

Prof. dr hab. inż. Mikołaj Szafran

Wydział Chemiczny

Politechniki Warszawskiej

Katedra Technologii Chemicznej

Ocena dorobku naukowego i rozprawy habilitacyjnej

dr inż. Michała Mikołaja Pyzalskiego pt. „Badania nad koncepcją składu spoiwa specjalnego odpornego na wpływ czynników biologicznych występujących podczas produkcji biometanu stosowanego w ekoenergetyce”

Dane ogólne

Dr inż. Michał Mikołaj Pyzalski jest absolwentem Wydziału Inżynierii Materiałowej i Ceramiki AGH w Krakowie z roku 2008 uzyskując stopień magistra technologii chemicznej w specjalności **materiały wiążące**. Na tym samym Wydziale w 2006 roku uzyskał On stopień zawodowy inżyniera w specjalności **materiały budowlane**. Stopień naukowy doktora nauk technicznych w dyscyplinie **inżynieria chemiczna** uzyskał na Wydziale Inżynierii Materiałowej i Ceramiki AGH w Krakowie w roku 2019. Rozprawa doktorska pt. „Wpływ warunków syntezy i stosunku molowego Al_2O_3/Fe_2O_3 na proces ich hydratacji” została wykonana w Katedrze Technologii Materiałów Budowlanych pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Jana Małolepszego. Promotorem pomocniczym w tej rozprawie był dr inż. Radosław Mróz. W latach 2010 – 2013 był zatrudniony na stanowisku **technolog**a na Wydziale Inżynierii Materiałowej i Ceramiki AGH, a od 2013 roku do chwili obecnej jest zatrudniony na stanowisku **starszy specjalista naukowo-techniczny** na tym samym Wydziale AGH.

Ocena rozprawy habilitacyjnej

Przedstawiona mi do oceny rozprawa habilitacyjna dr inż. Michała Pyzalskiego pt. „**Badania nad koncepcją składu spoiwa specjalnego odpornego na wpływ czynników biologicznych występujących podczas produkcji biometanu stosowanego w ekoenergetyce**” składa się z dwóch części. Część pierwszą stanowi cykl 7 powiązanych tematycznie publikacji opublikowanych w latach 2021 – 2024 w czasopiśmie naukowych znajdujących się w bazie JCR, natomiast część druga to zrealizowane osiągnięcia technologiczne, do których należą uzyskane patenty, licencje przemysłowe i zgłoszenia patentowe. Publikacje te to 6 pozycji, które ukazały się w czasopiśmie *Materials*, *MDPI*

(*Multidisciplinary Digital Publishing Institute*), oraz jeden monoautorski artykuł opublikowany w czasopiśmie *Journal of Ecological Engineering*. Sumaryczny Impact Factor (wg bazy JCR) tych publikacji wynosi 22,4 a liczba punktów MNiSW wynosi 910. W artykułach tych opublikowane zostały wyniki badań nad wpływem wodnych zawiesin odpadów biologicznych jakim była gnojowica świńska, pomioty kur oraz kiszonka z kukurydzy na proces hydratacji faz klinkierowych oraz cementu portlandzkiego i opracowanie koncepcji modelowego spoiwa specjalnego, które mogłoby znaleźć zastosowanie w szeroko rozumianej inżynierii środowiska i bioenergetyki (biogazownie, zbiorniki na ścieki, elementy systemów wodno-kanalizacyjnych, itp.). Tego typu badania mogą być także przydatne w górnictwie, gdyż identyfikacja i eliminacja składników podatnych na korozję biologiczną w materiałach betonowych jest także bardzo ważna dla trwałości i bezpieczeństwa konstrukcji górniczych.

We wszystkich tych publikacjach Habilitant jest autorem lub współautorem koncepcji badań, wykonawcą zasadniczych badań eksperymentalnych oraz główną osobą przygotowującą publikację do druku. W pięciu z sześciu wieloautorskich publikacji dr inż. Michał Pyzalski jest pierwszym autorem lub autorem korespondencyjnym. Jak wynika z materiałów przesłanych mi przez Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, udział Habilitanta w tych publikacjach wynosił od 80 do 100%. Poparte to zostało odpowiednimi oświadczeniami pozostałych współautorów tych publikacji. Chciałbym także podkreślać, iż wszystkie przedstawione mi do oceny publikacje znajdują się na liście czasopism MNiSW i należą do dyscypliny inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.

Jak wynika z autoreferatu Habilitanta, zarówno jego praca dyplomowa inżynierska, praca magisterska (tak przypuszczam na podstawie nazwy specjalności jak i nazwy Katedry, w której zrealizowane zostały te prace, gdyż nie znalazłem w przesłanych mi materiałach tytułów tych prac) jak i rozprawa doktorska Habilitanta ukierunkowała Jego zainteresowania naukowe na spoiwa cementowe. Tematyka ta jest nie tylko bardzo ważna ale także „na czasie”, gdyż wpisuje się w najnowsze prace związane z wykorzystaniem różnego typu odpadów związanych z produkcją rolniczą, hodowlą zwierząt, itp. do produkcji energii elektrycznej i ciepła. Prace te szczególnie są zaawansowane na Uniwersytecie Przyrodniczym w Poznaniu, gdzie funkcjonuje największe laboratorium biogazowe w Polsce. Czytając literaturę na ten temat byłem zdumiony a jednocześnie bardzo dumny, iż pod kątem technologicznym polskie biogazownie są absolutnie w światowej czołówce, chociaż ich ilość jak na razie jest u nas znikoma. O ile w Niemczech biogazowni rolniczych jest około 9 tys., to w Polsce jest ich tylko 140 (w Chinach w ciągu ostatnich 10 lat wybudowano ich aż 70 mln). Do budowy biogazowni, w szczególności tych o większej mocy a takie, ze względu na klimat, będą budowane w Polsce, potrzebny jest cement i to cement, który będzie odporny na korozję biologiczną. Według wyliczeń naukowców z Uniwersytetu Przyrodniczego Poznaniu, w Polsce mogłoby i powinno powstać od 10 do 12-tysięcy biogazowych instalacji. Tak więc opracowanie cementu, który byłby odporny na działanie intensywnych czynników biologicznych jest bardzo ważne z punktu widzenia zarówno

inżynierii środowiska jak i energetyki. Podjęcie więc takiej tematyki w rozprawie habilitacyjnej Pana dr inż. Michała Pyzalskiego jest bardzo cenne nie tylko z naukowego, ale także z aplikacyjnego punktu widzenia.

Aby stwierdzić jaki skład cementu będzie najbardziej przydatny w budowie biogazowni lub innych obiektów narażonych na korozję biologiczną, swoje badania dr inż. M. Pyzalski rozpoczął do wytypowania siedmiu dostępnych w Polsce cementów portlandzkich klasy CEM I 42,5. Wybór odpowiednich cementów wynikał z przyjęto przez niego założenia, iż w składzie wytypowanych cementów konieczna jest obecność wystarczających ilości tlenku wapnia oraz dwutlenku krzemu tak, aby w ich składzie fazowym, po procesie hydratacji, pozostały duże ilości krzemianów wapnia. Jak powszechnie wiadomo, w procesach hydratacji krzemianów wapnia, oprócz faz C-S-H, obecny jest również krystaliczny wodorotlenek wapnia, który jest nietrwały w przypadku wystąpienia korozji chemicznej. Zaczyny cementowe poddane zostały następnie stałej ekspozycji w wodnych zawiesinach gnojowicy świńskiej o pH 4,65 przez okres 6 tygodni. Próbkami odniesienia były zaczyny przetrzymywane w wodzie z ujęcia miejskiego o pH 7,4. Badania te zostały wykonane po okresie 6 tygodni ich przetrzymywania. Otrzymane wyniki badań składu fazowego zaczynów cementowych przetrzymywanych w gnojowicy świńskiej w porównaniu z próbkami referencyjnymi dojrzewającymi w wodnych roztworach wykazały, iż pomiędzy tymi zaczynami występują istotne różnice. Składy fazowe zaczynów cementowych przetrzymywanych w odciekach z gnojowicy świńskiej już po 6 tygodniach, co zdaniem recenzenta jest czasem dość krótkim dla tego typu badań, wykazały występowanie już pewnej ilości rzadkiej, nietypowej i bardzo niebezpiecznej z punktu widzenia korozji fazy krystalicznej zwanej taumazytem. Analiza fazowa wykazała także występowanie wodorotlenku wapnia, który w wyniku procesów karbonatyzacji uległ rekrytalizacji do fazy węglanu wapnia.

W kolejnej publikacji związanej z wnioskiem, Habilitant skupił się na syntezie specjalnego aktywnego dodatku C_2S , który ulega samorozpadowi w wyniku przemiany odmiany polimorficznej β w odmianę γ . Proces ten, chociaż już od dawna znany i wykorzystywany w produkcji klinkieru cementowego, mógłby także być wykorzystany przy produkcji specjalnych cementów bardziej odpornych na korozję biologiczną. W publikacji tej dr inż. M. Pyzalski wykazał, iż występowanie fazy ciekłej podczas syntezy wysokotemperaturowej w zasadniczy sposób wpływa na szybkość syntezy C_2S , obniżenie temperatury syntezy oraz na dynamikę przemiany polimorficznej β w γ - C_2S podczas chłodzenia, co w konsekwencji wpływa na szybkość i wydajność samorozpadu spieku. Nie jest celem recenzenta przytoczenie wszystkich i interesujących wniosków wynikających z tych badań. Chciałbym tylko podkreślić, iż Habilitant udowodnił, że optymalny stosunek faz w spieku, przy którym można osiągnąć całkowity samorozpad wynosi $70\% C_2S / 30\% C_{12}A_7$.

W kolejnej publikacji będącej przedmiotem wniosku, Habilitant przedstawił wyniki badań siedmiu cementów portlandzkich tej samej klasy tj. CEM I 42,5 ale różniących się dynamiką przyrostu wytrzymałości wczesnej, którą określają symbole „N” (Normal) i „R” (Rapid). Cementy te przetrzymywane były przez 10 miesięcy w roztworze wodnym gnojowicy świńskiej oraz w celach porównawczych także w wodzie miejskiej.

Wyniki badań składu fazowego uzyskane po 10 miesiącach przetrzymywania próbek w różnych środowiskach wykazały, że w zależności od zastosowanych warunków ekspozycji zaczynów cementowych, na dyfraktogramach widoczne były wyraźne różnice. W próbkach przetrzymywanych w gnojowicy świńskiej zaobserwowano wyraźny spadek intensywności refleksów przypisywanych fazie portlandytu, przy jednoczesnym wzroście pików charakterystycznych dla kalcytu. Wzrastająca ilość kalcytu może być miarą stopnia korozji próbek kondycyjalnych w roztworze gnojowicy świńskiej, co jak wiadomo wiąże się z naprężeniami w strukturze takich próbek spowodowanych wzrostem objętości. Oprócz krystalicznego taumazytu, we wszystkich próbkach wykryto obecność wtórnego ettringitu; zjawisko to zostało przez Habilitanta powiązane z procesem korozji, podczas którego w warunkach nadmiaru jonów węglanowych i przy obniżonej temperaturze reakcji następuje rozkład fazy C-S-H z utworzeniem taumazytu.

Badania przeprowadzone w publikacjach, które skrótowo omówione zostały powyżej, stanowiły podstawę do przeprowadzenia badań modelowych, które miały za zadanie odpowiedzieć na pytanie, który ze składników cementu portlandzkiego jest najbardziej narażony na korozję biologiczną. Jak wiadomo skład klinkieru cementowego jest bardzo skomplikowany, gdyż oprócz krzemianów wapnia, którymi są C_3S i C_2S , znajdują się w nim także roztwory stałe glinożelazianów wapnia określane ogólnym wzorem C_4AF oraz glinian trójwapniowy C_3A . W tej sytuacji w kolejnej publikacji będącej podstawą wniosku o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego przeprowadzono badania nad korozją syntetycznego C_3A pod wpływem już nie tylko wodnego roztworu gnojowicy świńskiej, ale także wodnych roztworów uzyskanych z pomiotu kur i kiszonki z kukurydzy. Badania te prowadzono przez okres 28 dni w temperaturze $20^{\circ}C$. Zwiększona znacznie obecność węglanów wapnia w próbkach przechowywanych w warunkach korozji biologicznej potwierdziła udział bakterii w procesach powstawania także faz dodatkowych (poza typowymi produktami hydratacji C_3A , którymi są uwodnione gliniany wapnia).

Interesujące badania modelowe nad zachowaniem się syntetycznego C_3A poddanego korozji biologicznej skłoniły Habilitanta do przeprowadzenia podobnych badań nad zaprojektowaniem syntetycznego glinożelazianu wapnia, który byłby następnie składnikiem cementu (spoiwa) specjalnego odpornego na korozję biologiczną. W kolejnej publikacji Habilitant podjął próbę opracowania modelowego składu fazy glinożelazianów wapnia, stosując odpowiednio zaprojektowane warunki syntezy oraz właściwy dobór stosunku molowego A/F. W wyniku szeregu badań

zapropował On skład spoiwa, w którym faza glikożelazianów wapnia współwystępowała z innymi fazami krystalicznymi, takimi jak $C_{12}A_7$ i C_3A . Otrzymane spieki Habilitant zamierza zastosować jako spoiwo specjalne, stanowiące samodzielny materiał wiążący lub jako inteligentny dodatek do cementów powszechnego użytku stosowanych w ekoenergetyce.

W kolejnej publikacji kontynuowane były badania w poszukiwaniu składu cementu specjalnego mogącego znaleźć zastosowanie w szeroko rozumianej inżynierii środowiska, w tym w ekoenergetyce. Jego wybór to cementy zawierające fazy takie jak $C_4A_3\hat{S}$, β - C_2S oraz $C_xA_yF_z$. Tego typu spoiwa na bazie glinosiarczanów wapnia mogą stanowić alternatywę dla klinkieru portlandzkiego. Założenie było takie aby uzyskać spoiwo wypalające się w temperaturze o około 200 °C niższej w porównaniu do temperatury wypalania cementu portlandzkiego oraz o niższej ilości ettringitu. Badania nad syntezą tego spoiwa pozwoliły Habilitantowi już w temperaturze 1300°C otrzymać cementy/spoiwa specjalne o wysokiej zawartości krystalicznej fazy Ye'elimitu ($Ca_4Al_6(SO_4)O_{12}$) przy jednoczesnym wysokim udziale procentowym glinianów wapnia, takich jak CA_2 i $C_{12}A_7$. W cemencie tym nie występowała faza ettringitu. Tego typu spoiwa, także ze względu na ekspansywny charakter mechanizmu wiązania, będą wg dr inż. M. Pyzalskiego odpowiednie do zastosowania do reaktorów stosowanych w biogazowniach przy produkcji biometanu.

Ostatnia monoautorska publikacja dr inż. M. Pyzalskiego była pewnego typu podsumowaniem badań podjętych w poprzednich publikacjach z rozszerzeniem na syntezę głównych faz klinkierowych takich jak C_3S (alit), β - C_2S (belit), C_3A i C_4AF (brownmilleryt) oraz zbadanie wpływu roztworów pomiotu kur, gnojowicy świńskiej oraz kiszonki z kukurydzy na ich odporność biologiczną. W trakcie realizacji tych badań Habilitant odkrył, że najmniej odporną na działanie czynników korozji biologicznej jest faza C_3A , natomiast fazą o największej odporności na wpływy czynników biologicznych spośród wszystkich badanych przez niego minerałów okazał się glikożelazian wapnia (C_4AF). Badania te pozwoliły na zaproponowanie składu cementu modelowego zestawionego z syntetycznych minerałów klinkierowych o składzie C_3S - 49,5%, β - C_2S - 24,7%, C_3A - 7,8%, C_4AF - 10,0%, gips - 8,0% oraz drugiego cementu modelowego o składzie: C_3S - 35%, β - C_2S - 16%, (γ - C_2S + $C_{12}A_7$) -25% (w tym 17,5% γ - C_2S i 7,5% $C_{12}A_7$), C_3A - 2%, C_4AF - 9% oraz około 6% gipsu. Wg Habilitanta dodatek 17,5% γ - C_2S oraz 7,5% $C_{12}A_7$ jest dodatkiem szczególnie istotnym, gdyż wzmacnia on właściwości antykorozyjne wiążących cementów portlandzkich. Stwierdził On także, że wodne roztwory badanych odpadów biologicznych przetrzymywanych z cementem zawierającym fazy γ - C_2S i $C_{12}A_7$, charakteryzowały się pH zbliżonym do 12. Tak wysokie pH w znacznym stopniu ogranicza aktywność bakterii odpowiedzialnych za korozję takiego betonu. Dodatek wyżej wspomnianych faz miał także pozytywny wpływ na szczelność i jednorodność mikrostruktury tych cementów.

Podsumowując tę część rozprawy habilitacyjnej dr inż. M. Pyzalskiego, chciałbym podkreślić nie tylko naukowy ale także technologiczny charakter tych publikacji. Wszystkie te publikacje świadczą o

bardzo dobrej znajomości zagadnień związanych z chemią i technologią spoiw cementowych. Wiedza i doświadczenie Habilitanta w tej dziedzinie pozwoliły mu na przeprowadzenie szeregu bardzo dobrze zaplanowanych badań, których celem było opracowanie składu cementu znacznie bardziej odpornego na korozję biologiczną i przydatnego głównie do budowy biogazowni lub innych obiektów wykorzystywanych w budownictwie obiektów rolno-spożywczych. Bardzo mi się podoba zarówno koncepcja jak i metodyka przeprowadzenia badań modelowych z wykorzystaniem syntezowanych przez Habilitanta głównych składników obecnych w klinkierze cementu portlandzkiego. Badania te pozwoliły na zaprojektowanie składu cementu specjalnego, który powinien być przydatny wszędzie tam, gdzie oprócz typowych czynników korozyjnych jakim poddawany jest beton, ma miejsce także tzw. korozja biologiczna.

Odnosząc się do publikacji będących główną częścią rozprawy habilitacyjnej Pana dr M. Pyzalskiego, zdziwienie moje budzi, iż prawie wszystkie te publikacje opublikowane zostały w czasopiśmie *Materials*, MDPI (*Multidisciplinary Digital Publishing Institute*). Wydawnictwo to w odróżnieniu od innych od dawna znanych wydawnictw jak np. Springer, jest wydawnictwem typu *open access*, które w środowisku naukowym recenzenta zaliczane jest do wydawnictw typu merkantylnego. Krótki okres od wysłania czasopisma do jego publikacji, zdaniem wielu naukowców, nie sprzyja jakości publikowanych tam prac naukowych. Mając taki materiał badawczy Habilitant, zdaniem recenzenta, mógłby opublikować te materiały także w czasopismach o wyższej randze. Moja uwaga ma tylko charakter ogólny i nie odnosi się do treści tych artykułów, które moim zdaniem mają dużą wartość merytoryczną. Jak wspomniałem już wyżej, ale chciałbym to jeszcze raz podkreślić, iż wszystkie przedstawione mi do oceny publikacje znajdują się na liście czasopism znajdujących się w bazie JCR z wysoką punktacją MNiSW równą 140 pkt i o IF=3,4.

Drugą częścią rozprawy habilitacyjnej dr inż. Michała M. Pyzalskiego były osiągnięcia technologiczne, do których Habilitant zaliczył:

- metodę zagospodarowania odpadów żelazonośnych poprzez wytwarzanie z nich koagulantów wykorzystywanych w sektorze oczyszczalni ścieków i anhydrytu wykorzystywanego w przemyśle materiałów budowlanych. Metoda ta została wykorzystana w Zakładach Wyrobów Metalowych S.A. w Sławkowie. Jak wynika z Autoreferatu Habilitanta, dzięki temu rozwiązaniu można zlikwidować niebezpieczne składowiska, których ilość szacuje się na około 150 tysięcy ton, umożliwiając odzyskanie około 15 tysięcy ton czystego żelaza i 105 tysięcy ton anhydrytu. Rozwiązanie to jest obecnie komercjalizowane, dzięki udzieleniu licencji na to rozwiązanie firmie FESO Sp. z o.o. przez Akademię Górniczo-Hutniczą w Krakowie;
- opracowania kompleksowego sposobu utylizacji odpadów powstających przy produkcji elementów z żelaza i stali. Odpady te, pochodzące głównie z procesów walcowania czy

oczyszczania powierzchni prętów i blach, stanowią bazę do produkcji koagulantów nieorganicznych stosowanych w przemyśle oczyszczania ścieków, **(Zgłoszenie patentowe, P.420581)**;

- opracowanie sposobu otrzymywania betonu specjalnego o wysokim stopniu uwodnienia i o wysokiej gęstości z dodatkiem odpadowego $BaSO_4$ pochodzącego z płuczek wiertniczych, **(Zgłoszenie patentowe, P.420431)**;
- wykorzystanie bezwodnego siarczanu wapnia, otrzymanego w procesie rekultywacji odpadów żelazonośnych, do otrzymywania spoiwa mineralnego o wysokim stopniu uwodnienia, znajdujące zastosowanie w przemyśle materiałów budowlanych. Spoiwo to charakteryzowało się krótkim czasem wiązania, elastycznością oraz odpornością na ogień. Spoiwo to znalazło zastosowanie w budownictwie i górnictwie podziemnym do budowy chodników i tam chroniących przed wybuchem metanu, **(Zgłoszenie patentowe, P.420581)**;
- opracowanie metody utylizacji miazgi z osadników wód dołowych związanych z wydobyciem węgla kamiennego. Metoda ta polega na przetworzeniu tych odpadów na materiały ceramiki budowlanej oraz w specjalistycznym budownictwie (pustaki ceramiczne, cegły pełne i drażnione, wyroby drenarskie, wyroby klinkierowe), **(Zgłoszenie patentowe, P.422607)**;
- opracowaniu cementu, przeznaczonego do stosowania w warunkach obniżonych temperatur, specjalnie przystosowanego do potrzeb budownictwa zimowego. Cement ten charakteryzuje się wysokim ciepłem hydratacji (485 J/g) oraz dużą, początkową wytrzymałością mechaniczną **(Patent Nr PL 231221)**;
- opracowanie sposobu otrzymywania cementu bezskurczowego, stosowanego głównie w budownictwie specjalnym, takim jak budowa i naprawa płyt lotniskowych oraz innych konstrukcji, gdzie istotny jest szybki wzrost wytrzymałości. Badania te koncentrowały się nad możliwością zagospodarowania popiołu lotnego pochodzącego ze spalania węgla brunatnego z elektrowni Pątnów, **(Patent Nr PL 229864)**.

Oceniając osiągnięcia technologiczne, na które składają się dwa patenty, trzy zgłoszenia patentowe i jedna licencja, chciałbym podkreślić, iż są one istotne i związane przede wszystkim z zagospodarowaniem różnego typu odpadów, w tym żelazonośnych, mineralnych i innych. Osiągnięcie to nie tylko eliminuje ich negatywny wpływ na środowisko naturalne, ale pozwala także na jednoczesne wyprodukowanie koagulantu do oczyszczania ścieków oraz anhydrytu, bez konieczności dodatkowej obróbki termicznej, co zmniejsza zużycie energii i emisję CO_2 . Kolejnym bardzo ważnym osiągnięciem jest udział Habilitanta w opracowaniu technologii produkcji cementu bezskurczowego z wykorzystaniem popiołu lotnego pochodzącego ze spalania węgla w elektrowni Pątnów.

O ile patenty czy licencję można bezdyskusyjnie zaliczyć do osiągnięć technologicznych, to zgłoszenia patentowe, które na pewno świadczą o aktywności technologicznej Kandydata, nie są

jeszcze zweryfikowane przez UP RP pod kątem ich nowości. Czy można w takim razie zaliczyć je już do dorobku technologicznego Habilitanta? Myślę że powinno to być przedmiotem dyskusji podczas posiedzenia Komisji Habilitacyjnej.

Czytając tę część autoreferatu, która dotyczyła osiągnięć technologicznych Habilitanta odniosłem wrażenie, iż zbyt często tekst ten pisany jest w pierwszej osobie liczby pojedynczej. Z doświadczenia technologicznego recenzenta wynika, że tego typu osiągnięcia są najczęściej efektem pracy zespołowej, chociaż nie wyklucza to wiodącego udziału jakiejś osoby w takim czy innym rozwiązaniu. Myślę, że może to być także przedmiotem ciekawej dyskusji podczas kolokwium habilitacyjnego dr inż. M. Pyzalskiego.

Jako chemik technolog specjalizujący się „od zawsze” w szeroko rozumianej ceramice chciałbym podkreślić nie tylko naukowy ale przede wszystkim technologiczny charakter recenzowanej rozprawy. Zdaję też sobie sprawę jak trudna jest współpraca z przemysłem, który często oczekuje wyników już „na wczoraj”, nie mówiąc już o jakimś sensownym ich współfinansowaniu. Szeroko rozumiany przemysł najczęściej też nie zgadza się na publikowanie wyników badań mających charakter technologiczny, które mogłyby być szybko wdrożone do praktyki przemysłowej.

Ocena dorobku naukowego

Oprócz dorobku naukowego, będącego przedmiotem wystąpienia o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego, dr inż. Michał Pyzalski posiada także znaczący dorobek naukowy związany z szeroko rozumianymi technologiami materiałowymi. Jest On współautorem **1** monografii poświęconej tematyce inżynierii środowiska oraz jest także autorem lub współautorem **22** publikacji w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JCR). Łączna wartość współczynnika **Impact Factor (IF)** Jego prac wynosi **58,1**, a wartość punktowa według listy czasopism opublikowanej przez **MNiSW** wynosi **2450** punktów. Jego **Indeks Hirscha** wynosi **5** zarówno w bazie Web of Science, jak i Scopus, natomiast w bazie Google Citations wynosi **6**. W Jego dorobku jest także udział w **16** krajowych lub międzynarodowych konferencjach naukowych. Oprócz tego, jest On współautorem lub autorem **29** prac naukowo-badawczych wykonywanych dla przemysłu, co świadczy o technologicznym i praktycznym charakterze jego działalności naukowej. Te osiągnięcia potwierdzają **2** przyznane patenty RP oraz **7** zgłoszeń patentowych, z czego **4** są samodzielne – **1** z nich został już skomercjalizowany.

Łączna liczba cytowań tych publikacji (wg bazy Scopus) wynosi 91 (bez autocytowań 72), wg bazy Web of Science wynosi 69 (bez autocytowań 54) a według Google Scholar 82 (bez autoryzowań 78).

Oprócz badań związanych z szeroko rozumianymi spoiwami cementowymi, znaczące są także inne osiągnięcia naukowe i technologiczne Habilitanta, które związane były przykładowo z:

- badaniem procesu korozji interkonektorów stosowanych w ogniwach paliwowych typu SOFC, jak np. powłok przeciwdziałających utlenianiu stali ferrytycznej Crofer 22 HW na bazie spinelu $Mn_{1,45}Co_{1,45}Cu_{0,104}$;
- badania nad zagospodarowaniem odpadów z odnawialnych źródeł energii, takich jak łopaty turbin wiatrowych czy odpady fotowoltaiczne. Wśród używanych w tej dziedzinie materiałów wyróżniają się produkty kompozytowe wzmacniane włóknem szklanym . Ze względu na ich powszechne zastosowanie w wielu innych dziedzinach przemysłu, w swoich pracach zbadał On również możliwość zastosowania takiego szkła i włókna szklanego w produkcji cementu;

Jak wynika z Jego autoreferatu, Habilitant cały czas aktywnie współpracuje z przemysłem. Przykładami takiej współpracy są:

- współpraca z firmą **Architex Sp. z o. o** w celu komercjalizacji dwóch innowacyjnych patentów opracowanych w Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Są to: „Sposób otrzymywania cementu bezskurczowego” (nr P.401393) oraz „Cement do zastosowań w obniżonych temperaturach” (nr P.407916);
- współpraca z firmą **Hydrotech** w zakresie projektowania oraz optymalizacji nowoczesnych technologii związanych z neutralizacją odpadów szkodliwych występujących w przemyśle ochrony środowiska;
- stała współpraca z firmą **DSI Schaum Chemie Sp. z o.o.** w zakresie projektowania oraz opracowywania nowoczesnych cementów specjalnych oraz spoiw do zastosowań w górnictwie podziemnym. Dla tej firmy opracował i wdrożył do produkcji technologię spienialnego spoiwa mineralno-cementowego o nazwie handlowej Porocem® C. Porocem® C znajduje szerokie zastosowanie w górnictwie, gdzie jest wykorzystywane do wykonywania tam izolacyjnych i wentylacyjnych, wypełniania pustek za odrzwiami obudowy, pustek powstałych w wyniku obwałów w wyrobiskach, wykonywania pasów podsadzkowych oraz uszczelniania i izolowania wyrobisk. Kolejnym produktem opracowanym dla tej firmy jest spoiwo mineralno-cementowe o nazwie Izolitex®. Produkt ten znajduje szerokie zastosowanie zarówno w górnictwie jak i w budownictwie.

Potwierdzone to zostało odpowiednimi pismami z wyżej wymienionych firm.

Nie jest rolą recenzenta wymienienie wszystkich Jego osiągnięć technologicznych; podkreślić jednak należy, iż świadczą one o dużej aktywności dr inż. M. Pyzalskiego w tym zakresie. Brał On także

udział w realizacji 8 projektów naukowo-badawczych z czego w 2 po doktoracie. W projektach tych pełnił rolę wykonawcy bądź głównego wykonawcy. W latach 2017-2022 pełnił także rolę kierownika projektów realizowanych przez Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki AGH i zleconych przez przemysł.

Jego działalność naukowa realizowana jest poprzez rozwijanie współpracy naukowej z następującymi ośrodkami: Katedra Zarządzania w Budownictwie Wydziału Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej, Instytut Agrofizyki Polskiej Akademii Nauk w Lublinie, Katedra Nauki o Materiałach Politechniki Rzeszowskiej, Wydział Inżynierii Środowiska i Inżynierii Mechanicznej Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych - Sieć Badawcza Łukasiewicz, Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk, Kopalnia Doświadczalna "Barbara" - Główny Instytut Górnictwa. W ośrodkach tych odbył on szereg staży naukowych trwających od kilku tygodni do 4 miesięcy. Od września 2019 stale współpracuje z Wydziałem Inżynierii Środowiska i Inżynierii Mechanicznej Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Na wydziale tym utworzył On zespół badawczy, którego jestem liderem, realizując badania naukowe związane z optymalizacją procesów produkcji biogazu z szczególnym uwzględnieniem materiałów wiążących odpornych na działania mediów agresywnych.

Dorobek dydaktyczny i organizacyjny

Zgodnie z materiałami przesłanymi mi przez Przewodniczącą Rady Naukowej Dyscypliny „Inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka” Pan dr inż. Michał Pyzalski nie jest pracownikiem naukowo-dydaktycznym, a więc dydaktyka nie leży *stricte* w zakresie Jego obowiązków. Jako doktorant prowadził zajęcia laboratoryjne dla studentów z Wydziału Górnictwa i Geoinżynierii oraz z Wydziału Inżynierii Materiałowej i Ceramiki Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. W zastępstwie swojego Promotora lub samodzielnie prowadził wykłady dotyczące technologii cementów specjalnych. Uczestniczył On także w realizacji dziewięciu prac magisterskich. Był także promotorem pomocniczym dwóch prac doktorskich w interdyscyplinarnych studiach doktoranckich POWER, realizowanych we współpracy z NCBIR oraz partnerem przemysłowym DSI Schaum Chemie sp. z o.o. Obecnie pełni funkcję promotora pomocniczego dwóch prac doktorskich: na WIMiC AGH w pracy doktorskiej pt: „Badania układu warstwowego metal/ceramika w podwójnej atmosferze reakcyjnej w warunkach obciążenia prądowego w aspekcie wykorzystania jako interkonektora w elektrolizerze typu SOEC”. Druga praca doktorska, realizowana jest na Wydziale Inżynierii Środowiska i Inżynierii Mechanicznej Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu i dotyczy projektowania cementów specjalnych z zastosowaniem odpadów z ekoenergetyki. Jeśli chodzi o działalność organizacyjną, to brał On udział w organizacji 2 laboratoriów studenckich do syntez wysokotemperaturowych oraz badań składu fazowego za pomocą proszkowej metody dyfrakcji promieniowania rentgenowskiego. Pełni On funkcję Prezesa Związku Nauczycielstwa Polskiego Wydziału Inżynierii Materiałowej i Ceramiki AGH oraz jest członkiem Rektorskiej Komisji ds.

Bezpieczeństwa i Higieny Pracy AGH w Krakowie. Jest On także recenzentem artykułów w czasopiśmie krajowych i zagranicznych.

Podsumowanie

Stwierdzam, że tematyka rozprawy habilitacyjnej dr inż. Michała M. Pyzalskiego bardzo dobrze się wpisuje w nowoczesne i aktualne problemy związane z inżynierią środowiska, górnictwem i energetyką. Za największe osiągnięcia dr inż. Michała Pyzalskiego uważam:

1. Opracowanie składu cementu specjalnego znacznie bardziej odpornego na korozję biologiczną i przydatnego do budowy biogazowni lub innych obiektów wykorzystywanych w budownictwie obiektów rolno-spożywczych poprzez:
 - a) przeprowadzenie kompleksowych i modelowych badań na wpływem najczęściej stosowanych w biogazowniach substratów będących źródłem korozji biologicznej na skład fazowy zaczynów cementowych i syntetycznych minerałów klinkierowych. Badania te mogą odegrać kluczową rolę w celu zwiększenia trwałości infrastruktury budowlanej w szeroko rozumianej inżynierii środowiska.
 - b) opracowanie koncepcji modelowego cementu specjalnego i dodatku mineralnego do budowy reaktorów fermentacyjnych w biogazowniach, z uwzględnieniem dodatku samorozpadowego spieku składającego się z glinianów wapnia, gamma ortokrzemianu wapnia oraz glinożelazianów wapnia. Zastosowanie modelowego cementu w reaktorach fermentacyjnych poprawi efektywność i trwałość instalacji biogazowni, przyczyniając się do bardziej ekologicznej produkcji energii. Zastosowanie samorozpadowego spieku eliminuje potrzebę energochłonnego procesu mielenia, co znacząco redukuje nakłady energetyczne i wspiera zrównoważony rozwój.
- 2) Osiągnięcia technologiczne Habilitanta związane są przede wszystkim z zagospodarowaniem różnego typu odpadów, w tym żelazonośnych, mineralnych i innych. Eliminuje to nie tylko ich negatywny wpływ na środowisko naturalne, ale pozwala także na jednoczesne wyprodukowanie koagulantu do oczyszczania ścieków oraz anhydrytu bez konieczności dodatkowej obróbki termicznej, co zmniejsza zużycie energii i emisję CO₂. Kolejnym bardzo ważnym osiągnięciem jest udział Habilitanta w opracowaniu technologii produkcji cementu bezskurczowego z wykorzystaniem popiołu lotnego pochodzącego ze spalania węgla w elektrowni Pątnów. Bardzo szeroka współpraca naukowa i technologiczna z przemysłem jest szczególnie istotna dla osób ubiegających się o stopień naukowy doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.

Wniosek końcowy

Na podstawie przedstawionego mi do oceny dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego pozytywnie oceniam dokonania naukowo-badawcze dr inż. Michała Mikołaja Pyzalskiego a przedstawiona rozprawa habilitacyjna pt. „Badania nad koncepcją składu spoiwa specjalnego odpornego na wpływ czynników biologicznych występujących podczas produkcji biometanu stosowanego w ekoenergetyce” stanowi twórczy wkład Autora w opracowanie podstaw technologii projektowania specjalnych cementów odpornych na korozję biologiczną mogącego znaleźć zastosowanie w budowie biogazowni i innych obiektów przeznaczonych dla przemysłu rolno-spożywczego. Osiągnięcie to ma znaczący wkład w rozwój dyscypliny naukowej *Inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka*. Stwierdzam, że spełnione są wymagania określone w art.219, ust.1, pkt. 1, 2 i 3 ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz.U. z 2021, poz.478) z późniejszymi zm.

Pozytywna ocena znacznego dorobku naukowego i technologicznego pozwala mi przedłożyć Radzie Naukowej Dyscypliny „Inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka” Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu wniosek o przyjęcie rozprawy habilitacyjnej i dopuszczenie dr inż. Michała Mikołaja Pyzalskiego do dalszych etapów przewodu habilitacyjnego.

