



Politechnika Łódzka

Międzyresortowy Instytut Techniki Radiacyjnej

dr hab. Magdalena Długosz-Lisiecka, prof. uczelni

Łódź, 14.03.2024

Kierownik Laboratorium Metod Izotopowych-LMI-IZOTOP

Politechnika Łódzka, Międzyresortowy Instytut Techniki Radiacyjnej

e-mail: magdalena.dlugosz@p.lodz.pl

tel. 693 674 297, +4842 6313167

**Recenzja pracy doktorskiej mgr inż. Łukasza Modzelewskiego
pt. „Monitoring radiacyjny środowiska w oparciu o spektrometr
promieniowania gamma z detektorem LaBr₃(Ce)”,
opracowanej w Akademii Pożarniczej,
w Instytucie Inżynierii Bezpieczeństwa**

Przedstawiona mi do recenzji rozprawa doktorska została wykonana w Instytucie Inżynierii Bezpieczeństwa Akademii Pożarniczej w Warszawie, we współpracy z Centralnym Laboratorium Ochrony Radiologicznej, pod opieką naukową pana promotora dr hab. inż. Sławomira Jednoroga, prof. CLOR.

Tematyka pracy mieści się w zakresie badań interdyscyplinarnych łączących badania inżyniersko-techniczne o charakterze środowiskowym i z zakresu zapewnienia bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej ogółu ludności.

Monitoring radiacyjny w Polsce w formule sieci stacji kontrolujących in situ moc dawki w przyziemnej warstwie atmosfery, realizowany jest od około trzydziestu lat, dokładnie od 1994 roku kiedy rząd Danii podarował Polsce pierwsze stacje PMS. Sama technika pomiarowa in situ w liczbie 25 sztuk stacji tworzących sieć pracowała już np. w Szwecji w latach 50 dwudziestego wieku, monitorując sytuację w czasie testów broni jądrowej w latach '60 tych, katastrofę w Czarnobylu w '86 roku i Fukushima w 2011. Historia monitoringu radiacyjnego i technik pomiarowych stosowanych w pomiarach ciągłych in situ jest bardzo rozbudowana,



Międzyresortowy Instytut Techniki Radiacyjnej
93-590 Łódź, ul. Wróblewskiego 15, budynek C2
tel. 42 631 31 88, 42 631 31 05, fax 42 631 30 87, www.mitr.p.lodz.pl
e-mail mitr@mitr.p.lodz.pl



a wraz z postępem technologicznym stale udoskonalana. Teoretycznie w tym właśnie nurcie rozwoju technik pomiarowych utrzymana jest recenzowana praca doktorska.

Rozprawa ma tradycyjną formę i obejmuje omówienie badań własnych Doktoranta, zrealizowanych zasobami Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej. Całość pracy wraz z bibliografią obejmuje 150 stron i składa się z 4 głównych rozdziałów i szeregu podrozdziałów. Praca napisana jest poprawnie, tekst jest przemyślany, choć brakuje w nim pewnych kluczowych elementów jak opis obecnie stosowanego monitoringu radiacyjnego in situ zwłaszcza w formie stacji PMS, który przecież bardzo mocno rozwinął się w ostatnich latach. Pojawiają się natomiast w pracy elementy nie związane bezpośrednio z pracą, jak chociażby opis komory radonowej, która przecież nie była wykorzystywana w eksperymentach.

Układ pracy jest tradycyjny, zawiera streszczenie, wstęp, omówienie literaturowe badań wraz z elementami zagadnień z zakresu promieniowania jonizującego i jego detekcji, aż po opis metodyki i techniki pomiarowej, prezentację wyników badań laboratoryjnych i podsumowanie.

Pracę otwiera wstęp ze wskazaniem celu, zakresu i motywacji do podjęcia badań. Część przeglądowa obejmuje rozdział pierwszy poświęcony wprowadzeniu do tematu i drugi materiałowi badań. Technicznie zakres pracy obejmuje ocenę przydatności detektora scyntylicyjnego opartego na kryształach z $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$ do pomiarów monitoringowych ciągłych w naturalnych warunkach w powietrzu atmosferycznym.

Celem pracy było opracowanie założeń teoretycznych dotyczących detekcji fotonów emitowanych z radionuklidów obecnych w przyziemnej warstwie powietrza oraz na powierzchni ziemi, określenie wpływu temperatury otoczenia na kalibrację energetyczną i wydajnościową spektrometru gamma oraz na jego rozdzielczość.

W teorii elementy te miały służyć stworzeniu autonomicznego systemu pomiarowego, dokonującego pomiaru w czasie rzeczywistym i końcowo pozwalającego, jak to Doktorant określił na natychmiastową ocenę narażenia radiacyjnego człowieka. Tu muszę sprostować dwie sprawy: pierwsza dotyczy „natychmiastowości”, otóż ilościowe pomiary radiometryczne nigdy nie są natychmiastowe, wręcz analizy spektrometryczne promieniowania jonizującego wymagają czasu, lub przynajmniej statystycznie istotnej liczby zliczeń w pikach, pozwalającej na odróżnienie pików od tła. Należy pamiętać, że w badaniach spektrometrycznych krótki pomiar obarczony jest bardzo wysokim błędem, stąd aby uzyskać wiarygodne wyniki dokonuje się jednego długiego reprezentatywnego pomiaru lub wielu krótkich, a dopiero te uśrednia się oceniając niepewność jako błąd standardowy średniej w oparciu o odchylenie standardowe. Drugi problem: Doktorant stosuje określenie „narażenia radiacyjne”, w odniesieniu do człowieka powinno się stosować określenie „radiologiczne”.

Generalnie jeśli chodzi o część teoretyczną, wprowadzającą w tematykę i zakres badań to układa się ona w logiczną całość. Rozdział trzeci to opis stosowanych metod, natomiast czwarty poświęcony jest uzyskanym wynikom i ich omówieniu, w sytuacji wykorzystania sprzętu w kontrolowanych, określiłabym wręcz, wyidealizowanych warunkach laboratoryjnych. Brakuje tu elementu wykorzystania systemu w warunkach rzeczywistych, tj. w warunkach rejestracji niskiej szybkości zliczania, przy konieczności monitorowania tła i odejmowania go lub rozliczania go w sposób ciągły. Zaznaczę, że tę rolę w rzeczywistym systemie stosowanym w stacjach PMS pełni licznik G-M, dlatego najczęściej najlepszymi układami są te pracujące w tandemie G-M i detektor scyntylacyjny. Pamiętajmy, że mamy dużą zmienność mocy dawki w przyziemnej warstwie powietrza od ekshalującego Rn-222 i jego pochodzących, których stężenia potrafią zmieniać się dynamicznie w ciągu kilku minut np. w związku z opadami deszczu, oraz zmienność geologiczną, co warunkuje różne tło w różnych obszarach choćby tego samego województwa. Niestety w pracy tego odniesienia do realnych pomiarów zabrakło. Ostatecznie całość pracy wieńczy przegląd uzyskanych wyników, ich dyskusja, podsumowanie, pod którym umieszczony jest zbiór pozycji literaturowych, w liczbie 110 pozycji, zawierający zarówno pozycje publikacyjne anglojęzyczne, jak i adresy stron internetowych o wątpliwej renomie.

Z obowiązku recenzenta muszę odnieść się zarówno do mocnych jak i słabych stron pracy, dlatego w dalszej części omawianej recenzji przejdę do omówienia szczegółowo obu tych obszarów.

Do bardzo trafionych należy dobór tematyki, która pomimo ciągłego rozwoju stawia nowe wyzwania badawcze i obejmuje wiele specjalizacji. Nowe wyzwania technologiczne, również w zakresie detekcji promieniowania, cieszą się obecnie przecież bardzo dużym zainteresowaniem, a postęp dotyczy miniaturyzacji, poprawy precyzji i dokładności analiz, szybkość działania, odporność na warunki meteo, aktywnej redukcji tła, systemów koincydencyjnych lub antykoincydencyjnych w zależności od zastosowań etc.

Do mocnych stron pracy należy jasność przekazu. Szczególnie, omawiane w początkowej części pracy, fundamentalne elementy detekcji promieniowania, są w pełni czytelne dla odbiorcy i odzwierciedlają, dobrą podstawową wiedzę Doktoranta. Czytając pracę można odnieść wrażenie, że działania badawcze podejmowane w kolejnych podrozdziałach są zupełnie intuicyjne i logiczne. Doktorant ewidentnie dobrze się czuje w roli eksperymentatora. Wręcz czytając omówienie wyników ma się potrzebę poznania tematu jeszcze dogłębniej i tego dalszego omówienia zabrakło.

Pan mgr inż. Łukasz Modzelewski nie ustrzegł się kilku błędów, które obniżyły doniosłość badań i niekiedy wręcz dyskredytowały wiedzę Doktoranta.

Poniżej znajduje się lista uchybień i nieścisłości z moim komentarzem, ale również pytania do Doktoranta. Prośba o odniesienie się do nich podczas obrony.

Jednym z poważniejszych uchybień pracy jest brak odniesienia się do realizowanego od lat monitoringu radiacyjnego zarówno w Polsce jak i na świecie. Jednostka, w której realizowane były badania aktywnie uczestniczy w realizacji monitoringu, który jest wręcz ustawowym obowiązkiem kraju dla zapewnienia ochrony radiologicznej ogółu ludności. Warto tu było omówić stacje ASS500, stacje PMS, ich technologiczne różnice, ale też możliwości. Nowoczesne stacje PMS, które aktualnie uzupełniają sieć pomiarową oceny mocy dawki w przyziemnej warstwie atmosfery stanowią cenną składnicę zaimplementowanych rozwiązań, w oparciu właśnie o detektory scyntylacyjne.

Ponadto, Doktorant powinien wiedzieć, że przez długi okres czasu w stacjach ASS500, których właścicielem jest CLOR, stosowane były 2" sondy scyntylacyjne, w celu wykrycia i wczesnego alarmowania o obecności skażeń izotopowych, realizujące pomiary w czasie rzeczywistym, podczas akwizycji pyłów.

Doktorant nie odniósł się do takich parametrów analizy układu pomiarowego jak MDA, minimalna wykryta aktywność izotopu lub limitu detekcji, FOM (figure of merit) wskaźnika opisującego wartość merytoryczną danego piksu względem innych pochodzących np. od tego samego izotopu, do problemu fluktuacji tła w czasie, przy różnych warunkach meteo, dalej do optymalizacji długości trwania pomiaru cząstkowego. Brak w pracy rozliczenia wpływu obecności ^{222}Rn i jego pochodnych oraz ^{40}K na analizy i dalej na moc dawki. Tym bardziej brakuje wpływu fluktuacji stężenia ^{222}Rn na moc dawki. Płynięcie temperaturowe tła omówione na dalszych stronach (78-89) jest niewystarczające.

Strona 12. Zakończenie rozdziału 1.2- Co to są funkcje konstytucyjne spektrometru?

Strona 17. Żadna symulacja, nie zastąpi praktycznego pomiaru. Symulacja jest tak dobra jak dobre są założenia wstępne i jakość wprowadzonych danych wejściowych. Jeśli nie znamy próbki, bez analizy XRF określającej skład pierwiastkowy, symulacja jest wróżeniem. Symulacje mogą tylko uzupełniać pomiary z zastosowaniem materiałów referencyjnych. Idealizowanie symulacji jest bezpodstawne w sytuacji, gdy często zdarza się że kryształy w detektorach nie są współosiowe względem aluminiowej obudowy, o czym producenci nie informują w kartach charakterystyki detektora.

Strona 19. „Znamy 117 pierwiastków i około 3000 pierwiastków promieniotwórczych.” znanych jest dokładnie 118 pierwiastków opisanych – przypomnę, w układzie okresowym, a ostatnim poznanym pierwiastkiem jest Oganesson o symbolu chemicznym Og i o liczbie atomowej 118. Natomiast około 3000 znanych jest izotopów promieniotwórczych, a więc izotopowych odmian pierwiastków promieniotwórczych.

Pierwotne pierwiastki promieniotwórcze nie istnieją od momentu utworzenia Ziemi jako planety, ponieważ nigdy na Ziemi nie pojawiły się warunki do syntezy tak ciężkich pierwiastków jak uran, czy tor, lub przynajmniej potas. ^{238}U i ^{232}Th to długożyciowe izotopy pierwotne, które powstały w warunkach wybuchu gwiazdy, choć ^{40}K może być syntezowany na Słońcu w czasie jego życia.

Obecność uranu, toru czy potasu w litosferze to świadectwo, że Ziemia powstała z materii już posiadającej w swoim składzie te pierwiastki. Stąd też uran, tor i potas są też obecne choćby w meteorytach.

W 4 akapicie: „Do radionuklidów pierwotnych zaliczany jest ^{40}K (tak to prawda)(...) oraz ^{226}Ra , który jest uważany za najniebezpieczniejszy naturalny pierwiastek promieniotwórczy.” Otóż izotop Rad-226 nie jest pierwiastkiem pierwotnym ma czas połowicznego zaniku 1600 lat dlatego nie mógł powstać przed uformowaniem się Ziemi, a po drugie nie jest najniebezpieczniejszym pierwiastkiem. Rad jest typowym pierwiastkiem litosferycznym mobilnym tylko w środowisku kwaśnym, czyli np. w torfach. Natomiast w związku z tym, że pozostaje we frakcji stałej nie naraża, aż tak istotnie człowieka, jak Rn-222, który jako mobilnym gazem, stąd może nagromadzać się w pomieszczeniach i łatwo rozpuszczać w wodzie. Zgodnie z aktualnymi rozporządzeniami stężenie ^{222}Rn w powietrzu w budynkach i w wodzie przeznaczonej do spożycia jest monitorowane i ustalone zostały konkretne poziomy odniesienia dla średniorocznego stężenia promieniotwórczego radonu w powietrzu na poziomie 300 Bq/m^3 oraz w wodzie 100 Bq/dm^3 .

Strona 20. Mylenie pojęć! Promieniowanie kosmiczne to w 90% wysokoenergetyczne protony pochodzenia galaktycznego lub słonecznego, natomiast pierwiastki promieniotwórcze kosmogeniczne to produkty oddziaływania promieniowania kosmicznego ze składnikami atmosfery głównie azotem i tlenem w stratosferze.

Strona 22. „Ostatnia awaria reaktora jądrowego” w 2011 roku w Fukushima nie miała charakteru incydentu- była pełnowymiarową katastrofą zakwalifikowaną dla klasy 7 w skali INES.

Nazywanie jej incydem jest wręcz nie na miejscu w sytuacji, gdy Doktorant opracowuje autonomiczny system monitoringu narażenia radiologicznego właśnie dla wykrywania skażeń w warunkach zdarzeń radiacyjnych.

Strona 28. Informowanie o działaniach interwencyjnych (nie „działalnościach interwencyjnych”) nie są podstawowymi zadaniami KPK!

Monitoring radiacyjny ma dostarczać wiarygodnych danych do CEZARA w ramach jakich odpowiedzialności? Powinno być to w pracy wyjaśnione, z uwzględnieniem aktualnych przepisów szczególnie prawa atomowego i rozporządzenia o stacjach.

Strona 29. Proszę określić jakie są zadania stacji monitoringu radiacyjnego in situ.

Strona 30. Mobilne laboratoria PSP nie prowadzą monitoringu radiacyjnego w ramach zadań CBRNE! Ich zadaniem jest rozpoznanie zagrożeń w miejscu zdarzenia i podjęcie właściwych działań w celu ich neutralizacji w obszarze skażonym.

Strona 32. Opis mechanizmu działania scyntyлятора jest niekompletny! - proszę o doprecyzowanie jak działania rzeczywisty scyntylator!

Strona 40. Wskazać różnicę pomiędzy spektrometrią a spektroskopią- to nie jest to samo i używanie zamiennie jest dużym błędem.

Strona 41. Źródła kalibracyjne do kalibracji energetycznej mają postać monoizotopowych pastylek ze znacznikiem naniesionym prawie punktowo, aby uniknąć interferencji. Jeden izotop np. źródło Eu-152 to już co najmniej 10 pików widmowych, które mogą być wykorzystane do kalibracji. Ampułki zawierające pewną objętość różnych izotopów w formie roztworów są raczej certyfikowanymi materiałami odniesienia w formie znaczników otwartych do wewnętrznego znaczenia próbek środowiskowych w celu kalibracji wydajnościowej. Punktowe źródło kalibracyjne ma zupełnie inne przeznaczenie względem certyfikowanego materiału odniesienia.

Strona 43. Do kalibracji wydajnościowej detektora stosuje certyfikowane materiały odniesienia o konkretnej matrycy, geometrii etc.

Wzór nr 6 jest niekompletny - powinien być uszczegółowiony!

Strona 48. – niedocenianie podejścia ekstremalnego:

Np. proste zbadania filtru ze stacji ASS500 przed sprasowaniem w różnych odległościach od detektora i po sprasowaniu, gdzie aktywności izotopów muszą być takie same- zmienia się parametr wydajnościowy wraz z geometrią pomiarową- a przecież o to chodzi!

Kolejny przykład z użyciem komercyjnych nawozów sztuczny, np. można wykonać pomiar w dobrze zdefiniowanej geometrii pomiarowej, a później nawóz rozsypać na ziemi, co zasymuluje opad, aktywność pozostanie taka sama, ale uzyskamy jej rozłożenie na płaskiej powierzchni.

Strona 54. Do kalibracji wydajnościowej spektrometru, który ma pracować w systemie monitoringu radiacyjnego nie powinny być brane pod uwagę źródła, z długą listą izotopów o aktywnościach rzędu kBq, bo takie nie będą nigdy rejestrowane przez system monitorujący w warunkach rzeczywistych.

Jako pracownik akredytowanego laboratorium dozymetrycznego Doktorant powinien wiedzieć, że pomiary z użyciem wzorców powinny być adekwatne. Jeśli mamy tak dużą aktywność sumaryczną i dużą różnorodność pików na widmie generujemy bardzo duży czas martwy detektora. Takich aktywności nie mierzymy w rutynowych pomiarach. Aktywności w materiale referencyjnym powinny być rzędu kilku kilkunastu Bq.

Ponadto omówienie w pracy powinno być w kierunku oceny poziomów MDA, czyli zasadniczo powinno się iść w kierunku, aby w umiejętny sposób z fluktuującego tła wyseparować faktyczne impulsy od skażenia. Omówienie podstaw teoretycznych systemu powinno odnosić się do rzeczywistych warunków pracy, a nie wyidealizowanych! System musi pracować na dużo mniejszych szybkościach zliczeń i tu pojawia się ogrom problemów analizy jakościowej i ilościowej w spektrometrii gamma, które zastosowaniem materiału od dużych aktywnościach zostały zatarte.

Strona 53. Proszę o dokładne omówienie z czego składa się widmo spektrometryczne w spektrometrii gamma i na tej podstawie proszę o omówienie budowy i działania detektora scyntylicyjnego.

Gdzie dokładnie leży wyższość detektora na bazie LaBr_3 nad NaI czy innymi wprowadzanymi na rynek?

Strona 56. Do testów interkalibracyjnych, do testów biegłości systemu używa się źródeł objętościowych, gdzie mamy do czynienia z samoabsorbpcją promieniowania, etc. Ponownie idealizacja systemu!

Strona 68. Doktorant rozpatruje D jako średnicę koła w środku którego znajduje się detektor i traktuje jako zmienną niezależną zmieniającą się od 10 do 100 m. Żaden detektor usytuowany 1 metr na ziemię (bo badania in situ muszą być normalizowane również odległością od gruntu) nie „widzi” fotonów dolatujących z odległości 50 m, ale za to bardzo dobrze widzi to co jest bezpośrednio pod nim. Skąd dolne ograniczenie średnicy od 10 m, dolne ograniczanie powinno być znacznie mniejsze.

Strona 80. Rozdział 3.3 brakuje opisu geometrii, dokładnie odległości na ziemię i względem iradiatora. Przecież przestrzenny równoważnik dawki zmienia się silnie wraz z tymi parametrami.

Strona 83. Błędy pomiarowe na poziomie 2% czy 0.5% to rezultat zastosowania szeregu parametrów. Niestety w tym przypadku wyidealizowanych, brak tła, prawdopodobnie długi pomiar, najlepsza geometria etc. Jakie czasy pomiarowe zastosowano?

Strona 85 i kolejne strony: Równania w tabelach są bardzo nieczytelne- format naukowy źle dobrany, czym jest e+000 w tabeli 11 ?

Strona 87. Czy D to średnica koła czy promień? Z Rys 34 i 35 wynika że promień!

Strona 91. Czym jest więc dokładnie fizycznie Parametr A_i we wzorze 20. Sposób zapisu wartości liczbowych wyniku $A=(\dots \pm \dots)$ jest niepoprawny.

Strona 96. Co Doktorant proponuje, aby w warunkach rzeczywistych ograniczyć dryf pików? Są dwie metody.

Strona 107. Interpretacja wyrazu wolnego c, czyli przesunięcia funkcji opisu kalibracji kształtu widma względem osi energetycznej, (nie mylić ze wzmocnieniem) nie ma istotnego znaczenia fizycznego. Przede wszystkim wyraz wolny c powinien mieć tę samą jednostkę co Y, czyli FWHM. Moim zdaniem jeśli FWHM jako szerokość połówkowa wyrażony jest keV to parametr c również. Siłą rzeczy przesunięcie FWHM w osi energetycznej jest w zakresie od -0,98 do 0.26 keV, czyli jest podyktowane zwykłą statystyką. Widać to zresztą na wykresie 52, gdzie choć tendencja jest generalnie spadkowa to punkty rozrzucają się chaotycznie, tym bardziej dodawanie linii trendu do tak rozrzuconych błędów nie ma zastosowania.

Strona 110. Tabela 22. Jakie powinno być kryterium wyboru stopnia wielomianu według Doktoranta? Na który parametr trzeba zwrócić uwagę wybierając właściwe równanie wielomianowe?

Strona 126. Kalibracja w jednostce przestrzennego równoważnika dawki. Dokonywano odczytu przestrzennego równoważnika dawki z zewnętrznego detektora, czy wartości na wykresach 68, 69, 70 i 71 wynikały z teorii, z rozkładu dawki wokół źródła? Czy w irradiatorze był zastosowany kolimator w tych badaniach i jak wyglądał snop emitowanego promieniowania. A gdzie jest interpretacja sytuacji rzeczywistej? Tzn. spektrometr identyfikuje obce izotopy emitowane z powierzchni gruntu lub z objętości powietrza? Jak wyliczona zostanie dawka, czy moc dawki? Ta część wymaga ogromu badań eksperymentalnych i dalszych kalibracji!

Podsumowując, pomiar in situ czyli w oryginalnym miejscu np. zdarzenia radiacyjnego, wiąże się z potrzebą dokonania badania w miejscu fizycznego wystąpienia izotopów. Budując dedykowany system do takich zadań od początku należy być świadomym pewnych ograniczeń w plenerowej spektrometrii gamma.

Chociażby, ograniczeń ze względu na charakter transportu promieniowania przez materię (glebę i powietrze), ale z uwzględnieniem mechanizmów oddziaływania promieniowania gamma z materią. Przykład jeśli w opadzie radioaktywnym występuje dużo ^{60}Co , widmo spektrometryczne obarczone

będzie dużą ilością rozprożeń ze strony fragmentu Comptonowskiego, co znacząco zaciemnia interpretację jakościową nie mówiąc już o ilościowej. Poza tym każdy spektrometr będzie obciążony tłem od glebowego ^{40}K i pochodynymi ^{222}Rn otaczającymi detektor ze wszystkich stron w pełnym kącie bryłowym.

Ponadto rozwój technik spektrometrycznych in situ nie powinien iść w dodatkowe nakładki programistyczne, aby ciągle „poprawiać widmo”, bo to niestety w praktyce się nie sprawdza, a powinny iść w kierunku doboru lepszych detektorów i nie mówię tu o HPGe, a detektorach scyntylacyjnych, z dużymi kryształami, lub bardzo czystymi kryształami.

Generalnie tego urealnienia warunków pracy układu spektrometrycznego opisanego w pracy doktorskiej niestety zabrakło.

Reasumując, biorąc pod uwagę nakład pracy i istotność podjętego tematu, chciałabym podkreślić, że ostateczna ocena pracy jest pozytywna. Doktorant dokonał przeglądu, wystarczających parametrów układu spektrometrycznego. Ponadto, Pan Modzelewski jest współautorem 6 publikacji, w tym w dwóch artykułach jest pierwszym autorem.

W moim przekonaniu, biorąc również pod uwagę dotychczasowy dorobek publikacyjny Doktoranta, praca spełnia podstawowe wymagania ustawowe określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2023 r. poz. 742), w związku z tym wnoszę do Rady Dyscypliny Naukowej Nauki o Bezpieczeństwie o dopuszczenie Pana mgr inż. Łukasza Modzelewskiego do dalszych etapów przewodu doktorskiego związanego z nadaniem mu stopnia doktora.

Długosz-Lisiecka

Dr hab. Magdalena Długosz-Lisiecka, profesor uczelni

Łódź dn. 14.03.2024 r.