

## ZASTOSOWANIE ANALIZY SPEKTROMETRYCZNEJ OLEJU W ASPEKTCIE OCENY ŻUŻYCIA TŁOKOWYCH SILNIKÓW LOTNICZYCH

Autor: Angelika BIELEC  
Opiekun Naukowy: Jacek NOWAKOWSKI

- Czynności obowiązkowe:**
- Ograniczenia zdatności do lotu (ALS, Airworthiness Limitation Section)
  - Ograniczenia wynikające z certyfikatu typu (ujęte w TCDS, Type Certificate Data Sheet)
  - Dyrektywy Zdadności (AD, Airworthiness Directive)

### Analiza spektrometryczna oleju silnikowego

- Pozwala na kontrolę zawartości poszczególnych pierwiastków chemicznych w oleju silnikowym;
- Jako narzędzie oceny stanu silnika od ok. 1960 roku
- Standard w obsłudze statków powietrznych użytkowanych do celów wojskowych oraz niektórych silników turbinowych lotnictwa ogólnego
- Jedno z podstawowych narzędzi oceny stanu silnika zgodnie z Wytycznymi nr 9 Prezesa Urzędu Lotnictwa Cywilnego z 2016 roku

### Obsługa cywilnych statków powietrznych

- Czynności **nieobowiązkowe** (rekomendacje producenta w postaci):
- Instrukcji Obsługi Technicznej (z wyłączeniem ALS, Airworthiness Limitation Section)
  - Biuletynów serwisowych (SB, Service Bulletin)
  - Listów serwisowych (SL, Service Letter)
  - Informacji serwisowych, (SI, Service Instruction), itp.

Time Between Overhaul (TBO) silnika jest wprowadzane w większości przypadków nieobowiązkową dokumentacją, np. poprzez Service Bulletin

Od czynności nieobowiązkowych można **zastosować odstępstwo**. Oznacza to, że można użytkować silnik w trybie „wg stanu” bez względu na określony przez producenta limit TBO. W tym celu można zastosować na przykład metodologię oceny silnika zgodnie z Wytycznymi Nr 9 Prezesa ULC z 2016r.

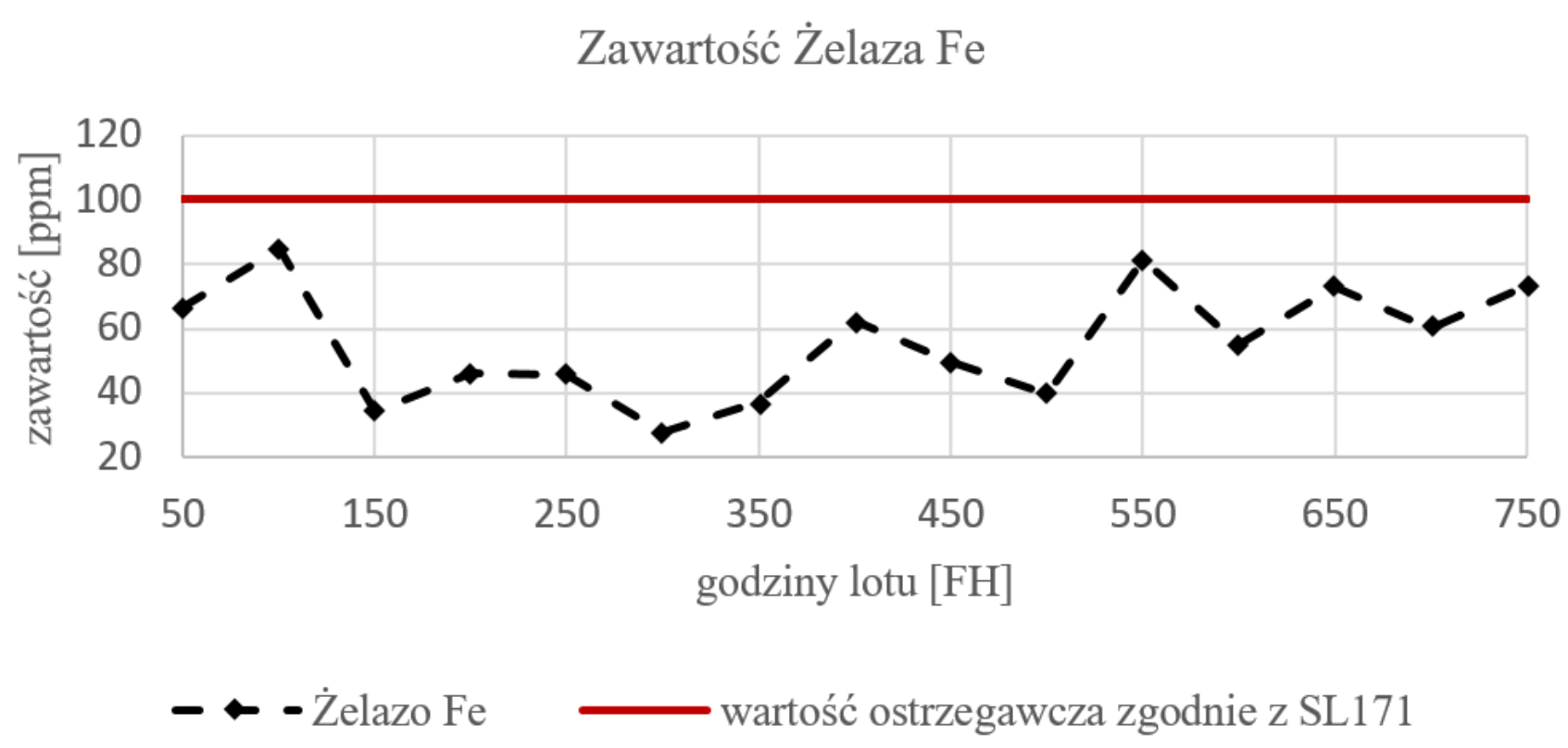
Tabela 1. Statki powietrzne poddane analizie

l.p.	Typ statku powietrznego	Typ silnika	Sposób użytkowania
1	Cessna TU 206G	Continental TSIO-520-M	do skoków spadochronowych
2	Cessna T207A	Continental TSIO-520-M	do skoków spadochronowych
3	Kolibri 160	Lycoming -320-D2A	prywatny
4	Cessna 172S	Lycoming -320	prywatny
5	Beech Baron	Continental IO-550	prywatny
6	Socata Rallye 180TS	Lycoming O-360	prywatny, w celach szkoleniowych
7	PS28 Cruiser	Rotax 912	prywatny
8	Cessna 182P	Continental O-470-R	prywatny
9	Cessna 182P	Continental O-470-R	prywatny
10	Cessna F150M	Continental O-200-A	prywatny

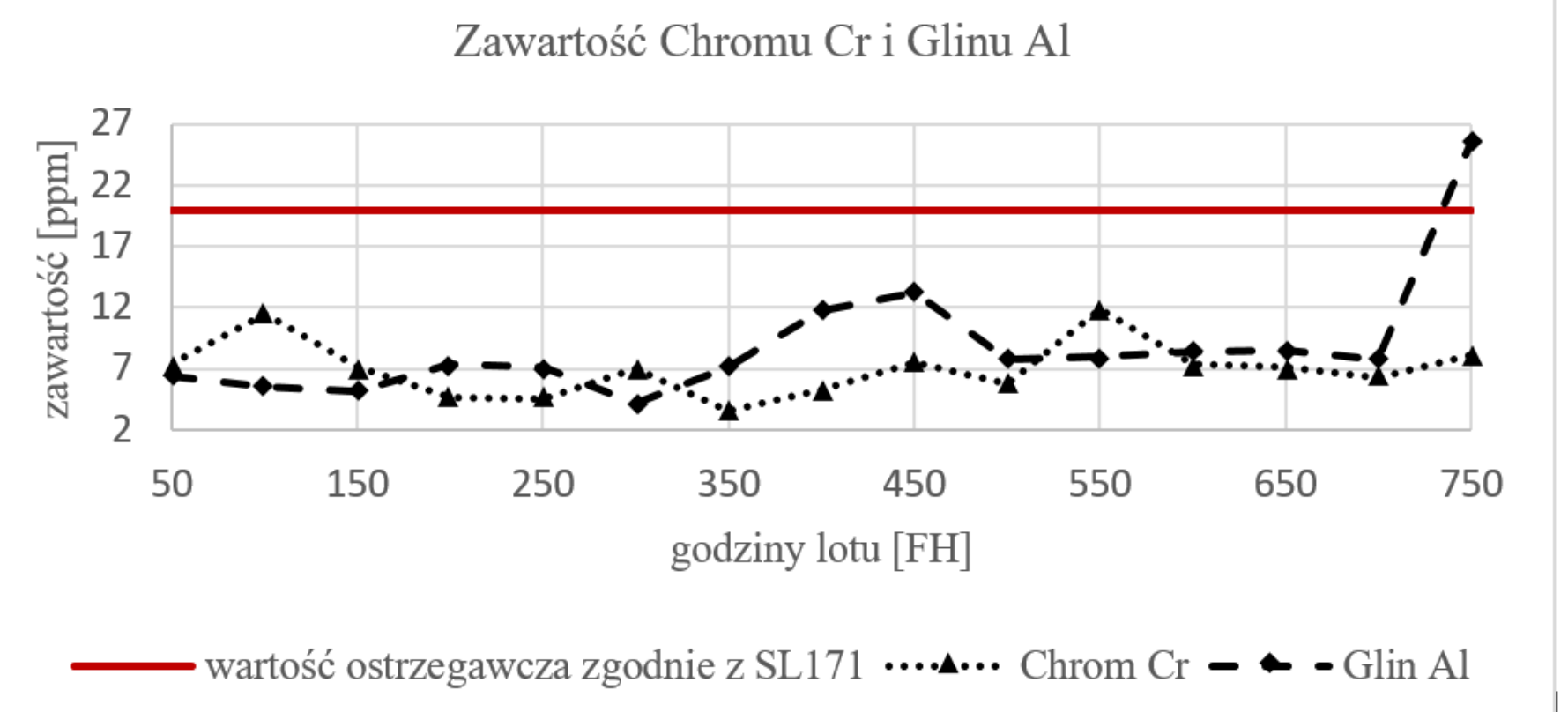


Silnik  
**Continental TSIO-520-M**  
Rok prod. : 1980r.  
TT: 7638,8 FH, TSO: 1766,9 FH;

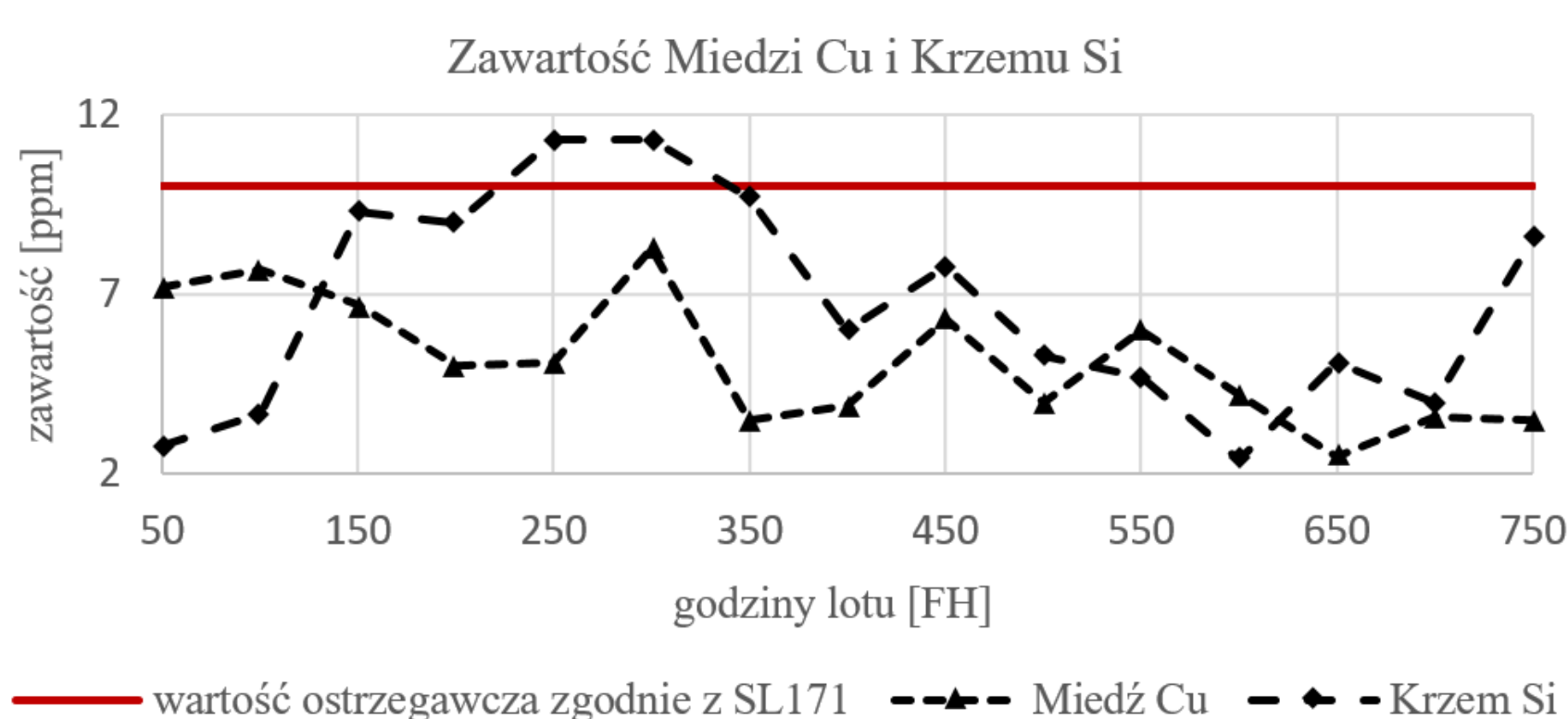
Do szczegółowego badania w oparciu o uzyskane od użytkowników dane wybrano Samolot typu Cessna T207A, rok produkcji: 1980r., nalot: 7638,8 godzin lotu (na dzień ostatniej analizy) z silnikiem tłokowym Continental TSIO-520-M. Silnik miał wykonywaną naprawę główną w lutym 2008r. przy nalocie płatowca 5871,9 godzin lotu. W badanym okresie, w maju 2019r. naprawiono cylindry. Silnik Continental TSIO-520-M to silnik sześciocylindrowy, z turbosprężarką i wtryskiem paliwa, w ustawieniu poziomym, chłodzony powietrzem.



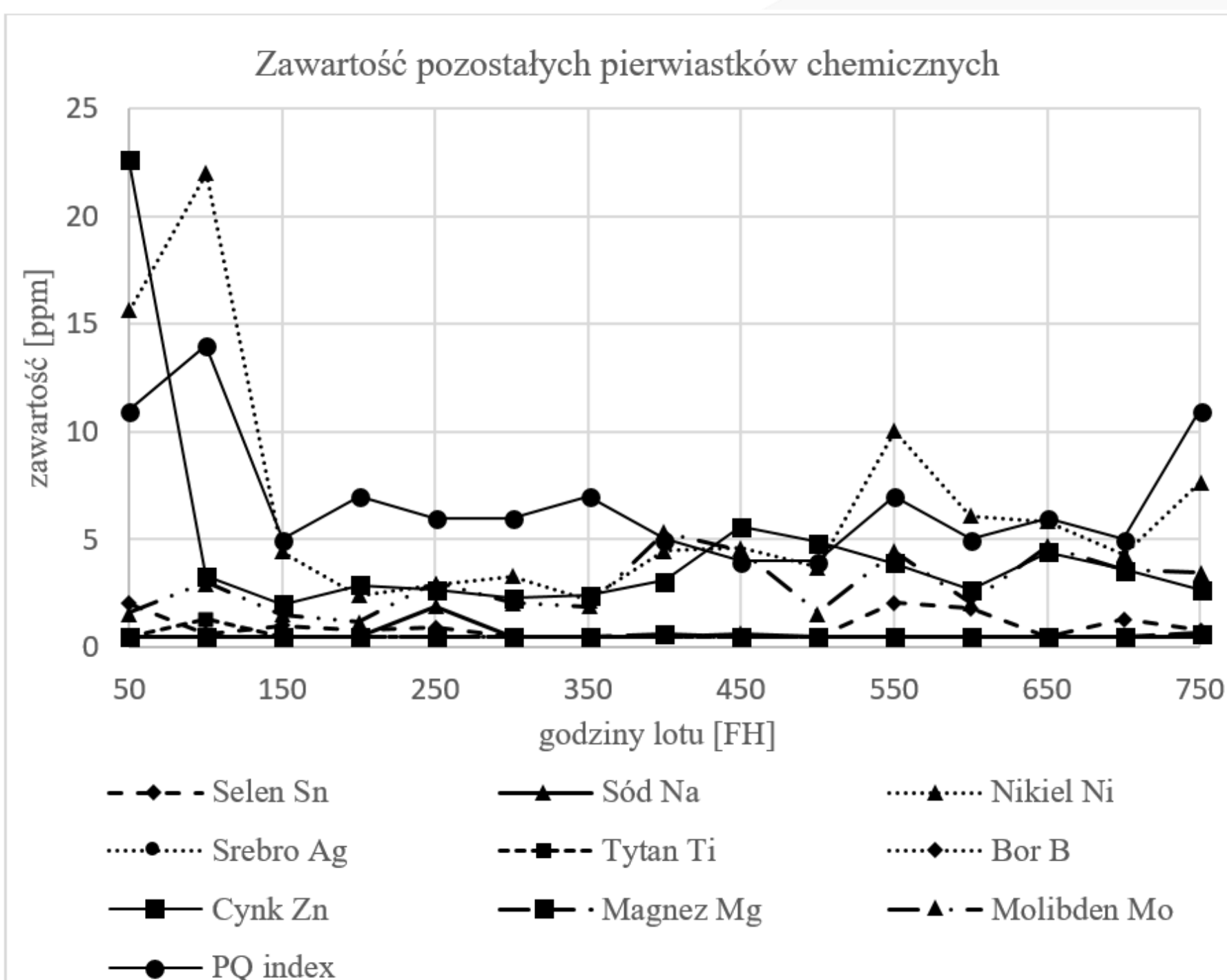
Rysunek 1. Wykres zawartości Żelaza w badanych próbkach



Rysunek 2. Wykres zawartości Chromu i Glinu w badanych próbkach



Rysunek 3. Wykres zawartości Miedzi i Krzemu w badanych próbkach



Rysunek 4. Wykres zawartości pozostałych pierwiastków chemicznych w badanych próbkach

### Ocena uzyskanych analiz spektrometrycznych oleju silnikowego

- Wykresy zawierają okres styczeń 2018 – wrzesień 2020 [Rysunki 1 do 4] i można je podzielić na dwie części:
  - okres przed naprawą cylindrów (0 – 150FH),
  - okres po naprawie a jednocześnie poprzedzający usterkę silnika (150 – 750FH).
- W zakresie 0-150FH widać podwyższone stężenie Żelaza, Cynku, Niklu i zwiększoną ilość elementów ferromagnetycznych w próbkach oleju [indeks PQ – wykres na Rysunku 4].
- 150FH – odnotowano nadmierne zużycie paliwa, znaczący spadek mocy. W wyniku kontroli stanu silnika poddano naprawie wszystkie cylindry silnika. Po montażu cylindrów odnotowano zwiększone stężenie Krzemu (prawdopodobnie efekt zanieczyszczenia lub pozostałość po środkach smarnych po montażu).
- Dalsze intensywne użytkowanie doprowadziło do pojawienia się nietypowych drgań silnika oraz drobnych elementów na filtrze oleju. Po dokładnym sprawdzeniu stwierdzono uszkodzenie silnika i konieczność przeprowadzenia jego naprawy głównej. Wyniki badań, jakie wykonano przy okazji demontażu silnika wskazywały na podwyższone wartości stężenia Żelaza, utrzymujące się wysokie wartości stężenia Chromu, Krzemu, przekroczenie w zakresie stężenia Glinu (Aluminium) oraz jednocześnie zwiększone stężenie pierwiastków ferromagnetycznych. W wyniku naprawy stwierdzono **zniszczenie tłoka spowodowane wypadniętą przeciwwagą wału korbowego**.

### Wnioski

Analiza spektrometryczna oleju silnikowego jest na tyle specyficzną czynnością obsługową, że praktycznie każdy jej etap może doprowadzić do zakłamania wyników badań. Czynniki jakie mogą wpłynąć na wyniki badania to:

- pobranie próbki na „zimnym” silniku,
- zabrudzenie próbki,
- zabrudzenie strefy pobrania próbki,
- pobranie zbyt wcześnie/zbyt późno próbki („okno czasowe” pobrania to 15-30minut licząc od wyłączenia silnika),
- pominięcie pobrania (i co się również zdarza – wysłanie próbki z innego statku powietrznego)
- korzystanie z usług różnych laboratoriów (z uwagi na możliwość korzystania z różnych technik, wyniki dla jednej próbki będą się różniły od siebie),
- niewłaściwie wprowadzone dane do systemu, np. arkusza kalkulacyjnego Excel.

Dodatkowo na etapie interpretacji wyników badań koniecznym jest posiadanie odpowiedniego doświadczenia, wiedzy z zakresu budowy silnika, materiałoznawstwa, wpływu czynników zewnętrznych wynikających ze sposobu użytkowania statków powietrznych oraz środowiska. Analiza spektrometryczna oleju silnikowego jest wprowadzana do stosowania w chwili, gdy silnik niemalże osiąga określony przez producenta TBO. Osoba odpowiedzialna za przeprowadzanie analiz nie posiada zatem pełnego zakresu danych potrzebnych do określania trendów zużycia silnika. Analiza spektrometryczna w wyniku braku wiedzy i doświadczenia w przeważającej większości przypadków jest wykonywana jedynie w celu spełnienia wymagań Urzędu.

W latach 2016 a 2020 (okres od wprowadzenia metodologii użytkowania silnika tłokowego w trybie „wg stanu”) odnotowano zwiększenie się ponad dwukrotnie ilości usterek silnika tłokowego. Jako jedną z możliwych przyczyn otrzymanych wyników wskazano wprowadzenie wcześniej wspomnianych wytycznych i pewnego rodzaju dowolność w obsłudze silników tłokowych statków powietrznych.

Agencja Unii Europejskiej ds. Bezpieczeństwa Lotniczego wydała 8 lipca 2019 roku Rozporządzenie wykonawcze 2019/1383, które umożliwia użytkownikowi małego statku powietrznego (zgodnie z Part-ML), który sam zarządza jego zdadnością do lotu zastosowanie odstępstw od wszystkich nieobowiązkowych czynności obsługowych bez konieczności uzasadniania czy stosowania czynności alternatywnych. Stosowanie odstępstwa od rekomendacji producenta, mimo iż dopuszczalne w zakresie regulacji unijnych, wymaga przejścia odpowiedzialności za jego wprowadzenie. Można wysnuć konkluzję, iż oprócz przejścia odpowiedzialności za stosowanie odstępstwa i konsekwencji z nich wynikających (o ile nastąpią) wyłącznie posiadanie odpowiedniej wiedzy i doświadczenia w zakresie użytkowania i analizy parametrów statku powietrznego pozwala na wprowadzenie odstępstw od rekomendacji producentów sprzętu lotniczego.

Autor: Angelika BIELEC, Opiekun Naukowy: Jacek NOWAKOWSKI, Akademia Techniczno – Humanistyczna w Bielsku-Białej