

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Pauli KURZAWSKIEJ-PIETROWICZ
pt.: Analiza zrównoważonych paliw lotniczych w kontekście modelowania emisji
cząstek stałych”

1. WSTĘP

Podstawa opracowania recenzji: pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Poznańskiej nr RD/d/44/03/2026 Pana prof. dr. hab. inż. Jacka PIELECHY. Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska **mgr inż. Pauli Kurzawskiej-Pietrowicz pt.: Analiza zrównoważonych paliw lotniczych w kontekście modelowania emisji cząstek stałych**, wykonana pod kierunkiem dr. hab. inż. Remigiusza JASIŃSKIEGO z Wydziału Inżynierii Lądowej i Transportu Politechniki Poznańskiej (promotor pomocniczy: dr inż. Marta Maciejewska).

Rozprawa doktorska mgr inż. Pauli Kurzawskiej-Pietrowicz została przygotowana w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w zakresie dyscypliny naukowej inżynieria lądowa, geodezja i transport.

2. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA ROZPRAWY

Ciągły rozwój transportu, którego częścią jest transport lotniczy, a w szczególności układów napędowych oraz stałe zagrożenie środowiska naturalnego, rosnące wraz ze wzrostem liczby eksploatowanych silników spalinowych, zmusza do poszukiwania, z jednej strony rozwiązań ograniczających ich szkodliwe oddziaływanie na otoczenia, z drugiej zaś, poszukiwania paliw spełniających wymagania zrównoważonego rozwoju.

Silniki odrzutowe, zasilane paliwami węglowodorowymi pochodzącymi ze źródeł kopalnych, są obecnie podstawową jednostką napędową samolotów i śmigłowców, zarówno w zastosowaniach cywilnych jak i wojskowych. Pomimo rosnącej liczby pojazdów lądowych oraz jednostek pływających napędzanych silnikami elektrycznymi lub zasilanych wodorem, nie wydaje się, aby w najbliższym czasie zastąpiły one „klasyczne” napędy lotnicze.

Zwiększenie świadomości ekologicznej branży lotniczej, związane m.in. z globalnym ociepleniu spowodowało zwiększenie zainteresowania zrównoważonymi paliwami lotniczymi, produkowanymi m.in. z bioodpadów oraz zużytych olejów roślinnych i tłuszczów zwierzęcych. Również rośliny wykorzystywane do produkcji tych paliw powinny spełniać wymagania zrównoważonego rozwoju, takie jak nieograniczanie produkcji żywności i ograniczanie zużycia wody oraz energii w całym cyklu życia paliwa (*Well-to-wheel emissions*).

Spowodowało to konieczność przeprowadzenia kompleksowej analizy zrównoważonych pali lotniczych oraz ich wpływu na emisję cząstek stałych z lotniczych silników odrzutowych, gdyż w tym przypadku stanowią one, ze względu na ilość i charakter, największe zagrożenia dla środowiska.

Doktorantka jako główne osiągnięcie naukowe, wynikające z ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (t.j. Dz. U. z 2024 r. poz. 1571 z późn. zm., art. 187 ust. 3) wykazała **zbiór 6 powiązanych tematycznie publikacji** oraz Autoreferat pt.: „Analiza zrównoważonych paliw lotniczych w kontekście modelowania emisji cząstek stałych”.

Wskazane prace Doktorantki, wchodząca w skład osiągnięcia naukowego:

- A.1 Kurzawska-Pietrowicz P. i Jasiński R.** *A Review of Alternative Aviation Fuels.* Energies, 2024, tom 17, numer 16, strony 3890-1-3890-22, DOI: 10.3390/enl 7163890 (IF: 3,0; MNiSW: 140).
- A.2 Kurzawska-Pietrowicz P. i Jasiński R.** *Overview of Sustainable Aviation Fuels with Emission Characteristic and Particulate Emission of the Turbine Engine Fueled ATJ Blends with Different Percentages of ATJ Fuel.* Energies, 2021, tom 14, numer 7, strony 1858-1-1858-18, DOI: 10.3390/enl4071858 (IF: 3,252; MNiSW: 140).
- A.3 Jasiński R., Kurzawska-Pietrowicz P. i Przysowa R.** *Characterization of Particle Emissions from a DGEN 380 Small Turbofan Fueled with ATJ Blends.* Energies, 2021, tom 14, numer 12, strony 3368-1-3368-12, DOI: 10.3390/enl 4123368 (IF: 3,252; MNiSW: 140).
- A.4 Kurzawska-Pietrowicz P. i Jasiński R.** *Characterization of Particulate Emissions from GTM 400 Fueled with HEFA-SPK Blends.* Energies, 2025, tom 18, numer 11, strony 2696-1-2696-11, DOI: 10.3390/en18112696 (IF: 3,0; MNiSW: 140).
- A.5 Kurzawska-Pietrowicz P., Szrama S., Jasiński R. i Siedlecki M.** *Evaluation of Jet Engine Performance Parameters Fueled with Sustainable Aviation Fuel.* Combustion Engines, 2025, in press, strony 3-10, DOI: 10.19206/CE-208774 (CiteScore: 1,7; MNiSW: 70).
- A.6 Kurzawska-Pietrowicz P., Jasiński R. i Maciejewska M.** *Modeling the Impact of Hydroprocessed Ester And Fatty Acids - Synthetic Paraffinic Kerosene Fuel Properties and Engine Performance on Emission Characteristics and Particulate Size Distribution.* Advances in Science and Technology Research Journal, 2025, tom 19, numer 10, DOI: 10.12913/22998624/207916 (IF: 1,3; MNiSW: 10).

Autoreferat liczy 54 strony tekstu, obejmującego sześć 5 rozdziałów (w tym wprowadzenie i wnioski), streszczenie w języku polskim i angielskim, spis oznaczeń, abstrakty publikacji oraz oświadczenia współautorów wskazanych powyżej sześciu artykułów.

Literatura wskazana jako literatura rozprawy, przedstawiona ilościowo dla każdego z 6 artykułów liczy łącznie 258 pozycji. Uważam jednak, że taki sposób przedstawienia wykorzystania źródeł literaturowych, pomimo, że w wypadku pojedynczego artykułu jest prawidłowy, w tym przypadku stanowi przekłamanie, ponieważ ze wspomnianych 258 pozycji:

- 23 pozycje powtarzają się dwukrotnie,
- 14 pozycji powtarza się trzykrotnie,
- 1 pozycja powtarza się czterokrotnie.

Ponadto zaliczono do literatury:

- Publikację A1 – dwukrotnie,
- Publikację A2 – jeden raz,
- Publikację A3 – dwukrotnie.

Wskazywanie jako źródło literaturowe publikacji, które stanowią oceniany dorobek Doktorantki jest swoistym nadużyciem.

Pomimo tych uwag, rzeczywisty wykaz literatury jest bardzo bogaty i stanowi 213 dobrze i wyczerpująco dobranych pozycji (w tym trzy Doktorantki, które nie wchodziły do ocenianego dorobku).

Tematyka podjęta przez Doktorantkę jest aktualna i spełnia warunki znamion oryginalnego problemu naukowego, do którego rozwiązania jest niezbędna ogólna wiedza teoretyczna i praktyczna Kandydatki w dyscyplinie naukowej „Inżynieria lądowa, geodezja i transport” i wymaga umiejętności samodzielnego prowadzenia przez Doktorantkę pracy naukowej.

Rozdział pierwszy autoreferatu stanowi wprowadzenie do tematu rozprawy. Nakreślono tu ogólnie cel pracy, kwestie związane ze zrównoważonymi paliwami lotniczymi oraz emisją cząstek stałych z odrzutowych silników lotniczych.

Podrozdział 1.2 zawiera opis celu oraz zakresu rozprawy. Cel rozprawy został sformułowany następująco:

„Analiza zrównoważonych pali lotniczych i opracowanie metodyki wyznaczania wskaźników emisji cząstek stałych oraz parametrów ich rozkładu wymiarowego

w zależności od parametrów pracy silnika i właściwości fizykochemicznych zrównoważonych paliw lotniczych.”

Sformułowany przez Doktorantkę cel rozprawy właściwie opisuje postawione cele naukowe oraz wynik rozprawy, zawiera niestety kilka błędów:

- wskazanie „metodyki” w celu „wyznaczenia” wskaźników emisji jest raczej niezamierzoną pomyłką słowną, ponieważ Autorka dokonała pomiarów i obliczeń (modelowania) wskaźników emisji a nie ich wyznaczenia. Ponadto „metodyka” to uporządkowany zbiór metod, zasad i procedur stosowanych w konkretnej dziedzinie nauki, a „metoda” to konkretny, świadomy sposób postępowania prowadzący do celu. W pracy wykorzystano regresję wieloraką krokową wsteczną, a więc metodę, stąd o wiele lepszą formą byłoby zapisanie np.: „opracowanie **regresyjnej metody obliczania** wskaźników emisji cząstek stałych”;
- „parametry rozkładu” to zasadniczo wartość oczekiwana (μ), wariancja (σ^2), odchylenie standardowe (σ), mediana oraz momenty. W tym przypadku proponowałbym zapisać: „oraz **ich rozkładu wymiarowego**”

W dalszej części Autoreferatu Autorka przedstawiła opis zrównoważonych paliw lotniczych obejmujący analizę tych paliw, procesy produkcji i certyfikacji oraz ocenę cyklu życia pod względem zagrożenia dla środowiska naturalnego.

W rozdziale 3 przedstawiono wyniki badań własnych Doktorantki, dotyczące wpływu parametrów pracy silnika odrzutowego zasilanego różnymi paliwami (lub ich mieszaninami) na emisję cząstek stałych. Badania obejmowały zarówno pomiar masy wyemitowanych cząstek stałych (PM) jak również ich liczby (PN).

Rozdział 4, zatytułowany „Modelowanie parametrów emisji cząstek stałych” zawiera opis metody opracowania i walidacji zaproponowanych przez Autorkę modeli liniowych emisji cząstek stałych z silników odrzutowych zasilanych paliwami zrównoważonymi.

Te dwa rozdziały wynikające z publikacji A2 – A6 uważam za najbardziej wartościowe i wypełniające wymagania stawiane rozprawom doktorskim.

Autoreferat zamyka podsumowanie, zawierające syntetycznie ujęte wnioski, które korespondują bezpośrednio z celem przeprowadzonych analiz i badań, oraz wskazanie kierunków dalszych badań.

Układ pracy uważam za właściwy dla rozpraw doktorskich. W pracy wyraźnie wyodrębniono elementy opisu stanu wiedzy związanej z tematem rozprawy oraz elementy własnego wkładu Autorki w rozwiązanie postawionego sobie zadania naukowego. W pracy został sprecyzowany cel naukowy, przedstawiono metodykę badań, ich wyniki, analizę tych wyników a także sformułowano oryginalne wnioski.

3. OCENA ROZPRAWY

Pod względem merytorycznym i metodycznym oceniam recenzowaną pracę wysoko, co nie oznacza, że praca nie posiada błędów i usterek, które zostaną szerzej omówione w części dotyczącej uwag szczegółowych, gdyż nie rzutują na ogólną ocenę pracy.

Układ logiczny treści Autoreferatu, odpowiadający tokowi prowadzonych analiz i badań, jest prawidłowym metodycznie ciągiem czynności badawczych, powodującym, że układ treści jest przejrzysty, bez powtórzeń i luk.

Podobnie bardzo wysoko oceniam, zgłoszone jako osiągnięcie naukowe, publikacje naukowe w wysoko punktowanych czasopismach naukowych o zasięgu światowym, które, co należy zaznaczyć, uzyskały pozytywne recenzję naukowe.

Zaproponowane przypisanie konkretnych publikacji do numeracji w określonej przez Doktorantkę kolejności od A1 do A6 tworzy również przejrzysty i logiczny cykl artykułów spełniających wymagania i cele przypisane Autoreferatowi.

Uważam, że cele pracy zostały osiągnięte, a uzyskane wyniki mają dużą wartość zarówno poznawczą, jak i praktyczną.

Na szczególne wyróżnienie, upoważniające mnie do takiej oceny rozprawy, zasługują następujące elementy:

1. Podjęcie aktualnej ze względów teoretycznych i praktycznych tematyki oraz rozwiązanie tego trudnego zadania.
2. Biegła znajomość i sprawne zastosowanie modelowania matematycznego oraz metod numerycznych do realizacji postawionych sobie zadań.
3. Badania eksperymentalne emisji cząstek stałych na rzeczywistych odrzutowych silnikach lotniczych z wykorzystaniem specjalistycznej aparatury pomiarowej, pozwalającej na uzyskanie danych dotyczących zarówno stężenia liczbowego (PN), jak i masowego cząstek stałych (PM). Ma to szczególnie duże znaczenie w dobie symulacji komputerowych weryfikowanych innymi symulacjami, bez znajomości skali uproszczeń zastosowanych w programach.
4. Próba ilościowego opisu zjawisk emisji cząstek stałych poprzez zastosowanie metod modelowania statystycznego. Opracowane modele regresyjne pozwoliły na określenie wpływu wybranych właściwości fizykochemicznych paliw oraz parametrów pracy silnika na wskaźniki emisji cząstek stałych, co stanowi istotny krok w kierunku tworzenia narzędzi umożliwiających prognozowanie emisji bez konieczności prowadzenia kosztownych badań eksperymentalnych.
5. Interdyscyplinarny charakter prowadzonych badań, łączący zagadnienia z zakresu inżynierii lotniczej, technologii paliw, ochrony środowiska oraz metod analizy statystycznej. Takie podejście zwiększa wartość poznawczą rozprawy i wskazuje na szerokie kompetencje badawcze Autorki.

6. Znaczący udział Doktorantki w przygotowaniu artykułów opublikowanych w recenzowanych czasopismach naukowych potwierdza jej aktywność naukową oraz umiejętności publikacyjne spełniających standardy międzynarodowe.

Mam również uwagi krytyczne, niekiedy o charakterze dyskusyjnym, a także zapytania w sprawach nie do końca dla mnie jasnych:

1. Część teoretyczna stanowi bardzo bogaty zbiór aktualnych informacji literaturowych związanych z tematem pracy, brakuje jednak, tak ważnej w pracach naukowych, szerszej krytycznej analizy ich treści.
2. Nierówny poziom treści pomiędzy Autoreferatem a artykułami. Artykuły napisane są poprawnym językiem z użyciem prawidłowej terminologii technicznej i naukowej. Autoreferat w języku polskim zawiera wiele błędów leksykalnych oraz zwrotów „gazetowych”.
3. Pewnym ograniczeniem pracy jest stosunkowo wąski zakres analizowanych wariantów paliw zrównoważonych. Badania skoncentrowano przede wszystkim na wybranych mieszankach paliwa konwencjonalnego z paliwami typu ATJ-SPK oraz HEFA-SPK, podczas gdy obecnie certyfikowanych jest kilka ścieżek produkcji SAF. Szersze uwzględnienie innych typów paliw alternatywnych mogłoby zwiększyć możliwość zwiększenia uniwersalności uzyskanych wyników
4. Zastosowane podejście modelowe opiera się na klasycznej regresji liniowej wielorakiej, która, choć poprawna metodologicznie, stanowi stosunkowo prosty aparat analityczny. Wykorzystanie bardziej zaawansowanych metod modelowania, takich jak modele nieliniowe lub metody uczenia maszynowego, mogłoby potencjalnie pozwolić na dokładniejsze odwzorowanie złożonych zależności pomiędzy właściwościami paliwa, parametrami pracy silnika i emisją cząstek stałych.
5. W pracy w ograniczonym stopniu poruszono zagadnienie niepewności pomiarowych oraz wpływu warunków eksperymentalnych na uzyskane wyniki, co mogłoby stanowić istotne uzupełnienie analizy w kontekście interpretacji wyników badań eksperymentalnych.
6. W rozprawie nie przedstawiono tezy/ hipotezy pracy, a jedynie cele naukowe i badawcze. Czy Autorka dokonała takiego zabiegu celowo i czy jest możliwe postawienie tezy/hipotezy naukowej dla analizowanej dysertacji?

4. UWAGI SZCZEGÓŁOWE

Jak wcześniej wspomniałem, uwagi te w żadnym stopniu nie obniżają mojej oceny ogólnej, wysokiej oceny wszystkich aspektów pracy (wyboru i sformułowania tematu, uzasadnienia, analiz, badań i wnioskowania). Są to w większości typowe potknięcia spotykane w pracach naukowych i formułuję je w celu skłonienia Autorki do dodatkowych przemyśleń oraz doskonalenia warsztatu naukowego i pisarskiego.

1. Autorka bardzo dobrze przedstawia problematykę tematu oraz stosuje prawidłowe nazewnictwo wielkości i pojęć w języku angielskim. W przypadku języka polskiego (Autoreferat) praca sprawia wrażenie, że zastosowano język gazetowy lub dosłowne tłumaczenie niektórych wielkości. Przykładem może być „emission” czyli „emisja” rzeczownik w liczbie pojedynczej – a nie „emisje” jak w Spisie skrótów i oznaczeń na str. 5 – która w języku angielskim ma wiele znaczeń, natomiast w j. polskim pod tym pojęciem rozróżniamy emisję stężenie, natężenie emisji i emisję jednostkową. Autorka dość swobodnie i w niektórych przypadkach posługuje się tymi pojęciami.
2. Autorka dość swobodnie podchodzi do pojęcia „wielkość” i „wartość” np. „wielkość emisji cząstek stałych” (str. 9) czy też „wskaźnik” i „parametr” – str. 8, 5 w.d. – w jednym zdaniu użyto „parametr emisji cząstek stałych” i „wskaźnik emisji cząstek stałych”. Wskaźnikiem emisji można nazwać natężenie emisji lub emisję jednostkową, natomiast parametrem emisji (dla cząstek stałych) będzie np. wielkość cząstki, filtrowalność lub niefiltrowalność, skład chemiczny, udział fazy stałej i ciekłej, itp.
3. Dla czego Autorka posługuje się geometrycznym odchyleniem standardowym, stosowanym do analizy danych silnie asymetrycznych, które nie mają rozkłady asymetryczne, potwierdzając wcześniej normalność rozkładu – np. Publikacja A6, str. 5 – 7 (217 - 219).
4. Autorka szczegółowo przedstawia wyniki badań, np. str. 23 (podobnie w Publikacjach A2 – A4) nie starając się jednak podjąć chociaż minimalnej interpretacji co do przyczyn przedstawianych wartości mierzonych wielkości oraz ich zmian.
5. W Załączniku A nie przedstawiono pełnych tekstów publikacji, a jedynie abstrakty, identyczne z abstraktami artykułów zamieszczonych po Załączniku B.
6. Większość charakterystyk w Autoreferacie jest mało czytelna ze względu na niewielki rozmiar – w przypadku artykułu jest to zrozumiałe ze względu na wymagania redakcyjne (m.in. liczbę stron artykułu), natomiast w Autoreferacie jest utrudnia analizę bez wyraźnego powodu.
7. Str. 5, 8 wd. - „FF” powinno być raczej opisane jako strumień masowy lub objętościowy paliwa a nie „przepływ paliwa”;
8. Str. 5, 4 wd. - czy w tym przypadku *GMD* to rzeczywiście średnia geometryczna jako miara statystyczna obliczana jako n – ty pierwiastek z iloczynu liczb dodatnich stosowany w analizie zjawisk o rozkładzie logarytmicznie normalnym czy też „zwykła” średnia średnic cząstek stałych?
9. Str. 6, proszę zdefiniować pojęcie „indukowana zmiana użytkowania gruntów”. Jeśli chodzi o „wywoływanie” lub „inicjowanie” to proszę wskazać czego dotyczy;
10. Str. 6, W – powinno być raczej „wartość statystyki testu Shapiro-Wilka”;
11. Str. 6 i dalej, X , Z – to raczej „wartość zmiennej” oryginalnej lub znormalizowanej, a nie „wartość”, co prowadzi w dalszej części do pojęcia „średnia wartość wartości” (μ) lub „stała wartość” (β_0) zamiast „stała wartość regresji liniowej wielorakiej”;
12. Str. 8, 16 wd. – czy cząstki stałe nie należą do związków szkodliwych? W przypadku ogólnym są do nich zaliczane (a nawet do toksycznych), chyba że mówimy o związkach w postaci gazowej, ale takiego rozróżnienia nie ma w treści.
13. Str. 8, 1wd. – pojęcie „paliwa ograniczające emisję” to raczej „chwyt reklamowy” niż pojęcie naukowe. Paliwo przyczynia się do zwiększenia lub zmniejszenia emisji

poprzez swoje parametry fizykochemiczne wpływające m.in. na przebieg procesu spalania, a „samo z siebie”.

14. Str. 9, 4 wg. - proponuję pozostać przy silnikach odrzutowych, ponieważ silniki przepływowe to również turbiny wodne, parowe i wiatrowe;
15. Str. 12, 9 wg. – czy paliwo lotnicze „pochodzi z odpadów”, czyli jest efektem niechcianej straty w produkcji, czy też jest produkowane z odpadów, czyli wykorzystujemy odpady do produkcji paliw;
16. Str. 12, 22 wg. - „kompensację i redukcję” - nie można jednocześnie czegoś wyrównywać i zmniejszać, może zastosować spójnik „lub”?
17. Str. 13, rys. 2 – czym różni się „Faza 1” od „Fazy 2”? (w Publikacji A1 jest poprawnie);
18. Str. 15, 2 akapit od dołu – czym różnią się wskazane, główne źródła emisji gazów cieplarnianych w cyklu życia SAF od głównych źródeł emisji GHG w cyklu życia paliwa konwencjonalnego – w tym przypadku transport i dystrybucja charakteryzuje się najniższą emisją CO₂, a dodatkowo odpada kwestia nawozów mineralnych i pestycydów.
19. Str. 16, rys. 3 – „emisja” to masa danego pierwiastka lub związku chemicznego, stąd nie może mieć wartości w [gCO_{2e}/MJ], a poza tym emisja nie może mieć wartości ujemnej! W tym przypadku jest to niezdefiniowany przez Autorkę wskaźnik emisji.
20. Str. 16, 2 wd. - czy cząstki o średnicy do 100 nm nie obejmują cząstek o mniejszej średnicy, np. 10 nm?
21. Str. 17, 10 wg., - chodzi raczej o proces „agregacji” a nie „aglomeracji”, która dotyczy zasadniczo skupiania, ale w kontekście miejskim;
22. Str. 17, 10 wd. - proszę zdefiniować pojęcie „nieefektywne rozpylenie paliwa”;
23. Str. 18, 6 wg. – czym obciążono silnik? W tym przypadku chodzi raczej o wytwarzaną siłę ciągu, a nie obciążenie np. momentem siły wynikającej z działania hamulca.
24. Str. 24, rys. 10 – czy inna forma wykresu (wykres punktowy) w przypadku b, d i f była zamierzona, a jeśli tak, to jaki był tego cel?
25. Str. 25, 12 wd. – co to znaczy „największe zmniejszenie”?
26. Str. 26, 16 wd. – „zawartość aromatów” bardziej kojarzy się z cukiernictwem lub gastronomią niż paliwami – powinno być „węglowodórów aromatycznych”. A tak na marginesie, na potwierdzenie konieczności precyzyjnego zapisywania pojęć, tytuł z 2017 roku o „aromatyzowanym” paliwie: *„Ogólnopolska sieć stacji paliw LOTOS rozpocznie latem testową sprzedaż paliw aromatyzowanych. Na wybranych stacjach już w czasie najbliższych wakacji pojawi się benzyna premium LOTOS Dynamic 98 o zapachu owoców tropikalnych”* (https://www.lotos.pl/322/n,4601/paliwa_zapachowe_na_stacjach_lotos).
27. Str. 27, 15 wd. – jednostkowe zużycie paliwa „wyznaczone” czy też obliczone na podstawie wykonanych pomiarów?
28. Str. 29, równanie (2) - ε to „składnik losowy” czy też błąd losowy, zależny od wektora zmiennych objaśniających x ?
29. Str. 31 – tłumaczenie „statystyki F” i „statystyki t” dosłownie z j. angielskiego. Na poziomie rozprawy doktorskiej powinno być odpowiednio: test Fishera - Snedecora i zmienna losowa w rozkładzie Studenta;
30. Publikacja A1, str. 11 – jakie były warunki eksploatacji silników lub według jakich testów dokonano pomiarów, skoro są one do siebie porównywane, czy też zrobiono

to na podstawie wskaźników pozwalających porównywać wartości tych samych wielkości dla różnych obiektów badawczych? Z dalszej treści artykułu wynika, że badania prowadzono dla różnych warunków eksploatacji, oraz silników o sile ciągu od 2,5 kN (GMT 400) do 121 kN (GFM56-7);

31. Publikacja A2, str. 9, 11 wg. – jak zapis „Figure 5 shows the number and mass concentration” do zapisu ze str. 6, 2 wd. – „[...] the particule numer concentration was measured using an EEPS 390 (Engine Exhaust Particulate Sizer spectrometer)”?
32. Publikacja A3, str. 9, podrozdział 3.2 – natężenie przepływu paliwa podawany jest w [kg/h], podczas gdy w Tabeli 3 (str. 4) wartość natężenia przepływu paliwa przedstawiona w [l/h]. W przypadku paliw, np. Jet A-1 gęstość w 15°C mieści się w granicach 0,775–0,840 kg/l, w związku z tym, czy było to przeliczane przy zmianie jednostek? Poza tym, dla czego parametry pomiarowe testu badawczego (Table 3. Engine test matrix) różnią się od przedstawionych wyników w zakresie jednostek?
33. Publikacja A4, str. 7, tabela 4 i 5 – wartości średnie przedstawione w tabelach (*Mean*) nie odpowiadają obliczonej średniej arytmetycznej z 10 punktów pomiarowych z uwzględnieniem wartości dodatnich i ujemnych, i tak:
 - Tabela 4 – jest -10% , a powinno być -11% (dokładnie 11,2%), jest – 22%, a powinno być -24% (dokładnie -23,8%);
 - Tabela 5 – jest -23% , a powinno być -25,5% .Skąd wynikają te różnice, gdyż nie może to być średnia geometryczna, będąca pierwiastkiem n - tego stopnia z iloczynu n wartości, ponieważ w tab. 4, dla 80% siły ciągu występuje wartość 0%.
34. Publikacja A4, str. 8 – jak w pkt. 30;

5. PODSUMOWANIE

Na podstawie analizy przedstawionej mi do recenzji rozprawy doktorskiej, zarówno w formie cyklu artykułów naukowych jak i Autoreferatu stwierdzam, że:

- Autorka dokonała trafnego wyboru tematyki swojej pracy;
- Cele pracy został osiągnięte oraz potwierdzone badaniami;
- Formalno-redakcyjny układ Autoreferatu spełnia wymagania, natomiast artykułów jest bardzo dobry;
- Praca dobrze konweniuje ze stanem wiedzy i rzeczywistymi kierunkami rozwoju badań nad paliwami alternatywnymi oraz emisją związków szkodliwych w spalinach silników lotniczych;
- Autoreferat spełnia kryterium logicznej poprawności.

W moim przekonaniu fakty te świadczą o wystarczających kompetencjach Doktorantki w zakresie samodzielnego prowadzenia badań naukowych.

W związku z powyższym uważam, że rozprawa mgr inż. Pauli Kurzawskiej-Pietrowicz pt.: „Analiza zrównoważonych paliw lotniczych w kontekście modelowania emisji cząstek

stałych” (promotor: dr. hab. inż. Remigiusz JASIŃSKI, promotor pomocniczy: dr inż. Marta Maciejewska), **spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim** zgodnie z Ustawą z dnia 20 lipca 2018 roku – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (t.j. Dz. U. z 2024 r. poz. 1571 z późn. zm.), **a mgr inż. Paula KURZAWSKA-PIETROWICZ może być dopuszczona do jej publicznej obrony.**


Tomasz KNIĄZIEWICZ
dr hab. inż. prof. AMW