



Studium niezawodności małych samolotów i silników tłokowych

Chełm, 22.02.2018

Plan prezentacji

1. Wstęp
2. Cel i źródła danych
3. Metoda analizy
4. Kategorie zdarzeń lotniczych wg ICAO
5. Niesprawności instalacji płatowcowych przyczyną zdarzeń lotniczych
6. Usterki zespołów napędowych
7. Wnioski
8. Literatura

Wstęp

Programy dotyczące samolotów General Aviation (udział NASA):

- GARA (*General Aviation Revitalization Act*);
- AGATE (*Advanced General Aviation Transport Experiment Program*).
- GAP (*General Aviation Propulsion*) - **Teledyne Continental Motors**
- EPIC (*Electronic Propulsion Integrated Control*) - **Textron Lycoming & Unison Industries**;

Programy europejskie:

- EPATS (European Personal Air Transportation System)
- Clean Sky 2 Programme
- Flight Path 2050;

Wstęp

Europa - 2750
zaniedbanych lotnisk
Problem ich utrzymania
dla lokalnej
administracji

60 lotnisk w Polsce.

Do wykorzystania w
transporcie małymi
samolotami, IATA -
wizja 2050

SAT class	Pistons + hybrid		Turboprop		Fan	
Subclass	ACP-1	ACP-2	ACT-1	ACT-2	ACJ-1	ACJ-2
Main Mission	Private and business travel, air-taxi service available on request, a short distance, middle class of service,	Air-taxi on demand, short distance, middle class of service,	Business and private travel, air-taxi service on demand; available to the majority of the population,	Commuter according to flight schedules and on demand, for small passenger flows and a variety of routes; available for most of the population,	Corporate travel, business and private travel, air-taxi service on demand; for passengers with significant time value,	Commuter on request and according to flight schedules, corporate, business and private travel, high class service for passengers with a very high value of time.
Crew+Pax	1+3	1+5	1+9	2+19	1+5	1+9
Reference aircraft						

Cel i źródła danych

Cel pracy – określenie ryzyka bezpieczeństwa wynikającego z wykonywania operacji lotniczych

Cel prezentacji – przedstawienie metodyki określenia ryzyka bezpieczeństwa na przykładzie samolotów
o MTOM < 5700 kg

Studium niezawodności – pierwszy etap

Dotyczy samolotów zarejestrowanych w Polsce

Baza danych ECCAIRS - European Coordination Center for Accident and Incident Reporting Systems

Zawiera dane dotyczące zdarzeń lotniczych raportowanych przez różne organizacje.

Metoda analizy

Współczynnik:

$$K_{1000} = N_e * 1000 / N$$

gdzie:

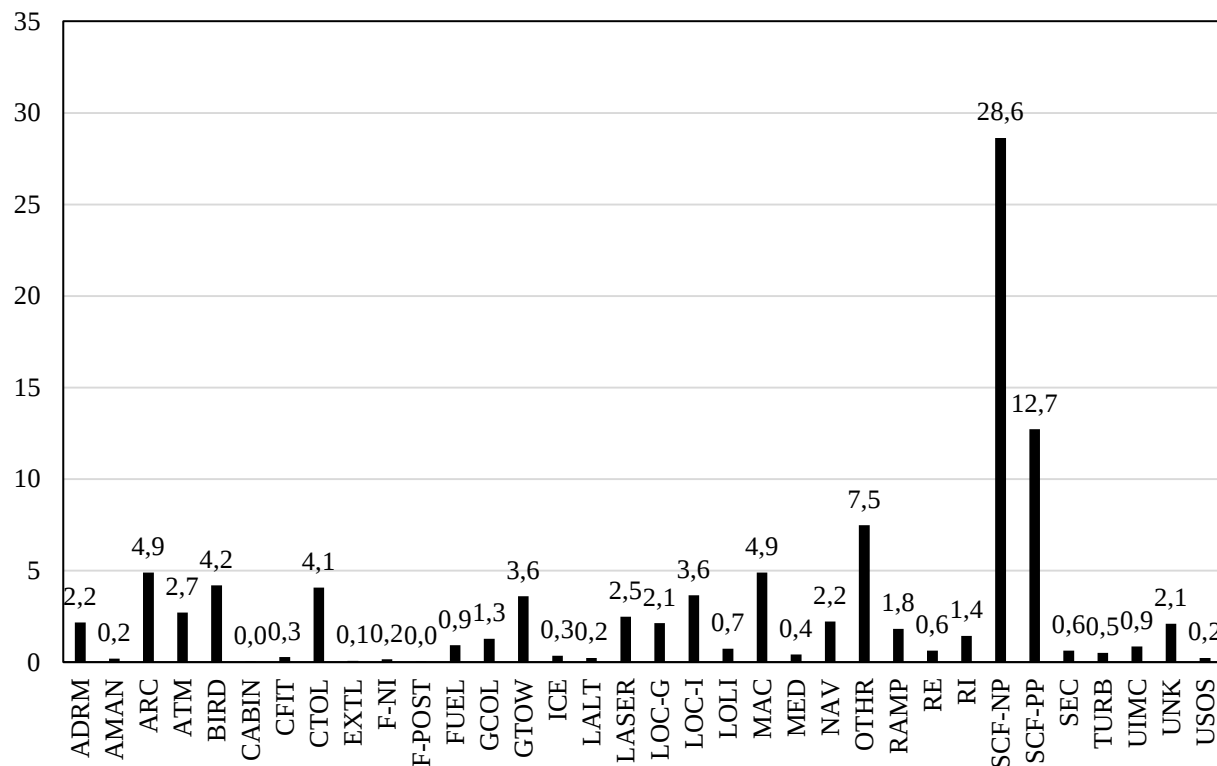
N_e – liczba zdarzeń w specyficznej kategorii (ICAO lub ATA- 100)

N – liczba samolotów zarejestrowanych w tym czasie (roku)

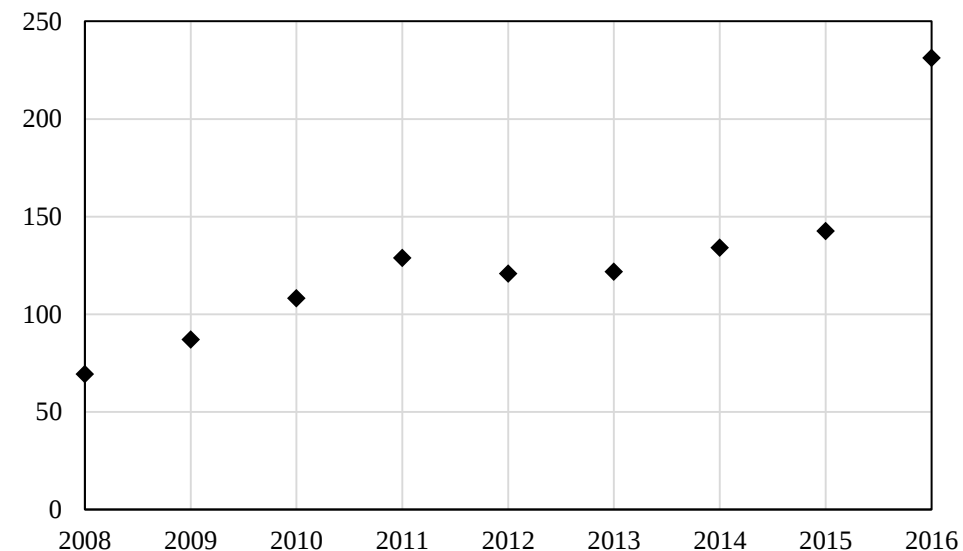
Kodowanie zgodnie z kategoriami zdarzeń lotniczych wg ICAO (37 kategorii)

Kodowanie zgodnie z ATA-100 („techniczne zdarzenia” SCF-NP & SCF-PP)

Kategorie zdarzeń lotniczych wg ICAO dla samolotów o MTOM < 5700 kg

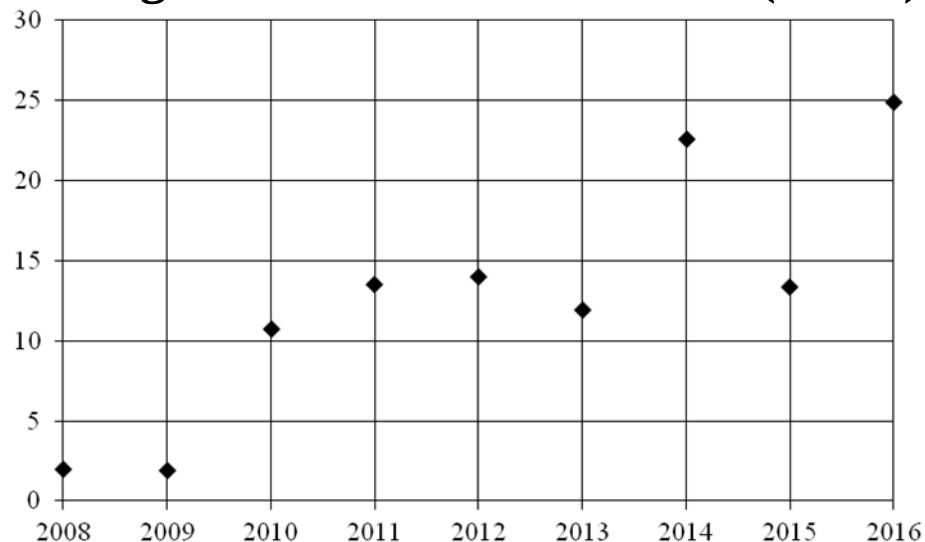


Procentowy „udział” raportowanych zdarzeń lotniczych w Polsce w latach 2008-2016



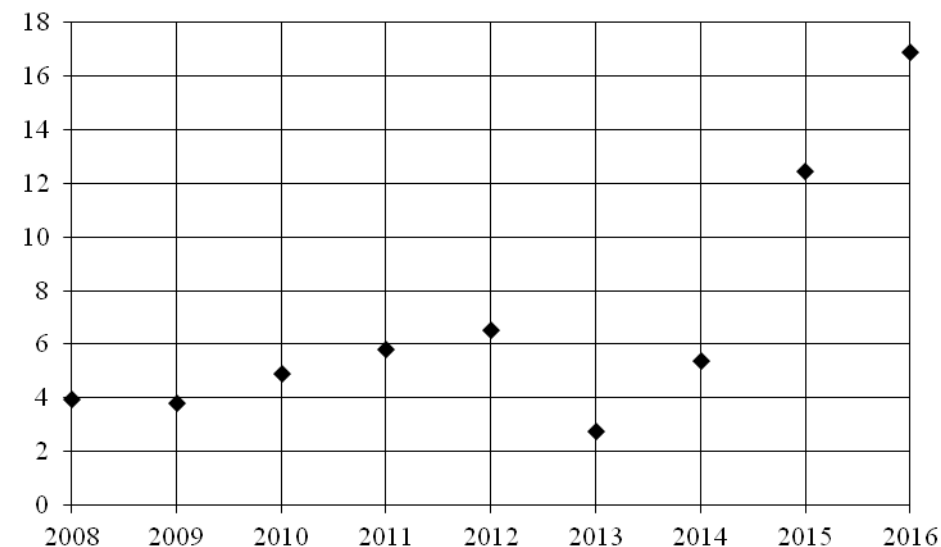
Zmiana wartości współczynnika K₁₀₀₀ dotyczącego wszystkich zdarzeń lotniczych

Kategoria – Midair Collisions – (MAC)



*Zmiana wartości współczynnika K_{1000}
dotyczącego zdarzeń lotniczych w kategorii MAC*

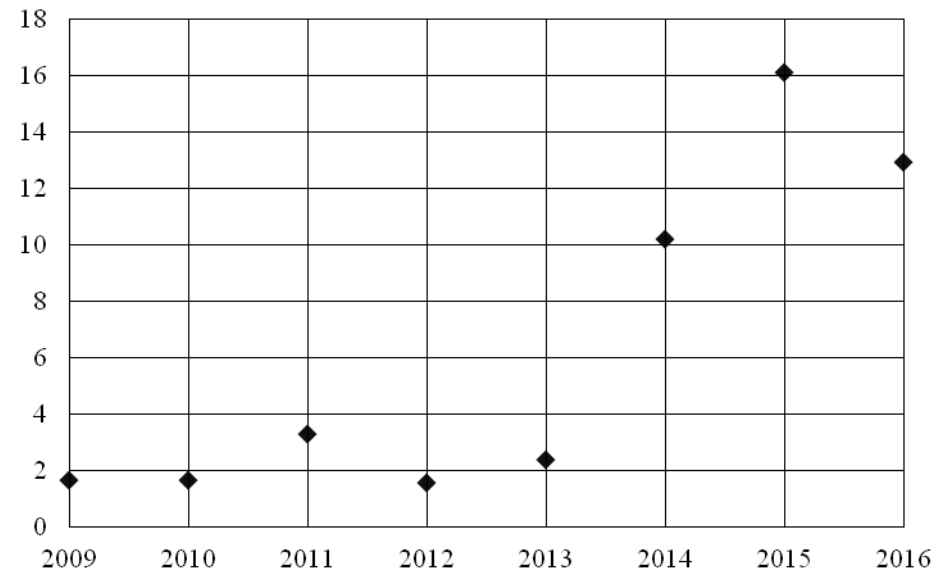
Kategoria – Bird – (BIRD)



*Zmiana wartości współczynnika K_{1000}
dotyczącego zdarzeń lotniczych w kategorii BIRD*

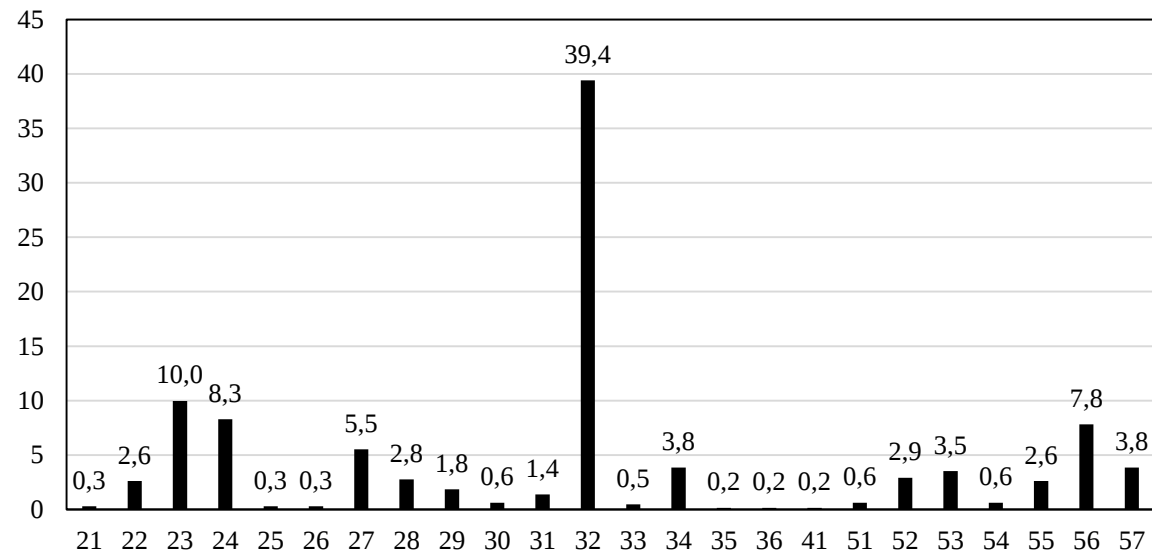
Kategoria ta obejmuje zdarzenia kolizji samolotów, gdy oba są w powietrzu. Zaliczają się do niej przypadki nieprzestrzegania separacji zarówno spowodowane pracą załogi jak i kontroli ruchu lotniczego. Każde ostrzeżenie TCAS / ACAS i tzw. meldunek AIRPROX również są włączone do kategorii MAC

LASER

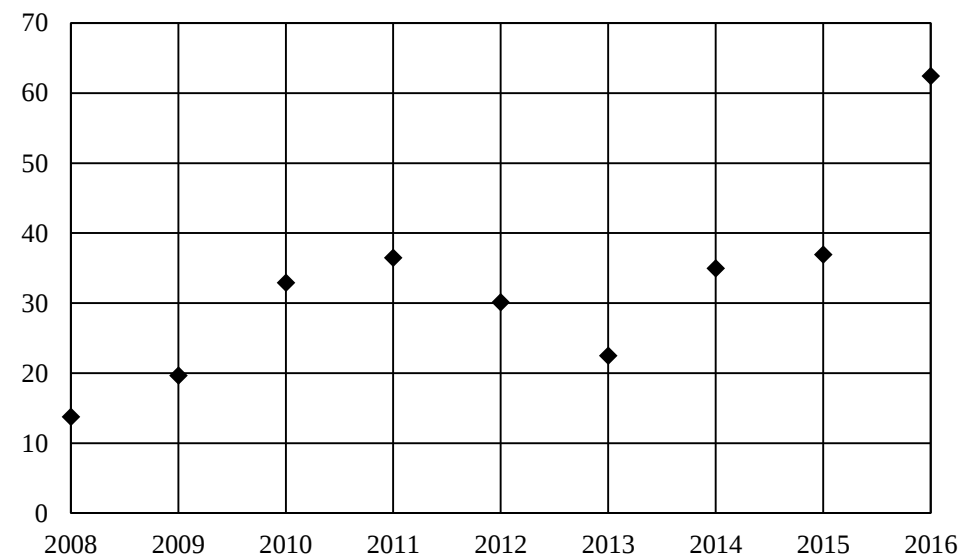


*Zmiana wartości współczynnika K_{1000}
dotyczącego zdarzeń lotniczych w kategorii LASER*

Kategoria - System Component Failure – Non Powerplant (SCF-NP)

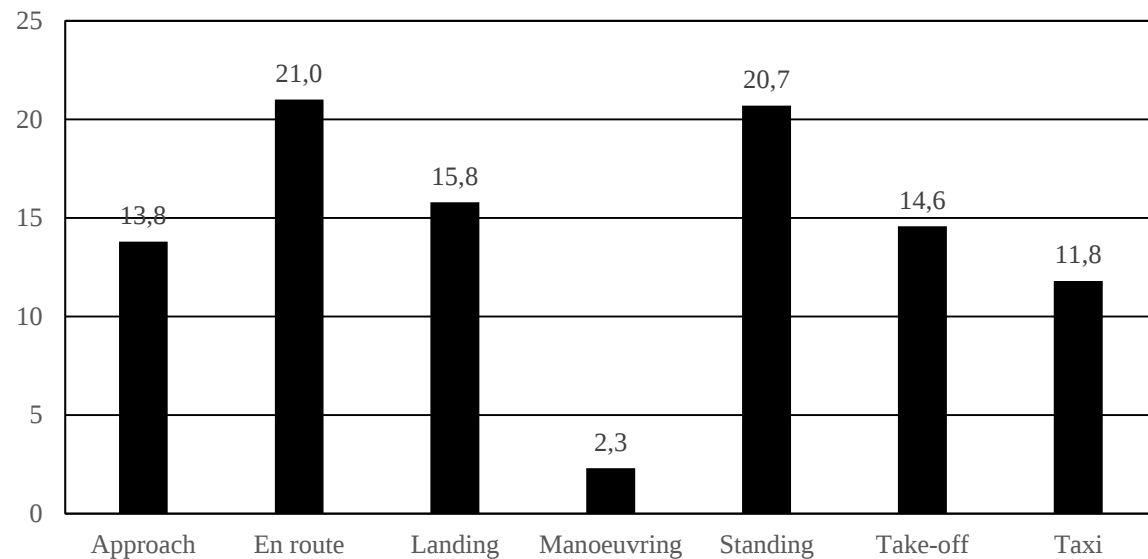


Procentowy „udział” raportowanych zdarzeń lotniczych w Polsce w latach 2008-2016 w kategorii SCF-NP wg grup ATA - 100



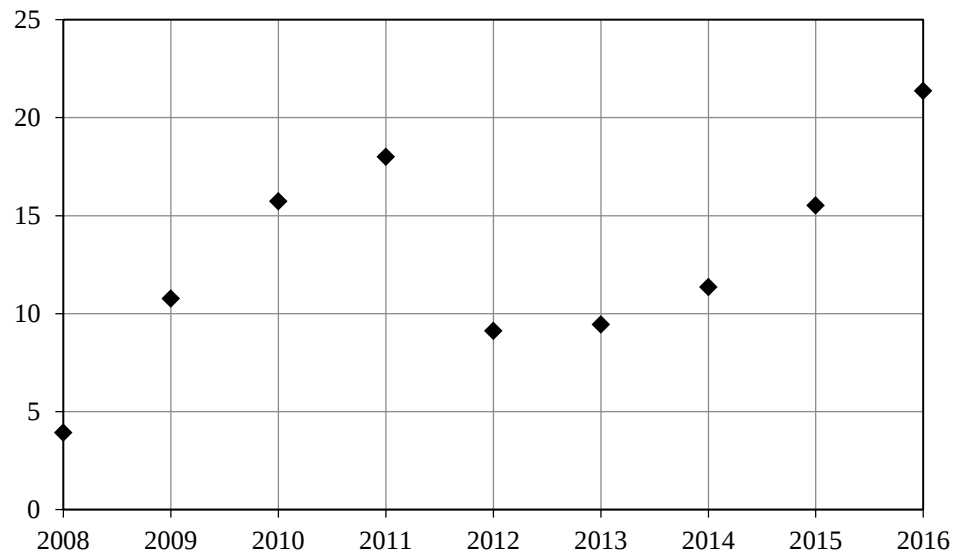
Zmiana wartości współczynnika K_{1000} dotyczącego zdarzeń lotniczych w kategorii SCF-NP

Kategoria - System Component Failure – Non Powerplant (SCF-NP)

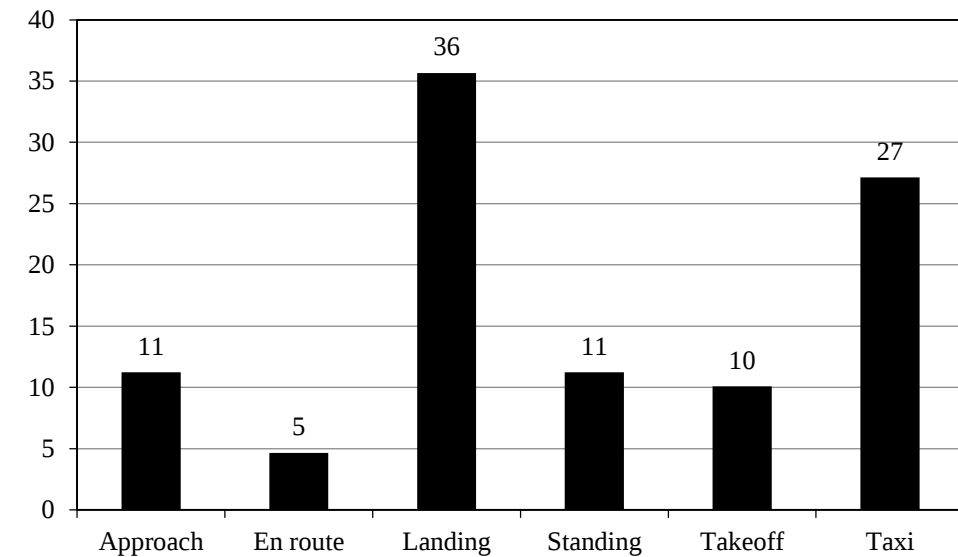


Procentowy „udział” poszczególnych manewrów samolotu dla raportowanych zdarzeń lotniczych w Polsce w latach 2008-2016 w kategorii SCF-NP

Niesprawności podwozia (ATA – 100 grupa 32)

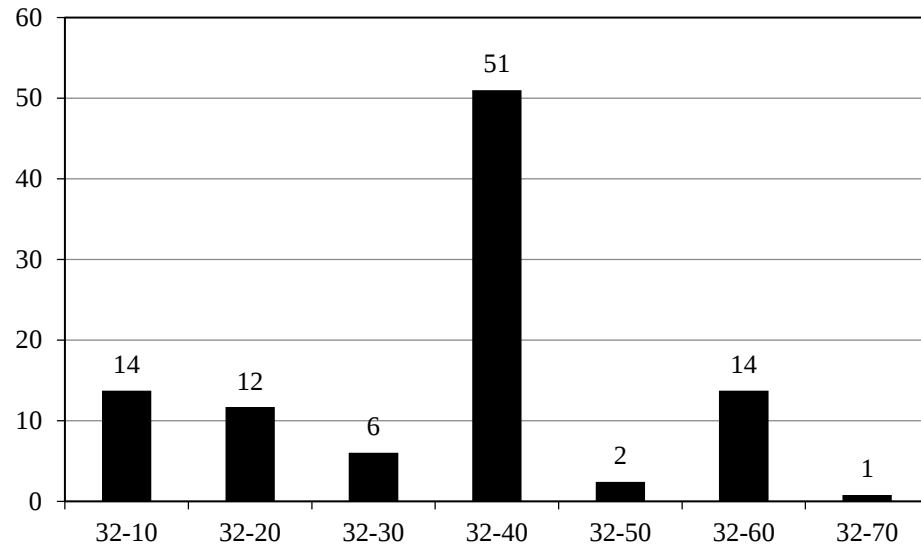


*Zmiana wartości współczynnika K_{1000}
dotyczącego zdarzeń lotniczych dla ATA-100 grupa 32*



*Procentowy „udział” poszczególnych manewrów samolotu dla raportowanych
zdarzeń lotniczych w Polsce w latach 2008-2016 w grupie 32 ATA-100*

Szczegóły niesprawności ATA -100 grupa 32 (podwozie)



32-10 Podwozie główne/owiewki i osłony
32-20 Podwozie przednie/ogonowe/owiewki i osłony
32-30 Wypuszczanie/chowanie
32-40 Koła i hamulce
32-50 Sterowanie
32-60 Wskazania położenia
32-70 Płozy, pływak

Procentowy „udział” poszczególnych podgrup raportowanych zdarzeń lotniczych w Polsce w latach 2008-2016 w grupie 32 ATA-100

PODGRUPY 32-10 i 32-20

32 – przerwane operacje lotnicze

18 – uszkodzeń śmigła

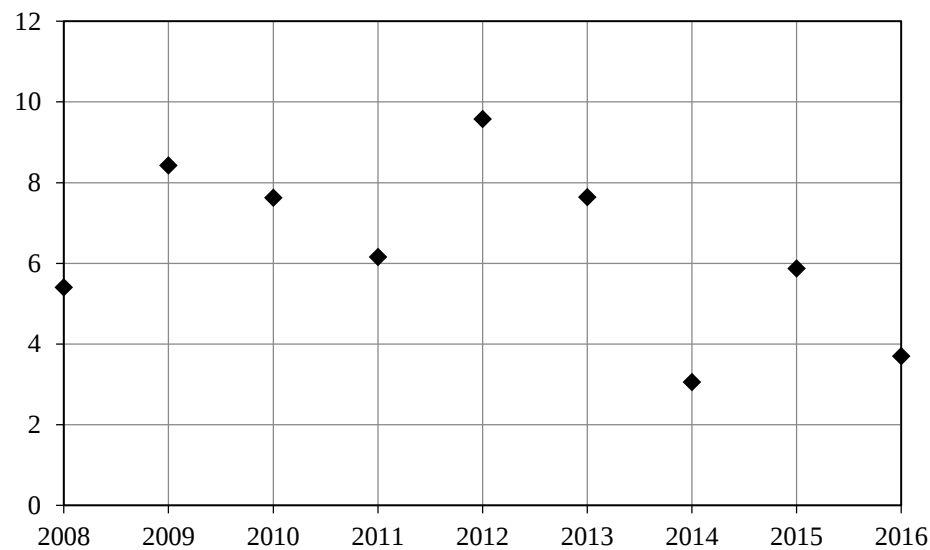
10 – uszkodzeń skrzydła lub kadłuba

PODGRUPA 32-40

53 zdarzenia spowodowane brakiem ciśnienia w oponie

32 zdarzenia spowodowane uszkodzeniem opon

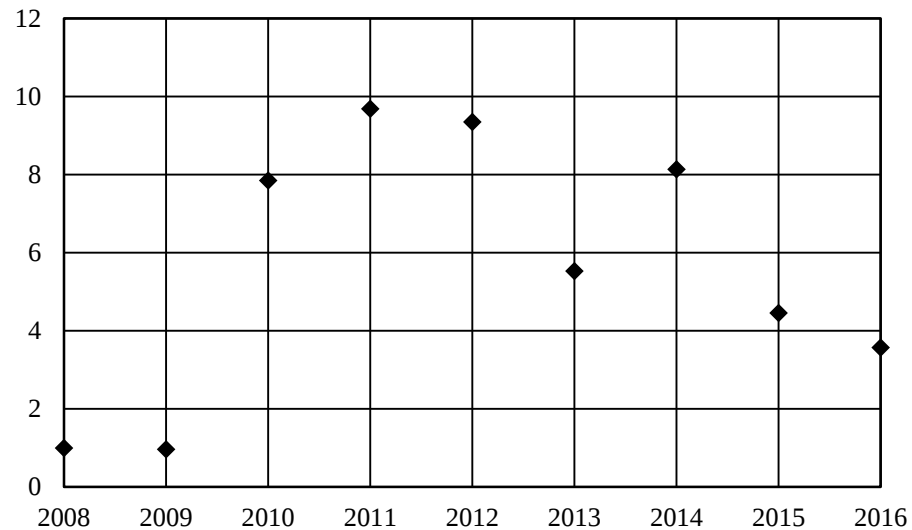
Zdarzenia lotnicze w kategorii Abnormal Runway Contact (ARC)



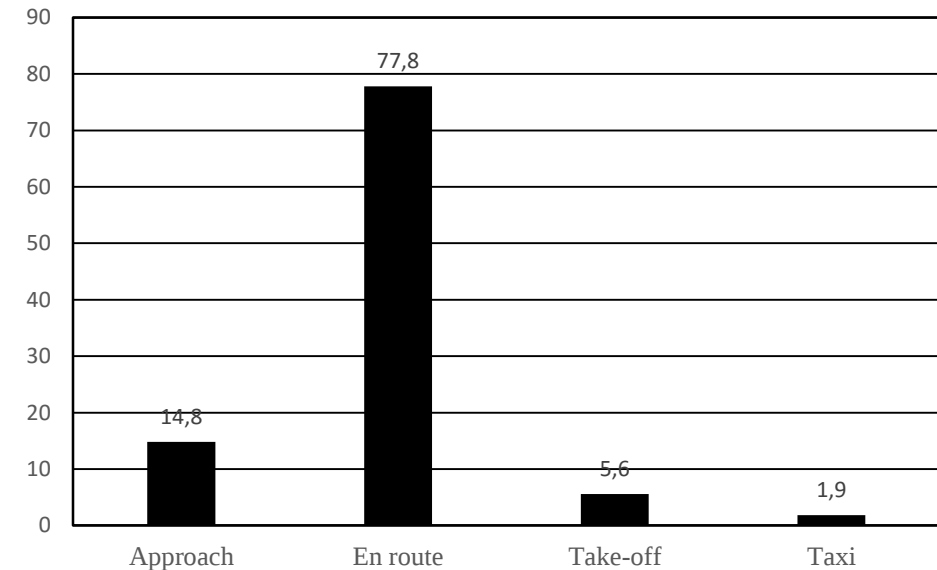
Szkolenie pilotów
Uszkodzenia zmęczeniowe podwozia

*Zmiana wartości współczynnika K_{1000}
dotyczącego zdarzeń lotniczych dla kategorii ARC*

Raportowane zdarzenia spowodowane niesprawnościami instalacji łączności; ATA – 100 grupa 23

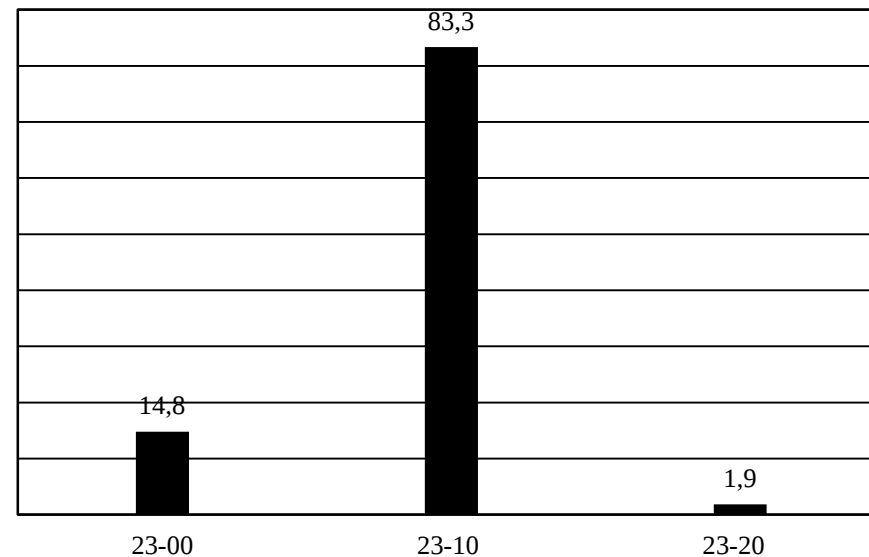


***Zmiana wartości współczynnika K_{1000}
dotyczącego zdarzeń lotniczych dla ATA-100 grupa 23***



***Procentowy „udział” poszczególnych manewrów samolotu
dla raportowanych zdarzeń lotniczych w Polsce
w latach 2008-2016 w grupie 23 ATA-100***

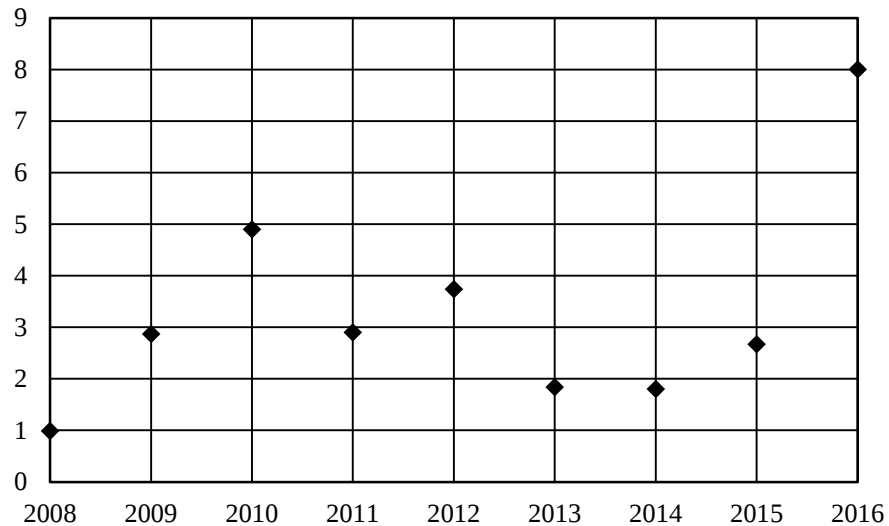
Szczegóły niesprawności ATA -100 grupa 23 (łącznie)



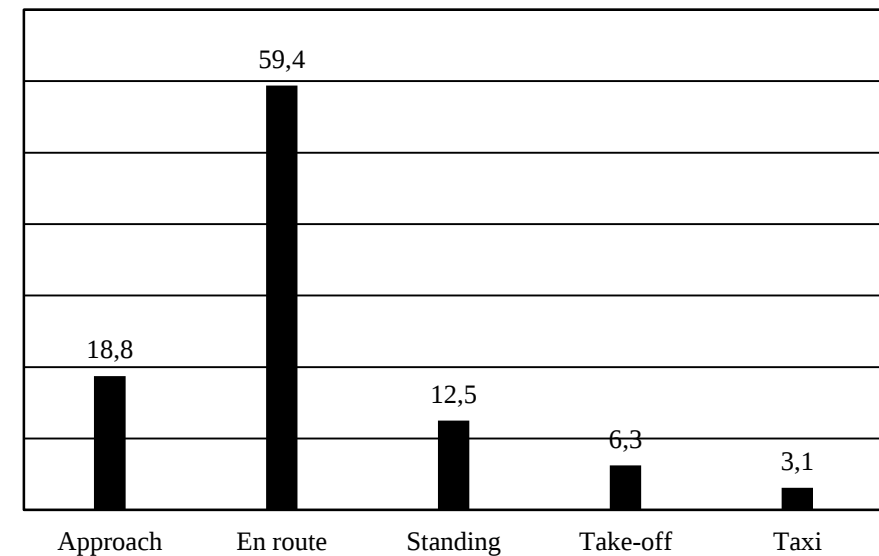
23-00 Ogólnie
23-10 Łączność głosowa
23-20 Transmisja danych , automatyczne
wywołanie

*Procentowy „udział” poszczególnych podgrup
raportowanych zdarzeń lotniczych w Polsce w latach
2008-2016 w grupie 23 ATA-100*

Niesprawności instalacji elektrycznej (ATA – 100 grupa 24)

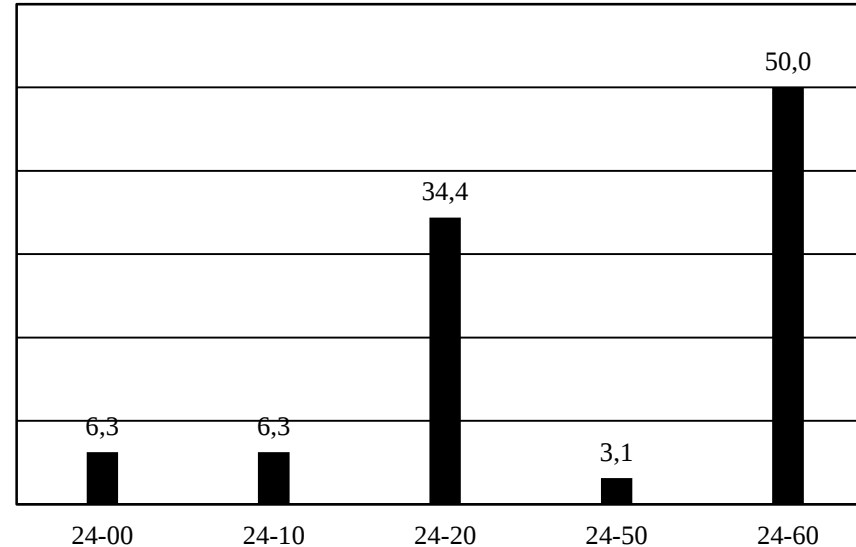


*Zmiana wartości współczynnika K_{1000}
dotyczącego zdarzeń lotniczych dla ATA-100 grupa 24*



*Procentowy „udział” poszczególnych manewrów samolotu dla
raportowanych zdarzeń lotniczych w Polsce w latach 2008-2016
w grupie 24 ATA-100*

Szczegóły niesprawności ATA -100 grupa 24 (instalacja elektryczna)



*Procentowy „udział” poszczególnych podgrup
raportowanych zdarzeń lotniczych w Polsce w latach
2008-2016 w grupie 24 ATA-100*

24-00 Ogólnie
24-10 Napęd prądnicy
24-20 Prąd przemienny - generowanie
24-50 Instalacja dystrybucji prądu
przemiennego
24-60 Instalacja dystrybucji prądu stałego

Ocena ryzyka bezpieczeństwa dla poszczególnych instalacji płatowcowych

27	Flight controls	3D
32	Landing gear	5C
24	Electrical Power	4D
21	Air conditioning	1E
31	Indicating/ recording system	2E
23	Communication	4D
29	Hydraulic power	3C
52	Doors	3D
22	Auto flight	3D
28	Fuel	2E
56	Windows	4D
57	Wings	2D
8	Leveling and weighing	1E
12	Servicing – routine maintenance	1D
25	Equipment/ furnishings	1E
26	Fire protection	1D
30	Ice and rain protection	1D
35	Oxygen	1E
46	Information systems	1E
53	Fuselage	1E
54	Nacelles/ pylons	1E
55	Stabilizers	1E

Silniki tłokowe

Prognoza: silniki tłokowe pozostaną jeszcze długo podstawowym rozwiązaniem napędu małych samolotów.

Budowa tłokowego zespołu napędowego jest mniej skomplikowana niż napędu turbośmigłowego.

Samoloty napędzane silnikiem tłokowym dla pięciu pasażerów podróżujących na odległości do 500 km.

Optymalne rozwiązanie dla programu Flight Path 2050.

Obecnie popularyzuje się stosowanie dla małych samolotów napędu elektrycznego lub hybrydowego.

Latają już prototypy takich samolotów. Ze względu na niską gęstość energii gromadzonej w akumulatorach

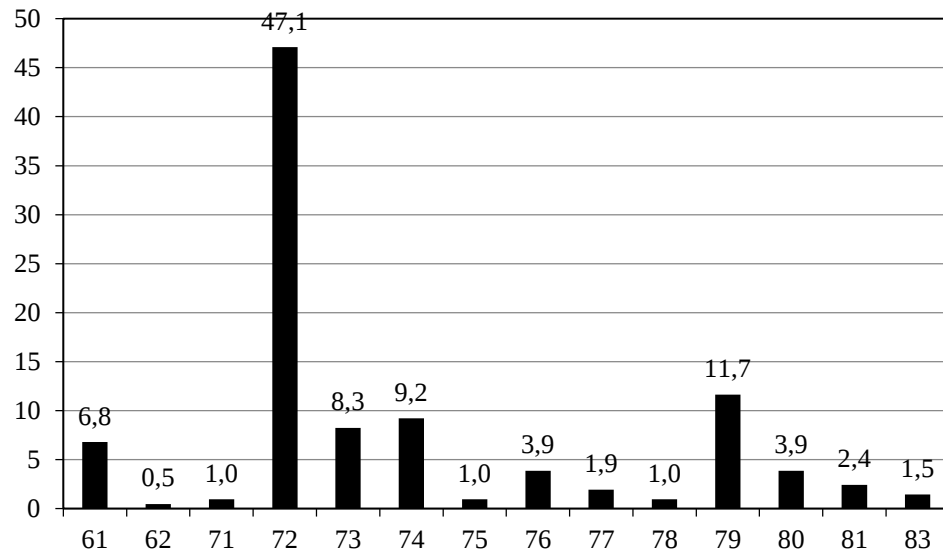
i ich dużą masę, użycie tego rodzaju napędu w małych samolotach wykorzystywanych do przewozu pasażerów będzie możliwe, ale w nieprzewidywalnej przyszłości, zwłaszcza, że emisja szkodliwych składników spalin pochodząca z samolotów napędzanych silnikami tłokowymi jest znikomo mała w porównaniu do emisji pochodzących z innych środków transportu.

Napęd hybrydowy wymaga, by były zainstalowane dwa różne zespoły zamiast jednego. Silnik elektryczny ze swą skomplikowaną instalacją zasilania i sterowania może znacząco obniżyć niezawodność układu napędowego i bezpieczeństwo latania.

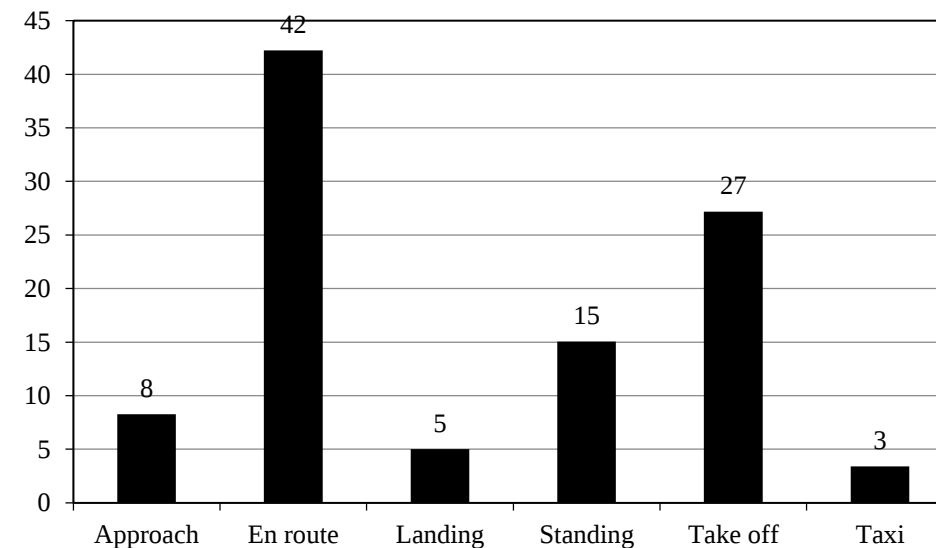
Gęstość energii akumulatorów litowo-jonowych [Wh/kg] obecnie 150, przewidywana za 30 lat 450

Gęstość energii paliwa Jet-A wynosi 12 000 [Wh/kg]

Kategoria ICAO: System Component Failure Powerplant (SCF-PP)

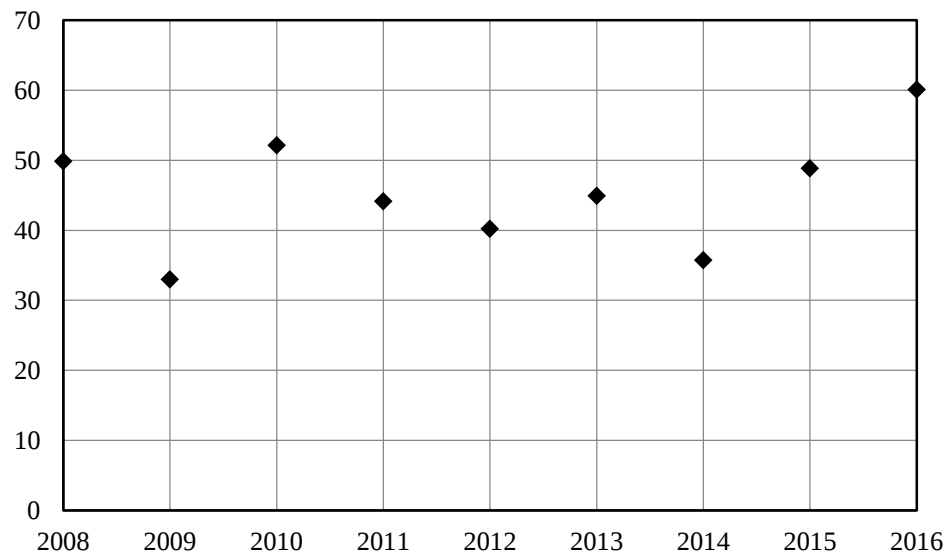


Procentowy „udział” raportowanych zdarzeń lotniczych w Polsce w latach 2008-2016 w kategorii SCF-PP wg grup ATA - 100

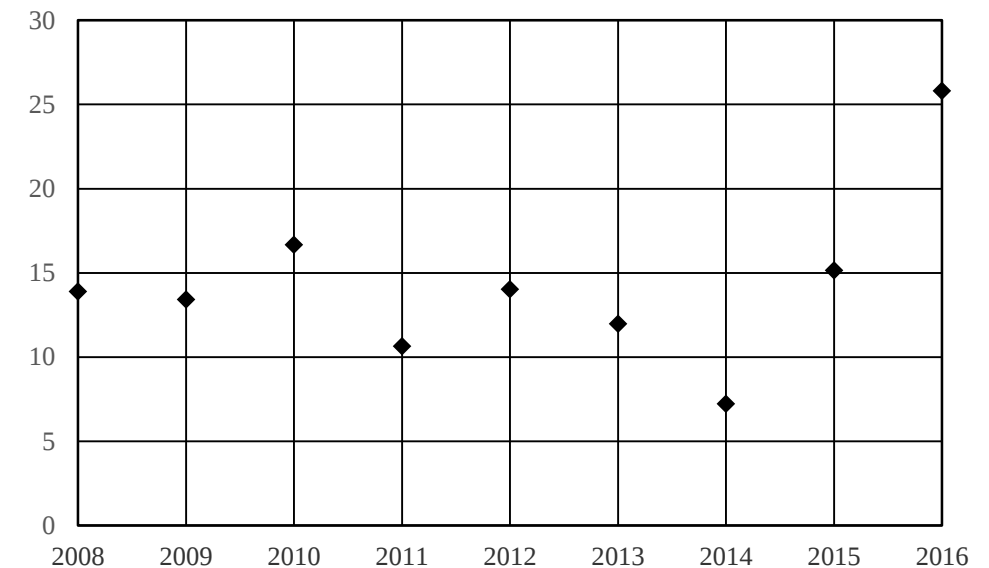


Procentowy „udział” poszczególnych manewrów samolotu dla raportowanych zdarzeń lotniczych w Polsce w latach 2008-2016 w kategorii SCF-PP

Kategoria System Component Failure Powerplant (SCF-PP)



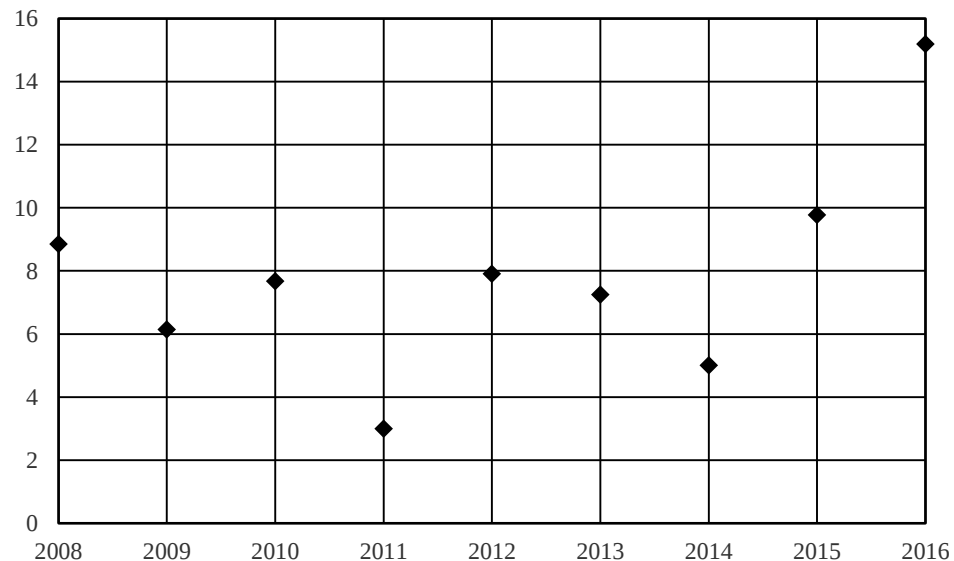
*Zmiana wartości współczynnika K_{1000}
dotyczącego zdarzeń lotniczych w kategorii SCF-PP*



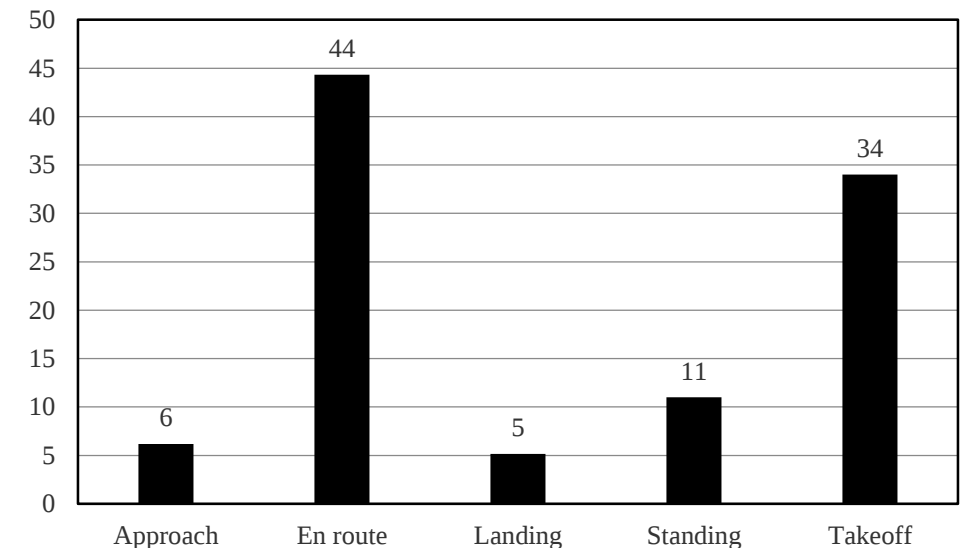
*Zmiana wartości współczynnika K_{1000}
dotyczącego zdarzeń lotniczych zakończonych procedurą awaryjną
w kategorii SCF-PP*

**W 2016 roku
36% raportowanych zdarzeń lotniczych spowodowanych niesprawnościami
zespołu napędowego zakończyło się procedurą alarmową**

Niesprawności silnika tłokowego; ATA – 100 grupa 72(R)



***Zmiana wartości współczynnika K_{1000}
dotyczącego zdarzeń lotniczych w kategorii SCF- PP
grupa 72 ATA - 100***



***Procentowy „udział” poszczególnych manewrów samolotu
dla raportowanych zdarzeń lotniczych w Polsce
w latach 2008-2016 w grupie 72 ATA - 100***

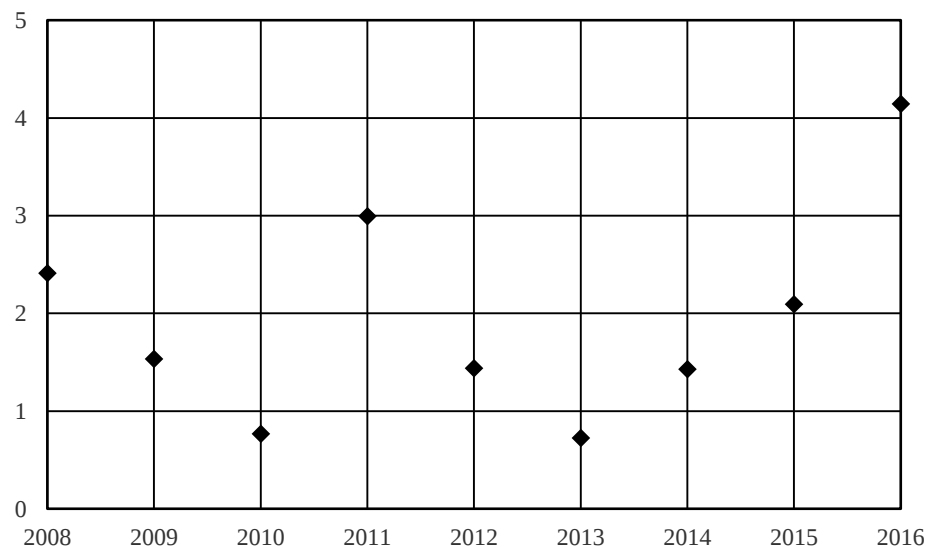
Niesprawności silnika tłokowego; ATA – 100 grupa 72(R)

Szczegóły niesprawności silników tłokowych w grupie 72 w latach 2008-2016

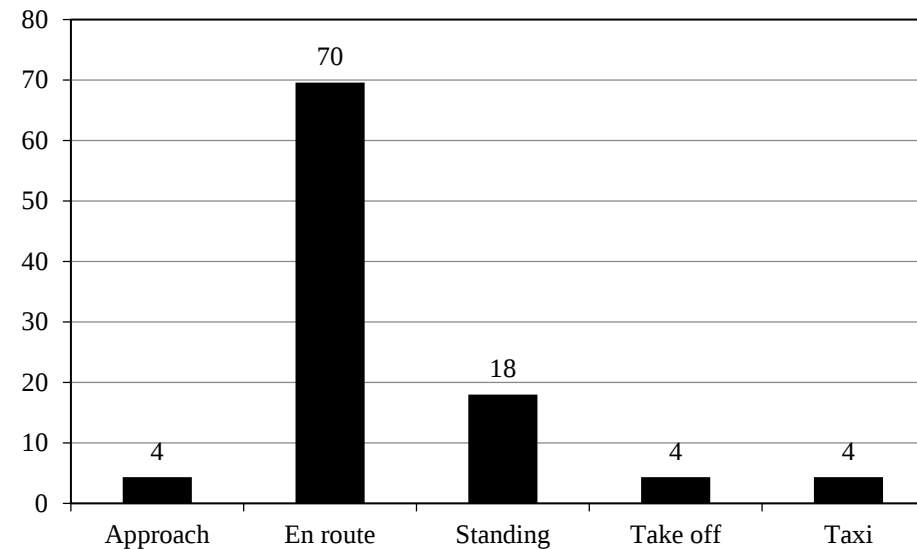
Liczba	Rezultat	Liczba	Objawy	Liczba	Przyczyna
14	Awaryjne lądowanie	27	Utrata mocy	4	Zawór wydechowy
51	Przerwany lot	24	Niestateczna praca silnika	5	Cylinder
3	Przerwany start	2	Przegrzanie silnika	5	Karter
2	Przerwane kołowanie	11	Wyłączenie w powietrzu	4	Wał korbowy
		1	Wibracja silnika	1	Wał rozrządu
				2	Korbowód

Okolo 80% zdarzeń spowodowanych niesprawnościami silników tłokowych zakończyło się przerwaniem lotu lub awaryjnym lądowaniem

Niesprawności instalacji olejowej; ATA – 100 grupa 79



***Zmiana wartości współczynnika K_{1000}
dotyczącego zdarzeń lotniczych w kategorii SCF- PP
grupa 79 ATA - 100***

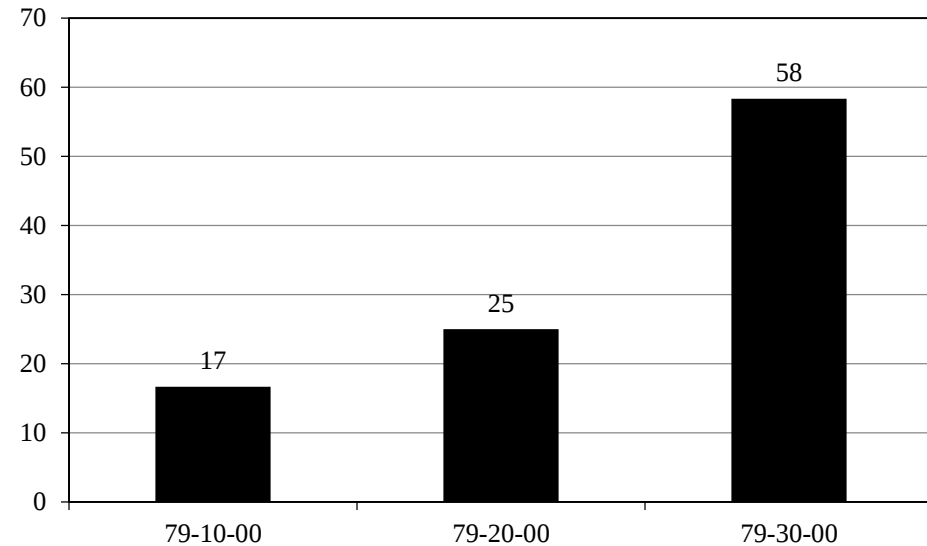


***Procentowy „udział” poszczególnych manewrów samolotu
dla raportowanych zdarzeń lotniczych w Polsce
w latach 2008-2016 w grupie 79 ATA - 100***

Niesprawności instalacji olejowej; ATA – 100 grupa 79

Szczegóły niesprawności silników w grupie 79 w latach 2008-2016

Liczba	Rezultat	Liczba	Objawy	Liczba	Przyczyna
15	Awaryjne lądowanie	3	Utrata mocy	6	Niewłaściwa obsługa
4	Przerwany lot	4	Niskie ciśnienie oleju	6	Opiłki metalu na korku magnetycznym lub filtrze
1	Przerwane kołowanie	3	Wysoka temperatura oleju		
1	Zniszczenie elementów struktury płatowca	2	Wibracja silnika		
		1	Wysokie ciśnienie oleju		
		3	Wyciek oleju		
		1	Niewypuszczenie przedniego podwozia		
		1	Wskazania opiłków oleju		



Procentowy „udział” poszczególnych podgrup raportowanych zdarzeń lotniczych w latach 2008-2016 w grupie 79 ATA-100

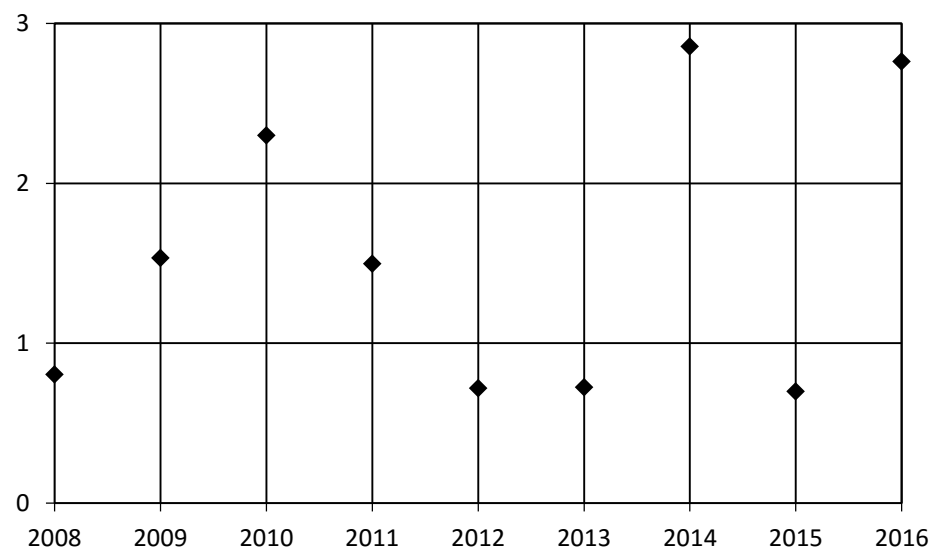
79-10 Zbiornik olejowy

79-20 Elementy instalacji

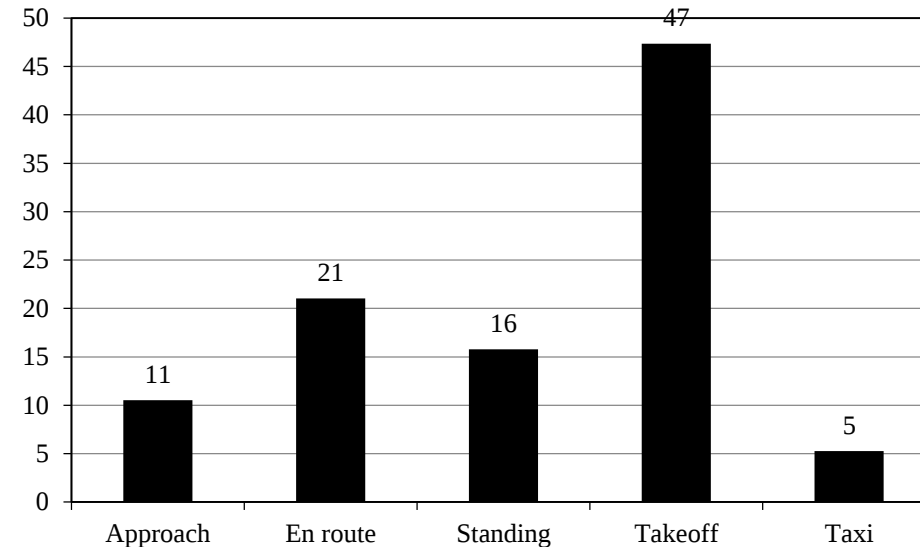
79-30 Wskazania

Okolo 80% zdarzeń spowodowanych niesprawnościami instalacji olejowej zakończyło się przerwaniem lotem lub awaryjnym lądowaniem

Niesprawności instalacji zapłonowej; ATA – 100 grupa 74



*Zmiana wartości współczynnika K_{1000}
dotyczącego zdarzeń lotniczych w kategorii SCF- PP
grupa 74 ATA - 100*

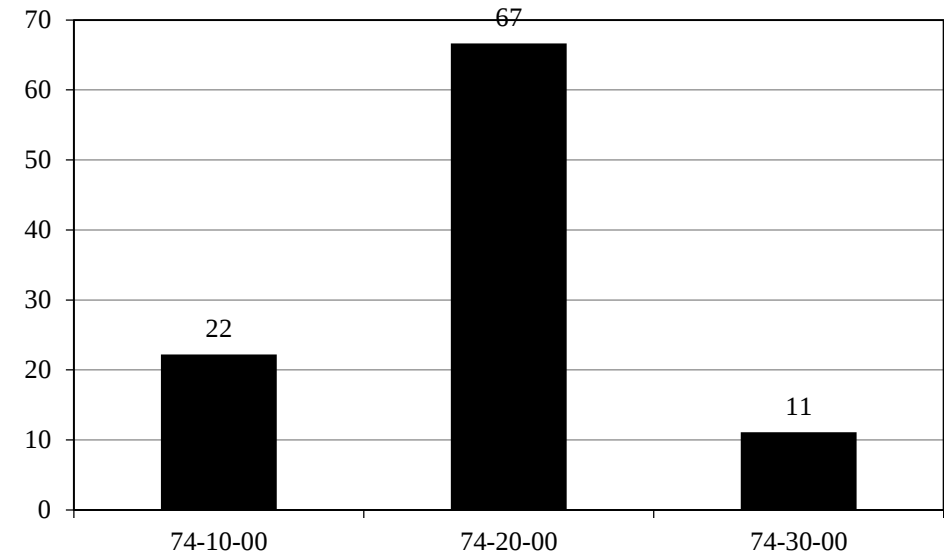


*Procentowy „udział” poszczególnych manewrów samolotu
dla raportowanych zdarzeń lotniczych w Polsce
w latach 2008-2016 w grupie 74 ATA - 100*

Niesprawności instalacji zapłonowej; ATA – 100 grupa 74

Szczegóły niesprawności silników w grupie 74 w latach 2008-2016

Liczba	Rezultat	Liczba	Objawy	Liczba	Przyczyna
3	Awaryjne lądowanie	8	Niestateczna praca silnika	10	Świeca zapłonowa
10	Przerwany lot	4	Utrata mocy	5	Iskrownik
		2	Wibracja silnika	1	Przewód elektryczny



Procentowy „udział” poszczególnych podgrup raportowanych zdarzeń lotniczych w latach 2008-2016 w grupie 74 ATA-100

74-10 Przewodzenie

74-20 Zapłon

74-30 Przełączniki

Okolo 70% zdarzeń spowodowanych niesprawnościami instalacji zapłonowej zakończyło się przerwaniem lotem lub awaryjnym lądowaniem

Ocena ryzyka bezpieczeństwa dla poszczególnych instalacji zespołu napędowego

61	ŚMIGŁO	3C
62	WAŁ ŚMIGŁA	1D
71	ZESPÓŁ NAPĘDOWY	1C
72	SILNIK	5B
73	PALIWO I DYSTRYBUCJA	4C
74	ZAPŁON	4B
75	ODBIORY POWIETRZA	1E
76	STEROWANIE SILNIKIEM	2C
77	WSKAZANIA PRACY SILNIKA	1C
78	WYLOT	1E
79	INSTALACJA OLEJOWA	4B
80	ROZRUCH	2D
81	TURBINY	1E
83	SKRZYNKA NAPĘDU AGREGATÓW	1D

Wnioski

1. Obserwowany jest spadek wskaźników bezpieczeństwa wykonywania lotów samolotami o MTOM <5700 kg
2. Przetwarzanie danych statystycznych dotyczących raportowanych zdarzeń jest ważne dla:
 - a. oszacowania istotnych wskaźników ryzyka bezpieczeństwa
 - b. zarządzania krajowym systemem bezpieczeństwa (annex 19 ICAO)
 - c. zarządzania bezpieczeństwem w organizacjach lotniczych
 - d. konstruowania nowych samolotów – jako narzędzie wspierające, a także w opracowywaniu nowych wymagań niezawodnościowych i bezpieczeństwa
3. Rekomendowane jest stosowanie dwusilnikowych zespołów napędowych lub wprowadzenie nowych metod oceny stanu technicznego silnika dla samolotów wykonujących loty komercyjne (Flight Path 2050)
4. Należy poprawić stan małych (przygodnych) lotnisk: jakość nawierzchni dróg startowych, sposoby obsługi pasażerów
5. Samolotowe instalacje łączności i nawigacji wymagają działań mających na celu poprawę ich niezawodności

References

- [1] *Aviation Occurrence Categories, Definitions and Usage Notes.*, International Civil Aviation Organization, Common Taxonomy Team, October 2013 (4.6).
- [2] *Annual Safety Review 2014* , European Aviation Safety Agency, Safety Intelligence & Performance Department, Cologne, Germany, 2015.
- [3] *ATA Specification 100 - Specification for Manufacturers' Technical Data*, Publications Department Air Transport Association (ATA) of America, Inc. Washington, DC 20004-1707 USA.
- [4] *Aviation technician advanced training program Continental engine theory*, 2005, Teledyne Continental Motors, Inc.
- [5] Balicki W, Głowacki P, *Aircraft engines – analysis of reported systems failures in Polish Aviation during years 2008 – 2015*, Journal of KONES Powertrain and Transport, ISSN 1231-4005, Vol. 23, No. 1, Warsaw 2016, s.31-37.
- [6] Balicki W, Głowacki P, Lorocho L, *Safety performance indicators assessment for small aircraft airframe systems*, Journal of KONES Powertrain and Transport, ISSN 1231-4005, Vol. 23, No. 2, Warsaw 2016, s.31-38.
- [7] Głowacki P, Balicki W., *ICAO aviation occurrence categories significantly affected aviation safety in Poland for the period 2008-2015*. Scientific Journal of Silesian University of Technology, Series Transport, Volume 94, 2017
- [8] Goraj Z., *Influence of power unit configuration layout of a regional jet on performance and direct operating cost*, International Council of the Aeronautical Sciences, 2016
- [9] Iwaniuk A., Wiśniowski W., Żółtak J., *Multi-disciplinary optimisation approach*, Aircraft Engineering and Aerospace Technology: An International Journal, Volume 88 · Number 2 · 2016
- [10] Lorocho L., *Bezpieczeństwo lotnictwa krajowego w działalności Instytutu Lotnictwa*, Oprac. „Bezpieczeństwo i niezawodność w lotnictwie. Rozwój lotnictwa w regionach”. Wyd. NOT, Radom, 2015.
- [11] Pettit, D., Turnbull, A., *General Aviation Aircraft reliability Study*, NASA Langley Research Center, Hampton, Virginia 23681-2199, February 2001.
- [12] Piwek K., Wiśniowski W., *Small air transport aircraft entry requirements evoked by FlightPath 2050*, Aircraft Engineering and Aerospace Technology: An International Journal, Volume 88 · Number 2 · 2016 · 341–347
- [13] *Safety Management Manual (SMM)*, Doc 9859, AN/474, Third edition ICAO 2012.



Dziękuję za uwagę

www.ilot.edu.pl