



**POLITECHNIKA
GDAŃSKA**

WYDZIAŁ ELEKTRONIKI,
TELEKOMUNIKACJI I INFORMATYKI



Laboratorium Akustyki Fonicznej

Gdańsk, 4.01.2022 r.

Prof. dr hab. inż. Bożena Kostek, czł. koresp. PAN

**Sz.P. Prof. dr hab. inż. Tomasz Starecki
Przewodniczący Rady Naukowej Dyscypliny
Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika
Politechnika Warszawska
Plac Politechniki 1
00-661 Warszawa**

Szanowny Panie Profesorze,

Niniejszym przesyłam przygotowaną przeze mnie opinię rozprawy doktorskiej pt.: „**Analiza generacji dźwięku w idiofonach dętych**” p. mgra inż. Bartosza Żłobińskiego, wykonanej pod kierunkiem prof. dra hab. inż. Jana Żery.

Z poważaniem,

Bożena Kostek

Opinia nt. rozprawy doktorskiej mgra inż. Bartosza Żłobińskiego

pt.: „**Analiza generacji dźwięku w idiofonach dętych**”, wykonanej pod kierunkiem prof. dra hab. inż. Jana Żery.

1. Jakie zagadnienie naukowe/badawcze jest rozpatrywane w pracy (cel i teza rozprawy) i czy zostało ono dostatecznie sformułowane przez autora

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgra inż. Bartosza Żłobińskiego pt.: „**Analiza generacji dźwięku w idiofonach dętych**”. Recenzowana rozprawa doktorska ma charakter teoretyczno-eksperymentalny, składa się z siedmiu zasadniczych rozdziałów: wstępu, zarysu teorii dotyczącego aerosprężystości, drgań układów mechanicznych oraz generowania dźwięku idiofonach dętych, metodyki badań, podejścia analitycznego do opisu drgań własnych stroika, komory stroikowej z uwzględnieniem przepływu powietrza, analizy numerycznej, pomiarów stanowiących tzw. *ground truth*, symulacji numerycznych przebiegów czasowych wychylenia stroika, rozkładu przestrzennego ciśnienia i prędkości przepływu oraz wzbudzania drgań stroika. W pracy zawarto również wnioski, bibliografię oraz dwa dodatki (rozwój historyczny aerofonów stroików i idiofonów dętych oraz klasyfikację idiofonów dętych). W pracy znajdują się również streszczenia w j. polskim i angielskim oraz szczegółowy wykaz oznaczeń. Rozprawa obejmuje 205 stron tekstu.

We Wstępie doktorant podaje przedmiot badań, rozwój badań w zakresie idiofonów dętych, motywację stanowiącą genezę rozprawy, cel i zakres pracy oraz tezę. Warto zauważyć, że autor rozprawy przyjął klasyfikację piszczałek organowych stroikowych wg zasady działania instrumentu, czyli generowania dźwięku. Podstawę tej klasyfikacji autor uzasadnia odniesieniem do poszczególnych części funkcjonalnych zawartych w tab. 1.1. Chociaż autor zauważa, że tytuł rozprawy może być kontrowersyjny, to raczej należy się skłaniać ku opinii, że taka klasyfikacja – jak podaje autor – ma pełne uzasadnienie w konstrukcji tego typu piszczałek organowych, co z kolei stanowi podstawę analizowanego modelu instrumentu. W przywołanych wyjaśnieniach znajduje się też geneza badań prowadzonych w ramach rozprawy. Jak pisze autor, o ile mechanizm generowania dźwięku jest dobrze posadowiony w literaturze tematu, to uwzględnienie konstrukcji (i wymiarów) stroika w układzie piszczałki nie jest wystarczająco dobrze przebadane. Warto też zauważyć, że już we Wstępie autor odnosi się do możliwych trudności związanych z symulacją numerycznego modelu trójwymiarowego. Uzyskanie wystarczającej dokładności

odwzorowania działania pierwszych 80 ms generowanego sygnału modelu fałd głosowych człowieka – układ podobny w kontekście występujących w nim elementów do omawianego w pracy – wymagało ok. 720 godzin obliczeń na 128 rdzeniach infrastruktury komputerowej. W uzasadnieniu badań pojawia się również odniesienie do różnic w generowanej barwie piszczałek, która wg źródeł literatury może być wynikiem stosowania różnych szerokości menzur lub też faktu, że stroiki drgają nie tylko poprzecznie, ale wykonują również ruchy skrętne, co może się wiązać ze wzmocnieniem alikwotów w generowanym dźwięku.

Podany cel rozprawy został sformułowany we właściwy sposób i odnosi się do zbadania zjawisk zachodzących w idiofonach dętych, które determinują cechy obiektywne i subiektywne generowanego dźwięku w zależności do menzury szerokościowej stroika. W założeniach analiza ogranicza się do stroików przelotowych w sprzężeniu z rezonatorem i bez rezonatora.

Tezy pracy zostały podane poniżej (przywołuję je w zapisie podanym przez autora rozprawy):

1. Zaklasyfikowanie instrumentów muzycznych takich jak akordeon, fisharmonia, harmonijka ustna i piszczałki języczkowe jako idiofonów dętych, zgodnie ze zdaniem polskich autorów, jest słuszne, ponieważ stroik spełnia rolę wibratora i od jego konstrukcji w największym stopniu zależą parametry obiektywne i subiektywne generowanego dźwięku.
2. W zależności od poprzecznych wymiarów stroika (kierunek prostopadły do płaszczyzny), w której wzbudzone są drgania), zmieniają się amplitudy składowych harmonicznnych w widmie generowanego dźwięku w ten sposób, im węższy stroik (w zakresie występujących w praktyce proporcji wymiarów) tym większe amplitudy wyższych składowych harmonicznnych w stosunku do amplitudy składowej podstawowej.
3. Zróżnicowanie amplitud wyższych składowych harmonicznnych w stosunku do składowej podstawowej wynika ze zróżnicowania przebiegu czasowego wartości całkowitego pola powierzchni, przez którą odbywa się przepływ przez stroik, ponieważ w zależności od wymiarów poprzecznych stroika zmienia się amplituda drgań skrętnych pobudzanego powietrza stroika w ten sposób, że węższy stroik tym większa amplituda drgań skrętnych.
4. Drgania skrętne stroików są wzbudzone na skutek oddziaływania sił aerodynamicznych związanych z niestabilnościami przepływu i w zależności od wymiarów poprzecznych stroika te niestabilności zmieniają się w ten sposób, że im węższy stroik tym większe oddziaływanie aerodynamiczne wzbudzające drgania skrętne.

W odniesieniu do tej rozprawy, odnosi się wrażenie, że pierwsza teza dotyczy opinii zawartych w literaturze, a nie konkretnego problemu badawczego – wg mnie nie jest potrzebna. Może niewątpliwie służyć jako jedna z konkluzji rozprawy doktorskiej, tj. wniosek pośrednio wynikający z przeprowadzonych badań. Natomiast w pozostałych tezach pracy zawarte są stwierdzenia weryfikowalne eksperymentalnie i są one jasno sformułowane.

2. Czy w rozprawie przeprowadzono w sposób właściwy analizę źródeł, w tym, literatury światowej, stanu wiedzy i zastosowań w przemyśle

Bibliografia zawarta w rozprawie jest dość obszerna i odnosi się do aktualnego stanu wiedzy, chociaż brakuje niektórych wątków badawczych czy przeglądu badań dotyczących analizy piszczałek (w tym stroikowych) organów klasycznych z ostatnich kilku lat. Poniżej podaję kilka źródeł, które mogłyby się znaleźć w przeglądzie stanu wiedzy.

REEDDESIGN (Sound Design of Reed Organ Pipes with Innovative Tools – projekt europejski (CORDIS) w ramach 7. programu ramowego Unii Europejskiej.

T. M. Huber, M. Fatemi, R. Kinnick, J. Greenleaf. Noncontact modal analysis of a pipe organ reed using airborne ultrasound stimulated vibrometry. *Journal of the Acoustical Society of America* 119.4 (2006), pp. 2476–2482. doi: 10.1121/1.2171516.

A. Miklós, J. Angster, S. Pitsch, T. D. Rossing. Interaction of reed and resonator by sound generation in a reed organ pipe.” *Journal of the Acoustical Society of America* 119.5 (2006), pp. 3121–3129. doi: 10.1121/1.2188372.

P. Rucz, Examination of the reflection properties of sloping terminations to organ pipes, *The Journal of the Acoustical Society of America* 140, 4213 (2016); <https://doi.org/10.1121/1.4969466>

P. Rucz, A finite element approach for the calculation of self and mutual radiation impedances of resonators. *The Journal of the Acoustical Society of America* 143:4, 2449-2459, 2018 <https://doi.org/10.1121/1.5033897>.

Może się wydawać, że tematyka rozprawy ma charakter niszowy, jednak ze względu na fakt, że była w kręgu zainteresowań obszaru badawczego Unii Europejskiej (przytoczony powyżej tytuł projektu europejskiego fundowanego w ramach 7. programu ramowego), to należy uznać jej wysoką aktualność.

3. Czy autor rozwiązał postawione zagadnienia, czy użył właściwej do tego metody i czy przyjęte założenia są uzasadnione

W przyjętej metodologii doktorant wykorzystał zarówno podstawy teoretyczne, pomiary (metody aktualne i bardzo zaawansowane), jak i propozycję modelu stroika (rozpatrywanego w wariantach) oraz symulację komputerową. W szczególności wykorzystanie symulacji do określenia przyczyny pomiaru drgań skrętnych stroika uważam za bardzo nośną propozycję w kontekście potencjału badawczego. Jest to niewątpliwie jedno z ważniejszych dokonań doktoratu. Zastosowanie symulacji pozwala na dokładny wgląd w zjawiska aerodynamiczne zachodzące w obecności

stroika, co byłoby trudne do uzyskania poprzez pomiary, w tym przypadku aparatura pomiarowa mogłaby zakłócać pracę mierzonego układu. Przyjęte założenie dotyczące podbudowy modelowania numerycznego pomiarami, które mogą stanowić tzw. *ground truth* są jak najbardziej zasadne.

Należy zauważyć, że opis matematyczny uwzględnia układ sprzężonych ze sobą równań różniczkowych cząstkowych, obejmujących ciało stałe (stroik), jak i płynu (powietrze) i te podstawy teoretyczne zostały przeniesione na model numeryczny (z pewnymi uproszczeniami).

Dobór metod i narzędzi jest poprawny i został we właściwy sposób uzasadniony uwarunkowaniami praktycznymi. Przykładem dostosowania się do uwarunkowań praktycznych jest zmiana wykorzystywanych bibliotek numerycznych z powodu rozwoju projektu (konieczność wprowadzania zmian siatki obliczeniowej). **W tym miejscu nasuwa się pytanie czy nie warto by się pokusić o implementację algorytmu, który w sposób automatyczny dostosowałby siatkę obliczeniową do potrzeb eksperymentu symulacyjnego?**

Kolejna uwaga – do dyskusji w trakcie obrony (czy w Odpowiedziach na recenzję) – a mianowicie – czy w eksperymencie badającym zależność pomiędzy szerokością stroika i zawartością wysokich harmonicznymi nie należałoby przebadać większego zestawu danych? W eksperymencie wykonanym przez doktoranta przebadano trzy szerokości stroika, zdają sobie sprawę, że było to uwarunkowane znaczącym wysiłkiem praktycznym, bowiem każdy pomiar wymagał przygotowania dodatkowego stroika. Natomiast może warto by przeprowadzić analogiczny eksperyment numeryczny i wyniki poddać analizie statystycznej? W przypadku analizy symulacji opartej na zweryfikowanych pomiarach (wspomnianych trzech pomiarach zbudowanych stroików) można by było w sposób pośredni zaobserwować, jak wygląda wspomniana w pracy nieliniowość pojawiania się wyższych harmonicznymi w funkcji szerokości stroika. Byłby to klasyczny sposób wykorzystania symulacji w miejsce procesu, którego fizyczna realizacja jest trudna lub niemożliwa. Niewątpliwie dużym ograniczeniem praktycznym jest czas obliczeń, pomimo obliczeń wykorzystujących infrastrukturę PLGrid (węzeł 24-rdzeniowy superkomputera Prometheus), stąd założenia prowadzonych eksperymentów musiałyby uwzględniać takie właśnie uwarunkowania. Dlatego brak eksperymentu symulacyjnego na większą skalę nie traktuję jako zarzut. Wskazuje to raczej, jak skomplikowane są procesy przepływów i działania sił aerodynamicznych opisane skonstruowanym modelem numerycznym.

W tym punkcie chciałabym się też odnieść do poszczególnych tez pracy podanych we Wstępie i ich potwierdzenia w przeprowadzonych badaniach.

Jak już wcześniej wspomniano, teza pierwsza wynika w dużym stopniu z teorii budowy instrumentów, zaś argumentacja podana we Wstępie przez autora rozprawy, mówiąca o tym, że instrumenty muzyczne jak akordeon, fisharmonia, harmonijka

ustna i piszczałki języczkowe należą do grupy idiofonów dętych była przekonująca. Dlatego można zgodzić się z konkluzją podaną we Wnioskach, że konstrukcja stroika, spełniającego rolę wibratora, determinuje zarówno widmo amplitudowe przebiegu ciśnienia akustycznego, jak i barwę generowanego dźwięku. Pośrednim dowodem tej konkluzji jest wynik pomiaru sygnału akustycznego emitowanego w zbudowanym modelu instrumentu w przypadku bez rezonatora (kanału stroikowego) i z rezonatorem za pomocą sondy mikrofonowej.

W tezie nr 2 autor rozprawy mówi, że w zależności od poprzecznych wymiarów stroika (kierunek prostopadły do płaszczyzny), w której wzbudzone są drgania, zmieniają się amplitudy składowych harmonicznych w widmie generowanego dźwięku w ten sposób, że im węższy stroik (wymiar stroików występujące w praktyce), tym większe amplitudy wyższych składowych harmonicznych w stosunku do amplitudy składowej podstawowej.

Pomiary przeprowadzone za pomocą sondy mikrofonowej potwierdziły, że amplitudy składowych harmonicznych w widmie generowanego dźwięku zmieniają się wraz ze zmianą wymiarów poprzecznych stroika. Jednak uzyskane wyniki wskazują, że w przypadku najwęższego stroika nie uzyskuje się takiego układu amplitud wyższych składowych harmonicznych w stosunku do amplitudy składowej podstawowej. Największą wartość współczynnika zawartości harmonicznych po uśrednieniu danych z różnych punktów pomiarowych otrzymano w przypadku stroika o średniej szerokości zarówno przy braku, jak i przy obecności kanału stroikowego.

Teza nr 3 wskazuje, że wielkość amplitud wyższych składowych harmonicznych w stosunku do składowej podstawowej wynika ze zróżnicowania przebiegu czasowego wartości całkowitego pola powierzchni, przez którą odbywa się przepływ przez stroik. Druga część tej tezy mówi z kolei o drganiach skrętnych zależnych od szerokości stroika. Ta część tezy została wykazana z wykorzystaniem wibrometru laserowego. Na podstawie wyników pomiarów autor wykazał, że postać i amplituda drgań zależy nieliniowo od szerokości stroika – tj. w przypadku średniego i szerokiego jest o rząd wielkości mniejsza niż w przypadku wąskiego. Dodatkowo – przy najmniejszej szerokości stroika – równocześnie z drganiami poprzecznymi występują drgania skrętne o tej samej częstotliwości i amplitudzie równej połowie amplitudy drgań poprzecznych. Autor rozprawy wyjaśnia, że stroik o średniej szerokości odkształca się w sposób najbardziej zbliżony do postaci pierwszego modu poprzecznego drgań własnych. Może to oznaczać, że wzrost amplitudy wyższych składowych harmonicznych w stosunku do składowej podstawowej generowanego dźwięku wiąże się nie wprost ze złożonym ruchem stroika, zaś drgania skrętne powodują, że przebieg zmian całkowitego pola powierzchni, przez którą odbywa się przepływ, staje się bardziej zbliżony do sinusoidalnego, co w efekcie pociąga za sobą spadek amplitud wyższych składowych harmonicznych sygnału akustycznego.

Kolejna (nr 4) i zarazem ostatnia teza odwołuje się do sposobu wytwarzania drgań skrętnych, zaś jej dowód opiera się na przeprowadzonych symulacjach

numerycznych trójwymiarowego modelu transjentów dźwięku, będącego wynikiem interakcji płynu i ciała stałego. Uzyskane wyniki potwierdzają, że cechy charakterystyczne przepływu turbulentnego związane ze wzbudzeniem drgań skrętnych występują jedynie w przypadku wąskiego stroika. Autor opisuje obserwacje wynikające z przeprowadzonych symulacji, w których można zauważyć odrywanie się strug przylegających do powierzchni stroika, które zachodzi periodycznie i niesymetrycznie względem płaszczyzny symetrii układu oraz wzajemne oddziaływanie na siebie tworzących się wirów. Obserwacje te wyjaśniają, że w przypadku, gdy asymetrie w rozkładach ciśnienia wywieranego na powierzchnie stoika przez przepływ pojawiają się okresowo, występuje zjawisko drgań skrętnych wymuszonych momentem skręcającym o wartości zmieniającej się sinusoidalnie z częstotliwością podstawową drgań stroika pobudzonego przepływem powietrza. Widać, że w początkowej fazie budowania się transjentu obecne są składowe różnicowe i sumacyjne częstotliwości modu skrętnego i częstotliwości podstawowej stroika wąskiego, związane ze stanem nieustalonym drgań wymuszonych, stanowiące pośrednie potwierdzenie oddziaływania periodycznie zmiennego momentu skręcającego.

Autor rozprawy przyznaje, że założenie, mówiące o zależności oddziaływania aerodynamicznego i amplitudy drgań skrętnych od szerokości stroika jest słuszne, ale jego część odnosząca się do większej zawartości harmonicznych w generowanym sygnale akustycznym okazała się nie być związana z większą amplitudą drgań skrętnych.

Wskazane we Wstępie trudności wynikające z ograniczeń zasobów potwierdziły się w przeprowadzonych symulacjach w praktyce. Należy jednak zauważyć, że nawet początkowe fragmenty transjentu wejściowego mają duży wpływ na barwę dźwięku, stąd **przeprowadzone symulacje – pomimo ograniczeń czasowych/zasobów – stanowią wartość poznawczą zjawisk powstających w trakcie budowania się dźwięku w przypadku idiofonów dętych.**

4. Na czym polega oryginalność rozprawy, co stanowi samodzielny i oryginalny dorobek autora, jaka jest pozycja rozprawy w stosunku do stanu wiedzy i poziomu techniki reprezentowanych przez literaturę światową

Jak już wcześniej wspomniano, wykorzystanie symulacji do określenia przyczyny pomiaru drgań skrętnych stroika uważam za bardzo nośną propozycję w rozprawie, mającą duży potencjał badawczy. Jest to niewątpliwie jedno z ważniejszych dokonań doktoratu. Zastosowanie symulacji modelu numerycznego (przygotowane w oprogramowaniu Ansys) pozwala na wgląd w zjawiska aerodynamiczne zachodzące w obecności stroika, co byłoby trudne do uzyskania

poprzez pomiary – w tym przypadku aparatura pomiarowa może zakłócać pracę mierzonego układu. Jest to niewątpliwie samodzielny i oryginalny wkład autora.

Ponadto, w trakcie realizacji eksperymentów symulacyjnych wynikała z konieczności wprowadzania topologicznych zmian siatki obliczeniowej w modelu numerycznym, czego wstępnie opracowany program (wykorzystane oprogramowanie: OpenFOAM) nie mógł zapewnić i czego doktorant nie był w stanie przewidzieć. Uważam jednak, że przygotowany wstępnie model obliczeniowy może być przydatny do prostszych zastosowań i może stanowić już na obecnym etapie co najmniej częściowe osiągnięcie badawcze.

Autor we Wnioskach wskazuje na inne ograniczenia, związane m.in. z pomiarami i na ich podstawie formułuje propozycje dalszych prac badawczych, tj. wydłużenie czasu symulacji, uwzględnienie stroików o różnej częstotliwości podstawowej, konstrukcji (różne zakrzywienia, zróżnicowana szerokość stroika), stroiki odbijające – są to niewątpliwie możliwe kierunki rozwinięcia prowadzonych eksperymentów badawczych.

Sądzę, że we Wnioskach mogłoby się pojawić odniesienie do stanu wiedzy w kontekście bardziej ogólnego modelowania instrumentów muzycznych. Odniesienia do literatury znajdują się w rozdziałach wcześniejszych, ale w końcowym rozdziale mogłyby pełnić rolę podsumowania. Niewątpliwie dużym osiągnięciem autora rozprawy jest opracowanie modelu trójwymiarowego piszczałki organowej ze stroikiem i podbudowanie modelu numerycznego zbudowanym modelem idiofonu dętego wykorzystanym do pomiarów.

5. Czy autor wykazał umiejętność poprawnego i przekonującego przedstawienia uzyskanych przez siebie wyników (zwięzłość, jasność, poprawność redakcyjna rozprawy)?

Autor pracy wykazał się umiejętnością poprawnego i przekonującego przedstawienia całościowego ciągu logicznego, począwszy od przedstawienia obszaru tematycznego, motywacji, celu i zakresu badań, hipotez badawczych, które stanowią założenia eksperymentów, analizy teoretycznej poszczególnych elementów układu generacji dźwięku w idiofonach dętych, metod rozwiązywania problemów oraz wniosków wynikających z przeprowadzonych badań. Świadczy to o umiejętności sformułowania założeń na podstawie analizy stanu wiedzy oraz prowadzenia eksperymentu badawczego.

Należy zauważyć, że metodyka badań obejmuje zarówno budowę modelu idiofonu dętego, stworzenie trójwymiarowego modelu komputerowego odpowiadającego zbudowanemu modelowi instrumentu, przeprowadzenie wstępnych obliczeń na podstawie opisu matematycznego, przeprowadzenie numerycznej analizy modalnej stroików różnej szerokości, jak i weryfikację tezy nr 1 i 2 za pomocą pomiaru sondą mikrofonową, weryfikację tezy nr 3 przy wykorzystaniu wibrometru laserowego, wstępną i dokładną walidację za pomocą symulacji numerycznych,

prowadzące do weryfikacji tezy nr 4. Zarys metodyki badań uzupełniają plan symulacji (tab. 7.1) oraz dyskusja dotycząca siatek numerycznych, warunków brzegowych i parametrów symulacji (rozdz. 7.4.2) zarówno w kontekście płynów, jak i sprzężenia zwrotnego pomiędzy ośrodkami.

Rozprawa doktorska jest przygotowana poprawnie od strony redakcyjnej. Edycja pracy jest staranna, rysunki obrazujące wyniki analiz są w pełni czytelne, język rozprawy jest również poprawny. W pracy można znaleźć drobne usterki interpunkcyjne czy ortograficzne, które nie są jednak istotne z punktu widzenia oceny merytorycznej pracy.

6. Jaka jest przydatność rozprawy dla nauk inżynieryjno-technicznych?

Tematyka analizy instrumentów muzycznych, a w szczególności piszczałek organowych jest ważna i istotna – przede wszystkim w kontekście poznawczym, ale również praktycznym - budowy instrumentów muzycznych. Świadczy o tym wcześniej przywołany projekt UE w obszarze rozprawy doktorskiej (tylko najwyżej ocenione projekty wygrywają i otrzymują finansowanie). Koszt budowy organów jest sprawą zasadniczą w kontekście konkurencyjności i opłacalności budowy klasycznych organów piszczałkowych (szkoła europejska organmistrzów versus amerykańska czy chińska). Ze względu na rosnącą cenę materiałów jedynym sposobem na obniżenie ceny – przy jednoczesnym osiągnięciu wysokiej jakości dźwięku instrumentu organowego – jest zmniejszenie kosztów pracy przy budowie organów. Wskazuje to na potrzebę stworzenia oprogramowania do symulacji działania piszczałek organowych stroikowych, co może zmniejszyć pracochłonność budowy instrumentu. Należy ponadto zauważyć, że procesy zachodzące w instrumentach muzycznych, w tym w idiofonach dętych są podbudowane uniwersalną teorią mechaniki płynów, przepływów i turbulencji płynów m.in. powietrza w duktach oraz sprzężeń pomiędzy ośrodkami (stałym i płynów), co ma dodatkowe bezpośrednie przełożenie dla nauk inżynieryjno-technicznych. Prowadzone badania wpisują się w szczególności w osiągnięcia dyscypliny elektronika oraz w dyscypliny automatyka, elektronika i elektrotechnika wg nowej klasyfikacji.

Podsumowanie

W mojej opinii, te najbardziej – już obecnie – wartościowe wątki rozprawy mogłyby stanowić rdzeń przyszłej publikacji na forum międzynarodowym.

W podsumowaniu stwierdzam, że przedłożona mi do recenzji rozprawa p. Bartosza Żłobińskiego **spełnia wymagania z wyraźnym nadmiarem** stawiane rozprawom doktorskim w Ustawie (zgodnie z § 6.4 Rozporządzenia MNiSW z dnia 19.01.2018 r. Dz. U. z dn. 30.01.2018 r., poz. 2611)), ze względu na brak publikacji w czasopiśmie o zasięgu międzynarodowym, nie wnoszę jednak o jej wyróżnienie.

Wnioskuje o **dopuszczenie rozprawy doktorskiej p. mgra inż. Bartosza Żłobińskiego do publicznej obrony.**

Boisne Koz