



Łukasiewicz

Instytut Lotnictwa

Badanie wpływu spalin emitowanych przez silniki turbinowe statków powietrznych na poziom zanieczyszczeń w obrębie i okolicy lotnisk istniejących i nowo projektowanych.

Zmiany w organizacji ruchu na lotnisku w celu ograniczenia szkodliwego oddziaływania spalin emitowanych przez silniki turbinowe.
Materiał informacyjny.

Warszawa, listopad 2022



L A T

ŁUKASIEWICZ - INSTYTUT LOTNICTWA

Formalna podstawa opracowania

Umowa Nr 109/2020/PW-PB w sprawie finansowania projektu nr II.PB.22 tytuł : „Badanie wpływu spalin emitowanych przez silniki turbinowe statków powietrznych na poziom zanieczyszczeń w obrębie i okolicy lotnisk istniejących i nowo projektowanych” w ramach programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy” – V etap, okres realizacji: lata 2020-2022, koordynowanego przez Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy, realizowanego w ramach części B – program realizacji projektów w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych.

Zespół Łukasiewicz-Institut Lotnictwa

dr inż. Paweł Głowacki

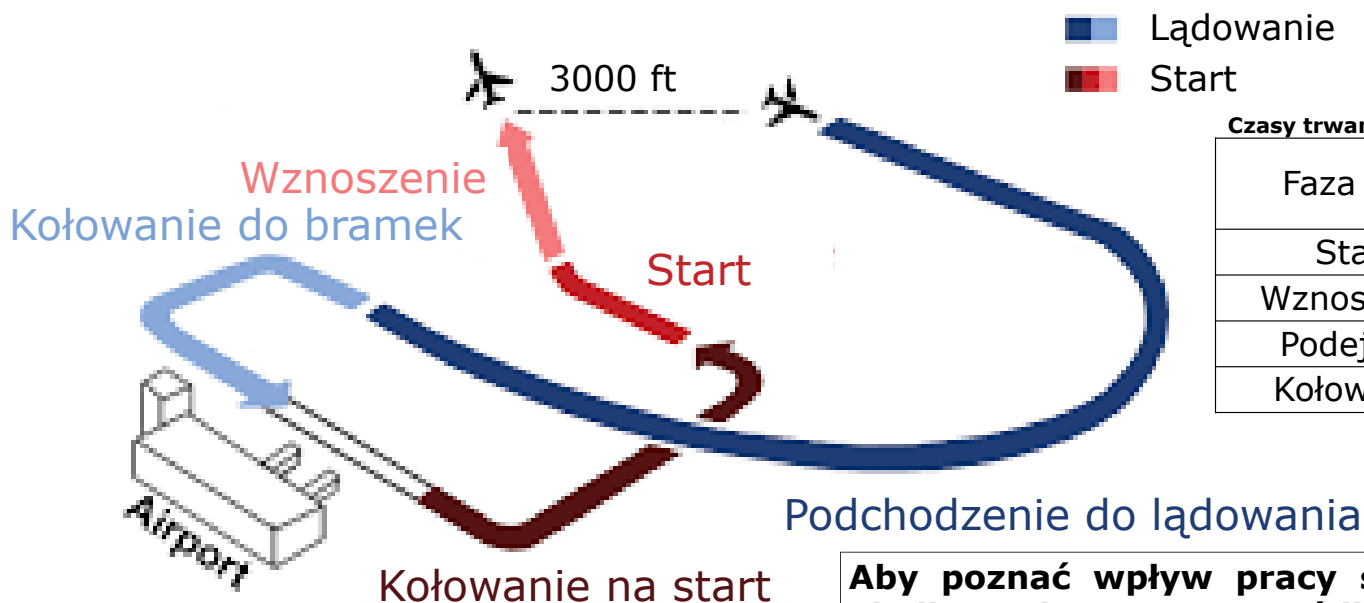
dr inż. Piotr Kalina

mgr inż. Damian Maciorowski

Porządek prezentacji

1. Definicja cyklu startu i lądowania
2. Propozycja holowania samolotu na start
3. Optymalizacja czasu podejścia
4. Ograniczenie liczby dziennych operacji lotniczych
5. Korzyści z wprowadzenia zmian w organizacji ruchu na lotnisku
6. Podsumowanie

Cykl startu i Lądowania (LTO) – obowiązująca definicja ICAO



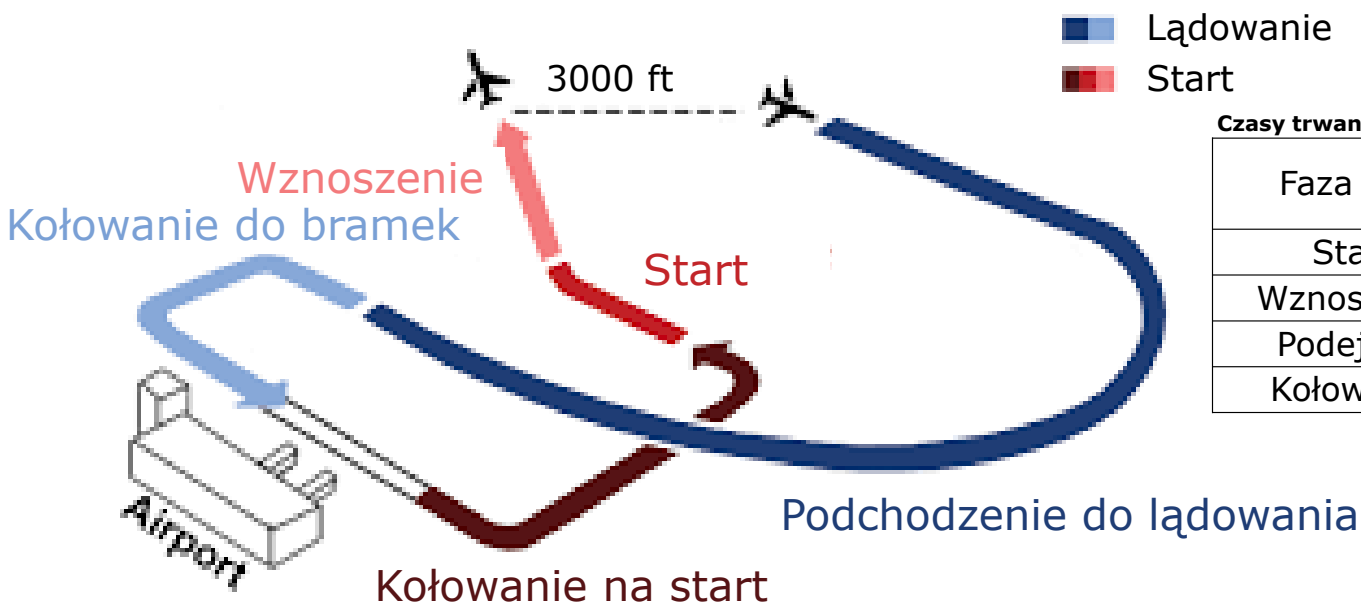
Czasy trwania poszczególnych faz lotu wg ICAO LTO

Faza lotu	Ciąg [%]K _{TO}	Czas [min]
Start	100	0.7
Wznoszenie	85	2.2
Podejście	30	4.0
Kołowanie	7	26.0

SOURCE: <http://aes.propulsion.gr/emissions.html>

Aby poznać wpływ pracy silników lotniczych na jakość powietrza w okolicy należy wyznaczyć ilość szkodliwych substancji emitowanych do otoczenia. Właściwym jest wyznaczanie poziomu emisji w tak zwanym cyklu startu i lądowania LTO. Parametry określające ten cykl są różne i przyjmują wielkości w zależności od tego czy silniki przeznaczone są do napędu samolotów poddźwiękowych czy naddźwiękowych. Dla silników poddźwiękowych dodatkowo emisja NO_x obliczana jest różnie, w zależności od daty ich wyprodukowania, ciągu startowego i sprężu i to tylko dla tych z ciągiem powyżej 26.70 kN.

Metoda Łukasiewicz – Instytut Lotnictwa uwzględniająca uśrednione czasy manewrów samolotu w cyklu LTO



Czasy trwania poszczególnych faz lotu wg metody Łukasiewicz - ILOT

Faza lotu	Ciąg [%]K _{TO}	Czas [min]
Start	100	0.72 (+1.4%)
Wznoszenie	85	1.27 (-42.4%)
Podejście	30	4.45 (+11.3%)
Kołowanie	7	19.15 (-26.3 %)

Dodatkowo wyznaczono rzeczywisty średni czas trwania poszczególnych faz lotu w oparciu o lotnicze rejestratory pokładowe. Wyniki właściwe dla obu metod zostały zebrane w tabeli porównawczej

Roczna emisja wybranych toksycznych cząstek w Porcie Lotniczym im Fryderyka Chopina

Cykl LTO	Emisja CO ₂ [t]	Emisja NO _x [t]	Emisja CO [t]	Emisja HC [t]
Wg ICAO	219343	822	819	65
Z uwzględnieniem uśrednionych czasów manewrów samolotów	162750	712	601	49

Holowanie samolotów na start



https://www.polot.net/pl/sprzet_lotniskowy_ciagniki_lotnicze_2017r

Analizy poziomu emisji wybranych substancji wykazały, że największa ilość tlenu oraz dwutlenku węgla jest emitowana podczas kołowania. Wykazano również, że aż 70% całej procedury kołowania zajmuje kołowanie na start. Właśnie dlatego autorzy proponują podjęcie działań niezbędnych do wprowadzenia operacji holowania samolotu na start przez naziemne wyposażenie lotnicze. Dzienny poziom emisyjności ciągników podczas manewru holowania zaprezentowano w tabeli poniżej.

Dzienna emisja CO ₂ ciągników [kg]	Dzienna emisja CO ciągników [kg]	Dzienna emisja NO _x + HC ciągników [kg]
4763	4	25

Manewr	Dzienna emisja CO ₂ [kg]	Dzienna emisja NO _x [kg]	Dzienna emisja CO [kg]	Dzienna emisja HC [kg]
Start	64 438	588	12	0,6
Wznoszenie	94 034	690	18	1,1
Podejście	112 950	419	118	3,6
Kołowanie	174 425	250	1 497	128
70% kołowania	122 098	175	1048	90

Optymalizacja czasu podejścia

Optymalizacja czasu podejścia samolotu do lądowania pozwoliłaby znacząco zmniejszyć ilość emitowanych szkodliwych substancji. Jak wykazała analiza danych z pokładowych rejestratorów lotu – rzeczywisty czas trwania podejścia do lądowania jest 27 sekund dłuższy niż przewiduje standard ICAO. Skrócenie czasu podejścia o te 27 sekund pozwoliłoby zmniejszyć emisję CO₂ oraz NO_x o około 10% dla tej fazy lotu.

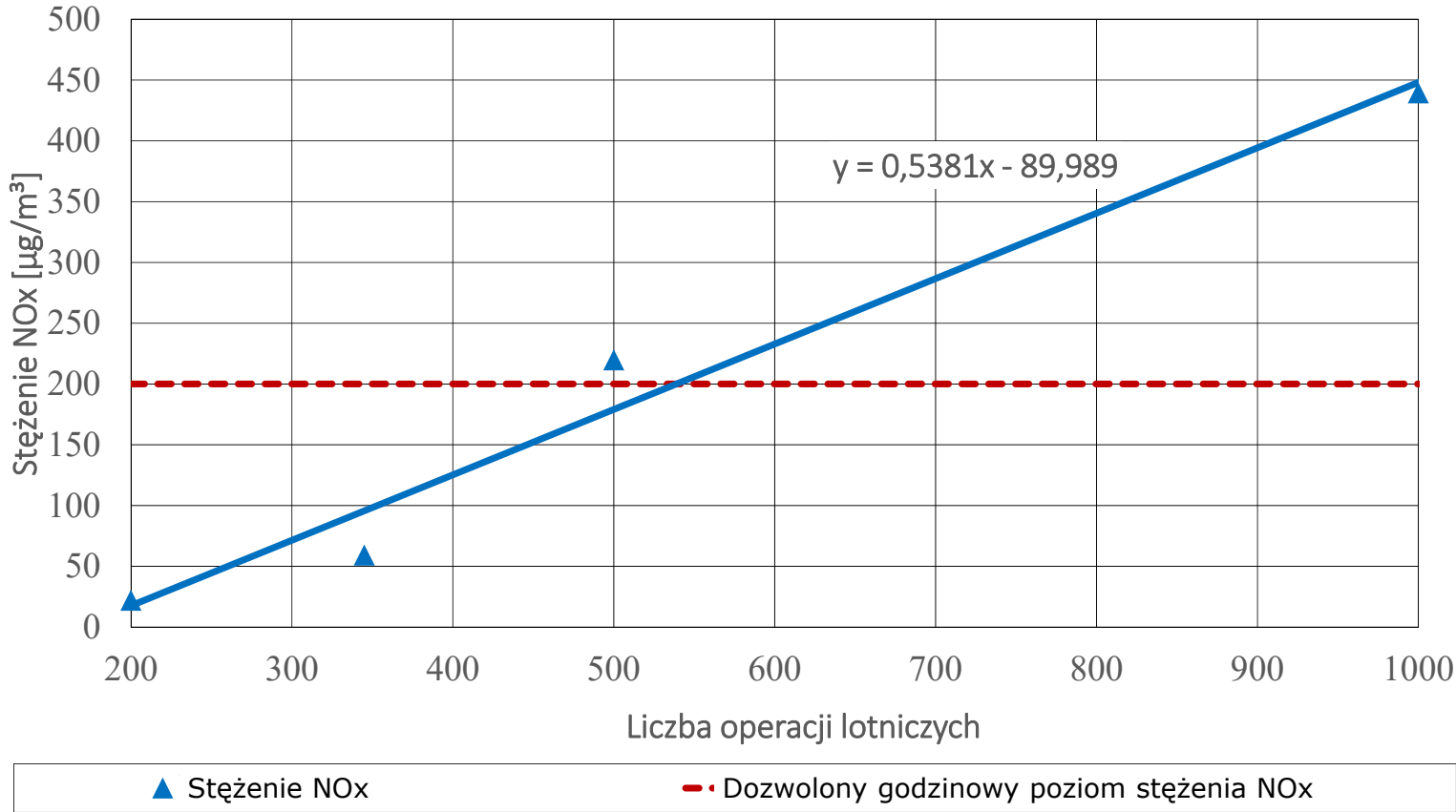


<https://assets.puzzlefactory.pl/puzzle/249/685/original.jpg>

Dzienne emisje niektórych składników spalin w porcie lotniczym im. Fryderyka Chopina

Manewr	Dzienna emisja CO ₂ [kg]	Dzienna emisja NO _x [kg]	Dzienna emisja CO [kg]	Dzienna emisja HC [kg]
Start	64 438	588	12	0,6
Wznoszenie	94 034	690	18	1,1
Podejście	112 950	419	118	3.6
Kołowanie	174 425	250	1 497	128
70% kołowania	122 098	175	1048	90

Ograniczanie liczby operacji lotniczych



Analizy dyspersji spalin w obrębie lotniska im. Fryderyka Chopina w Warszawie oparte na rzeczywistych danych dotyczących operacji lotniczych wykazały silną korelację między poziomem stężenia tlenków azotu w pobliżu terminala. Przekraczając 500 operacji lotniczych dziennie lokalny poziom stężenia tlenków azotu może zagrażać zdrowiu pracowników oraz pasażerów w pobliżu.

Korzyści wprowadzenia zmian w organizacji ruchu na lotnisku

Cykl	Emisja CO ₂ [t]	Emisja NO _x + HC [t]	Emisja CO [t]
LTO ICAO	219343	887	819
LTO z uwzględnieniem uśrednionych czasów manewrów samolotów.	162750	761	601
LTO Hipotetyczny, po wprowadzeniu proponowanych zmian operacyjno-technicznych	115746	657	215



<https://www.ifm.com/responsive/large/fourbythree/content/gallery/de/shared/branchen/mobile-arbeitsmaschinen/transport-und-logistik/mobile-machine-transport-logistic-aircraft-tractor.jpg?v=499083100>

Wprowadzenie zaproponowanych zmian operacyjnych i technicznych na lotnisku im. Fryderyka Chopina zmniejszyłoby emisję dwutlenku węgla w stosunku do LTO definiowanego przez ICAO o około 47%, tlenków azotu i węglowodorów o około 26%, tlenku węgla o około 74%. Natomiast w odniesieniu do LTO uwzględniającego uśrednione czasy manewrów, CO₂ o około 29%, NO_x + HC o około 14% i CO o około 64%.

Podsumowanie

1. Dla każdego lotniska winno się opracować procedury operacyjne optymalizujące czas manewru podejścia.
2. Należy również rozważyć zaprojektowanie takiego układu dróg kołowania by umożliwić holowanie samolotów z terminala do pasa startowego.
3. W niektórych miejscach lotniska stężenia NO_x są wyższe od akceptowalnego poziomu, szczególnie w okolicy terminala gdzie przebywa personel obsługi naziemnej. Wielkości stężenia tlenków azotu mogą negatywnie wpływać na zdrowie pracowników płyty lotniska.
4. Ze względu na toksyczność tlenków azotu należy rozważyć ograniczenie maksymalnej dopuszczalnej liczby operacji lotniczych na konkretnym lotnisku, tak by zminimalizować szkodliwe oddziaływanie NO_x na środowisko. Duża liczba operacji lotniczych spowoduje również przekroczenie wielkości dopuszczalnych stężeń pyłu zawieszonego.