

prof. dr hab. inż. Daoud Robert Iskander
Katedra Inżynierii Biomedycznej
Wydział Podstawowych Problemów Techniki
Politechnika Wrocławska
Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław

Wrocław, 23 lutego 2026

**Recenzja osiągnięcia naukowego dr Katarzyny Komar
ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego
na podstawie jednotematycznego cyklu publikacji zatytułowanego
„Charakterystyka i zastosowania widzenia dwufotonowego”**

Podstawą niniejszej recenzji jest pismo przewodnie dra hab. Piotra Masłowskiego, prof. Uniwersytetu Mikołaja Kopernika (UMK), Przewodniczącego Rady Dyscypliny Nauki Fizyczne UMK informujące o powołaniu mnie do pełnienia funkcji recenzenta w postępowaniu o nadanie stopnia doktora habilitowanego dr Katarzynie Komar.

Dr Katarzyna Komar (Kandydatka) ukończyła jednolite studia magisterskie na Wydziale Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej Politechniki Gdańskiej, otrzymując tytuł magistra inżyniera fizyki technicznej. Doktorat otrzymała w Instytucie Maszyn Przepływowych im. Roberta Szwalskiego Polskiej Akademii Nauk (PAN) w Gdańsku w 2007 roku, broniąc prace zatytułowaną „Zastosowanie technik spektroskopowych LIF oraz LIPS do diagnostyki przy renowacji laserowej zabytków piśmiennictwa” pod kierunkiem profesora Gerarda Śliwińskiego. Już w czasie doktoratu Kandydatka pracowała jako specjalista, a później asystent w Zakładach Fotofizyki i Techniki Laserowej Instytutu Maszyn Przepływowych PAN w Gdańsku, a po ukończeniu doktoratu pracowała najpierw jako adiunkt w Wyższej Szkole Informatyki w Łodzi, a następnie, od 2011 roku, w instytucie Fizyki Uniwersytetu Mikołaja Kopernika (UMK) w Toruniu. Od 2020 roku, Kandydatka związała się dodatkowo z Międzynarodowym Centrum Badań Oka ICTER (*International Centre for Translation Eye Research*) Instytutu Chemii Fizycznej PAN w Warszawie, gdzie pracuje w charakterze starszego badacza/adiunkta.

Podsumowując przebieg kariery zawodowej Kandydatki, jednoznacznie stwierdzam, że związana jest ona naukowo od ponad 20 lat z najlepszymi jednostkami naukowymi w Polsce, w których prowadzone są badania związane z szeroko rozumianą optyką oka.

Zgodnie z ustawą z dnia 20 lipca 2018 roku (Dz.U.2022.0.574; stan prawny aktualny na dzień 10. marca 2023) – Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce, jako podstawę ubiegania się o awans naukowy na stopień doktora habilitowanego Kandydatka wskazała jednotematyczny cykl dziesięciu artykułów naukowych (H1–H10), zatytułowany „Charakterystyka i zastosowania widzenia dwufotonowego”. Poniżej odniosę się pokrótce do każdej z prac i sformułuję ocenę udziału Kandydata w każdej z nich.

Praca H1. *Human infrared vision is triggered by two-photon chromophore isomerization. Proceedings of National Academy of Sciences (PNAS), 2014.* Praca wieloautorska, wielozespołowa, z istotnym udziałem kandydatki, bez której praca nie powstałaby w obecnej formie. W szczególności, Kandydatka zaproponowała i zaprojektowała od podstaw eksperymenty przeprowadzone w UMK w Toruniu. Praca rozwiązuje kwestię zdolności człowieka do postrzegania promieniowania bliskiej podczerwieni i identyfikuje mechanizm napędzający ludzkie widzenie w tym zakresie promieniowania. Praca jednoznacznie wykazuje, że promieniowanie w bliskiej podczerwieni aktywuje fotoreceptory poprzez nieliniowy proces optyczny oraz to, że ludzkie oko może postrzegać światło podczerwone poprzez dwufotonową izomeryzację chromoforów pigmentów wzrokowych. Do chwili obecnej praca ma 156 cytowań (Scholar).

Praca H2. *Visual acuity in two-photon infrared vision. Optica, 2017.* Praca wieloautorska z istotnym udziałem Kandydatki, która w szczególności zaproponowała oraz wdrożyła metody projekcji bodźców dwufotonowych z użyciem szybkiego skanowania. W pracy, po raz pierwszy zmierzono ostrość wzroku w widzeniu dwufotonowym i porównano ją z ostrością wzroku w świetle widzialnym. To pionierska praca pokazująca, że widzenie w podczerwieni może mieć pewne potencjalne zastosowania w przyszłości, na przykład, w umożliwieniu widzenia w przypadkach z nieprzeziernymi mediami optycznymi w zakresie widzialnych długości fal, przy jednoczesnym zachowaniu pewnej przejrzystości w podczerwieni. Do chwili obecnej praca ma 35 cytowań (Scholar).

Praca H3. *Two-photon microperimetry: sensitivity of human photoreceptors to infrared light. Biomedical Optics Express, 2019.* Kolejna praca wieloautorska i wielozespołowa, kontynuująca badania opisane w H1. Udział Kandydatki w pracy jest istotny, od zaprojektowania systemów pomiarowych do aktywnego udziału w samych eksperymentach. Praca dotyczy mikroperymetrii – precyzyjnego, nieinwazyjnego testu diagnostycznego, który pozwala na odwzorowanie wrażliwości siatkówki na światło, a jednocześnie obrazuje dno oka. W pracy, po raz pierwszy, przedstawiono nowo zaprojektowany i skonstruowany mikroperymetr wykorzystujący widzenie dwufotonowe. Ponieważ promieniowanie w bliskiej podczerwieni przenika starzejącą się przednią część oka lepiej niż światło widzialne, ma ono potencjał do poprawy diagnostyki funkcjonalnej u pacjentów z zaburzeniami widzenia związanymi z wiekiem. Do chwili obecnej praca ma 36 cytowań (Scholar).

Praca H4. *Clinical application of infrared-light microperimetry in the assessment of scotopic-eye sensitivity, Translational Vision Science & Technology, 2020.* Praca wieloautorska kontynuująca temat zastosowania promieniowania bliskiej podczerwieni w mikroperymetrii. Jak poprzednio, udział Kandydatki w pracy jest bezsprzeczny. Praca o charakterze klinicznym, której celem było określenie wartości progów podczerwieni w zdrowej populacji. W pracy wykazano, że wrażliwość na promieniowanie bliskiej podczerwieni nie maleje znacząco wraz z wiekiem, pomimo wzrostu natężenia światła rozproszonego. Do chwili obecnej praca ma 17 cytowań (Scholar). Skromna liczba cytowań nie oznacza tu słabe zainteresowanie klinicystów pracą, jedynie wskazuje, że bez szeroko dostępnej komercyjnej aparatury, niewiele ośrodków okulistycznych na świecie może podjąć się tego typu badań. W tym kontekście badania Kandydatki można uznać za pionierskie.

Prac H5. *Two-photon microperimetry with picosecond pulses, Biomedical Optics Express, 2021.* Praca wieloautorska, w której kandydatka jest autorem korespondencyjnym. Praca skupia się na nowych rozwiązaniach technologicznych, które radykalnie obniżyłyby koszty i złożoność przyszłych urządzeń klinicznych do mikroperymetrii dwufotonowej. Udział

Kandydatki w pracy jest bezsprzeczny (opracowanie głównej koncepcji pracy, zaprojektowanie układu optycznego i aktywny udział w jego budowie). Do chwili obecnej praca ma 25 cytowań (Scholar).

Prac H6. *Pupillary light reflex induced by two-photon vision, Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 2021. Praca wieloautorska, w której kandydatka jest autorem korespondencyjnym. Głównym celem pracy było zmierzenie reakcji źrenicy człowieka wywołanej dwufotonowym bodźcem i porównanie jej z reakcjami źrenicy wywołanymi bodźcami o dwukrotnie krótszej długości fali. Autorzy wykazali, że bodziec dwufotonowy spowodował znacznie słabszą reakcję źrenicy niż bodźce jednofotonowe o tym samym kształcie, jasności i podobnym kolorze. W przeciwieństwie do normalnego widzenia, w procesie dwufotonowym światło rozproszone nie jest postrzegane, co może zmniejszać liczbę stymulowanych fotoreceptorów i dodatkowo osłabiać odruch źreniczny na światło. Istotny udział Kandydatki w pracy jest bezsprzeczny. Do chwili obecnej praca ma 9 cytowań (Scholar).

Praca H7. *Infrared- and white-light retinal sensitivity in glaucomatous neuropathy, Scientific Reports*, 2022. Praca wieloautorska kontynuująca badania opisane w H4. Jest to pierwsza praca typu *proof-of-concept*, w rozważanym jednotematycznym cyklu prac, poświęcona wykorzystaniu mikroperymetrii dwufotonowej w diagnostyce jaskry. Kandydatka wniosła istotny wkład do pracy, w szczególności dostosowując prototyp urządzenia do warunków pomiarów stosowanych w standardzie MP-1 (Nidek). Do chwili obecnej praca ma 17 cytowań (Scholar).

Praca H8. *Laser pulse train parameters determine the brightness of a two-photon stimulus, Biomedical Optics Express*, 2023. Praca wieloautorska, w której kandydatka jest autorem korespondencyjnym. Praca przedstawia wyniki pomiarów progu widzenia dwufotonowego dla różnych ciągów impulsów. W szczególności, w pracy zaproponowano model matematyczny, który łączy parametry lasera z wartością progu widzenia. Przedstawiona metodologia umożliwia przewidywanie wartości progu widzenia dla bodźca dwufotonowego dla zdrowego osobnika, przy użyciu źródła laserowego o znanych parametrach. Istotny udział Kandydatki w pracy jest bezsprzeczny, gdzie znów opracowanie głównej koncepcji jest jej autorstwa. Do chwili obecnej praca ma 10 cytowań (Scholar).

Praca H9. *Method for the determination of the luminance of two-photon vision stimuli, Biomedical Optics Express*, 2024. Praca wieloautorska, w której kandydatka jest autorem korespondencyjnym. W pracy po raz pierwszy wspomniany jest potencjał wykorzystania widzenia dwufotonowego w wirtualnej/rozszerzonej rzeczywistości. W szczególności, w pracy przedstawiono zależność między luminancją bodźców dwufotonowych a wielkością fizyczną zaproponowaną po raz pierwszy: dwufotonowym natężeniem oświetlenia siatkówki. Zależność ta umożliwia przewidywanie luminancji bodźca, która mogłaby osiągnąć ponad 600 cd/m² w bezpiecznym dla oka zakresie mocy lasera. Istotny udział Kandydatki w pracy jest bezsprzeczny, gdzie znów opracowanie głównej koncepcji oraz metod badawczych jest jej autorstwa. Do chwili obecnej praca ma 6 cytowań (Scholar).

Praca H10. *Two-photon vision – Seeing colors in infrared, Vision Research*, 2024. Praca jednoautorska, podsumowująca ponad dziesięcioletnie poświęcenie się Kandydatki zagadnieniom widzenia dwufotonowego. Praca typu *review*, opublikowana w jednym z najbardziej prestiżowych czasopism poświęconych procesom widzenia. Do chwili obecnej praca ma 10 cytowań (Scholar).

Podsumowując ten jednotematyczny cykl prac Kandydatki należy zauważyć, że prawie wszystkie prace habilitacyjne zostały opublikowane w najbardziej prestiżowych czasopismach naukowych, w tym PNAS i Optica. Reasumując dorobek naukowy Kandydatki, przedstawiony jako podstawa do ubiegania się o awans naukowy na stopień doktora habilitowanego należy stwierdzić, że jest on znakomity i obejmuje prace od podstaw do tych o ogromnym potencjale aplikacyjnym (na przykład, rozszerzona rzeczywistość na bazie widzenia dwufotonowego). Warte podkreślenia jest to, że wszystkie prace załączone do dorobku Kandydatki posiadają znaczącą część eksperymentalną oraz to, że w większości są one mocno podparte zagadnieniami teoretycznymi. Analizując te prace wyłania się sylwetka dojrzałego niezależnego pracownika naukowego, efektywnie współpracującego ze specjalistami z czołowych ośrodków naukowych na świecie.

Należy jednoznacznie stwierdzić, że Kandydatka odegrała wiodącą rolę w ramach powstawania wszystkich współautorskich prac naukowych, których wkład w rozwój dyscypliny nauki fizyczne jest znaczny. W mojej opinii, Kandydatka wykazała się istotną aktywnością naukową oraz istotnymi osiągnięciami dydaktycznymi (szczególnie w promocji młodych naukowców, dla których pełniła funkcje promotora pomocniczego), tym samym spełniając warunki wymagane do uzyskania stopnia doktora habilitowanego.

Podsumowując powyższe opinie, pozytywnie oceniam przedstawione do habilitacji osiągnięcia dr Katarzyny Komar, a jej pozostały dorobek naukowy i aktywność naukową, w szczególności, w kierunku systematycznego wdrażania wyników naukowych (współautorstwo w dwóch patentach międzynarodowych) oceniam wysoko. Dorobek dydaktyczny, popularyzatorski oraz owocna współpraca z innymi jednostkami naukowymi zasługuje na szczególne uznanie.

Na podstawie przeprowadzonej powyżej analizy oraz powołując się na ustawę z dnia 20 lipca 2018 roku (Dz.U.2022.0.574; stan prawny aktualny na dzień 10. marca 2023) – Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce – stwierdzam, że przedstawiony do oceny przez dr Katarzynę Komar dorobek naukowy stanowi znaczący wkład w rozwój dyscypliny naukowej nauki fizyczne. Uważam, że dr Katarzyna Komar spełnia ustawowe kryteria do nadania stopnia doktora habilitowanego, o co występuję do Komisji Habilitacyjnej o wydanie pozytywnej opinii w przedmiotowej sprawie oraz proszę Wysoką Radę Dyscypliny Nauki Fizyczne Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu o nadanie dr Katarzynie Komar stopnia doktora habilitowanego.