

Kraków, 25.03.2024

## OCENA

### ROZPRAWY HABILITACYJNEJ ORAZ DOROBKU NAUKOWEGO, DYDAKTYCZNEGO I ORGANIZACYJNEGO DR KONSTANTINOSA RAFTOPOULOS PT. MIKROMORFOLOGIA I PRZEJŚCIE SZKLISTE W UKŁADACH HYBRYDOWYCH POLIURETAN-POSS

W celu przeprowadzenia oceny osiągnięcia naukowego oraz aktywności naukowej dr Konstantinosa Raftopoulos recenzentka otrzymała w formie papierowej oraz elektronicznej (płyta CD-R) następujące dokumenty:

(1) Wniosek Rady Dyscypliny Nauki Fizyczne Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie z dn. 28.09.2023 r. o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego dr Konstantinosowi Raftopoulos w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki fizyczne; (2) Pismo Rady Dyscypliny Nauki Fizyczne Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie z dn. 18.01.2024 nt. powołania komisji habilitacyjnej w postępowaniu o nadanie stopnia doktora habilitowanego dr Konstantinosowi Raftopoulos w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki fizyczne; (3) Dane Wnioskodawcy; (4) Kopię dyplomu doktorskiego z poświadczeniem tłumaczenia przysięgłego z języka greckiego; (5) Autoreferat; (6) Wykaz osiągnięć naukowych; (7) Oświadczenia współautorów; (8) Application (Wniosek przewodni w języku angielskim); (9) Personal Data of the Applicant (Dane wnioskodawcy w języku angielskim); (10) Summary of Professional Accomplishments (Autoreferat w języku angielskim) oraz (11) List of scientific achievements (Wykaz osiągnięć naukowych w języku angielskim).

Równocześnie w związku z powołaniem mojej osoby na recenzentkę w niniejszym postępowaniu habilitacyjnym oświadczam, że nie posiadam wspólnego dorobku publikacyjnego z Habilitantem, nie prowadziłam z Nim wspólnych prac badawczych, nie byłam recenzentką wydawniczą Jego dorobku, jak również nie byłam recenzentką we wcześniej toczących się postępowaniach, przewodach doktorskich czy innych habilitacyjnych.

### SYLWETKA HABILITANTA

Dr Konstantinos Raftopoulos jest absolwentem Wydziału Fizyki Narodowego Uniwersytetu im. Kapodistriasa w Atenach (Grecja), na którym w roku 2003 uzyskał tytuł zawodowy licencjata (Ptichion) nauk fizycznych, na kierunku: Fizyka ciała stałego i materiałoznawstwo. Z kolei w roku 2005 na Wydziale Elektrotechniki i Inżynierii Komputerowej Narodowej Politechniki „Metsoveio” w Atenach (Grecja) obronił swoją pracę dyplomową uzyskując tytuł zawodowy magistra w zakresie „Produkcji i Zarządzania Energią”. Również na wskazanej powyżej Narodowej Politechniki „Metsoveio” ale na Wydziale Matematyki

Stosowanej i Nauk Fizycznych, w roku 2011, uzyskał stopień naukowy doktora w zakresie Fizyki. Pracę naukową w Polsce rozpoczął w 2012 roku, odbywając dwuletni staż podoktorski na Politechnice Krakowskiej na Wydziale Inżynierii i Technologii Chemicznej w Katedrze Chemii i Technologii Polimerów. W roku 2014 Habilitant został uhonorowany rocznym stypendium naukowym Fundacji Uniwersytetu Technicznego w Monachium, realizując je w Zakładzie Fizyki Materii Miękkiej w Katedrze Materiałów Funkcjonalnych. W tym również miejscu w 2015 r. został zatrudniony na rok na stanowisku naukowo-dydaktycznym. Od roku 2016 Habilitant związał swoją działalność naukową z Politechniką Krakowską, pracując nieprzerwanie od tamtej pory na stanowisku adiunkta na Wydziale Inżynierii i Technologii Chemicznej w Katedrze Chemii i Technologii Polimerów.

Równocześnie dr Konstantinos Raftopoulos wykazał zadawalającą aktywność naukową pod względem udziału w siedmiu krótkoterminowych stażach naukowych, zarówno w kraju (Polsce), jak i za granicą (Niemcy, Egipt, Grecja, Ukraina). Charakter podejmowanych tam zadań naukowo-badawczych podkreślają jednoznacznie chęć poszerzania wiedzy i umiejętności Habilitanta w obranej ścieżce zawodowej, ale także dające zainteresowanemu szersze możliwości w rozpoczęciu czy prowadzeniu innych kierunków badawczych. Bez wątpienia wskazuje na to Jego całokształt dorobek publikacyjny. W opinii recenzentki, fakt ten zasługuje na uznanie i docenienie. Wartym zaakcentowania jest również praktyczne wykorzystanie swojej wiedzy i zawodowych kompetencji w pięciu projektach naukowych finansowanych w drodze konkursów krajowych i zagranicznych, w których pełnił rolę Junior Researcher lub Wykonawcy.

Podsumowując sylwetkę Habilitanta można stwierdzić, iż zdobywane przez dr Konstantinosa Raftopoulos doświadczenie w tak wielu jednostkach naukowych, a które co warto podkreślić, różnią się między sobą poruszającymi zagadnieniami oraz kierunkami nauki, stanowią z pewnością o szerokim i dogłębnym warsztacie naukowym Habilitanta, jak również o Jego obszernej wiedzy i systematycznie doskonalonym doświadczeniu eksperymentatorskim. **Równocześnie, biorąc pod uwagę przedłożone dokumenty, stwierdza się, iż wymaganie w stosunku do Habilitanta mówiące o Jego istotnej aktywności naukowej w więcej niż jednej uczelni lub jednostce naukowej zostało w pełni spełnione.**

## **OCENA DOROBKU NAUKOWEGO STANOWIĄCEGO PODSTAWĘ POSTĘPOWANIA HABILITACYJNEGO**

Jako osiągnięcie naukowe będące podstawą postępowania habilitacyjnego dr Konstantinos Raftopoulos przedstawił do oceny monotematyczny cykl publikacji naukowych pt. *Mikromorfologia i przejście szkliste w układach hybrydowych poliuretan-POSS*.

Przedstawiony do oceny cykl publikacji obejmuje 11 oryginalnych prac, z których wszystkie ukazały się w czasopiśmie naukowych z bazy *Journal Citation Reports*, o zadawalającym współczynniku oddziaływania. Cykl publikacyjny stanowią prace opublikowane w następujących czasopiśmie: *Macromolecules* (trzy publikacje z 2013, 2015 i 2016 r., 2 Year Impact Factor 2022: 5,5), *Progress in Polymer Science* (jedna publikacja z 2016 r., 2 Year Impact Factor 2022: 26,752), *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry* (jedna publikacja z 2018 r., 2 Year Impact Factor 2022: 5,252), *Polymer* (trzy publikacje z 2018, 2022 i 2023 r., 2 Year Impact Factor 2022: 4,755), *Polymer Bulletin* (jedna publikacja z 2019 r., 5 Year Impact Factor 2022: 2,9), *Journal of Polymer Science, Part B: Polymer Physics* (jedna publikacja z 2019 r.) oraz *Molecules* (jedna publikacja z 2020 r., 5 Year Impact Factor 2022: 4,9). Sumaryczny Impact Factor dla tych prac zgodnie z rokiem ich opublikowania, wg bazy JCR/Clarivate, wynosi 67,439. Warto podkreślić, że powyższy wskaźnik wszystkich prac Habilitanta wyniósł 200,023, natomiast liczba cytowań bez



**dr hab. inż. Magdalena Szumera, prof. AGH**

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki  
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków  
mszumera@agh.edu.pl, tel. +48 12 6172483

uwzględnienia autocytowań, na dn. 26.09.2023, wynosiła 698. Według Bazy Scopus prace naukowe Habilitanta w dn. 24.03.2024 były cytowane 838 razy, a Jego *h-index* wyniósł 18.

**Biorąc powyższe pod uwagę można stwierdzić, iż do opinii skierowano jeden cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych opublikowanych w czasopismach naukowych, które w roku opublikowania artykułu w ostatecznej formie były ujęte w wykazie sporządzonym zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 267 ust. 2 pkt 2.**

W jedenastu publikacjach będących podstawą w postępowaniu habilitacyjnym dr Konstantinos Raftopoulos był osiem razy autorem korespondencyjnym, sześciokrotnie pierwszym autorem dzieła, a tylko w trzech przypadkach nie pełnił powyższych funkcji. Warto jednak zwrócić uwagę, iż w dołączonych Oświadczeniach współautorów jednoznacznie wskazano na znaczący udział Habilitanta w powstawaniu tych prac. Biorąc pod uwagę, iż recenzowany jest wniosek w postępowaniu habilitacyjnym zawiera uwagę jedynie brak chociaż jednej samodzielnej pracy naukowej. Wydaje się również wartym podkreślenia fakt, iż osiągnięcie naukowe dr Konstantinosa Raftopoulos stanowi efekt wieloletnich badań, kontynuowanych niemal przez cały okres działalności naukowej Habilitanta. Prace ujęte w niniejszym Osiągnięciu powstawały systematycznie, praktycznie rok rocznie, od 2013 do 2023 roku. Recenzentka wskazuje ten fakt, jako niezwykle istotny, ponieważ w Jej opinii dowodzi to stopniowego i systematycznego zdobywania wiedzy i nowych umiejętności, a jest to dowód również na tzw. dojrzałość naukową Habilitanta i Jego gotowość do podjęcia „samodzielnej” pracy naukowej.

Osiągnięciem naukowym w rozumieniu art. 219 ust. 1 z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, w przedstawionych do oceny materiałach były badania nad przejściem szklistym, które niewątpliwie jest zjawiskiem w dalszym ciągu nie w pełni poznany. Habilitant w szczególności prowadził badania pozwalające mu na dokonanie wiarygodnego opisu transformacji stanu szklistego, jak i przedstawienie argumentów pozwalających na pełniejsze zrozumienie podstaw fizycznych tego zjawiska. Zaprezentowane osiągnięcie naukowe niewątpliwie przedstawia szeroki zakres prac badawczych nad przejściem szklistym, prowadzonych zarówno w zróżnicowanych warunkach dynamicznych, jak i termicznych. Opublikowane artykuły obejmują swoim zakresem działań szeroką grupę materiałów z rodziny kopolimerów, a w szczególności grupę poliuretanów. Habilitant podkreślił, iż głównym przedmiotem Jego badań były zachodzące w zakresie transformacji stanu szklistego mechanizmy towarzyszące obecności poliedrycznych oligomerycznych silseskwioksanów (POSS), które w sposób pośredni lub bezpośredni wpływają na zjawisko przejścia szklistego. Dlatego też w prowadzonych badaniach niejednokrotnie wybrzmiewa cel prowadzonych badań, który można podsumować, jako chęć zrozumienia mających miejsce w strukturze PU mechanizmów, za pomocą których cząstki POSS wpływają na ich zeszklenie oraz wyjaśnienie jakie czynniki czy parametry wpływają na dominację jednego mechanizmu nad innym. Dr Konstantinos Raftopoulos w opracowanym Autoreferacie wprowadził czytelnika w zakres swoich prac w sposób zwięzły, ale i klarowny. Przygotowane wprowadzenie, bazujące na danych literaturowych liczących 88 pozycji, z wyłączeniem prac zaliczanych do cyklu habilitacyjnego, pozwoliło na zapoznanie się nie tylko z naukowym zagadnieniem dotyczącym poliuretanów, hybrydowych cząstek organiczno-nieorganicznych (POSS), ale także samego przejścia szklistego. Opracowanie tylko tej części wprowadzania zostało oparte na ponad 59 pozycjach literaturowych. Warto dodać, że Habilitant umiejętnie wplótł w treść Wstępu również wyniki swoich badań, co spotęgowało znaczenie prowadzonych przez Niego działań naukowych. W ten sposób ciekawie połączył wiedzę już uznaną w świecie nauki w zakresie poliuretanów i stanu szklistego, z Jego osiągnięciami naukowymi w tym obszarze. Biorąc pod uwagę fakt, iż poliuretany



można zaliczyć do szczególnej grupy kopolimerów, których właściwości są silnie uzależnione zarówno od budowy strukturalnej, jak i od mikromorfologii, Habilitant z sukcesem wykazał, iż wpływ cząstek POSS na zeszklenie poliuretanów jest szerokim i skomplikowanym zagadnieniem. Bez wątpienia ich pozycja w strukturze PU jest rozważana jako ta znajdująca się pomiędzy nanocząstkami, a cząsteczkami o znacznych rozmiarach, jak również, jako ta uczestnicząca w tworzeniu struktury samego polimeru. Jak się udało wykazać Habilitantowi cząstki POSS mają wpływ zarówno na strukturę, mikromorfologię ale także na sam proces zeszklenia. I tutaj pojawia się prośba o wyjaśnienie pojęcia, często wykorzystywanego w Autoreferacie przez dr Konstantinosa Raftopoulos, a mianowicie co rozumie przez strukturę chemiczną polimeru i jaka jest różnica między tym pojęciem, a budową strukturalną (strukturą) materiałów wykazujących amorficzność.

Analizując dorobek Habilitanta, można stwierdzić, że kluczowym artykułem jest pozycja [A4] opublikowana w ceniowym czasopiśmie *Progress in Polymer Science*, która to praca ma największą ilość cytowań z wszystkich ujętych w cyklu habilitacyjnym. Według Bazy Scopus w dn. 24.03.2024 ilość cytowań wyniosła 146 razy. Bez wątpienia praca ta stanowi niejako punkt wyjścia dla wszystkich prowadzonych działań naukowych Habilitanta, bowiem stanowi powiązanie obszernego i metodycznego przeglądu literaturowego z wynikami uzyskanych przez Habilitanta i Jego zespół badawczy wyników. W opinii recenzentki do najważniejszych osiągnięć naukowych w tym obszarze można zaliczyć wyjaśnienie wpływu POSS na dynamikę segmentową z uwzględnieniem najbardziej prawdopodobnych mechanizmów mających w tym procesie miejsce. Pomimo wskazania wielu problematycznych kwestii udało się wykazać, iż cząstki POSS rozproszone na poziomie molekularnym zwykle zachowują się jak cząsteczki, a nie nanocząstki. Wykazano również, że dość często cząstki POSS są całkowicie niemieszalne z matrycą, tworząc agregaty w skali  $\mu\text{m}$ , jak również, że przy pewnych niewielkich granicznych zawartościach POSS, gwarantujących zadawalającą dyspersję, obowiązują prawa mieszania (Prawo Fox'a i/lub Prawo Gordona-Taylora), jak również wskazano fakt, iż w sytuacjach gdy POSS działa jak wiązanie krzyżowe, ma ono wielorakie działanie. Wykazano bowiem, że w małych ilościach ograniczają one mobilność łańcucha, a w znacznie większych zachowują się jak konwencjonalne nanocząstki, w wyniku czego kluczowe znaczenie ma interakcja cząstka-łańcuch. Habilitant w Autoreferacie wskazuje również na kilka innych kwestii, z którymi recenzentka jak najbardziej się zgadza, w tym m.in. na istniejący wpływ cząstek POSS na mobilność makrocząstek poprzez mechanizm związany z ich wpływem na strukturę końcowego materiału bezpośrednio poprzez ich udział w reakcjach chemicznych lub poprzez wpływ na zmianę kinetyki reakcji. Pozostaje to nie bez znaczenia na proces zeszklenia, topologię łańcucha polimerowego, jak i masę molową.

Kolejne prace dr Konstantinosa Raftopoulos obejmujące swoją tematyką obszerne zagadnienie wpływu sposobu wiązania cząstek POSS w elastomerach poliuretanowych z aromatycznymi sztywnymi segmentami, a oznaczone zostały, jako pozycje [A1], [A2], [A3] oraz [A5]. W pracach tych Habilitant wraz z współpracownikami dokonali syntezy materiałów kompozytowych stosując różnorodną konfigurację podstawowych składowych POSS i PU, w tym między innymi analizując z jednej strony różną ilość ugrupowań reaktywnych (od zera do powyżej dwóch) oraz różne ich konfiguracje (tj. grupy końcowe, grupy wierzchołkowe, mostki itp.). Ważną kwestią we wszystkich prowadzonych badaniach był analogiczny sposób wprowadzania POSS, tj. na etapie prepolimeryzacji. Takie podejście pozwoliło Habilitantowi na dokonywanie trafnych porównań, jak i na wysuwanie wspólnych wniosków dla wszystkich przeprowadzonych badań i analiz. **W opinii recenzentki to kolejny dowód na umiejętność Habilitanta do perspektywicznego planowania badań i Jego gotowości do podejmowania samodzielnych,**



**dalekosiężnych działań naukowych.** Z powyższych czterech artykułów pozycja [A1] należy do jednej z częściej cytowanych prac, według Bazy Scopus i praca ta w dn. 24.03.2024 była cytowana 66 razy. W swoich badaniach Habilitantowi udało się wykazać, iż w przypadku układów PU-POSS bezpośrednia interakcja między cząstkami POSS i łańcuchem polimerowym ma niebagatelny wpływ na przemianę szklistą ( $T_g$ ). Korzystając z nowoczesnych technik badawczych (m.in. SEM-EDS, DSC, mDSC, DMA itd.) dr Konstantinos Raftopoulos wskazał, iż modyfikacja cząstkami POSS organiczno-nieorganicznych materiałów hybrydowych znacznie usprawnia mechanizm mobilności molekularnej, jako procesu nieco wolniejszego w porównaniu do dynamicznego przejścia szklistego. W pracy wskazano również, iż istotny wpływ na dynamikę molekularną, jak i budowę strukturalną ma zastosowany udział cząstek POSS. Z kolei w badaniach opublikowanych w [A2] analizowano wpływ POSS z ośmiofunkcyjną grupą OH na morfologię i dynamikę molekularną całego układu POSS-PU, stosując różne skale wielkości i czasu. Okazało się również, iż pomimo swojej krystalicznej natury cząstki POSS rozpraszają się w nanoskali, co pozwoliło wysunąć wniosek o mającym miejsce skutecznym ich wiązaniu w łańcuchach polimeru. W pracy z sukcesem wykazano również, że włączenie cząstek sieciujących do szkieletu poliuretanowego ogranicza zjawisko separacji mikrofazowej, hamuje proces tworzenia się domen, jak i spowalnia dynamikę ruchu całego szkieletu poliuretanowego. Również w tej pracy Habilitantowi i pozostałym jej autorom udało się ponownie wskazać, iż duże znaczenie w analizowanych zjawiskach ma udział wprowadzonego POSS do materiału. Co ciekawe przeprowadzone badania wykazały, iż powstające mikrodomeny wzmacniają cały układ skuteczniej aniżeli chemiczne wiązania sieciujące, a dodatkowo wbrew oczekiwaniom cząstki POSS raczej pogarszają niż wzmacniają stabilność termiczną badanych układów, pogarszają również segregację mikrofazową elastomerów poliuretanowych, która przecież jest przyczyną wielu oczekiwanych właściwości fizycznych PU. Kolejne dzieło [A3] dotyczyło wielościennych oligomerycznych ugrupowań silseskwiksianu z grupami poli(glikolu etylenowego) (PEG-POSS) połączonych z elastomerową matrycą poliuretanową. W tej pracy zastosowano większe udziały POSS w porównaniu do prac wcześniej analizowanych (do 10% wag.). Stosując nowoczesne techniki badawcze, które z pewnością są bardzo dobrze znane Habilitantowi, biorąc pod uwagę częstość ich stosowania oraz głęboką analizę uzyskiwanych rezultatów, również w tej pracy udało się z sukcesem wykazać, że ugrupowania PEG-POSS dobrze dyspergują na poziomie molekularnym i działają jako rozcieńczalniki uplastyczniające dynamikę molekularną. Stwierdzono, że podstawową zmianą wywołaną przez PEG-POSS jest efekt plastyfikacji układu, który obserwuje się poprzez obniżenie temperatury zeszklenia. Co ciekawe wykazano również, że spadek ten mieści się w wartościach przewidywanych przez równanie Fox'a dla mieszanek polimerów, co również stanowiło dodatkowy dowód na to, że mieszalność POSS z PU jest niezwykle dobra. Pomimo wskazania, że stopień rozdzielenia mikrofaz we wszystkich analizowanych układach ma niewielki wpływ na obserwowane parametry, to udało się wykazać, że zmiany mające miejsce w makromorfologii, związane z obecnością ugrupowań POSS, mają znaczące oddziaływanie na właściwości całej matrycy. Wiadomym jest, iż w związku z nanometrycznymi rozmiarami cząstek POSS i możliwości ich funkcjonalizacji, znajdują one szerokie zastosowanie jako skuteczne modyfikatory – zarówno chemiczne, jak i fizyczne, w matrycach polimerowych Kolejna praca [A5], nawiązująca do tematyki wpływu sposobu wiązania cząstek POSS w elastomerach poliuretanowych z aromatycznymi sztywnymi segmentami, prezentuje szczegółowy opis, jak i analizę możliwości przetwarzania nanokompozytów hybrydowych PU-POSS oraz wpływu tworzących się ugrupowań POSS na właściwości termiczne matryc PU. Również w tym artykule zostały potwierdzone informacje na temat niewątpliwego wpływu modyfikacji cząstkami POSS matrycy PU, w tym przypadku poprzez analizę



zachodzących zmian w obrębie struktury poliuretanu, wpływu na transformację stanu szklistego, krystaliczność, a także przejścia porządek-nieporządek. Warto podkreślić, że w tej pracy szczególną uwagę zwrócono na aspekt topologii struktury polimerowej i kluczową rolę funkcjonalizacji POSS. Praca prezentuje ciekawy przegląd najpowszechniej stosowanych metod wytwarzania elastomerów hybrydowych PU-POSS. Trafnie zwrócono uwagę na duże znaczenie stopnia i skali długości dyspersji ugrupowań na poziomie molekularnym, jak i w nanokryształów. Jak wskazano włączenie cząstek POSS do struktury PU ma wpływ praktycznie na wszystkie rejestrowane w nim przemiany i procesy, a mianowicie na przejścia szkliste zarówno elementów twardych i miękkich, krystaliczność, jak i przejście porządek-nieporządek. Znaczącym osiągnięciem naukowym w tej pracy było z pewnością udowodnienie, iż w stwierdzonych złożonych zależnościach między POSS-PU topologia struktury polimerowej odgrywa zdecydowanie, we wskazanych procesach, kluczową rolę i jest w znacznym stopniu zależna od funkcjonalności ugrupowań POSS.

Kolejny obszar badawczy realizowany przez dr Konstantinosa Raftopoulos, obejmował określenie wpływu sposobu wiązania POSS w elastomerach poliuretanowych z alifatycznymi sztywnymi segmentami, poruszone zagadnienia zostały opublikowane w kolejnych pracach oznaczonych jako pozycja [A6] i [A9]. W pierwszej z nich, stosując ponownie bogaty wachlarz metod badawczych, analizowano m.in. mikromorfologię PU, analizując wprowadzany POSS do układu jako ugrupowania boczne łańcuchów polimerowych. Stwierdzono mianowicie, że mikromorfologia nie zmienia się drastycznie, a w jej obszarze powstają domeny bogate w POSS. Zdefiniowano je jako nanokryształy, które mają ograniczający wpływ na zjawisko separacji mikrofazowej poliuretanu. Równocześnie, co z pewnością można uznać za osiągnięcie naukowe, Habilitantowi udało się wykazać, iż podobnie jak w przypadku dobrze znanej zależności między temperaturą topnienia, a wielkością kryształów polimeru, również i w analizowanym przypadku temperatura, w której dochodzi do zjawiska mieszania się mikrofaz jest skorelowana z wielkością powstających/występujących w matrycy polimerowej mikrodomen. W przypadku Autoreferatu wzbudza pewne zastanowienie zastosowany tytuł Podrozdziału C4.2, brzmiący „POSS wiszące jako grupy boczne”, recenzentka jest przekonana, że można było zastanowić się głębiej nad bardziej adekwatnym tytułem tego fragmentu Autoreferatu. Natomiast z pewnością komentarz ten nie umniejsza znaczenia naukowego prowadzonych przez Habilitanta badań i analiz. Kolejna praca w analizowanym obszarze cyklu publikacyjnego [A9] obejmuje prace nad kompozytami z cząstkami gwiaździstymi z wielościennym oligomerycznym rdzeniem silseskwioksanu (POSS) i grupami wierzchołkowymi poli(glikolu etylenowego) (PEG). Przy czym synteza kompozytów odbywała się *in situ* podczas procesu polimeryzacji. Również w tym wypadku zespół naukowców, wraz z głównym jej Autorem dr Konstantinosem Raftopoulos, wykazał, że cząstki POSS zmniejszają stopień krystaliczności twardych segmentów PU. W przeciwieństwie do wcześniejszych swoich badań wykazano, że w takim układzie kalorymetryczna temperatura zeszklenia fazy miękkiej ulega obniżeniu, a dynamiczne zeszklenie pozostaje praktycznie niezmienione. W badaniach udało się również wskazać, że wzrastający udział POSS, przez ich wyższe przewodnictwo w stosunku do matrycy PU, wpływa na przewodnictwo badanego układu oraz na fakt, iż polimery z cząstkami gwiaździstymi wpływają nie tylko na morfologię, ale i na ruchliwość molekularną matrycy polimerowej. Praca ta cieszy się coraz większym zainteresowaniem wśród odbiorców, o czym świadczy stopniowo wzrastająca ilość cytowań.

Habilitant z całego cyklu publikacyjnego słusznie wyodrębnił artykuł oznaczony jako [A8], bowiem dotyczy on nanokompozytów poliuretanowych (PU) POSS dyspergujących w matrycy w postaci kryształów o wielkości submikrometrycznej. Stwierdzone zjawisko rozdzielania faz wytworzonych kompozytów



**dr hab. inż. Magdalena Szumera, prof. AGH**

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki  
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków  
mszumera@agh.edu.pl, tel. +48 12 6172483

analizowano w oparciu o krzywe izotermiczne różnicowej kalorymetrii skaningowej. Jak wykazano wprowadzone do układu nanocząstki w zaskakująco skomplikowany sposób wpłynęły na mikromorfologię układu, bowiem m.in. w wyższych temperaturach POSS wpływały na spowolnienie zjawiska rozdziału fazowego, natomiast w niższych go potęgowały i przyspieszały. Prowadzona na ten temat dyskusja naukowa okazała się być niezwykle interesująca i wskazująca fakt, iż oprócz tego, że wpływ cząstek POSS na morfologię układu jest złożony, ale i zależy od temperatury prowadzonego izotermicznego ogrzewania. Jak się okazało w temperaturach wyższych od 174°C cząstki POSS spowalniają zarodkowanie twardych domen w jednorodnym mieszanym stopie, a w niższych temperaturach, w których prawdopodobnie zachodzi krystalizacja twardych domen, POSS usprawniają, a nawet przyspieszają ten proces. Warto wspomnieć, iż w przypadku tego artykułu, jako niewątpliwe osiągnięcie naukowe można przypisać również przeprowadzenie szczegółowej identyfikacji rejestrowanych efektów termicznych, a mianowicie przypisanie endotermicznemu efektowi zarejestrowanemu w wysokich temperaturach procesu topnienia krystalicznych twardych domen, aniżeli jak się powszechnie uważa w przypadku PU, efektowi rekrytalizacji i topnienia.

Kolejna praca [A11], której Habilitant nie był co prawda autorem korespondencyjnym ale wniósł do tego dzieła znaczący wkład, dotyczyła omówienia wpływu cząstek POSS na układy poliuretanowe z ciekłokrystalicznymi segmentami sztywnymi. Za szczególnie interesujące i nowatorskie były w tej publikacji wyniki badania uzyskane w metodzie SAXS; niestety na stronie 33 Autoreferatu dwukrotnie pojawiły się pewne błędy z wprowadzonymi danymi „...(LC na Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.a)”, co utrudniło w pewnym stopniu obraz prezentowanych danych, jednak nie sposób jest podkreślić naukowego znaczenia wniosków z analizowanego dzieła. Co ciekawe wyniki SAXS sugerują, że wprowadzenie POSS do matrycy LCPU nie zmieniło znacząco morfologii w nanoskali. Jak wykazał Habilitant w badanych układach rolę domen sztywnych pełniły przede wszystkim domeny ciekłokrystaliczne, a cząstki POSS były trójfunkcyjne; zarejestrowane krzywe SAXS w temperaturze pokojowej po pierwsze wskazały na zjawisko silnej separacji faz, a po drugie udało się zidentyfikować zjawisko wewnętrznej separacji faz w obecnych, w analizowanych układach, domen ciekłokrystalicznych. Kolejna i ostatnia, poddana analizie praca, oznaczona jako [A7], dotyczyła materiału odbiegającego samą formą w skali makro- od wcześniejszych materiałów, a mianowicie dotyczyła serii sztywnych pianek poliuretanowych modyfikowanych dodatkiem cząstek POSS, ze szczególnym zwróceniem uwagi na ich dynamikę molekularną. Również w tym wypadku Habilitant zastosowanej bardzo dobrze sobie znane metody badawcze, w tym m.in. DSC czy DMA. Jak wykazano, w badanych układach cząstki POSS wykazały tendencję do tworzenia dużych kryształów, prawdopodobnie zamykających również łańcuchy poliuretanowe. W opinii recenzentki szczególnie ciekawa była analiza zarejestrowanego, na krzywych DSC, pojedynczego efektu transformacji stanu szklistego, który to efekt ujawnił się w niezwykle wysokich temperaturach, a który w efekcie czego został zinterpretowany, jako efekt relaksacji segmentów sztywnych. Równocześnie wykazano, że zwiększanie zawartości POSS w badanych układach, wpływa na ich sieciowanie, a to z kolei wiąże się ze stopniowym usztywnianiem segmentów. Jednakże po przekroczeniu ilości granicznej POSS następuje uplastycznienie układu, a to z kolei można powiązać ze zjawiskiem etapowego zakłócenia integralności sieci polimerowej.

**Biorąc pod uwagę wnioski uzyskane na podstawie dogłębnej analizy monotematycznego cyklu publikacji naukowych pt. *Mikromorfologia i przejście szkliste w układach hybrydowych poliuretan-POSS*, można stwierdzić, iż stanowią one zbiór prac bez wątpienia stanowiących osiągnięcie naukowe w postępowaniu o nadanie stopnia doktora habilitowanego dr Konstantinosowi Raftopoulos w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki fizyczne. Analizowany monotematyczny cykl publikacji wskazuje na**



WIMiC

**dr hab. inż. Magdalena Szumera, prof. AGH**

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki  
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków  
mszumera@agh.edu.pl, tel. +48 12 6172483

systematyczną i dogłębną pracę nad szeregiem materiałów hybrydowych PU-POSS pod kątem ich charakterystyki termicznej, szczególnie termicznego i dynamicznego przejścia szklanego, jak i wykazania szczególnych zależności pomiędzy strukturą, mikromorfologią, jak i dynamiką.

#### OCENA DOTYCHCZASOWEGO DOROBKU NAUKOWEGO HABILITANTA

Dr Konstantinos Raftopoulos swoją działalność naukowo-badawczą rozpoczął od opracowania pracy licencjackiej (2003), w której podjął się badań spektroskopowych nad relaksacją dielektryczną i hydratacją segmentowych poliuretanów pod opieką Prof. Aglaia Vassilikou-Dova. Wydaje się, że już wtedy Habilitant szczególnie zainteresował się tematyką poliuretanów. Kolejnym etapem było opracowanie pracy magisterskiej, pt. *Urządzenia elektrochemiczne w produkcji i magazynowaniu energii* (2005), przygotowanej pod opieką Prof. Nikolaosa Chatziargiriou. Tematyka pracy doktorskiej Habilitanta ponownie wskazała na powrót do Jego pierwotnych zainteresowań czyli materiałów polimerowych, bowiem nosiła tytuł *Zależności typu struktura-właściwości w nanostrukturalnych materiałach polimerowych* (2011). Wyniki uzyskane w ramach doktoratu zostały opublikowane w formie trzech publikacji w renomowanych czasopismach *Polymer* (2013, 2010) oraz *European Polymer Journal* (2011). W okresie przed uzyskaniem stopnia doktora Habilitant był również współautorem czterech artykułów o odmiennej tematyce niż realizowany doktorat. Równocześnie po uzyskaniu stopnia naukowego doktora udostępniona dokumentacja wskazuje, iż dr Konstantinos Raftopoulos wykazywał się niezwykłą aktywnością naukową, bowiem był współautorem czterdziestu prac nie związanych z tematyką swojego doktoratu. Można zauważyć, iż minimalnie w okresie od 2013 do 2023 r. każdego roku był współautorem dwóch artykułów, najczęściej trzech, a w okresie swojej największej aktywności było to aż dziewięć (2016) i osiem (2018) prac naukowych. **Fakt ten należy szczególnie podkreślić, gdyż wykazane publikacje jednoznacznie wskazują na systematycznie rozwijającą się aktywność naukową Habilitanta i stałe poszerzanie współpracy międzynarodowej.** Równocześnie wskazują one na obszerną wiedzę z obszaru szeroko rozumianej dyscypliny, jaką jest fizyka, obszerną wiedzę z zakresu materiałów krystalicznych, amorficznych oraz kompozytowych, różnorodnych technik badawczych, jak i umiejętności wykorzystania tej wiedzy w analizie uzyskiwanych wyników badań. Świadczą o tym jednoznacznie opublikowane prace naukowe, zaprezentowane w Punkcie II.4. Autoreferatu. Dostarczona dokumentacja wskazuje również na aktywność, która można zdefiniować jako popularyzację nauki. Recenzentka ma tutaj na myśli liczne wystąpienia na konferencji naukowych odbywających się zarówno w kraju (Polsce), jak i za granicą. Przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora Habilitant wygłosił trzy referaty, a po jego uzyskaniu było ich już jedenaście, wliczając do nich jeden wykład plenarny wygłoszony na konferencji 1<sup>st</sup> Central and Eastern European Conference on Physical Chemistry & Materials Science (CEEC-PCMS1) w Chorwacji w 2022 roku. Fakty te zostały zaprezentowane w Punkcie II.7. Autoreferatu. Recenzentka założyła, że zaprezentowane wystąpienia miały charakter wystąpień ustnych, a nie posterowych. Informacja ta nie została wyszczególniona w udostępnionej dokumentacji. Warto zauważyć udział Habilitanta również, jako wykładowcy prowadzącego szkolenia dla uczonych podczas trzech międzynarodowych wydarzeń naukowych w Niemczech (2015), Grecji (2015) oraz Krakowie (2021). Dr Konstantinos Raftopoulos wskazał również na fakt, iż czterokrotnie (trzykrotnie po uzyskaniu stopnia naukowego doktora) był członkiem komitetów naukowych, organizacyjnych, programowych czterech konferencji. Jest również aktywnym członkiem dwóch towarzystw naukowych, tj. Polskiego Towarzystwa Kalorymetrii i Analizy Termicznej oraz Greckiego Towarzystwa Polimerowego. Warto także wspomnieć o zadawalającej aktywności Habilitanta w pracach zespołów badawczych realizujących projekty



dr hab. inż. Magdalena Szumera, prof. AGH

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki  
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków  
mszumera@agh.edu.pl, tel. +48 12 6172483

finansowane w drodze konkursów krajowych lub zagranicznych, które zostały wyszczególnione w Punkcie II.9 Autoreferatu. Przed uzyskaniem stopnia doktora Habilitant dwukrotnie realizował projekt w roli młodego badacza, a po jego uzyskaniu był wykonawcą w trzech projektach finansowanych przez NCN oraz NCBR. W tym wypadku wymaga wyjaśnienia projekt Maestro 2011/02/A/ST8/00409, dla którego realizacji podano aż dwa obszary czasowe jego trwania. Habilitant nie wykazał prowadzenia projektu, jako kierownik; należy jednak podkreślić, że w obecnych przepisach nie jest to obligatoryjne. Uczestnik w licznych stażach recenzentka podkreśliła już w opracowanym rozdziale Sylwetka Habilitanta. Omawiając jednak dotychczasowy dorobek naukowy należy ponownie wskazać niezwykle aktywność dr Konstantinosa Raftopoulos w tym względzie. W Punkcie II.11 Autoreferatu Habilitant wskazał na udział w dziewięciu stażach naukowych krótko- i długookresowych w Polsce, Niemczech, Egipcie oraz Grecji. Warto wspomnieć również o udziale Habilitanta w dwóch kolejnych zespołach badawczych (Punkt II.15 Autoreferatu) oraz trzech programach międzynarodowych (Punkt II.14 Autoreferatu). Habilitant swoją wiedzę i doświadczenie również wykorzystuje aktywnie recenzując prace naukowe dla cenionych czasopism naukowych m.in. *Materials Today Communications*, *Macromolecules*, *ACS Applied Materials and Interfaces* czy *Polymer*, *Colloid and Polymer Science*, *Reactive and Functional Polymers* oraz *Polymer Bulletin*. Recenzentka chciałaby zwrócić uwagę na fakt, iż obecnie jest możliwość udokumentowania tego rodzaju działań bezpośrednio z pomocą wskazanych czasopism.

#### OCENA DOROBKU DYDAKTYCZNEGO I ORGANIZACYJNEGO HABILITANTA

Udostępniona przez Habilitanta dokumentacja świadczy, iż działalność dydaktyczna dr Konstantinosa Raftopoulos obejmowała prowadzenie zajęć na trzech uczelniach w kraju (Politechnika Krakowska) i za granicą (Narodowa Politechnika „Metsoveio”, Uniwersytet Techniczny w Monachium). Niestety nie ma możliwości jednoznacznego stwierdzenia jaki charakter miały prowadzone zajęcia, czy były to zajęcia laboratoryjne, seminaryjne, warsztaty czy wykłady. Pomijając ten fakt z pewnością ilość przedmiotów była znacząca, przy czym były to zajęcia prowadzone zarówno w języku polskim, jak i angielskim. Habilitant wskazał również, iż wielokrotnie pełnił rolę promotora w ramach prac dyplomowych magisterskich i inżynierskich, jak i licencjatów. Habilitant swoje umiejętności dydaktyczne również sześciokrotnie wykorzystywał jako wykładowca na krajowych i międzynarodowych kongresach czy szkoleniach (Punkt VI.a Autoreferatu). Dorobek organizacyjny został zaprezentowany w dwóch miejscach Autoreferatu tj. w Punkcie VI.b oraz II.16. Dr Konstantinos Raftopoulos wskazał na fakt, iż czterokrotnie był członkiem komitetów naukowych, organizacyjnych, programowych czterech konferencji. Jest również aktywnym członkiem dwóch towarzystw naukowych, tj. Polskiego Towarzystwa Kalorymetrii i Analizy Termicznej oraz Greckiego Towarzystwa Polimerowego. Jak również brał udział w konsultacjach podczas tworzenia laboratorium wydziałowego (WliTCh, PK) w zakresie doboru aparatury rentgenowskiej i skaningowej mikroskopii elektronowej, był także członkiem komisji koła naukowego wydziału (nie podano jakiego), członkiem komitetu naukowego CEEC-TAC7, członkiem komitetu programowego SAT 2023 oraz komitetu organizacyjnego 8<sup>th</sup> International Seminar on Modern Polymeric Materials for Environmental Applications.

Habilitant pięciokrotnie został uhonorowany nagrodą za postępy w nauce oraz otrzymał jeden raz nagrodę Rektora Politechniki Krajowskiej, ale niestety nie wskazano za co, nie wiadome jest czy była to nagroda zespołowa za działalność naukową, dydaktyczną czy organizacyjną. Wskazane wydawałoby się dołączenie kopii ww. dyplomów.



**dr hab. inż. Magdalena Szumera, prof. AGH**

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki  
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków  
mszumera@agh.edu.pl, tel. +48 12 6172483

## WNIOSEK KOŃCOWY

Dr Konstantinos Raftopoulos systematycznie realizował, w przedstawionych do oceny pracach, postawione sobie cele, w których szczegółowej analizie poddał szereg materiałów hybrydowych PU-POSS, zarówno pod kątem ich termicznej i strukturalnej charakterystyki. Bezspornie podjął się trudnego zadania przeanalizowania zarówno termicznego, jak i dynamicznego przejścia szklistego, jak i wskazania zależności pomiędzy ich strukturą, mikromorfologią oraz dynamiką. Praktycznie we wszystkich prowadzonych działaniach Habilitant wykorzystywał szeroką gamę metod spektroskopowych (m.in. SAXS, XRD, FTIR, NMR), termicznych (m.in. DMA, DSC, mDSC) oraz obserwacji mikroskopowych (m.in. AFM, SEM-EDS).

Stwierdzone drobne niedoskonałości, w przesłanych do oceny dokumentach, nie mają wpływu na ocenę merytoryczną danych dotyczących dorobku naukowego, organizacyjnego oraz dydaktycznego dr Konstantinosa Raftopoulos.

**Na podstawie przedstawionego mi do oceny dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego pozytywnie oceniam aktywność naukowo-badawczą Dr Konstantinosa Raftopoulos. Przedstawiona mi do oceny rozprawa habilitacyjna w postaci 11 monotematycznych, oryginalnych artykułów, zatytułowana *Mikromorfologia i przejście szkliste w układach hybrydowych poliuretan-POSS* stanowi znaczny twórczy wkład Autora w rozwój dziedziny nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki fizyczne. Równocześnie stwierdzam, że przedstawione mi do oceny osiągnięcie naukowe, dorobek naukowy, dydaktyczny i organizacyjny, spełniają wymagania określone w Rozporządzeniu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19 stycznia 2018 r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Dz. U. z 2018 r. poz. 261), w Rozporządzeniu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 14 września 2011 r. w sprawie wysokości i warunków wypłacania wynagrodzenia promotorowi oraz za recenzje i opinie w przewodzie doktorskim, postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Dz. U. z 2014 r. poz. 48) oraz w Rozporządzeniu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 1 września 2011 r. w sprawie kryteriów oceny osiągnięć osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego (Dz. U. z 2011 r. nr 196 poz. 1165). Równocześnie przedkładam powołanej Komisji Habilitacyjnej oraz Radzie Dyscypliny Nauki Fizyczne Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie wniosek o nadanie dr Konstantinosowi Raftopoulos stopnia naukowego doktora habilitowanego nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauk fizycznych.**

*Magdalena Szumera*



WIMiC

**dr hab. inż. Magdalena Szumera, prof. AGH**

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki  
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków  
mszumera@agh.edu.pl, tel. +48 12 6172483