

# Opinia dotycząca indywidualnego planu badawczego doktoranta Szkoły Doktorskiej UKW

doktorantka: mgr inż. Aleksandra Piotrowska

dyscyplina: Inżynieria materiałowa

tytuł rozprawy: „Synteza i wykorzystanie poliuretanów na bazie źródeł naturalnych do wytwarzania płyt warstwowych”

rok kształcenia: po I roku, 2025/2026

## Podstawa oceny

- Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce oraz efekty uczenia się poziomu 8 PRK.
- Wytyczne Dyrektora Szkoły Doktorskiej.
- Rekomendacje Rady Szkoły Doktorskiej UKW dot. opiniowania IPB.
- IPB doktorantki (części A–G), *checklistę* IPB, opinie promotora i promotora pomocniczego.

## 1) Realizacja efektów uczenia się dla kwalifikacji na poziomie 8 PRK

Plan w pełni realizuje efekty uczenia się na poziomie 8 PRK, ponieważ prowadzi doktorantkę przez kompletny cykl badawczy, od identyfikacji problemu (redukcja palności rdzeni PUR i poprawa adhezji z okładziną stalową), przez sformułowanie hipotez i iteracyjny dobór metod (modyfikacje fizykochemiczne powierzchni metalu, opracowanie bio-polioli i formulacji PUR), po eksperyment, analizę wyników, wnioskowanie oraz upowszechnianie. W wymiarze wiedzy P8S\_WG(1) zapewnia krytyczną kwerendę i możliwość rewizji podejść dzięki szerokiej literaturze oraz planowanemu benchmarkingowi względem paneli komercyjnych. W przypadku P8S\_WG(3) wzmacnia warsztat metodologiczny poprzez standaryzację pomiarów (SEM/EDS, odrywanie/ścinięcie/zginanie, kalorymetr stożkowy, UL-94, LOI, badania starzeniowe) i decyzje oparte na danych. Kolejno w P8S\_WG(4) gwarantuje upowszechnianie wyników w modelu publikacji i wystąpień. W obszarze umiejętności P8S\_UW(1–2) IPB przekłada hipotezy na konkretne, mierzalne działania i wskaźniki hipotezy do postaci wykresów zależności dla kluczowych parametrów (LOI, szczytowy HRR, siła odrywania, moduł zginania) i przewiduje analizę kompromisów z użyciem kryteriów jakości i niepewności pomiaru. Następnie P8S\_UK(1–4) realizuje poprzez plan wystąpień, manuskrypty w j. angielskim i przygotowanie materiałów uzupełniających. W przypadku P8S\_UO i P8S\_UU są widoczne w samodzielnym zarządzaniu projektem, kamieniach milowych i rejestrze decyzji technologicznych. W kompetencjach społecznych P8S\_KR i P8S\_KK IPB zakłada plan zarządzania danymi i zgodność z normami (UL-94, ISO dla kalorymetrii i przewodnictwa), a także porównanie z wymaganiami rynkowymi, co sprzyja odpowiedzialnemu transferowi wiedzy. Dowody osiągania efektów są poprawne i mierzalne. Celuje się w LOI  $\geq 24\%$  i klasę UL-94 V-0/V-1 dla wybranej geometrii, spadek HRR(peak) o  $\geq 25\%$  względem referencji, wzrost siły odrywania o  $\geq 20\%$  dzięki modyfikacji okładzin, stabilność adhezji po cyklach starzeniowych z  $\Delta \leq 10\%$ , utrzymanie współczynnika  $\lambda$  nie gorszego niż próbka komercyjna przy wysokim udziale komórek zamkniętych, a także w minimum dwie publikacje i dwa wystąpienia konferencyjne z deponowaniem danych. W prezentowanym kształcie realizacja efektów 8 PRK jest pełna i weryfikowalna, a wskazane działania jedynie potwierdzają rygor dowodowy.

## **2) Opisowa ocena IPB: poprawność celu, hipotez, metod i harmonogramu**

Cel IPB jest jasny i praktyczny: definiuje konkretny wyrób końcowy, czyli płytę warstwową, oraz trzy mierzalne cechy kluczowe dla zastosowań, to jest bezpieczeństwo pożarowe, trwałość połączenia rdzeń z okładziną oraz izolacyjność cieplna, które można zweryfikować w testach laboratoryjnych i porównać z wyrobami rynkowymi. Hipotezy są testowalne i dotyczą dwóch grup czynników, po pierwsze wpływu przygotowania powierzchni stali poprzez szlifowanie, piaskowanie i trawienie na zakotwienie mechaniczne i chemiczne, co powinno przełożyć się na wzrost adhezji, po drugie wpływu składu rdzenia z bio polioli z dodatkami ogniochronnymi na ograniczenie szybkości spalania i emisji ciepła bez istotnej utraty własności mechanicznych. Założono istnienie kompromisu między niepalnością a parametrami mechanicznymi, który można wyznaczyć doświadczalnie poprzez analizę wyników dla serii próbek. Zastosowane metody są adekwatne do postawionych pytań badawczych i spójne z dobrą praktyką w inżynierii materiałowej. Obejmują przygotowanie wariantów okładzin metalowych, syntezę pianek poliuretanowych z dodatkami pochodzenia naturalnego, charakterystykę mikrostruktury w mikroskopii skaningowej z analizą EDS, badania połączenia poprzez próby odrywania, ścinania i zginania, ocenę palności w kalorymetrze stożkowym oraz testach typu UL 94 i LOI, kontrolę przewodnictwa cieplnego oraz badania starzeniowe sprawdzające trwałość uzyskanych efektów. Plan zawiera również porównanie z płytami komercyjnymi, co pozwala ocenić znaczenie rezultatów w kontekście praktycznym. Harmonogram ma charakter ciągły i logiczny. Najpierw przewidziano selekcję najbardziej obiecujących modyfikacji okładzin, następnie dopracowanie formulacji rdzenia do poziomu zdefiniowanych progów jakości, dalej łączną weryfikację obu elementów w płytach z oceną wzrostu siły odrywania względem próbki odniesienia, po czym analizę porównawczą z rozwiązaniami rynkowymi oraz finalizację rozprawy. Każdy etap ma przypisany wymierny rezultat, co umożliwia bieżącą kontrolę postępu i wprowadzanie korekt.

## **3) Umieźdzynarodowienie i upowszechnianie wyników**

Plan upowszechniania jest jasno zdefiniowany i obejmuje publikacje w czasopismach z obszaru polimerów i inżynierii materiałowej oraz regularny udział w konferencjach krajowych i międzynarodowych. Zakres działań jest skorelowany z harmonogramem badań, tak aby prace przeglądowe i wyniki etapowe były prezentowane we wczesnych latach kształcenia, a wyniki końcowe wraz z analizą porównawczą z wyrobami rynkowymi w latach trzecim i czwartym. Przewidziano komunikację w języku angielskim, co zapewnia realny udział w środowisku międzynarodowym i możliwość pozyskania informacji zwrotnej spoza macierzystej jednostki. Liczba publikacji i wystąpień jest racjonalna względem obciążenia eksperymentalnego, a struktura materiału pozwala przygotować co najmniej jedną pracę o charakterze metodologicznym oraz jedną pracę o charakterze aplikacyjnym. Plan zakłada uporządkowane udostępnianie wyników i materiałów uzupełniających, co zwiększa przejrzystość i możliwość replikacji. Całość dowodzi, że upowszechnianie nie jest dodatkiem, lecz integralną częścią projektu realizowaną w tempie zgodnym z postępowaniem badań.

## **4) Dostępność infrastruktury i realność realizacji IPB**

Założone zadania są zgodne z możliwościami jednostki i dostępnej aparatury, w szczególności w zakresie przygotowania powierzchni okładzin, syntezy i obróbki pianek poliuretanowych, obrazowania mikrostruktury i analizy składu, badań mechanicznych połączenia oraz oceny palności i przewodnictwa cieplnego. Zapewniono dostęp do zasobów bibliotecznych i oprogramowania niezbędnego do analizy danych oraz doświadczoną kadrę wspierającą w obszarach chemii polimerów i inżynierii materiałowej. Harmonogram realistycznie rozkłada zadania wymagające intensywnego użycia stanowisk badawczych, co ogranicza ryzyko wąskich gardeł aparaturowych. Zaplanowano źródła finansowania wystarczające do zakupu surowców i dodatków, a także udziału w konferencjach.



Uwzględniono badania starzeniowe i weryfikację na poziomie kompletnej płyty, co świadczy o świadomości kosztów czasowych i materiałowych oraz o gotowości do oceny trwałości efektu. Skala przedsięwzięcia jest adekwatna do czteroletniego cyklu kształcenia i pozwala osiągnąć rezultaty, które można obronić liczbowo i porównać z rozwiązaniami rynkowymi.

### **5) Ryzyka i sposoby ograniczania**

Ryzyka zostały zdiagnozowane w prawidłowy sposób. Główne ryzyka dotyczą trzech obszarów: skuteczności modyfikacji, trwałości efektów i logistyki. Istnieje możliwość, że obróbka okładzin nie przyniesie oczekiwanego wzrostu adhezji albo że dodatki ogniochronne pogorszą mechanikę rdzenia. Niewykluczona jest zmienność surowców bio pochodzenia oraz wrażliwość parametrów na warunki starzeniowe. Ryzykiem praktycznym pozostaje dostępność odczynników i obciążenie aparatury. Plan ogranicza te ryzyka poprzez pracę na kilku równoległych wariantach, wyznaczenie jasnych progów akceptacji dla palności, adhezji i przewodnictwa cieplnego, wprowadzenie badań starzeniowych i powtarzania pomiarów z raportowaniem niepewności, a także przez rezerwację czasu i materiałów na iteracje. Dodatkowo porównanie do wyrobów komercyjnych pełni rolę kontroli realności założeń i pozwala przerwać ścieżki o niskim potencjale.

### **6) Ocena terminu złożenia rozprawy**

W mojej opinii, założony termin, wrzesień 2028 jest realistyczny. Harmonogram rozkłada prace na sensowne etapy i przewiduje rezultaty kontrolne, które umożliwiają wczesne decyzje korygujące. Część eksperymentalna jest skoncentrowana w latach drugim i trzecim, a rok czwarty obejmuje analizę porównawczą i redakcję wyników. Zaplanowana aktywność publikacyjna i konferencyjna jest zgodna z obciążeniem eksperymentalnym, co zmniejsza ryzyko spiętrzeń. Uwzględniono margines czasowy na iteracje i uzupełnienia, w tym po badaniach starzeniowych.

### **7) Ocena realizacji zadań po pierwszym roku**

Po pierwszym roku zrealizowano kwerendę literatury i uporządkowano ramy metodologiczne, co znalazło odzwierciedlenie w obszernej bibliografii oraz w opisie planu doświadczeń. Przygotowano bazę do syntezy pianek i do prób modyfikacji okładzin, a także wyznaczono zestaw metryk dla oceny palności, adhezji i przewodnictwa cieplnego. Aktywność publikacyjna i konferencyjna została zaplanowana i rozpoczęta, co potwierdzają wpisy w części dotyczącej upowszechniania wyników oraz opinie promotorskie. Realizacja po pierwszym roku jest zgodna z IPB i tworzy punkt wyjścia do prac eksperymentalnych w roku drugim.

### **8) Zgodność formalna z checklistą i wytycznymi Dyrektora**

Dokument jest kompletny, części A do G są spójne, a opis wydatków i źródeł finansowania jest jednoznaczny i bez zapisów o środkach własnych. Harmonogram jest ciągły i zapisany w układzie miesiąc i rok do miesiąc i rok, nie zawiera przerw i odpowiada terminowi złożenia rozprawy. Zadania mają charakter badawczy i są opisane na tyle szczegółowo, aby przypisać im mierzalne efekty, a dla każdego roku wskazano rezultaty. Plan upowszechniania jest racjonalny względem obciążenia badaniami i obejmuje zarówno wystąpienia, jak i publikacje. Układ IPB odpowiada wytycznym Dyrektora Szkoły Doktorskiej i pozwala ocenić realizację efektów uczenia się na poziomie osiem PRK.

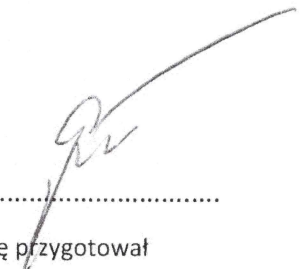
### **Propozycje usprawniające**

Proponuję ustalić progi sukcesu dla kluczowych wskaźników takich jak LOI, UL-94, HRR, siła odrywania. Włączyć testy cyklicznego starzenia i zmęczenia adhezyjnego w warunkach

wilgotnościowo-termicznych, zbliżonych do eksploatacji. Wskazać docelowe czasopisma dla dwóch głównych publikacji z lat 2027–2028 i powiązać je z kamieniami milowymi.

### **Konkluzja**

Akceptuję Indywidualny Plan Badawczy przedstawiony przez mgr inż. Aleksandrę Piotrowską. Plan jest spójny merytorycznie, realistyczny, zgodny z efektami uczenia się na poziomie 8 PRK, z wyraźnym potencjałem aplikacyjnym i umiędzynarodowieniem. Wskazane zalecenia mają charakter usprawniający i nie stanowią warunku akceptacji.



---

Opinię przygotował

dr hab. inż. Cezary Gozdecki, prof. uczelni