

Łódź, dn. 28.05.2025 r.

Dr hab. inż. Dorota Bociąga, prof. uczelni
Zakład Inżynierii Biomedycznej i Materiałów Funkcjonalnych
Instytut Inżynierii Materiałowej
Wydział Mechaniczny Politechniki Łódzkiej
ul. Stefanowskiego 1/15, 90-537 Łódź, Polska

Recenzja rozprawy doktorskiej

mgr inż. Agaty Marii Lange

pt. „Materiały grafenowe jako nośniki nanocząstek metali o właściwościach
antybakteryjnych”

(„Graphene materials as carriers for metal nanoparticles with antibacterial
properties”)

Praca wykonana pod kierunkiem

dr hab. Sławomira Jaworskiego, prof. SGGW

Niniejsza recenzja została wykonana na skutek powołania przez

Radę Dyscypliny Nauki Biologiczne Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
uchwałą nr 11/NB-2024/2025 z dnia 20 marca 2025 r.

1. UWAGI OGÓLNE O TEMATYCE ROZPRAWY

1.1. Znaczenie problematyki podjętej w recenzowanej rozprawie

Recenzowana rozprawa doktorska pt. „Materiały grafenowe jako nośniki nanocząstek metali o właściwościach antybakteryjnych” dotyczy dwóch bardzo ważnych aspektów – funkcjonalnych nanokompozytów o potencjale antybakteryjnym opartych na materiałach grafenowych (grafen (GN), tlenek grafenu (GO)) oraz powszechnie występującego i niosącego zagrożenie zdrowia i życia ludzi zjawiska antybiotykooporności.

Antybiotykooporność to zjawisko polegające na nabywaniu przez mikroorganizmy zdolności do przeżycia w obecności antybiotyków, które wcześniej skutecznie eliminowały je z organizmu gospodarza. Mechanizmy oporności obejmują m.in. modyfikację miejsc docelowych działania leków, aktywne usuwanie cząsteczek antybiotyku z komórki, enzymatyczną degradację substancji czynnej oraz zmiany w przepuszczalności błon komórkowych. Strategie przeciwdziałania antybiotykooporności są wieloaspektowe i wielopoziomowe (poziom globalny, krajowy i lokalny). Zgodnie z aktualnymi wytycznymi WHO z 2025 roku, kluczowe podejścia obejmują: wdrażanie narodowych planów działania, racjonalizację stosowania antybiotyków, wzmocnienie nadzoru mikrobiologicznego, oraz wspieranie badań i rozwoju poprzez inwestycje w rozwój nowych klas antybiotyków, alternatywnych terapii (np. fagoterapia, peptydy przeciwdrobnoustrojowe), szczepionek oraz narzędzi diagnostycznych umożliwiających szybkie wykrycie oporności. Mocny nacisk kładziony jest również na możliwości wykorzystania unikalnych właściwości antybakteryjnych nanocząstek. Srebro, miedź i tlenek cynku to najczęściej stosowane nanometale o silnym działaniu przeciwdrobnoustrojowym. Mogą uszkadzać błonę komórkową bakterii, generować reaktywne formy tlenu (ROS) oraz zakłócać procesy metaboliczne mikroorganizmów. Intensywnie eksplorowanym obszarem badawczym są możliwości adaptacji materiałów grafenowych w celu uzyskania efektu antybakteryjnego. Naukowcy już dawno temu wykazali, iż tlenek grafenu (GO) ma silne właściwości antybakteryjne wobec bakterii takich jak *E. coli* i *Staphylococcus aureus* poprzez fizyczne uszkodzenie błon komórkowych oraz indukcję stresu oksydacyjnego. Zupełnie naturalnym stała się więc chęć połączenia tych materiałów (nanokompozyty, powłoki antybakteryjne) i ich zdolności oddziaływania na mikroorganizmy z myślą o ograniczeniu ich transmisji. Jednak stosowanie nanokompozytów opartych na materiałach grafenowych oraz nanocząstkach metali w zwalczaniu bakterii niesie za sobą również pewne ograniczenia. Najistotniejsza z nich to toksyczność dla komórek eukariotycznych – nanocząstki metali mogą uszkadzać nie tylko bakterie, ale również komórki ludzkie, prowadząc do stresu oksydacyjnego, uszkodzeń DNA i zaburzeń mitochondrialnych. Tlenek grafenu również wykazuje potencjalną cytotoksyczność zależną od dawki, rozmiaru płatków i stopnia utlenienia. Ponadto, właściwości antybakteryjne grafenu zależą od wielu czynników, takich jak metoda syntezy, funkcjonalizacja powierzchni i środowisko aplikacji, co sprawia trudności w kontrolowaniu ich właściwości. Należy mieć również na uwadze, że współdziałanie nanocząstek metali i grafenu może prowadzić do nieprzewidywalnych efektów

biologicznych na skutek złożoności interakcji biologicznych mających miejsce w odpowiedzi na połączenie ich właściwości w funkcje przewidziane dla nanokompozytów metal/grafen.

Działania badawcze Pani mgr inż. Agaty Lange skoncentrowane były na zaproponowaniu rozwiązań opartych o nanocząstki i nanomateriały wykorzystując wykazywane przez nie unikalne właściwości fizykochemiczne.

Dwa główne mechanizmy niszczenia bakterii mogą być efektem oddziaływania z nanostrukturami węglowymi – reakcje biochemiczne oraz uszkodzenia mechaniczne. Ich działanie może łączyć zarówno aktywną, jak i pasywną strategię antybiofilmową, a zatem z jednej strony są w stanie zapobiegać formowaniu biofilmu, z drugiej niszczą jego komórki, a tym samym całą strukturę, nawet na etapie, kiedy jest ona już dojrzała.

Mając na uwadze, że problem antybiotykooporności stanowi jedno z najpoważniejszych wyzwań współczesnej medycyny i inżynierii biomedycznej, jak również fakt, że znane są doniesienia literaturowe, które wskazują na toksyczne działanie substancji w formie nanometrycznej w stosunku do komórek i tkanek ssaków (reakcje alergiczne, ogólnoustrojowe stany zapalne, akumulacja w organach), tym istotniejsze są badania podjęte przez mgr inż. Agatę Lange i w znaczący sposób przyczyniają się do poznania i zrozumienia mechanizmów oddziaływania na bakterie i komórki ssące, a tym samym zwiększenia kontroli nad tymi procesami. W związku z powyższym, podjęte przez Doktorantkę badania uważam za wysoce uzasadnione, wpisujące się w obecne trendy naukowe związane z rozwojem biomateriałów i niosące realne korzyści w zastosowaniach medycznych.

1.2. Hipoteza badawcza i cel rozprawy

Zauważając ograniczenia wykazywane dla obecnie stosowanych antybiotyków i materiałów mających potencjał zwalczania mikroorganizmów oraz właściwości fizykochemiczne, jakie wykazują nanocząstki i nanomateriały, Doktorantka postawiła następującą hipotezę badawczą: *„Materiały grafenowe będące strukturą płaską o dużej powierzchni aktywnej stanowią platformę dla nanocząstek metali zabezpieczając je przed agregacją i zwiększając kontakt z powierzchnią komórki bakteryjnej. Materiały grafenowe dodatkowo prowadzą do immobilizacji komórek bakteryjnych. Nanokompozyty składające się z materiałów grafenowych dekorowanych nanocząstkami metali prowadzą do mechanicznych uszkodzeń ściany i błony komórkowej, zablokowania oddychania i transferu elektronów, zaburzając prawidłowy metabolizm bakterii i powodując zniszczenie komórek. Ze względu na uszkodzenia w komórkach bakterii, nanokompozyty powodują zaburzenia formowania biofilmu.”.*

W odniesieniu do powyższej hipotezy badawczej podstawowym celem naukowym rozprawy doktorskiej mgr inż. Agaty Lange było *„określenie potencjalnych właściwości antibakteryjnych nanokompozytów składających się z materiałów grafenowych (GN, GO)*

dekorowanych nanocząstkami metali (AgNPs, CuNPs, ZnONPs) w stosunku do komórek bakterii gatunków takich jak: S. aureus, P. aeruginosa, S. enterica, L. monocytogenes i E. cloacae oraz określenie mechanizmu ich działania. Ponadto, badania miały na celu określenie właściwości fizykochemicznych wytworzonych nanokompozytów, które mogą mieć wpływ na wywoływaną toksyczność.”.

Aby osiągnąć cel pracy, a tym samym udowodnić hipotezę, Doktorantka zaproponowała i zrealizowała bardzo obszerny plan badawczy, do realizacji którego zastosowała różnorodne techniki z zakresu analizy materiału, jak i odpowiedzi biologicznej.

Podsumowując, tematyka rozprawy jest bardzo aktualna i atrakcyjna zarówno z naukowego, jak i aplikacyjnego punktu widzenia. Doktorantka jasno przedstawiła hipotezę badawczą i podstawowy cel naukowy pracy, zaproponowała koncepcję jego rozwiązania i szeroki zakres analiz, które pozwoliły jej potwierdzić postawioną hipotezę i zaproponować rozwiązanie w postaci nanokompozytów, które spełniają założenia głównego celu pracy.

2. FORMALNA STRONA ROZPRAWY

2.1. Struktura rozprawy i wykorzystana literatura

Recenzowana rozprawa liczy 68 stron bez publikacji wchodzących w jej skład i oświadczeń współautorów. Jest napisana w języku polskim i podzielona na 12 głównych rozdziałów. Układ pracy jest przejrzysty a treści kolejnych rozdziałów i podrozdziałów są poprawnie rozdzielone i stanowią o jej czytelności.

Pracę rozpoczyna streszczenie w języku polskim oraz angielskim (rozdział 1), po których znajduje się wykaz publikacji stanowiących rozprawę doktorską (rozdział 2), a którymi są następujące pozycje:

1. Lange, A., Sawosz Chwalibóg, E., Wierzbicki, M., Kutwin, M., Daniluk, K., Strojny-Cieślak, B., Ostrowska, A., Wójcik, B., Łojkowski, M., Gołębiewski, M., Chwalibóg, A., Jaworski, S. (2022). Nanocomposites of Graphene Oxide—Silver Nanoparticles for Enhanced Antibacterial Activity: Mechanism of Action and Medical Textiles Coating. *Materials*, 15, 1–17. doi:10.3390/ma15093122 (IF2022=3,4; 140 pkt);
2. Lange, A., Sawosz Chwalibóg, E., Daniluk, K., Wierzbicki, M., Małolepszy, A., Gołębiewski, M., Jaworski, S. (2022). Bacterial Surface Disturbances Affecting Cell Function during Exposure to Three-Compound Nanocomposites Based on Graphene Materials. *Nanomaterials*, 12, 1–25. doi:10.3390/nano12173058 (IF2022=5,3; 100 pkt);

3. Lange, A., Kutwin, M., Zawadzka, K., Ostrowska, A., Strojny-Cieślak, B., Nasiłowska, B., Bombalska, A., Jaworski, S. (2024). Impaired Biofilm Development on Graphene Oxide-Metal Nanoparticle Composites. *Nanotechnology, Science and Applications*, 17, 303-320. doi:10.2147/nsa.s485841 (IF2024=4,9; 200 pkt).

Wykaz skrótów (rozdział 3) poprzedza wstęp (rozdział 4), który daje ogólne wprowadzenie w tematykę nanomateriałów węglowych, antybiotykooporności oraz zdolności nanocząstek do zwalczania mikroorganizmów. Rozdział 5 zawiera hipotezę badawczą, cel (w rozdziale na podstawowy cel naukowy oraz szczegółowe cele naukowe) i zakres pracy opisujący w 9 punktach najważniejsze badania i analizy zastosowane w pracy. Rozdział 6 opisuje materiały stosowane w badaniach i wyszczególnia je w dwóch podrozdziałach, mianowicie 6.1 to wykorzystane materiały grafenowe oraz nanocząstki metaliczne a 6.2 to użyty materiał biologiczny *in vitro*. W obu podrozdziałach opisy rozdzielono względem trzech doświadczeń, które są kolejnymi publikacjami składającymi się na rozprawę. Taki rozdział znalazł się również w rozdziale 7, gdzie opisano metodykę badań a poszczególne podrozdziały (7.1, 7.2, 7.3) prezentują układ doświadczeń w rozbiciu na: 7.1.1. Doświadczenie I (Publikacja 1: Lange i wsp., 2022), 7.1.2. Doświadczenie II (Publikacja 2: Lange i wsp., 2022), 7.1.3. Doświadczenie III (Publikacja 3: Lange i wsp., 2024). Omówienie głównych wyników przeprowadzonych doświadczeń znalazło się w rozdziale 8. Podrozdział 8.1 opisuje doświadczenie I: Określenie wpływu i działania nanokompozytu GOAg oraz jego składowych na dwa gatunki bakterii: *S. aureus* i *P. aeruginosa* (Publikacja 1: Lange i wsp., 2022), podrozdział 8.2 to wyniki dla doświadczenia II: Określenie właściwości antybakteryjnych trójkomponentowych nanokompozytów składających się z GO lub GN z dodatkiem CuNPs i ZnONPs, oraz ich składowych, w stosunku do czterech gatunków bakterii: *S. aureus*, *S. enterica*, *L. monocytogenes* i *E. cloacae* (Publikacja 2: Lange i wsp., 2022), podrozdział 8.3. podsumowuje wyniki uzyskane w doświadczeniu III: Określenie wpływu nanokompozytów składających się z GO, AgNPs, CuNPs lub ZnONPs i utworzonych z nich nanofilmów na formowanie biofilmu trzech gatunków bakterii: *S. aureus*, *S. enterica* oraz *P. aeruginosa* (Publikacja 3: Lange i wsp., 2024). W rozdziale 9. znalazło się podsumowanie a w 10. wnioski sformułowane w 7 punktach. Ponadto praca zawiera wykaz 116 pozycji wykorzystanej bibliografii w układzie alfabetycznym nienumerowanym (rozdział 11) oraz przytoczone w oryginałach publikacje (wraz z oświadczeniami współautorów) wchodzące w skład rozprawy zebrane w rozdziale 12.

Większość cytowanej literatury pochodzi z ostatniego dziesięciolecia i są to głównie publikacje ze znaczących czasopism naukowych o zasięgu międzynarodowym. Liczba przeanalizowanych publikacji, bardzo trafny ich dobór, jak i wartość merytoryczna wykorzystanego materiału świadczą zarówno o dużych umiejętnościach, jak i swobodzie poruszania się przez Doktorantkę w fachowej literaturze naukowej.

Pewien niedosyt budzi jedynie fakt, że Doktorantka nie zawarła w pracy wykazu swojego całościowego dorobku naukowego. Nie jest to uchybienie formalne, niemniej jednak

wykaz taki pozwalałby na docenienie doświadczenia badawczego Doktorantki również w obszarach spoza tematyki pracy.

2.2. Język i formalna strona rozprawy

Praca stosuje się do podstawowych zasad typografii. Użyty w niej język jest zwięzły, fachowy i komunikatywny. Praca jest napisana w sposób niezwykle staranny pod kątem edycyjnym. Brak w niej powtórzeń, pomyłek, przejęzyczeń, czy innych podobnych uchybień, które zazwyczaj wkradają się do tak obszernych opisów a które przez Doktorantkę zostały bardzo skrupulatnie wyeliminowane. Trudno doszukać się w pracy chociażby jednego brakującego przecinka, czy też niefortunnego sformułowania gramatycznego, co zasługuje na wyjątkowe uznanie. Całościowy odbiór rozprawy od strony językowej i edytorskiej jest bardzo dobry.

Edycja trzech wskazanych publikacji, ich poprawność językowa i zakres nie podlegają ocenie recenzentki z racji faktu, że są to pozycje opublikowane w recenzowanych czasopismach.

3. OCENA MERYTORYCZNA

Część dotycząca przeglądu literatury w recenzowanej rozprawie doktorskiej zawiera wszystkie istotne elementy, w tym opisy uzasadniające wybór tematyki pracy, z której wynika hipoteza i cel rozprawy. Wprowadzenie alfabetycznego wykazu skrótów zapewnia przejrzystość terminologiczną. Doktorantka z dużym rozmysłem wyselekcjonowała zakres przytoczonej literatury. W opisach eksperymentów i wniosków z nich płynących Doktorantka bardzo trafnie przywołuje pozycje bibliograficzne wyjaśniając zjawiska lub podejrzenia co do zachodzących zależności, jeśli takowe mogły zaistnieć a nie podlegały badaniom w niniejszych pracach i/lub takowe, które wskazują tożsame wyniki.

Zauważyć również należy, że każda publikacja wchodząca w skład pracy doktorskiej zawiera niezależnie swoisty przegląd literatury adekwatnie do zakresu opisywanych w niej badań.

Za **część doświadczalną** niniejszej rozprawy doktorskiej uznać należy to wszystko, co zostało opisane w publikacjach wchodzących w jej skład, a co również Doktorantka przywołała w skrócie i podsumowała zbiorczo na 68 stronach stanowiących swoisty „przewodnik”. Wykorzystany wachlarz technik badawczych jest naprawdę szeroki. Znalazły się w nim metody służące charakteryzacji zastosowanych nanocząstek metalicznych (AgNPs, CuNPs, ZnONPs) oraz nanomateriałów węglowych (GN, GO) i wytworzonych z nich nanokompozytów, w tym również w formie hydrokoloidów, takie jak: analiza potencjału zeta, średnicy hydrodynamicznej, FT-IR, EDX, TEM, AFM oraz STEM. W zakresie weryfikacji odpowiedzi

biologicznych znalazły się m.in.: analiza toksyczności nanostruktur za pomocą określenia liczby jednostek tworzących kolonie, metody dyfuzyjno-studzienkowej, analizy żywotności i aktywności metabolicznej z użyciem testów XTT i PrestoBlue, określenie zmian morfologicznych komórek bakterii przy użyciu TEM oraz SEM, określenie wpływu nanostruktur na zmiany w obrębie komórek bakterii poprzez analizę poziomu ROS, zdolności antyoksydacyjnej (TEAC) oraz ATP, jak również analizę integralności błony komórkowej za pomocą testów LDH i MDA, analiza angiogenezy z wykorzystaniem modelu CAM (błony kosmówkowo-omoczniowej zarodka kury).

Na uznanie i podkreślenie zasługuje fakt, że badania przeprowadzone przez mgr inż. Agatę Lange są spójne tematycznie, stanowią opracowanie kompleksowe a zaproponowane nanokompozyty mają potencjał aplikacyjny. Ponadto, prace badawcze Doktorantki w znaczący sposób przyczyniły się do poznania mechanizmów oddziaływania nanostruktur na bakterie, co ma niebagatelne znaczenie w aspekcie zwalczania zjawiska anybiotykooporności.

Do powyższej części rozprawy mam następujące pytania:

1. W czasach, gdzie antybiotykooporność jest na bardzo wysokim poziomie i skutecznie utrudnia leczenie, opracowanie materiałów, które niweczą mechanizmy obronne bakterii, jest kluczowe dla możliwości wprowadzenia nowych rozwiązań terapeutycznych a nanocząstki niosą ze sobą obiecujące wyniki. Niemniej jednak toksyczność nanocząstek w stosunku do komórek i tkanek jest kluczowym elementem w dalszych zastosowaniach dla zwierząt i ludzi. Wiele aspektów wpływa na interakcję nanocząstek z komórkami i tkankami, a ich działanie różni się w zależności od typu, dawki czy właściwości fizykochemicznych, jak również rodzaju zastosowanej linii komórkowej. Tym większy niedosyt budzi brak badań oddziaływania zaproponowanych nanokompozytów na komórki ssące i stąd też bierze się pytanie, dlaczego badania takowe zostały podjęte jedynie w pracy 2? Na jakiej podstawie można wskazywać, co do potencjału aplikacyjnego, jeśli mechanizmy oddziaływania na komórki ssące nie zostały zweryfikowane?
2. W eksperymencie III stężenia stosowanych nanostruktur wybrano na podstawie wstępnego eksperymentu wykorzystując barwienie biofilmu i wybierając spośród 9 różnych stężeń GO. Na jakiej podstawie dokonywano wyboru stężeń nanocząstek metali w tym doświadczeniu? W eksperymencie II zastosowano CuNPs w stężeniu 25 µg/ml a ZNONPs 100 µg/ml, podczas gdy w eksperymencie III były to stężenia wynoszące połowę powyższych, mianowicie CuNPs w stężeniu 12,5 µg/ml a ZNONPs 50 µg/ml.

Dlaczego zdecydowano o zastosowaniu stężenia GO wynoszącego 5 µg/ml, podczas gdy w doświadczeniu II wynosiło ono 10 µg/ml? Jak porównywano zatem wyniki końcowe i typowano stężenia do doświadczenia III? Jaki jest wniosek końcowy (a nie tylko etapowe) co do uzyskanych wyników, uwzględniający całość badań, czyli wszystkie eksperymenty razem?

3. W badaniach określających zdolności antybakteryjne poprzez zastosowanie metody bazującej na określaniu strefy wzbronionej istotne znaczenie będzie miała rozpuszczalność danej substancji w agarze. Czy i jakie znaczenie ten czynnik mógł mieć w przypadku badań prowadzonych przez Doktorantkę?
4. Doktorantka bardzo słusznie zauważa w swojej pracy, że potencjalnego komercyjnego zastosowania dla opracowywanych przez nią antybakteryjnych nanokompozytów poszukiwać można dla materiałów włókienniczych, które stanowią produkty opieki zdrowotnej, jak np. maseczki higieniczne, a które są podłożem do wzrostu mikroorganizmów ze względu na swoją hydrofilowość i porowatą strukturę. Jednakże możliwości zastosowania opracowanych powłok i skuteczność ich działania w zwalczaniu mikroorganizmów to efekt nie tylko samego składu, ale również dostępność składników oraz ich stabilność w czasie. Czy i w jaki sposób sprawdzana była skuteczność naniesienia nanokompozytów na materiały włókiennicze (wskazane w publikacji nr 1, jako bawełna, jedwab, polipropylen, flizelina), kompleksowość uzyskanego nimi pokrycia oraz odporność na ścieranie, któremu, tego typu produkty, podlegają podczas stosowania?
5. Czy i w jaki sposób rodzaj tkaniny może wpływać na skuteczność antybakteryjną danego nanokompozytu?

4. OCENA ROZPRAWY I WNIOSKI KOŃCOWE

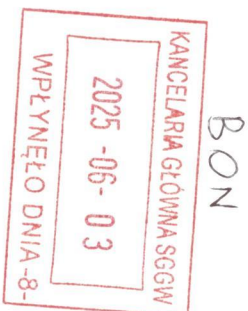
Doktorantka w sposób jednoznaczny określiła problem badawczy, poprawnie sformułowała zadania naukowe, które następnie rozwiązała. Kompleksowe podejście, jakie przedstawiła Doktorantka, świadczy o jej dojrzałości badawczej i umiejętności prowadzenia pracy naukowej. Przedstawiona rozprawa wykazuje, że mgr inż. Agata Maria Lange dysponuje ogólną wiedzą teoretyczną i dorobkiem o charakterze podstawowym w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki biologiczne.

Praca doktorska Pani mgr inż. Agaty Marii Lange pt. „*Materiały grafenowe jako nośniki nanocząstek metali o właściwościach antybakteryjnych*” stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. Przedstawia ciekawe opracowanie dotyczące rozwoju nanokompozytów o działaniu antybakteryjnym. Całość pracy została bardzo starannie zredagowana, jest napisana językiem poprawnym, czytelnym i bez zbędnych powtórzeń, co stanowi o fakcie, że pracę czyta się bardzo dobrze. Sformułowane przeze mnie uwagi i pytania w żadnym stopniu nie umniejszają mojej wysokiej oceny merytorycznej recenzowanej pracy. Tym bardziej, że imponujący jest wachlarz zastosowanych metod, które zrealizowano w taki sposób, że wyniki badań stanowią solidną podstawę do opracowania nowych rozwiązań materiałowych bazujących na materiałach grafenowych, które w istotny sposób mogą wpłynąć na możliwości niwelowania zjawiska bakteriooporności.

Stwierdzam, że przedłożona mi do recenzji **rozprawa doktorska pt. „Materiały grafenowe jako nośniki nanocząstek metali o właściwościach antybakteryjnych” mgr inż. Agaty Marii Lange** spełnia wymagania wynikające z Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2022 r. poz. 574 z późn. zm.) Dział V Stopnie i tytuły w systemie szkolnictwa wyższego i nauki oraz mieści się w dyscyplinie nauki biologiczne. Biorąc powyższe pod uwagę **stawiam wniosek o dopuszczenie rozprawy doktorskiej mgr inż. Agaty Marii Lange do publicznej obrony.**

Donata Bougze

Rezepte
ad. Stenokardie 1/15
20-537 sick

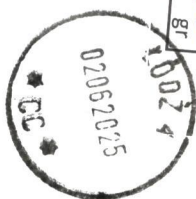


R
(00)659007734012284525



2024

PRIORYTET



Biuro Obrony Medii
Szkole Główna Gospodarska 2178
w Warszawie
ad. Nowoursynowska 166
02-787 Warszawa