery przez statki powietrzne. Pomimo dynamicznego rozwoju sektora bezzałogowych statków powietrznych lotnictwo załogowe pozostaje wiodącym środkiem transportu osobowego i towarowego w lotnictwie cywilnym. Wobec emisji związków negatywnie oddziałujących na środowisko naturalne przez samoloty, na poziomie światowym za niezbędne uznano podjęcie kroków zmierzających do realnego ograniczenia destrukcyjnego dla natury funkcjonowania lotnictwa. Organizacja Międzynarodowego Lotnictwa Cywilnego (ICAO) opracowała program wprowadzający nowe podejście do ograniczania negatywnych skutków dla środowiska naturalnego pod nazwą CORSIA (ang. Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation). W artykule przedstawiono zasady jego działania oraz realizacji, a także fazy projektu. Wskazano praktyczny wpływ programu CORSIA na operatorów statków powietrznych oraz przykładowe koszty dla operatorów związane z realizacją projektu. Poruszony został również aspekt wzajemnego współistnienia dla programu CORSIA i unijnego systemu handlu uprawnieniami do emisji CO₂ (EU-ETS). Europejski System Handlu Emisjami – znany także jako „wspólnotowy rynek uprawnień do emisji dwutlenku węgla” lub system ETS. Jest pierwszym, do 2017 r. największym a obecnie największym po Chinach systemem handlu emisjami CO₂ na świecie.

Słowa kluczowe: CORSIA, EU ETS, CO₂; Emisja; Lotnictwo cywilne; Zrównoważony rozwój lotnictwa

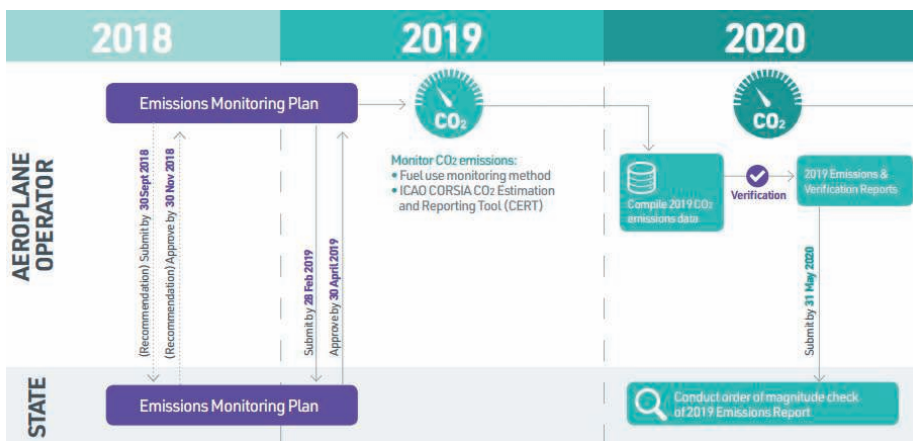
Abstract: Sustainable development, i.e. the coherence of economic and social progress with environmental protection, are goals that must be achieved in order to prevent global environmental degradation. Reducing the emission of harmful compounds and noise is a current problem raised in various sectors of the economy. Through the ICAO International Civil Aviation Organization, the aviation sector worldwide is committed to meeting its commitments to reduce air emissions from aircraft. Despite the dynamic development of the unmanned aerial vehicle sector, manned aviation remains the leading means of passenger and cargo transport in civil aviation. In view of the emission of compounds having a negative impact on the environment by airplanes, it was deemed necessary at the global level to take steps aimed at a real limitation of the functioning of aviation, which is destructive to the nature. The International Civil Aviation Organization (ICAO) has developed a program that introduces a new approach to reducing negative effects on the environment called CORSIA (Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation). The article presents the principles of its operation and implementation, as well as the project phases. The practical impact of the CORSIA program on aircraft operators and examples of costs for operators related to the implementation of the project were indicated. The aspect of mutual coexistence for the CORSIA program and the EU CO₂ emissions trading system (EU-ETS) was also raised. European Emissions Trading Scheme - also known as the "Community carbon market" or the ETS. It is the first, by 2017, the largest and currently the largest, after China, CO₂ emissions trading system in the world.

Keywords: CORSIA, EU ETS, CO₂; Emission; Civil aviation; Sustainable development of aviation

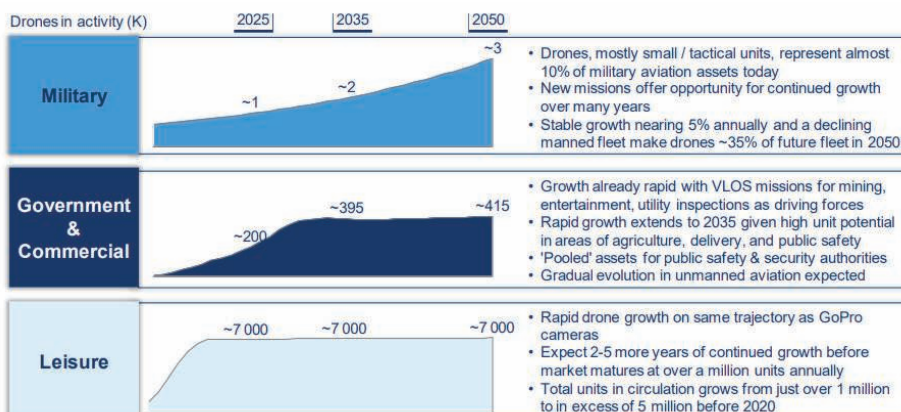
W 2016 r. lotnictwo odpowiadało za 3,6% całkowitej emisji gazów cieplarnianych w UE-28 oraz za 13,4% emisji z transportu, co czyni lotnictwo drugim najważniejszym źródłem emisji gazów cieplarnianych z transportu po ruchu drogowym. Emisje gazów cieplarnianych z lotnictwa w UE wzrosły ponad dwukrotnie od 1990 r., kiedy stanowiły 1,4% całkowitych emisji. Wraz ze

spadkiem emisji ze źródeł innych niż transportowe emisje z lotnictwa stają się coraz bardziej znaczące. Lotnictwo europejskie odpowiadało za 20% światowych emisji CO₂ w 2015 r. Lotnictwo jest również ważnym źródłem zanieczyszczeń powietrza, zwłaszcza tlenkami azotu (NOx) i cząstek stałych (PM ang. particulate mater). W 2015 r. odpowiadało za 14% wszystkich

emisji NOx z transportu w UE i za 7% całkowitej emisji NOx w UE. W wartościach bezwzględnych emisje NOx z lotnictwa podwoiły się od 1990 r., a ich względny udział zwiększył się czterokrotnie, ponieważ inne sektory gospodarki osiągnęły znaczne redukcje. Emisje tlenku węgla (CO) i tlenków siarki (SOx) z lotnictwa również wzrosły od 1990 r., podczas gdy emisje z większo-



1. Wymagania monitoringu emisji CO₂ 2018-2020, Źródło: [5]



2. Całkowita wielkość floty dronów (prognoza do 2050 r.), Źródło: [4]

Drony – prognozowana wielkość rynku

Wielkość rynku ze względu na typ odbiorcy



3. Prognozy dla rynku dronów w Polsce - Wartość rynku dronów z podziałem na różne branże na podstawie danych Ministerstwa Infrastruktury, Źródło: [8]

ści innych środków transportu spadły. Wykorzystanie zrównoważonego paliwa lotniczego jest obecnie minimalne i prawdopodobnie pozostanie ograniczone w krótkim okresie. Zrównoważone paliwa lotnicze mogą wnieść istotny wkład w łagodzenie obecnego i oczekiwanego przyszłego wpływu lotnictwa na środowisko. Istnieje zainteresowanie „elektropaliwami”, które potencjalnie stanowią bezemisyjne

paliwa alternatywne. Jednak kilka projektów badawczo - demonstracyjnych w tym zakresie zostało przerwanych z powodu wysokich kosztów produkcji i długiego czasu wymaganego dla powszechnego zastosowania tych rozwiązań. Paliwa muszą być certyfikowane, aby mogły być używane w lotach komercyjnych. UE ma potencjał do zwiększenia swojej zdolności produkcyjnej biopaliwa lotniczego,

ale absorpcja przez linie lotnicze pozostaje ograniczona z powodu różnych czynników, w tym kosztów w stosunku do konwencjonalnego paliwa lotniczego i niskiego priorytetu w większości krajowych polityk w zakresie bioenergii. Regularne loty z wykorzystaniem mieszanek biopaliwa lotniczego są już wykonywane z kilku lotnisk w UE, aczkolwiek przy bardzo niskim odsetku całkowitego przyrostu wykorzystania tego rodzaju paliwa. Ostatnie zmiany w polityce środowiskowej i inicjatywy branżowe mają na celu wywarcie pozytywnego wpływu na absorpcję zrównoważonych paliw lotniczych w Europie.

Na przestrzeni ostatniego ćwierć wieku międzynarodowe lotnictwo pasażerskie powiększyło się trzykrotnie a długoterminowe prognozy na przyszłość przewidują podobny poziom wzrostu na kolejne 25 lat. Rozwój lotnictwa przynosi znaczne korzyści zarówno gospodarkom narodowym jak i gospodarce europejskiej oraz światowej, co równocześnie pociąga za sobą odpowiednio większe negatywne skutki społeczne i środowiskowe.

Zgodnie z zapisami od 1 stycznia 2019 r. wszyscy operatorzy samolotów będą zobowiązani do monitorowania emisji CO₂ z lotów międzynarodowych

Alternatywę dla lotnictwa załogowego generującego hałas i zanieczyszczenie, stanowią bezałogowe statki powietrzne (drony). Wskazuje się, że sektor BSP to najbardziej dynamicznie rozwijający się sektor w lotnictwie w ostatniej dekadzie. Ważnym czynnikiem tego stanu jest powszechny dostęp do dronów dla szerokiej rzeszy społeczeństwa oraz ich przystępność cenowa. Wykorzystywanie BSP zarówno w celach komercyjnych, jak i rekreacyjnych stale rośnie. Szacuje się, że do 2035 roku europejski rynek dronów będzie generował dochód 10 mld euro rocznie.

Prognozy polskiego Ministerstwa Infrastruktury również wskazują na sukcesywny wzrost wielkości rynku

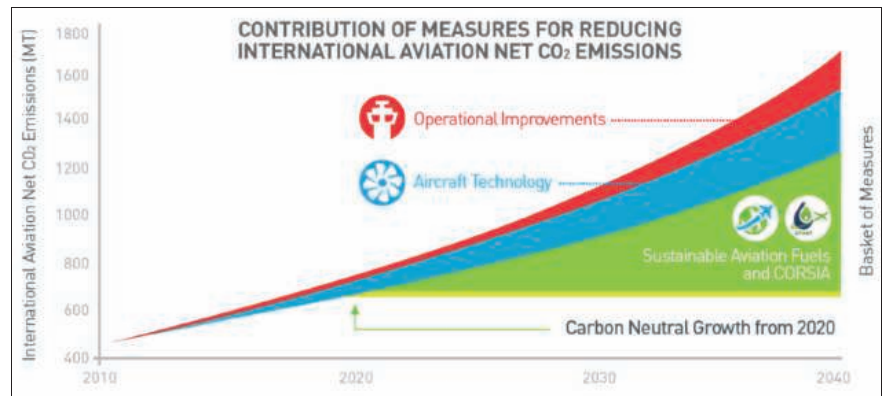
bezzałogowych statków powietrznych oraz jego znaczenia dla gospodarki narodowej i realnego wpływu na kształtowanie pozycji Polski jako dynamicznie rozwijającego się ośrodka europejskiego w technologiach z zakresu dronów.

Pomimo znaczącego ograniczenia wpływu niekorzystnych skutków dla środowiska naturalnego poprzez zastąpienie załogowych statków powietrznych lotnictwem bezzałogowym oraz szybkiego rozwoju sektora dronów nie przewiduje się możliwości zrównania udziału w operacjach lotniczych obu rodzajów statków powietrznych. Z uwagi na zgłaszany społecznie poziom popytu na ruch lotniczy, zdolności przewozowe załogowych statków powietrznych oraz ograniczenia dronów niezbędna jest zrównoważona polityka lotnicza, w której priorytetem jest ograniczenie negatywnych skutków dla środowiska.

Dominujący obecnie dyskurs dotyczący ekologicznej modernizacji lotnictwa z naciskiem na technologię i odpowiedzialne zarządzanie środowiskiem, stanowią tło dla utrzymania korzyści ekonomicznych płynących z sektora lotniczego. Wobec wymagań ograniczenia uciążliwości samolotów opracowany został międzynarodowy program CORSIA, czyli Program Kompensacji i Redukcji Węgla dla Lotnictwa Międzynarodowego.

ICAO uzgodniła dwa aspiracyjne cele dla międzynarodowego sektora lotniczego (rysunek 3):

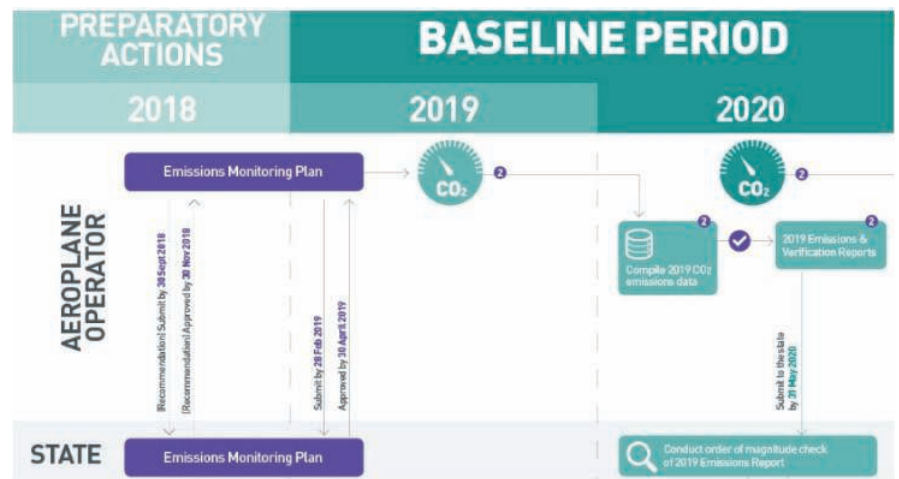
- 2% roczna poprawa efektywności paliwowej do 2050 r.
- wzrost neutralny pod względem emisji dwutlenku węgla od 2020 r. (CNG 2020)
- ICAO zidentyfikowała następujące obszary, które mogą przyczynić się:
 - do osiągnięcia globalnych celów aspiracyjnych:
 - technologia i standardy związane z samolotami
 - ulepszone zarządzanie ruchem



4. Wkład środków na rzecz redukcji emisji NET CO₂ w lotnictwie międzynarodowym, Źródło: [7]



5. Diagram okresu wdrażania programu CORSIA, Źródło: [6]



6. Schemat okresu bazowego wprowadzania CORSIA, Źródło: [6]

- lotniczym i usprawnienia operacyjne
- rozwój i wdrażanie zrównoważonego paliwa lotniczego
- CORSIA.

Nowa metodologia ograniczania emisji pod nazwą CORSIA, to system wprowadzony przez ICAO o charakterze globalnym. Celem CORSIA jest pomoc w rozwiązaniu problemu corocznego wzrostu całkowitej emisji CO₂ z międzynarodowego lotnictwa cywilnego.

Pierwsze wydanie załącznika 16 ICAO, tom IV, w którym zawarta jest CORSIA, zostało przyjęte przez Radę ICAO w dniu 27 czerwca 2018 r. i weszło w życie 1 stycznia 2019 r., jak okre-

ślono w uchwale w sprawie przyjęcia. Głównym celem mechanizmu jest utrzymanie od 2021 roku zerowego przyrostu emisji CO₂ w cywilnym lotnictwie międzynarodowym, w stosunku do emisji z lat 2019-2020. Zobowiązania kompensacji i redukcji emisji CO₂ zaczęły obowiązywać w 2021 roku, jednak pierwsze obowiązki po stronie przewoźników lotniczych oraz państw zaczęły obowiązywać już w 2019 roku i dotyczyły m.in. monitorowania emisji. Zgodnie z przyjętymi rozwiązaniami, uczestnikami mechanizmu są operatorzy lotniczy wykonujący przewóz międzynarodowy statkami powietrznymi o maksymalnej masie startowej (MTOM) powyżej 5700 kg, emitujący więcej niż 10.000 ton CO₂

Tab. 1. Fazy wdrożenia

Faza pilotażowa 2021-2023	Dobrowolna Linia bazowa: średnia 2019-2020 Potrącenie roczne stosuje się do: 2020 lub danego roku (państwa mogą wybrać dowolnie) Wymogi kompensowania: 100% stawka sektorowa
Pierwsza faza 2024-2026	Dobrowolna Linia bazowa: średnia 2019-2020 Potrącenie roczne stosuje się do: danego roku Wymogi kompensowania: 100% stawka sektorowa
Druga faza 2027-2035	Obowiązkowa Linia bazowa: średnia 2019-2020 Potrącenie roczne stosuje się do: danego roku Wymogi kompensacyjne: co najmniej 20% stawka indywidualna od 2030 r., co najmniej 70% od 2033 r.

rocznie, z wyłączeniem lotów humanitarnych, medycznych oraz przeciwpożarowych. CORSIA obejmuje 3 fazy wdrażania (rysunek 4) projektu oraz monitoring ze wskazaniem okresów odniesienia.

Okres bazowy

Zgodnie z rysunkiem 6, począwszy od 1 stycznia 2019 r., wszyscy operatorzy statków powietrznych są zobowiązani do monitorowania emisji CO₂ z lotów międzynarodowych (wyłącznie). Operatorzy statków powietrznych muszą monitorować i zgłaszać zużycie paliwa z lotów międzynarodowych w celu określenia rocznych emisji CO₂, zgodnie z kwalifikowalną metodą moni-

rowania zatwierdzoną przez państwo, do którego jest przypisana. Aby uprościć szacowanie i raportowanie emisji CO₂ z lotów międzynarodowych operatorom o niskim poziomie aktywności w zakresie spełniania swoich wymagań dotyczących monitorowania i raportowania, ICAO opracowała narzędzie szacowania i raportowania emisji CO₂ CORSIA (CERT).

CERT wspiera operatorów statków powietrznych na dwa sposoby: szacowanie emisji CO₂ oraz wypełnianie szablonów Planu Monitorowania Emisji i Raportu Emisyjnego. CERT wspiera również wszystkich operatorów statków powietrznych w ustalaniu, czy ich emisje CO₂ są poniżej progu zwolnienia z wymogów sprawozdawczych

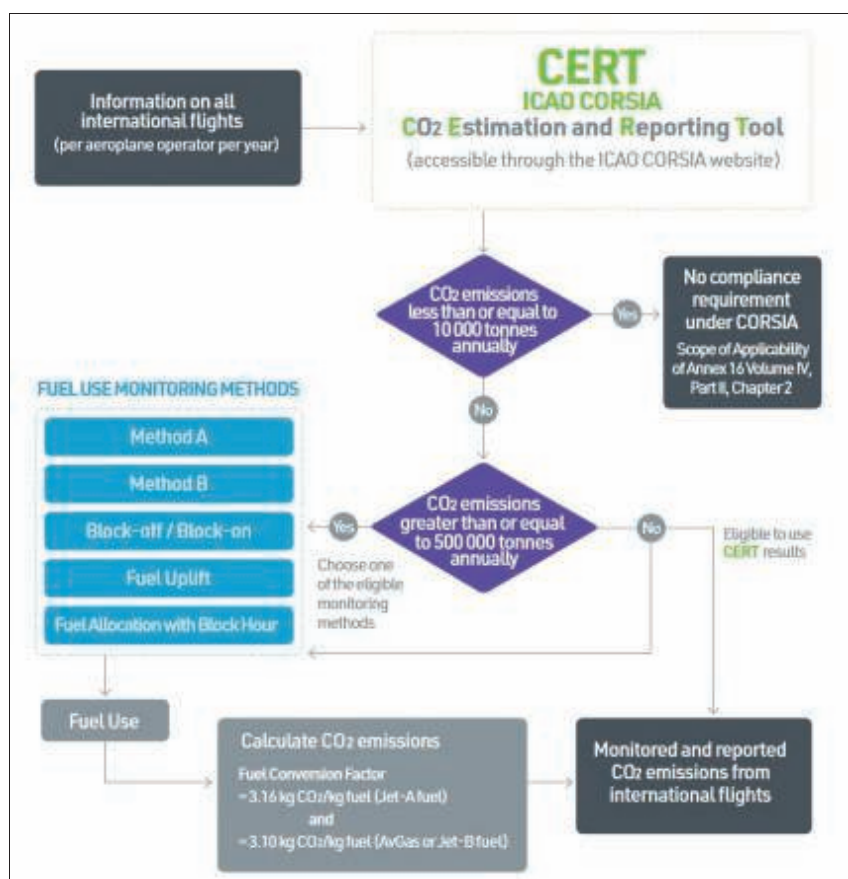
CORSIA (≤ 10 000 ton CO₂ rocznie). Operatorzy statków powietrznych, którzy emitują co najmniej 500 000 ton CO₂ rocznie w latach 2019 i 2020 z lotów międzynarodowych, nie są uprawnieni do korzystania z CERT do monitorowania i raportowania emisji i muszą wybrać jedną z pięciu kwalifikujących się metod monitorowania zużycia paliwa (pięć metod jest równoważnych i nie ma hierarchii wyboru metody) Funkcjonalność CERT jest bardzo podobna do narzędzia Small Emitters Tool stosowanego w EU ETS.

Plan monitorowania emisji jest narzędziem współpracy pomiędzy państwem a operatorem statku powietrznego, który identyfikuje najbardziej odpowiednie metody monitorowania emisji CO₂ i operatora – specyficzne podstawowe i ułatwia raportowanie wymaganych informacji do państwa.

Opracowanie Planu Monitorowania Emisji składa się z trzech następujących kroków:

1. Przygotowanie i przedłożenie – operator statku powietrznego przedkłada plan monitorowania emisji do konsultacji i przeglądu przez państwo, do którego jest przypisany.
2. Przegląd i zatwierdzenie – państwo dokonuje przeglądu i zatwierdza Plan Monitoringu Emisji
3. Korekty i aktualizacje – operator statku powietrznego ponownie przedkłada Plan Monitorowania Emisji do przeglądu i zatwierdzenia przez państwo, jeśli w informacjach zawartych w Planie Monitorowania Emisji zostanie dokonana istotna zmiana.

Po przeprowadzeniu przez operatora statku powietrznego monitorowania zużycia paliwa zgodnie z zatwierdzonym planem monitorowania emisji, emisje CO₂ należy obliczyć na podstawie spalania paliwa. ICAO CORSIA CERT automatycznie szacuje emisje CO₂. Operator statku powietrznego stosujący jedną z metod monitorowania zużycia paliwa powinien obliczyć



7. Schemat drzewa decyzyjnego dla monitorowania emisji (2019-2020), Źródło: [1]

własną emisję CO₂ za pomocą następującego równania:

$$CO_2 = \sum M_f \cdot FCF_f$$

Emisje CO₂ = Masa (M) paliwa · Konwersja paliwa

Współczynnik (FCF) danego rodzaju paliwa Współczynnik konwersji paliwa:

- 3,16 kg CO₂/kg paliwa dla paliwa Jet-A
- 3,10 kg CO₂/kg paliwa dla paliwa AvGas lub Jet-B

Zgodnie z tabelą 1, pierwsza część wdrożenia jest dobrowolna (2021-2026) i składa się z fazy pilotażowej (2021-2023) i pierwszej fazy (2024-2026). Druga część jest obowiązkowa i nosi nazwę druga faza (2027-2029, 2030-2032, 2033-2035). Wymogi dotyczące kompensacji muszą być spełnione co 3 lata po każdym cyklu zgodności).

Operatorzy statków powietrznych muszą monitorować, weryfikować i zgłaszać zużycie paliwa zgodnie z zatwierdzonym planem monitorowania. Ich roczne wymagania dotyczące kompensacji emisji są obliczane przez dane państwo.

Weryfikacja danych dotyczących emisji CO₂ w CORSIA prowadzona jest przez agencje weryfikacyjne (weryfikator). Operatorzy statków powietrznych muszą zaangażować weryfikatora będącego stroną trzecią w celu weryfikacji swojego rocznego raportu dotyczącego emisji CO₂. Weryfikacja jest niezależną procedurą, która służy do sprawdzania, czy produkt, usługa lub system spełnia wymagania i specyfikacje oraz spełnia swoje przeznaczenie. Weryfikacja zapewnia, że raport końcowy przedłożony państwu jest zadowalający. Zaleca się wewnętrzną weryfikację wstępną.

CORSIA weryfikacja mierzonych wartości i procesu

Weryfikacja danych dotyczących emisji CO₂ w CORSIA prowadzona jest przez agencje weryfikacyjne (weryfikator). Operatorzy statków powietrznych muszą zaangażować weryfikatora będącego stroną trzecią w celu weryfikacji swojego rocznego raportu dotyczącego emisji. Weryfikacja jest niezależną procedurą, która służy do sprawdzania, czy produkt, usługa lub system spełnia wymagania i specyfikacje oraz spełnia swoje przeznaczenie.

Weryfikacja zapewnia, że raport końcowy przedłożony Państwu jest zadowalający. Zaleca się wewnętrzną weryfikację wstępną. Operator statku powietrznego musi zaangażować weryfikatora akredytowanego przez stronę trzecią.

Wymogi kompensacyjne CORSIA

1. Państwo oblicza wymogi kompensacyjne przypisane rocznym emisjom operatora statku powietrznego

Roczne emisje operatora x Czynniki wzrostu = Wymagania dotyczące kompensacji CO₂

W danym roku od 2021 r. Czynnikiem Wzrostu jest procentowy wzrost ilości emisji w stosunku do wartości bazowej i jest obliczany przez ICAO. Współczynnik Wzrostu zmienia się co roku, biorąc pod uwagę zarówno wzrost emisji sektora, jak i poszczególnych operatorów.

2. Operator zgłasza stosowanie zrównoważonych paliw lotniczych (SAF - ang. Sustainable Aviation Fuels) przez trzyletni okres zgodności.
3. Państwo wylicza korzyści wynikające ze stosowania JPK i informuje operatora o swoich ostatecznych wymogach w zakresie kompensacji emisji CO₂ na trzyletni okres zgodności.
4. Operator kupuje i anuluje kwalifi-

kujące się jednostki emisji odpowiadające jego ostatecznym wymaganiom kompensacji CO₂ za okres zgodności.

- Generuj: projekty redukcji emisji generują jednostki emisji.
- Zakup: jednostki emisji są kupowane na rynkach emisji dwutlenku węgla za podstawową tonę

1 jednostka emisji = 1 tona CO₂
= 1 przesunięcie

- Anuluj: Operatorzy anulują jednostki emisji kwalifikujące się do CORSIA. Anulowanie odbywa się w rejestrze wyznaczonym przez CORSIA Emission Unit Program.
- Opublikuj: Operatorzy przekazują dane każdego samolotu kwalifikującego się do programu CORSIA

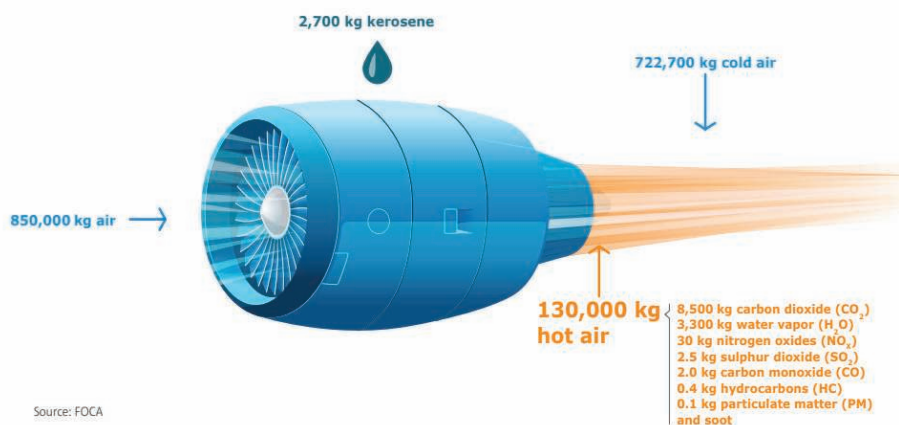
Rejestr Programu Jednostek Emisji w celu uwidocznienia informacji o anulowaniu na ogólnodostępnej stronie internetowej rejestru.

5. Operator dostarcza zweryfikowany Raport Anulowania Jednostek Emisji do państwa, które sprawdza Raport i informuje ICAO.

Jednostki emisji (przesunięcia) reprezentują redukcję emisji wygenerowaną przez realizację projektów w innym miejscu. Są one generowane przez każdy projekt/mechanizm/schemat. Generowanie Jednostek Emisji jest obliczane jako różnica pomiędzy produkcją emisji w scenariuszu biznes jak zwykle (business-as-usual) i po wdrożeniu projektu redukcyjnego.

Projekty redukcji emisji generują jednostki emisji, które są przedmiotem obrotu na rynku emisji dwutlenku węgla w taki sam sposób, jak inne towary. Jednostki emisji są sprzedawane w przeliczeniu na tonę. Podaż i popyt jednostek emisyjnych będą miały wpływ na ceny jednostek.

Ramy czasowe kompensacji:



8. Emisje z typowego dwusilnikowego samolotu odrzutowego podczas godzinowego lotu ze 150 pasażerami na pokładzie, Źródło: [3]

2019 – 2020 - Brak wymagań dotyczących kompensacji, wszystkie państwa „uczestniczą”
 2021 – 2026 - Udział dobrowolny
 2027 – 2035 - Obowiązkowe uczestnictwo państw o wysokiej aktywności lotniczej

Wpływ CORSIA na operatorów statków powietrznych

Podobny system co CORSIA jest obecnie stosowany w UE – unijny system handlu uprawnieniami do emisji EU ETS (ang. European Union Emissions Trading Scheme) jako podstawa polityki UE w zakresie zmian klimatycznych i kluczowe narzędzie opłacalnej redukcji emisji gazów cieplarnianych. Ten europejski system opiera się na zasadzie i zasadach innych niż CORSIA. Zakres EU ETS pozostaje niezmienny do 2023 r. Nowy szablon planu monitorowania wspólny dla EU ETS i CORSIA nie jest obecnie dostępny, co oznacza niepewność europejskich operatorów statków powietrznych, czy systemy nie zostaną zduplikowane w ramach jednej operacji. Pogorszyłoby to znacznie działalność głównie europejskich operatorów statków powietrznych w porównaniu z operatorami z innych części świata. Kolejnym problemem jest przewidywanie kosztów. Podobnie jak w przypadku EU ETS, w ramach CORSIA trudno będzie oszacować koszty programów offsetowych w określonym okresie (co

3 lata).

EU ETS funkcjonuje w cyklach rocznych – obliczana jest ilość uwolnionego CO₂ i tworzony jest raport. Raport jest następnie weryfikowany przez agencję weryfikacyjną. Na początku każdego roku operator statku powietrznego musi złożyć raport za poprzedni rok, na podstawie którego określana jest ilość potrzebnych uprawnień do emisji. Do końca kwietnia przewoźnik musi mieć na koncie uprawnienia i je oddać. Ten proces jest trudniejszy w CORSIA. Od 2021 roku ustalono cykle trzyletnie. Wartość bazową określającą ustala się na lata 2019 i 2020. W okresie 2021–2023 operatorzy statków powietrznych muszą zgłaszać dane dotyczące wzrostu CO₂ w porównaniu do poziomu bazowego. Następnie dane należy zweryfikować i przesłać do ICAO, która przetworzy je przez rok. Ilość offsetów, które trzeba będzie kupić, będzie znana w 2025 roku. Procedura ta jest następnie powtarzana regularnie do 2035 roku.

Jeżeli operatorzy statków powietrznych nie będą stale tworzyć rezerw finansowych powyżej tych kosztów, mogą mieć problemy ze spłatą swoich zobowiązań (zaangażowanie finansowe w programy offsetowe) w czasie, gdy konieczne jest uczestnictwo w programach offsetowych CORSIA.

Dla nowych operatorów statków powietrznych, którzy zostaną ustanowieni po 2020 r., ustanowiono inne zasady. Operatorzy ci nie ustalili żadnego

punktu odniesienia. Mają więc zasadę, że przez pierwsze trzy lata nic nie zapłacą za emisje, a po tych trzech latach zapłacą za wszystkie emisje. Nie tylko wzrost w stosunku do linii bazowej, jak ma to miejsce w przypadku obecnych przewoźników, którzy określą linię bazową na podstawie ilości emisji wyemitowanych w latach 2019–2020. W związku z tym wschodzący operatorzy statków powietrznych będą mieli przewagę nad już istniejącymi.

Emisje z samolotów

Główne zanieczyszczenia emitowane przez silniki lotnicze podczas eksploatacji to dwutlenek węgla (CO₂), tlenki azotu (NO_x), tlenki siarki (SO_x), niespalone węglowodory (HC), tlenek węgla (CO), cząstki stałe (PM) i sadza (rysunek 8).

Emisje CO₂ i NO_x wciąż rosną. Według danych zgłoszonych przez państwa członkowskie Ramowej Konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie Zmian Klimatu (UNFCCC), emisje CO₂ wszystkich lotów wylatujących z UE-28 i EFTA wzrosły z 88 do 171 mln ton (+95 %) w latach 1990–2016. Dla porównania, emisje CO₂ oszacowane za pomocą modelu IMPACT osiągnęły 163 mln ton (Mt) w 2017 r., czyli o 16% więcej niż w 2005 r. i o 10% więcej niż w 2014 r. W tym samym okresie średnie spalanie paliwa na pasażerokilometr dla samolotów pasażerskich, z wyłączeniem lotnictwa biznesowego, spadła o 24%. Zmniejszyło się to w średnim tempie 2,8% rocznie w latach 2014–2017. Ten wzrost wydajności nie był jednak wystarczający, aby zrównoważyć wzrost emisji CO₂ ze względu na wzrost liczby lotów, wielkości samolotu i przebytej odległości. Oczekuje się, że przyszłe emisje CO₂ w ramach bazowej prognozy ruchu i scenariusza zaawansowanej technologii wzrosną o dalsze 21%, aby w 2040 r. zareagować na 198 mln ton. Roczny zakup uprawnień przez operatorów statków powietrznych w ramach unijnego systemu handlu uprawnieniami do emisji

(ETS) od 2013 r. spowodował redukcja o 27 Mt emisji CO₂ netto w 2017 roku, która powinna wzrosnąć do około 32 Mt do 2020 roku.

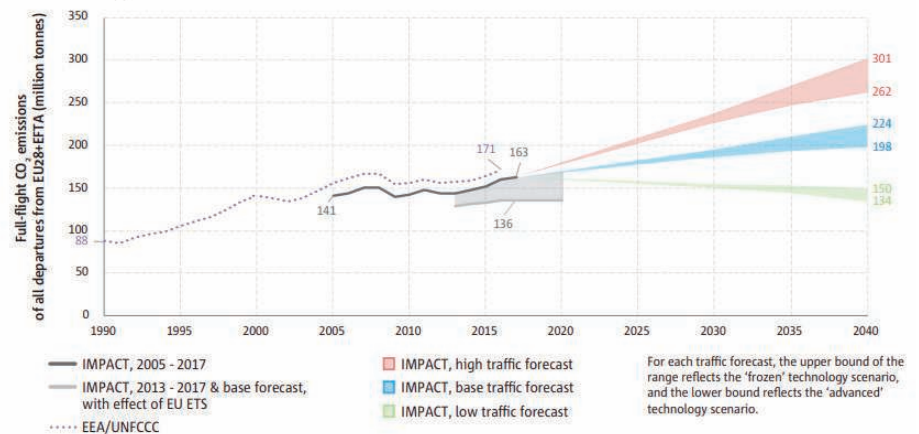
Emisje NO_x wykazywały w ostatnich latach silniejszą tendencję wzrostową niż CO₂. Wzrosły one z 313 do 700 tys. ton w latach 1990-2016 zgodnie z danymi Konwencji o Transgranicznym Zanieczyszczeniu Powietrza (CLRTAP) Europejskiej Komisji Gospodarczej ONZ, a o 25% w latach 2005-2017 według szacunków z modelu IMPACT. W przeciwieństwie do trendu CO₂, prognozy wskazują, że scenariusz zaawansowanej technologii NO_x w silnikach może prowadzić do tendencji spadkowej po 2030 r. Jednak emisje NO_x nadal osiągną poziom około 1 miliona ton w 2040 r. zgodnie z bazową prognozą ruchu (+45% w porównaniu z 2005 r.).

Wpływ pandemii COVID i drastycznych ograniczeń na podróże lotnicze miał pozytywny wpływ na poziom emisji zanieczyszczeń do środowiska. Pomimo tej zalety nie można mówić o innym korzystnym wpływie czasu ograniczeń dla mobilności lotniczej wywołanej COVID. Tym samym dane przedstawiające poziom ruchu lotniczego w okresie do 2020 roku mogą zostać uznane za optymalną próbę dla prowadzenia analiz w kontekście przyszłości zmian na rynku lotniczym.

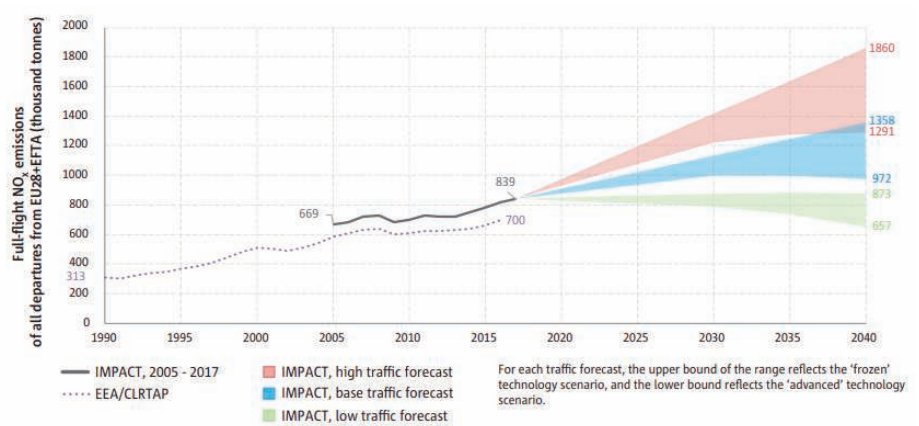
Przykłady aktualnego kosztu uprawnień do emisji i przyszłych kosztów dla nich.

Koszt uprawnień do emisji na godzinę lotu samolotu typu Boeing 737 800: Z jednej tony spalonego paliwa samolotu B738 uwalniane jest 3,15 tony CO₂. Na godzinę lotu zużywa się średnio 2,45 tony paliwa. W ciągu godziny lotu emitowanych jest ponad 7,7 ton CO₂. Cena uprawnień wynosi obecnie około 25 EUR za tonę CO₂. Koszt jednej godziny lotu to obecnie 193EUR tylko na uprawnieniach do emisji.

Porównanie kosztów uprawnień do emisji z ceną paliwa (Boeing 737 800):



9. Emisje CO₂ z lotnictwa w latach 1990 - 2040, Źródło: [2]



10. Emisje NO_x, Źródło: [2]

Średnia cena paliwa wynosi teraz 750 USD za tonę. Koszty uprawnień do emisji wynoszą obecnie około 78 EUR za tonę paliwa = około 87 USD. W ciągu ostatnich 3 lat cena uprawnień do emisji wzrosła 5 razy. Teraz koszt uprawnień do emisji wynosi 1/7 ceny paliwa. Jeżeli uprawnienia do emisji będą nadal rosły w tym tempie, koszt uprawnień do emisji może w ciągu kilku lat osiągnąć 1/2 ceny paliw. To spory koszt, który musi przełożyć się na cenę biletów lotniczych.

Biopaliwa lotnicze

Amerykańskie Stowarzyszenie Badań i Materiałów (ASTM International, wcześniej American Society for Testing and Materials) opracowało standardy zatwierdzania nowych biopaliw lotniczych, a obecnie sześć ścieżek produkcji zostało certyfikowanych do mieszania z konwencjonalnym paliwem lotniczym. Obejmują one:

- FT-SPK (ang. Fischer-Tropsch Synthetic Paraffinic Kerosene), syntetyczna nafta parafinowa Fischera-Tropscha. Biomasa jest przetwarzana na gaz syntetyczny, a następnie na biopaliwo lotnicze. Maksymalny stosunek mieszania to 50%.
- FT-SPK/A to odmiana FT-SPK, w której alkilowanie lekkich związków aromatycznych tworzy mieszkankę węglowodorów zawierającą związki aromatyczne. Maksymalny stosunek mieszania to 50%.
- HEFA (ang. Hydroprocessed Fatty Acid Esters and Free Fatty Acid) uwodornione estry kwasów tłuszczowych i wolne kwasy tłuszczowe). Surowce lipidowe, takie jak oleje roślinne, zużyte oleje spożywcze, łój itp., są przekształcane za pomocą wodoru w ekologiczny olej napędowy, który można dalej rozdzielać w celu uzyskania biopa-

liwa lotniczego. Maksymalny stosunek mieszania to 50%.

- HFS-SIP (ang. (Hydroprocessing of Fermented Sugars - Synthetic Iso-Paraffinic kerosene) hydroprzetwarzanie cukrów fermentowanych - syntetyczna nafta izoparafinowa). Za pomocą zmodyfikowanych drożdży cukry są przekształcane w węglowodory. Maksymalny stosunek mieszania to 10%.
- ATJ-SPK (ang. Alcohol-to-Jet Synthetic Paraffinic Kerosene) syntetyczna nafta parafinowa z alkoholem do przekształcania alkoholi, takich jak izobutanol, w węglowodór stosuje się odwodnienie, oligomeryzację i hydroprzetwarzanie. Maksymalny stosunek mieszania to 50%.
- Współprzetwarzanie Biosurówka do 5% objętości surowca lipidowego w procesach rafinacji ropy naftowej. Ta ścieżka została zatwierdzona w kwietniu 2018 r. i dodana do załącznika A1 normy ASTM D1655, Standardowa specyfikacja paliw do turbin lotniczych.

Dodatkowe ścieżki są obecnie w trakcie procesu certyfikacji ASTM. Określenie poziomu dojrzałości dostępnych ścieżek produkcji biopaliw lotniczych, zarówno z technologicznego jak i komercyjnego punktu widzenia jest dużym wyzwaniem. Pomimo dynamiki sektora, tylko kilka ścieżek z certyfikatem ASTM dostarcza paliwo na skalę komercyjną. Dojrzałość technologiczną każdej ścieżki produkcyjnej można określić za pomocą poziomu gotowości technologicznej - TRL, który waha się od 1 dla podstawowych pomysłów do 9 dla rzeczywistego systemu sprawdzonego w środowisku operacyjnym. Oprócz gotowości technologicznej, komercyjny rozwój określonego paliwa może być: różny ze względu na różnorodne czynniki (np. kwestie certyfikacji, kwestie kosztów). W celu lepszego wyjaśnienia

postępów określonej ścieżki produkcji paliwa w kierunku pełnej komercjalizacji amerykańska inicjatywa paliw alternatywnych dla lotnictwa komercyjnego opracowała system poziomu gotowości paliwa (FRL), który został zatwierdzony przez ICAO. FRL również waha się od 1 dla podstawowych pomysłów do 9 dla ustalonych zdolności produkcyjnych, ale jest dostosowany do zatwierdzania międzynarodowych standardów paliwa lotniczego.

Podsumowanie

Na podstawie aktualnych obliczeń CORSIA byłaby „tańsza” dla europejskich operatorów statków powietrznych w porównaniu do EU ETS (dane liczone od offsetów, które są obecnie na rynku). Ponieważ EU ETS jest programem korzystnym finansowo dla UE, nie przewiduje się całkowitego zniesienia tego systemu. System ten służy do finansowania programów środowiskowych w poszczególnych krajach UE. Program CORSIA autorstwa ICAO wciąż pozostawia rodzi pytań, pozostających bez odpowiedzi, np. czy będzie wystarczająca liczba zatwierdzonych programów offsetowych, czy też weryfikacja programów offsetowych nie będzie nadużywana w krajach o słabej kontroli wewnętrznej. Oczywiście istnieje zapotrzebowanie na system taki jak CORSIA, który zacznie zajmować się ilością zwiększonej emisji CO₂ nie tylko w UE, ale na całym świecie. Tylko postęp technologiczny (np. rozwój silników o niższym zużyciu paliwa) nie powstrzyma oczekiwanego wzrostu CO₂.

Jednocześnie zapaść w branży lotniczej wywołaną pandemią COVID, kłopoty finansowe wielu podmiotów lotniczych oraz konsekwencje spłotu wielu czynników ograniczających możliwość rozwoju i kreowania wzrostu potencjału dla redukcji wpływu lotnictwa na środowisko, oddaliły perspektywę zmian. Niezbędny jest powrót do poziomu ruchu lotniczego i odrobienie poniesionych strat, aby

realnie wdrażać rozwiązania, technologie i biopaliwa lotnicze na szeroką skalę, bo tylko taka droga może zagwarantować realne zmiany wpływu lotnictwa na środowisko naturalne. ◀

Materiały źródłowe

- [1] Carbon offsetting and reduction scheme for international aviation (corsia), <https://www.icao.int/environmentalprotection/CORSIA/Pages/default.aspx>
- [2] European Aviation Environmental Report 2019, s. 23
- [3] European Aviation Safety Agency. European Aviation Environmental Report. 2019; s. 112.
- [4] European Drones Outlook Study Unlocking the value for Europe, SESAR European Drones Outlook Study, 2016, s.10
- [5] <https://www.icao.int/environmental-protection/CORSIA/Documents/CORSIA%20Leaflets/CorsiaLeaflet-EN-2-WEB.pdf>
- [6] ICAO, CORSIA CO2 Information Flow and Registry System Practical Demonstration on Actions and Timelines, https://www.icao.int/Meetings/RS2018/Documents/4_2_Practical%20Demonstration%20on%20Actions%20and%20Timelines%20to%20Prepare%20for%20CORSIA%20Implementation.pdf
- [7] Introduction to the ICAO Basket of Measures to Mitigate Climate Change, ICAO, s. 112 https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/Environmental-Reports/2019/ENVReport2019_pg111-115.pdf
- [8] Państwo 2.0. Drony siłą napędową polskiej gospodarki, <https://www.computerworld.pl/news/Panstwo-2-0-Drony-sila-napedowa-polskiej-gospodarki,419645.html>