

**WPLYW WYBRANYCH ELEMENTÓW INFRASTRUKTURY LOGISTYCZNEJ
NA EFEKTYWNOŚĆ FUNKCJONOWANIA TRANSPORT LOTNICZEGO**

**IMPACT OF LOGISTIC INFRASTRUCTURE SELECTED ELEMENTS ON THE
EFFICIENCY OF AIR TRANSPORT**

Łukasz ORŁOWSKI
ORCID: 0000-0002-5945-2429
l.orlowski@uw.edu.pl

Uniwersytet Warszawski
Wydział Zarządzania

Magdalena MODRZEWSKA
modrzewska.magdalena2@gmail.com

***Abstrakt.** Przewozy lotnicze są najbardziej dynamicznie rozwijającą się gałęzią transportu. Z uwagi jednak na wysokie koszty środków transportu, infrastruktury oraz paliwa, skomplikowane procedury obsługi i bezpieczeństwa są jednocześnie jedną z najdroższych. Dążeniem przewoźników jest podjęcie działań mających na celu minimalizację kosztów własnych i maksymalizację zysków. W transporcie lotniczym działania te sprowadzają się do zmian w zakresie infrastruktury transportu, czyli wprowadzania nowoczesnych, zużywających mniej paliwa i zabierających na pokład więcej pasażerów lub towaru samolotów oraz uproszczenie i skrócenie procedur obsługi w reżimie czasu.*

***Abstract:** Air transport is the most dynamically developing branch of transport. However, due to the high costs of means of transport, infrastructure and fuel, complicated service and safety procedures, it is also one of the most expensive. The carrier's objective is to take measures to minimize their own costs and maximize profits. In air transport, these activities are reduced to changes in the field of transport infrastructure, i.e. introduction of modern, less fuel-consuming aircrafts that are able to take more passengers or cargo on board and simplification or shortening of service procedures in the time regime.*

***Słowa kluczowe:** infrastruktura, transport lotniczy, nowoczesne środki transportu, działania organizacyjne, efektywność funkcjonowania*

***Keywords:** infrastructure, air transport, modern means of transport, organizational measures, affecting the effectiveness*

Wstęp

Sektor lotniczy na przestrzeni lat rozwinął się w gwałtownym tempie. Rozwój ten jest możliwy dzięki wdrażaniu nowych technologii oraz rozwiązań konstrukcyjnych. Z usług transportu lotniczego korzysta coraz więcej ludzi, wykorzystując go częściej do podróży regularnych, gdyż cena oferowana przez linie lotnicze jest korzystna. W systemie lotniczym istotną rolę odgrywają środki transportu, czyli samoloty. Konstrukcja statków powietrznych, a także ich parametry wskazują na zdolności co do pokonywanego dystansu, maksymalnej ilości pasażerów na pokładzie, prędkości podczas lotu, a także ilości zużytego paliwa.

Statki powietrzne służą w ruchu pasażerskim i towarowym, sektor lotniczy nieustannie dąży do udoskonalania maszyn. Istotnym problemem są ponoszone znaczne koszty paliwa i właśnie przez nie potrzebne są nowe, lepsze statki powietrzne, które generowałyby mniejsze koszty zużycia paliwa.

Referat podejmuje problematykę funkcjonowania transportu lotniczego przy zastosowaniu konkretnej infrastruktury oraz ponoszonych w związku z nią kosztów.

Celem referatu jest przeprowadzenie analizy funkcjonowania transportu lotniczego, na przykładzie wybranego przedsiębiorstwa (linii lotniczych) oraz rozważenie poprawy funkcjonowania odnośnie do zmniejszenia kosztów zużywanego paliwa.

Aby zrealizować tak postawiony cel referatu wykorzystano analizę literatury, artykułów oraz stron internetowych, wywiad z pracownikami przedsiębiorstwa, analizę porównawczą, syntezę oraz wnioski.

Charakterystyka infrastruktury logistycznej w lotniczym systemie transportu

Problematyka związana z zagadnieniem infrastruktury transportu lotniczego z przyczyn technicznych stanowi modelowy przykład ilustrujący zależność środka transportu od jej elementów. Infrastruktura transportu cechuje się grupą właściwości charakterystycznych, które wywołują znaczący wpływ na rozwój transportu (Wojewódzka-Król, Rolbiecki, 2009).

W przypadku innych gałęzi i innych rodzajów transportu, w sytuacjach nietypowych, awaryjnych lub ekstremalnych możliwe jest przyjęcie i obsługa środka transportowego poza wyznaczonymi do tego odpowiednimi punktami transportowymi, takimi jak np. porty, stacje, przystanki. Transport lotniczy z uwagi na swoją specyfikę techniczną gałęzi transportowej nie pozwala na dowolność w obsłudze (Orłowski, 2016). Na infrastrukturę punktową transportu lotniczego składa się lotnisko, lądowisko, port lotniczy. Bardziej szczegółowymi elementami infrastruktury są na przykład pasy startowe, terminale, płyty postojowe, drogi kołowania (Spyra, Witczak, 2007, s. 164).

Terminal pasażerski lub budynek dworca lotniska, to miejsce, gdzie odbywa się ruch pasażerski w obrębie portu lotniczego. Budynek jest podzielony na kilka stref, które pasażerowie kolejno muszą przejść. Pierwszym etapem jest odprawa biletowo-bagażowa (check-in), następnie kontrola bezpieczeństwa, gdzie sprawdza się pasażerów oraz bagaże. Strefa zastrzeżona lotniska (air side) to miejsce dla pasażerów, którzy przeszli poprzednie etapy i mają bilety. Hala odlotów, czyli miejsce w terminalu, gdzie następuje oczekiwanie na wejście na pokład. W tej strefie budynku lotniska znajdują się punkty usługowe, takie jak restauracje, sklepy itp. Hala przylotów to miejsce, do którego przechodzimy po przylocie. W hali przylotów jest miejsce odbioru bagaży.

Elementem infrastruktury liniowej transportu lotniczego oraz portów lotniczych są drogi startowe oraz drogi powietrzne. Infrastrukturę lotniczą liniową stanowią sieci urządzeń i ich systemy pomocnicze. Przebieg tras powietrznych dróg lotniczych wyznacza się na podstawie sieci naziemnych radiolatarni VOR (lub NDB), które umiejscowione są na skrzyżowaniach dróg (Marszałkiewicz, 2014, s. 14446).

Infrastrukturą liniową transportu lotniczego jest infrastruktura powietrzna, czyli korytarze powietrzne, w których poruszają się samoloty. Drogi powietrzne prowadzą statek lotniczy po osi. Wysokość korytarza wynosi 300 metrów, natomiast szerokość od 18 do 37 kilometrów. Samoloty znajdujące się w przestrzeni powietrznej nie powinny być od siebie w odległości mniejszej niż 5 kilometrów, a pionowa przestrzeń między nimi to ok. 600 metrów. Przestrzeń powietrzna dzieli się na struktury, czyli strefy kontrolowane i niekontrolowane. Drogi lotnicze również mają podział na dolne oraz górne. Górne drogi cechuje szerokość 18,5 km, od 28 500 stóp do 46 000 stóp. Drogi dolne mają początek od poziomu lotu, czyli 9 500 stóp do 28 500 stóp. Powyżej górnych dróg lotniczych znajduje się przestrzeń nieklasyfikowana. Wyznacznikiem przebiegu dróg lotniczych są punkty nawigacyjne (Marszałkiewicz, 2014, s. 14445).

Transport lotniczy wykorzystywany jest w podróży na głównie duże dystanse. Statki powietrzne osiągają prędkości rzędu nawet 1000 km/h. Porównując do innych rodzajów transportu, przewozi niewielką ilość ludzi czy towaru. Przewozy w transporcie lotniczym odbywają się regularnie bądź nieregularnie. Przewozy czarterowe (nieregularne) obejmują ładunki cało samolotowe lub wykupienie biletów przez jednego kupca. Przewozy regularne obejmują pasażerów czy ładunki od wielu nadawców. Transport lotniczy postrzega się jako bezpieczny. Nowe technologie oraz systemy pozwalają na lot w coraz gorszych warunkach pogodowych. Transport lotniczy jest zaliczany do regularnych, mimo istniejących opóźnień wynikających z przepustowości systemu. Negatywną cechą jest stosunkowo niewielka ładowność statków powietrznych. Ładowność zależy również od innych aspektów, takich jak: odległość lotu (więcej paliwa na pokładzie), wysokość położenia lotniska, wysoką temperaturę powietrza. Masa przewożonego ładunku nie może przekraczać dopuszczalnej oraz maksymalnego nacisku na podłogę. Porty lotnicze ze względu na wysoką emisję hałasu położone są z dala od miast, co powoduje wykorzystanie innych środków transportu, a także częste, uciążliwe kontrole pasażerów. Kosztowność transportu lotniczego jest znaczna. Ceny samolotów to wydatek kilku milionów złotych, stąd też wysokie ceny biletów. W niektórych państwach, gdzie transport lotniczy pasażerski jest wysoko rozwinięty i podróżuje nim wiele pasażerów (często regularnie), ceny biletów nie są wysokie, a linie lotnicze uzyskują dochód efektem skali. Transportem lotniczym przewożone są towary wartościowe, towary o krótkim terminie przydatności lub ogólnie dla których jest istotny szybki przewóz. Transport lotniczy pozwala także

na przepływ towarów, które w innym wypadku zalegałyby w magazynach lub powodowały przestój produkcji (Marszałkiewicz, 2014, s. 144).

Wyróżnia się kilka funkcji portów lotniczych, które wynikają ze złożoności ich struktury i mnogości zachodzących relacji. Funkcją portu lotniczego jest zapewnienie prawidłowej infrastruktury, w celu odprawy pasażerów, bagaży czy towarów, a także umożliwienie statkom powietrznym startu oraz lądowania. Funkcja węzła intermodalnego to połączenie transportu powietrznego z naziemnym. Intermodalność w tym przypadku rozpatruje się z punktu widzenia dostępności portu lotniczego, a także z punktu widzenia współdziałania transportu lotniczego i pozostałych gałęzi transportu. Porty lotnicze spełniają funkcje stymulowania działalności gospodarczej, która dzięki przepływowi towarów oraz pasażerów rozwija się. W otoczeniu portu lotniczego, aktywność przejawia się w istnieniu wielu obiektów, takich jak: restauracje, sklepy, apteki, banki, kantory, biura podróży, wypożyczalnie samochodów czy hotele. Istnienie portu lotniczego w danym regionie wpływa na jego rozwój i wzrost zainteresowania. Wpływ portów lotniczych w odniesieniu do rozwoju gospodarczego regionów dzieli się na pośredni, bezpośredni, indukowany oraz katalityczny. Porty lotnicze wywierają także istotny wpływ na rynek pracy. Tworzenie miejsc pracy zajmuje trzy obszary, a mianowicie wzrost zatrudnienia w liniach lotniczych, wzrost zatrudnienia w obsłudze ruchu lotniczego, a także zatrudnienie w usługach, handlu i biznesie turystycznym (Spyra, Witeczak, 2007, s. 164-165).

Koszty związane ze zużyciem paliwa w transporcie lotniczym

Linie lotnicze nieustannie szukają rozwiązań zmierzających do mniejszego zużycia paliwa. Koszty paliwa lotniczego są głównym wydatkiem, jaki musi się zwrócić przewoźnikowi, dlatego obecnie cena biletu lotniczego jest w 40% uzależniona od kosztu zużytego paliwa podczas lotu.

Ceny paliw nie są wysokie, aczkolwiek zatankowanie tak dużego środka transportu jakim jest samolot, generuje znaczne koszty. W baku samolotów, które służą do podróży średniodystansowych czy krajowych, mieści się kilka tysięcy litrów paliwa, natomiast w samolotach takich jak Boeing 787-9 nawet kilkadziesiąt litrów i wtedy ostateczny koszt paliwa wynosi kilkaset tysięcy złotych. W Tabeli 1 przedstawiono, jak kształtują się ceny paliwa lotniczego.

Tabela 1. Ceny paliwa lotniczego AVGAS 100LL i JET A-1 na lotnisku Warszawa Okęcie

Lotnisko	Dostawca	Okres	Cena za litr paliwa (z akcyzą) AVGAS 100LL	Cena za litra paliwa (z akcyzą) JET A-1
Warszawa Okęcie	PKN Orlen	Styczeń 2020	10,99	4,35
	Lotos AIR BP		-	4,58
Warszawa Okęcie	PKN Orlen	Luty 2020	10,99	4,08
	Lotos AIR BP		-	4,45
Warszawa	PKN Orlen	Marzec 2020	11,01	3,90

Okęcie	Lotos AIR BP		-	4,26
Warszawa Okęcie	PKN Orlen	Kwiecień 2020	11,01	3,19
	Lotos AIR BP		-	3,69
Warszawa Okęcie	PKN Orlen	Maj 2020	11,01	2,80
	Lotos AIR BP		-	3,19
Warszawa Okęcie	PKN Orlen	Czerwiec 2020	11,01	3,23
	Lotos AIR BP		-	3,49
Warszawa Okęcie	PKN Orlen	Lipiec 2020	11,01	3,42
	Lotos AIR BP		-	3,65
Warszawa Okęcie	PKN Orlen	Sierpień 2020	11,01	3,40
	Lotos AIR BP		-	3,67
Warszawa Okęcie	PKN Orlen	Wrzesień 2020	11,01	3,37
	Lotos AIR BP		-	3,62
Warszawa Okęcie	PKN Orlen	Październik 2020	11,01	3,33
	Lotos AIR BP		-	4,38
Warszawa Okęcie	PKN Orlen	Listopad 2020	11,01	3,35
	Lotos AIR BP		-	3,62
Warszawa Okęcie	PKN Orlen	Grudzień 2020	11,01	3,55
	Lotos AIR BP		-	3,79

Źródło: Opracowanie własne

Najpopularniejsze rodzaje paliwa używane w transporcie lotniczym to AV GAS 100LL oraz JET A-1. Ceny danego paliwa przedstawia tabela 1., dla porównania również zawarte są ceny AV GAS 100LL. Podano ceny paliw obowiązujących na lotnisku w Warszawie, czyli jednym z lotnisk obsługiwanych przez badane linie lotnicze. Powodem wyraźnej różnicy w cenie tych dwóch rodzajów paliw jest znacznie większe zużycie paliwa JET A-1 podczas lotu. Można zaobserwować, iż cena paliwa JET A-1 w przeciągu roku notowała liczne zmiany, spadki i wzrosty w danych miesiącach.

Na kształtowanie cen paliwa ma wpływ wiele elementów, począwszy od skomplikowanego technologicznie procesu produkcji, po restrykcje, obostrzenia i przepisy odnoszące się do bezpieczeństwa produkcji, przechowywania czy transportu paliwa lotniczego.

Zużycie paliwa jest uzależnione od kilku czynników, a mianowicie: długości planowanego lotu, technologii wykonania maszyny, wagi ładunku na pokładzie. Dodatkowo samolot musi mieć na pokładzie rezerwę paliwa, by uniknąć problemu w nieprzewidzianych sytuacjach jak np. wydłużony czas lądowania.

Tabela 2. Dane dotyczące poszczególnych modeli samolotów

Model samolotu	Embraer 170	Embraer 175	Embraer 190	Embraer 195	Boeing 737-800	Boeing 737 MAX 8
Maksimum paliwa	9 335 l	9 335 l	16 153 l	12 971 l	26 000 l	25 941 l
Liczba sztuk	6	12	4	6	4	6
Całkowity koszt paliwa (JET A-1) 3,55 zł/l	198 836 zł	397 671 zł	57 343 zł	276 282 zł	302 744 zł	439 909 zł

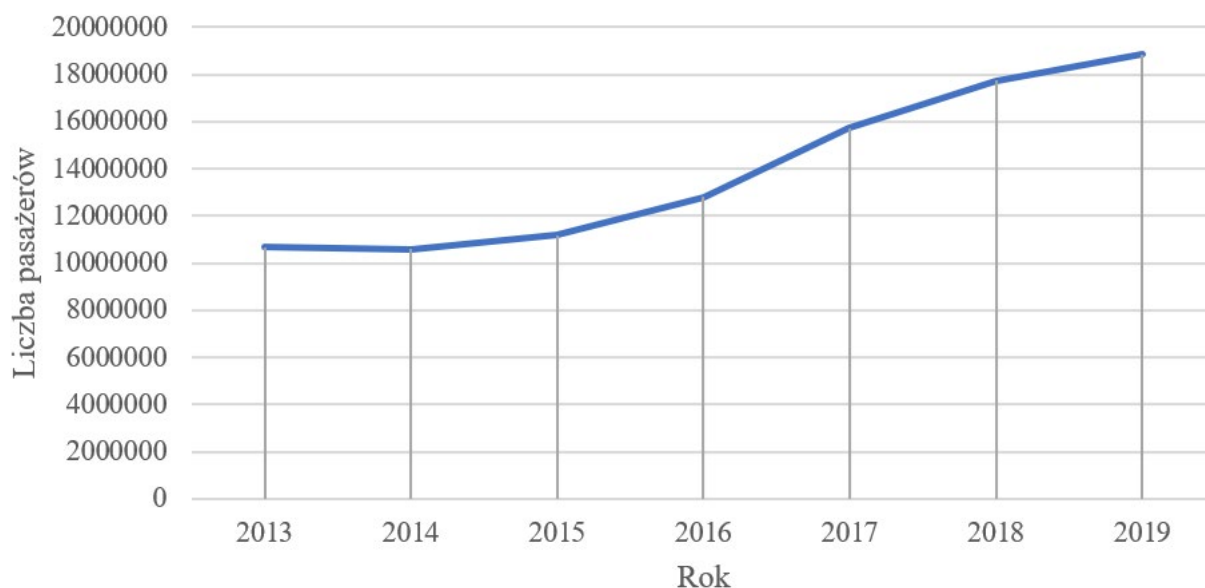
Źródło: Opracowanie własne

W tabeli 2 przedstawiono, jak kształtują się ostateczne koszty tankowania poszczególnych statków powietrznych, którymi dysponują linie lotnicze. Zatankowanie do pełna np. czterech Boeingów 737- 800 to koszt rzędu 300 000 zł. Są to niebagatelne kwoty, które wpływają między innymi na koszt biletu lotniczego pasażera. Łączny koszt paliwa, jaki poniosło przedsiębiorstwo w roku 2019 to 1,6 mld zł.

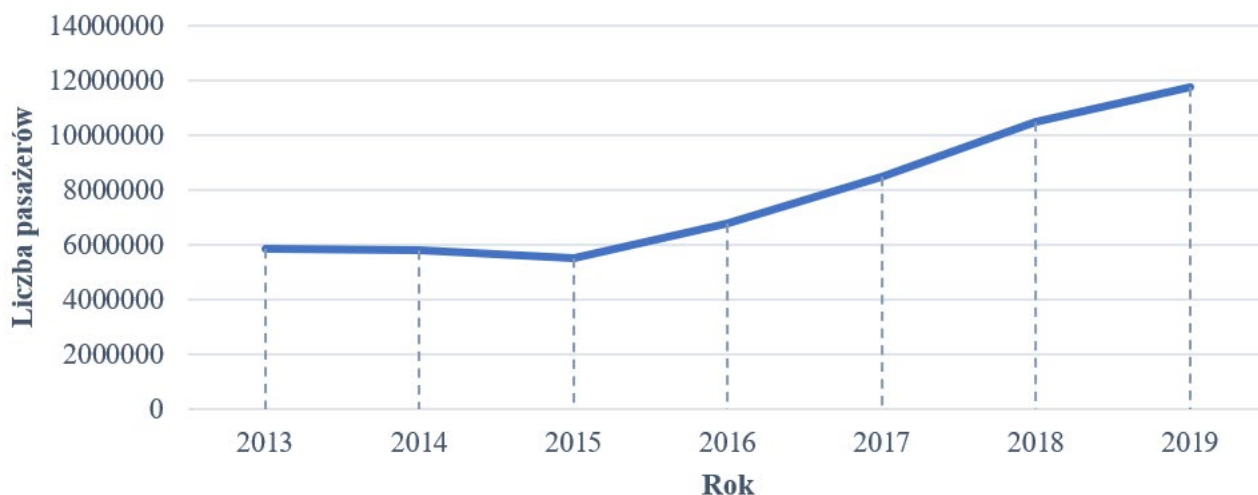
Branża lotnicza znacznie przyczynia się do zanieczyszczeń powietrza wynikających ze spalania paliwa podczas lotu. 5% – to wkład sektora lotniczego w globalne ocieplenie. Paliwo lotnicze znacznie wpływa na emisję CO₂, a także tlenków siarki, azotu, sadzy. Najwięcej zanieczyszczeń emitują silniki samolotów transportowych oraz pasażerskich, silniki mają dużą moc i zużywają tony paliwa lotniczego. Z uwagi na dynamiczny rozwój sektora lotniczego, w przyszłości skala zanieczyszczenia powietrza znacznie wzrośnie.

1. ROZWÓJ SEKTORA LOTNICZEGO NA WYBRANYM PRZYKŁADZIE

Flota statków powietrznych jaką dysponuje dany przewoźnik jest stosunkowo nowa, natomiast w tym sektorze transportu stale dąży się do redukcji kosztów związanych ze specyfikacją techniczną samolotów, tworzyw z jakich są wykonywane czy ilością zużywanego paliwa. Koniecznym jest także, aby z infrastrukturą statków powietrznych współgrała z infrastrukturą portu lotniczego. Transport lotniczy rozwija się w gwałtownym tempie, liczba przewożonych pasażerów z roku na rok rośnie. Zmiany w ilości pasażerów na przestrzeni poszczególnych lat przedstawia rysunku 1 oraz 2. Na rysunku 1 można zauważyć dynamiczną zmianę liczby pasażerów obsługiwanych przez port lotniczy i od 2013 roku liczba ta wzrosła o 8 mln. Linie lotnicze również notują wysoki wzrost pasażerów co widoczne jest na rysunku 2, od 2013 roku nastąpił wzrost o ok. 6 mln pasażerów. W 2019 roku port lotniczy obsłużył 18,8 mln podróżnych, natomiast linie lotnicze przewiozły ponad 10 mln pasażerów.



Rys. 1. Liczba obsłużonych pasażerów przez port lotniczy w latach 2013- 2019
Źródło: Opracowanie własne



Rys. 2. Liczba pasażerów obsłużonych przez linie lotnicze w latach 2013- 2019
Źródło: Opracowanie własne

W dokonywaniu inwestycji, w tym niezwykle kosztownym sektorze transportu, ważne jest myślenie przyszłościowe. Najstarsze samoloty we flocie mają nawet 20 lat, a to oznacza, że nie posiadają nowoczesnych systemów i zastosowań obecnie wdrażanych w nowych modelach, a także potrzebują częstszych napraw, finalnie i tak nie posłużą zbyt długo.

Znaczne koszty w każdym odbywanym rejsie odgrywa cena paliwa. Ten aspekt jest ściśle powiązany z użytą flotą i jej właściwościami technicznymi, które pozwalają ograniczać zużycie paliwa. Paliwo dostarczane jest do portu lotniczego taborem kolejowym, co jest pozytywnym aspektem, ponieważ może być przewożone jednorazowo w dużych ilościach oraz od wielu dostawców, co wpływa na mniej wygórowaną cenę paliwa. Cena najczęściej wykorzystywanego paliwa lotniczego JET A-1 notuje wzrosty i spadki. Mimo okresowo niższych wartości nadal

generowane są duże koszty. To główny problem z jakim zmagają się przedsiębiorstwa i potrzebne są w tym obszarze usprawnienia i inwestycje, które przyniosą znaczne oszczędności w kolejnych okresach.

W funkcjonowaniu całego systemu ważnym elementem są pojazdy (autocysterny) oraz proces tankowania statków powietrznych. Flota obsługująca samoloty oraz poruszająca się po płycie lotniska powinna być należycie dostosowana, a także nadążać za ewentualnymi zmianami. Proces tankowania jest złożoną czynnością, przy tankowaniu samolotów o dużych pojemnościach zbiornika trwa to kilkadziesiąt minut. Czas tego procesu wydłuża się, gdy autocysterna nie mieści wystarczającej ilości paliwa i musi wrócić do magazynu, by zatankować. W takim przypadku cały proces tankowania staje się mało efektywny, powoduje zbyt duży przestój.

W funkcjonowaniu portu lotniczego oraz linii lotniczych zauważalne są problemy, które wpływają poważnie na funkcjonowanie całego systemu i generują znaczne koszty. Potrzebne jest zastosowanie najnowszych technologii oraz maszyn, by zwiększyć efektywność procesów, które są ze sobą ściśle powiązane. Wdrożenie usprawnień, w przyszłości pozwoli na osiągnięcie oszczędności.

Ocena wdrożenia nowoczesnej technologii statków powietrznych oraz infrastruktury wspomagającej ich obsługę

Boeing 787 Dreamliner - wyprodukowany przez firmę Boeing, to średnich rozmiarów, dwusilnikowy, długodystansowy samolot pasażerski. Głównym założeniem przy projektowaniu i budowie samolotu jest minimalizacja kosztów użytkowania przez przewoźników. Samolot ten zbudowany jest z materiałów lekkich, czyli w głównej mierze z kompozytów i aluminium. Użytkowanie Boeinga 787 jest ekonomiczne i pozwala na zaoszczędzenie paliwa i generuje mniejsze ilości spalin. Masa startowa wynosi 215 910 kg, a zapas paliwa to 124 700 litrów.

Dreamliner jest przede wszystkim maszyną ekologiczną, prostą w utrzymaniu oraz emitującą mniej spalin i hałasu. To główne i najistotniejsze z jego zalet. W tabeli 3 przedstawiono dane poszczególnych modeli Dreamlinerów.

Tabela 3. Dane dotyczące samolotów Boeing Dreamliner

	BOEING 787- 9 DREAMLINER	BOEING 787 DREAMLINER
ZASIĘG	13 950 km	13 530 km
MAKSIMUM PALIWA	138 700 l	124 700 l
CENA (MLN \$)	283	248
LICZBA MIEJSC	296	248
MAKSYMALNA MASA STARTOWA	249 475 kg	215 910 kg

Źródło: Opracowanie własne

Dreamlinery zaprojektowano tak, by spalały mniej paliwa. Udało się uzyskać 20% oszczędności na spalaniu paliwa w porównaniu do poprzednich modeli. Prędkość przelotowa wynosi 0,85 macha (1041 km/h).

Zużycie paliwa w Dreamlinerze wynosi średnio 650 l na 100 km. Przyjęta cena za litr paliwa JET A-1 to 3,79 zł. Liczba miejsc na pokładzie wynosi 296.

$$650 \text{ l} : 296 = 2,19 \text{ l} / 100 \text{ km} / 1 \text{ pasażera}$$

$$2,19 \text{ l} \times 3,79 \text{ zł} = 8,32 \text{ zł}$$

Koszt paliwa na jednego pasażera na odcinku 100 km wynosi 8,32 zł.

W tabeli 4 zawarte zostały dane dotyczące poszczególnych modeli Boeinga.

Tabela 4. Dane dotyczące samolotów Boeing

	<i>Boeing 737-800</i>	<i>Boeing 737 MAX 8</i>
ZASIĘG	5 420 km	6 570 km
MAKSIMUM PALIWA	26 000 l	25 941 l
LICZBA MIEJSC	189	210
MAKSYMALNA MASA STARTOWA	76 657 kg	76 999 kg

Źródło: Opracowanie własne

Prędkość przelotowa obecnej floty wynosi maksymalnie 0,82 macha, czyli 1005 km/h.

Zużycie paliwa w Boeingu 737- 800 wynosi 520 l/ 100 km. Liczba miejsc na pokładzie wynosi 189.

$$520 \text{ l} : 210 = 2,47 \text{ l} / 100 \text{ km} / 1 \text{ pasażera}$$

$$2,47 \text{ l} \times 3,79 \text{ zł} = 9,38 \text{ zł}$$

Koszt zużytego paliwa na odcinku 100 km na jednego pasażera wynosi 9,38 zł.

W porównaniu kosztów zużytego paliwa jest niewielka różnica, jednak przewagę ma Dreamliner. Patrząc jednak na zasięgi statków powietrznych oraz maksymalną ładowność i liczbę miejsc widoczna jest wyższość tego modelu samolotu nad poprzednikami.

Na uwagę zasługuje ładowność Dreamlinera, gdyż jest ponad dwa razy większa niż ładowność Boeinga 737 MAX8. Dolny pokład 787- 9 Dreamlinera może pomieścić nawet 31 000 kg ładunku cargo. Ilość takiego ładunku na pokładzie samolotu jest istotna, ponieważ pozwala osiągnąć większe zyski z przelotu. Zysk może wynosić nawet do 30% więcej z przewozu ładunku cargo pod pokładem samolotu pasażerskiego.

Z porównania danych zawartych w tabeli 3 i 4, widoczna jest zdecydowana przewaga Dreamlinerów nad poprzednimi modelami Boeinga. Już na podstawie samych parametrów widać, że Dreamlinery są bardziej ekonomiczne w użytkowaniu niż Boeingi 737.

Wdrożenie do obiegu nowoczesnych statków powietrznych wymaga dostosowania obsługi technicznej, w tym pojazdów do tankowania. Autocysterny o lepszych parametrach technicznych i większej pojemności pozwalają na sprawną obsługę takich samolotów jak Dreamlinery.

W wykazaniu efektywności procesu tankowania pozwoli porównanie modeli autocystern. W tabeli 5 przedstawiono pojemności autocystern.

Tabela 5. Pojemność paliwa w danych cysternach lotniskowych

	MERCEDES BENZ ACTROS	MERCEDES BENZ (NOWY MODEL)
POJEMNOŚĆ PALIWA W CYSTERNIE	20 000 l	65 000 l

Źródło: Opracowanie własne

Nowy model zabiera w jednym kursie trzy razy więcej paliwa, niż starsza cysterna, co oznacza, że oszczędza się trzy razy więcej czasu na procesie transportu paliwa do statków powietrznych. Zatankowanie Dreamlinera, którego pojemność baku wynosi 124 700 l, jest w stanie wykonać podwójny skład autocystern, który przy jednym kursie wykona całą operację. Przy pojemności cysterny 20 000 l, zatankowanie tego samego statku powietrznego wykonają trzy podwójne składy autocystern.

Przyjmując wydajność pompy dystrybutora 1400 l/min, czas tankowania Boeinga 787 Dreamliner przedstawia się następująco:

$$124\ 700\text{ l} : 1400\text{ l/min} = 89,07\text{ min}$$

Powyżej został przedstawiony czas, w jakim paliwo trafi z cystern do baku samolotu. Skład cystern o większej pojemności pozwoli na przesłanie całej ilości potrzebnego paliwa w 93 minuty.

$$40\ 000\text{ l} : 1400\text{ l/min} = 28,57\text{ min}$$

$$28,57 \times 3 = 85,71\text{ min}$$

Proces przesyłania paliwa z jednego z trzech składów cystern o mniejszej pojemności zajmuje 29 minut, a więc łączny czas samego przesyłania paliwa wynosi 86 minut. Do wyliczonego czasu należy dodać w tym przypadku czas transportu, ponieważ autocysterna musi wykonać kursy do magazyny, by do pełna zatankować statek powietrzny. Czas transportu składu cystern w celu pobrania paliwa, znacznie wydłuża proces tankowania.

Unowocześniając flotę powietrzną, nie można zapomnieć o flocie naziemnej obsługującej statki lotnicze. Minimalizując czas procesu tankowania samolotów, szczególnie tych o znacznych pojemnościach (Dreamlinery), następuje oszczędność czasu ogólnej obsługi maszyny. Zastosowanie najnowszych autocystern pozwala na wspomnianą oszczędność, w ciągu 1,5h jest możliwość zatankowania 124 700 litrów paliwa.

AIRBUS ZeroE - statek powietrzny zasilany wodorem

Producenci ciągle poszukują nowych rozwiązań, aby latać szybciej, taniej i dalej. Samoloty zasilane paliwem wodorowym to przyszłość transportu lotniczego. Airbus ZeroE jest statkiem pasażerskim, który jest zeroemisyjnym samolotem. Airbus jako firma, przedstawiła trzy rodzaje statków powietrznych zasilanych wodorem, jeden do przewozów regionalnych, natomiast pozostałe dwa do tras długodystansowych.

Silniki turbinowe zamieszczone w Airbusach ZeroE spalają wodór, co stanowi napęd maszyny. Paliwo tych samolotów to ciekły wodór, który jest spalany z tlenem. Co więcej, wytwarzana jest energia elektryczna, dzięki wodorowym ogniwom paliwowym. Energia elektryczna zasila turbinę gazową, z czego tworzy się hybrydowo-elektryczny układ napędowy. Na rysunkach 3, 4 i 5 przedstawiono trzy modele samolotów Airbusa ZeroE.



Rys. 3. Airbus ZeroE Turbofan

Źródło: <https://www.airbus.com/newsroom/stories/these-new-Airbus-concept-aircraft-have-one-thing-in-common.html>



Rys. 4. Airbus ZeroE Turbośmigłowy

Źródło: <https://www.airbus.com/newsroom/stories/these-new-Airbus-concept-aircraft-have-one-thing-in-common.html>



Rys.5. Airbus ZeroE Blended- Wing Body

Źródło: <https://www.airbus.com/newsroom/stories/these-new-Airbus-concept-aircraft-have-one-thing-in-common.html>

Pierwszym z nich jest Turbofan, posiada dwa silniki hybrydowo-wodorowe oraz system dystrybucji i magazynowania ciekłego wodoru. Turbofan miałby służyć w podróżach długodystansowych, zasięg to ponad 3 700 km. Na pokładzie przewidziane miejsce dla 120-200 pasażerów. Kolejny samolot turbośmigłowy, jak wskazuje nazwa posiada dwa silniki turbośmigłowe hybrydowo-wodorowe, które wprawiają w ruch ośmiopłatowe śmigła. Samolot ma służyć podróżom regionalnym, jego zasięg to 1 850 km. Przewidywanych jest 100 miejsc pasażerskich na pokładzie. Blended-Wing Body to samolot o wyjątkowo innym kształcie, posiada szerokie wnętrze. Zbiorniki z ciekłym wodorem są umieszczone pod skrzydłami. Ciąg zapewniają dwa hybrydowo-wodorowe silniki. Podobnie jak Turbofan samolot pomieści do 200 pasażerów oraz jego zasięg również wynosi ponad 3 700 km.

Przy wprowadzeniu nowoczesnych samolotów napędzanych wodorem, ich twórcy muszą dążyć do redukcji masy oraz kosztów. Jednym z większych wyzwań jest magazynowanie wodoru na pokładzie. Ważnym aspektem są również rygory bezpieczeństwa, które będą musiały być co najmniej równe bądź większe, niż w dotychczas funkcjonujących samolotach komercyjnych.

Dostępność wodoru oraz jego koszty w portach lotniczych to kolejna sprawa w dążeniu do celu. Produkcja wodoru w skali roku jest znaczna, lecz jest on wytwarzany z gazu ziemnego, co jest energochłonne i powoduje ogromną emisję dwutlenku węgla. Rozwiązaniem jest zielony wodór czy alternatywa niskoemisyjna. Źródła odnawialne wytwarzają energię, która zasila elektrolizery, w procesie zachodzi elektroliza wody celem ekstrakcji wodoru. Z czasem nastąpi rozwój odnawialnych źródeł energii, a co za tym idzie, wzrośnie dostępność, a ceny staną się niższe i konkurencyjne. Szacuje się, iż do roku 2050 cena zielonego wodoru spadnie do 50%.

Do tworzonych projektów i planów wprowadzenia samolotów ZeroE napędzanych wodorem, należy dostosować także infrastrukturę portów lotniczych, czyli rozwiązania infrastrukturalne oraz transportowe. Porty lotnicze muszą być przygotowane na zaopatrzenie w znaczne ilości paliwa

wodorowego. Dotychczasowa infrastruktura może pomóc, gdyż kilometry istniejących rurociągów mogą posłużyć w transporcie większych ilości wodoru, natomiast ciężarówki są w stanie przetransportować mniejsze ilości. Istnieje również pomysł o powstaniu infrastruktury na terenie portu lotniczego, produkującej paliwo na miejscu.

Powyższa koncepcja wprowadzenia przez Airbusa statków powietrznych napędzanych zeroemisyjnym paliwem wodorowym to rewolucja w transporcie lotniczym. Samoloty te mają szansę stać się konkurencyjnym środkiem transportu wobec obecnych zasilanych paliwem lotniczym. Dotychczasowe badania oraz prognozy szacują wprowadzenie do obiegu samoloty ZeroE nawet w 2035 roku.

WNIOSKI

W niniejszym referacie przeprowadzono analizę funkcjonowania części sektora lotniczego, a dzięki wykorzystaniu narzędzi analitycznych oceniono możliwość wprowadzenia usprawnień infrastruktury w transporcie lotniczym mających na celu podniesienie efektywności funkcjonowania tej gałęzi transportu.

Wybranymi elementami infrastruktury lotniczej przedstawionymi w referacie są statki powietrzne, a także pojazdy naziemne, które uczestniczą w procesie tankowania. Sektor transportu lotniczego w przeciągu krótkiego okresu znacznie się rozwinął i ciągle się zmienia. Działania te są odpowiedzią na oczekiwania podróżujących, gdyż wzrost liczby pasażerów z roku na rok wyraźnie wzrasta. Linie lotnicze oraz porty lotnicze, aby usprawniać procesy związane z przewozem ludzi i towarów, powinny przede wszystkim inwestować w sprzęt, który pozwoliłby na osiągnięcie korzyści materialnych oraz skrócenie czynności obsługowych. W celu usprawnienia działań należy uważnie śledzić zmiany na rynku lotniczym.

W referacie pokazano jak wprowadzenie Dreamlinerów do floty statków powietrznych może wprowadzić pozytywne zmiany w funkcjonowaniu przedsiębiorstw w transporcie lotniczym. Aktualnie samoloty produkowane przez firmę Boeing są szczytem technologii, pod każdym względem lepsze od poprzednich modeli. Zalety Dreamlinerów przedstawiono za pomocą porównania ich do wcześniejszych modeli firmy Boeing, szczególnie Boeinga 737 MAX8. Największe koszty jakie są ponoszone w związku z przemieszczaniem się środka transportu w transporcie lotniczym to koszty paliwa. Ilość paliwa jaką mieści bak samolotu to aż 138 700 litrów. Boeing 787-9 Dreamliner spala o 20% mniej paliwa, a koszt ponoszony przez pasażera na odcinku 100 km to 8,32 zł, natomiast w przypadku Boeinga 737 MAX8 koszt wynosi 9,38 zł. Znaczna rozbieżność występuje w masie startowej samolotów, Dreamliner unosi ponad 3 razy więcej kilogramów na swoim pokładzie niż poprzedni porównywalny model tego producenta. Ładowność

statku pasażerskiego jest istotna pod względem zysku z przelotu, Dreamliner na dolnym pokładzie mieści 31 000 kg ładunku cargo, co daje nawet do 30% zysku. Dreamliner swoim zasięgiem obejmuje ok 14 000 km, które może przebyć z prędkością do 1041 km/h.

Wraz ze zmianą floty statków powietrznych istotne jest dostosowanie infrastruktury portu lotniczego, w tym przypadku usprawnienie procesu tankowania. Zastosowanie najnowszych modeli autocystern doprowadzi przede wszystkim do skrócenia czasu procesu tankowania. Skład autocysterny za jednym kursem przewiezie paliwo potrzebne do zatankowania Boeinga 787 Dreamliner, czyli ok. 125 000 l paliwa. Daje to czas procesu tankowania ok. 93 min. Autocysterna o mniejszej pojemności wykona omawianą czynność w ok. 86 min., ale doliczyć należy czas kursu do magazynu w celu dobrania paliwa co w zdecydowanie wydłuża tę czynność

Różni producenci starają się wprowadzać innowacje w zakresie konstrukcji samolotów. Boeing wprowadzając Dreamlinera unowocześnił flotę statków powietrznych. Samolot ten jest lepszy pod każdym względem od poprzednich modeli, również pod względem kosztów eksploatacji. Lepsza sprawność osiągnięta dzięki nowym statkom powietrznym, uzupełniana jest o udoskonalony proces tankowania. Plany sektora lotniczego nie poprzestają na Dreamlinerach, ponieważ Airbus w 2035 roku planuje wprowadzić samoloty zeroemisyjne napędzane silnikami wodorowymi, które będą neutralne dla środowiska i przyniosą oszczędności związane z paliwem, gdyż ich silniki będą zasilane wodorem.

BIBLIOGRAFIA

- [1] MARSZAŁKIEWICZ, J. (2014). Transport lotniczy jako element logistyki. *Logistyka*, 6.
- [2] ORŁOWSKI, K. (2017). Perspektywy rozwoju elementów punktowych infrastruktury logistycznej w polskim transporcie lotniczym. *Gospodarka Materialowa i Logistyka*.
- [3] WOJEWÓDZKA-KRÓL, K., ROLBIECKI, R. (2009). *Infrastruktura transportu*. Gdańsk: Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego. s. 16.
- [4] SPYRA, Z., & WITCZAK, O. (2017). Czynniki wpływające na wizerunek portów lotniczych. *Studia Ekonomiczne/Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach*, (313), 161-172.
- [5] Pasażer na lotnisku krok po kroku słownik <http://airport.wroclaw.pl/> (data dostępu: 10.02.2021)
- [6] Regulacja-ryнку/statystyki-i-analzy-ryнку-transportu-lotniczego/3724-statystyki-wg-portow-lotniczych <https://www.ulc.gov.pl/pl/> (data dostępu: 10.02.2021).
- [7] Sprzęt lotniskowy tankowanie samolotów 2017 <https://www.polot.net/pl/> (data dostępu: 10.02.2021).
- [8] Statystyki analizy statystyki i analizy rynku transportu lotniczego-statystyk wg. przewoźników <https://www.ulc.gov.pl/pl/> (data dostępu: 10.02.2021).
- [9] Wiadomości dla pilota aktualizacja ceny paliw lotniczych na polskich lotniskach <https://dlapilota.pl/> (data dostępu: 10.02.2021).
- [10] <http://www.boeing.com/> (data dostępu: 10.02.2021).
- [11] <http://www.orlenaviation.pl/> (data dostępu: 10.02.2021).
- [12] <https://www.airbus.com/newsroom/stories/these-new-Airbus-concept-aircraft-have-one-thing-in-common.html> (data dostępu: 10.02.2021)