

RECENZJA

osiągnięcia habilitacyjnego pt.

„Plazmowe i plazmowo-katalityczne procesy do rozkładu trwałych związków organicznych” oraz dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego dr inż. Michała Młotka.

Pan Michał Młotek jest absolwentem Wydziału Chemicznego Politechniki Warszawskiej. Tu nie tylko w 2001r. wykonał swoją pracę magisterską związaną z wykorzystaniem technik plazmowych („Elektroplazmowe utlenianie podtlenku azotu w ślizgowym wyładowaniu łukowym”) ale także uzyskał doktorat w 2012r w podobnej tematyce („Przemiany metanu w skojarzonym układzie plazmowo-katalitycznym”). Informacje dotyczące Kandydata podawane przez Niego w autoreferacie są bardzo skąpe a nawet zadziwiające np., że w latach 2002-2010 odbywał Studia Doktoranckie. (8-9 lat Studia Doktoranckie?). W połowie 2021 r. występuje do Rady Doskonałości Naukowej z wnioskiem o wszczęcie procedury habilitacyjnej w temacie: „Plazmowe i plazmowo-katalityczne procesy do rozkładu trwałych związków organicznych”. W grudniu 2021r. RDN powołuje Komisję habilitacyjną.

Jako recenzent powołany w tym przewodzie habilitacyjnym przez RDN otrzymałem komplet dokumentów: autoreferat, dorobek naukowy Kandydata, oświadczenia współpracowników oraz kopie publikacji i patentów wchodzących w skład osiągnięcia habilitacyjnego.

Pan dr inż. Michał Młotek od ok. 20 lat zaangażowany jest w badania na zastosowaniu plazmy do różnych procesów chemicznych. To zaangażowanie przejawia się nie tylko w eksperymentach obejmujących przemiany tych związków pod wpływem plazmy ale także w projektowaniu i budowie nowych konstrukcji urządzeń do generowania plazmy. Takie długoletnie doświadczenie w tej dziedzinie powinno skutkować umiejętnością pewnej syntezy osiągnięć w tej dziedzinie, umiejętnością generalizacji rozwoju wiedzy w uprawianej tematyce. Po lekturze autoreferatu czuję jednak pewien niedosyt w tej mierze. Autoreferat napisano niezbyt starannie i dość mało krytyczny sposób, już we wprowadzeniu czytelnik znajduje ewidentne błędy (a może pomyłki?) autora np. na str. 12 dr inż. M. Młotek pisze o zmniejszającej się emisji lotnych związków organicznych (LZO) w Polsce na przestrzeni lat i podaje, że największą redukcję emisji (9%) tych związków uzyskano przez ograniczenie stosowania rozpuszczalników podczas gdy w zamieszczonej tabeli w p.2.D. „Stosowanie rozpuszczalników i innych produktów” ich emisja na przestrzeni 1990-2018 wzrosła z 107,94 tys. ton do 225,66 tys. ton czyli nie zmalała a wzrosła i to ponad 100%. Dalej razić może czytelnika cytowanie literatury: np. str. 17, „W wyniku licznych prac badawczych prowadzonych m.in. w Polsce [18]...” – problem w tym, że [18] dotyczy pracy z 1984 r., tj. Kandydat jako reprezentatywną podaje tu pracę sprzed ponad 30-lat!!! Kolejny problem to bardzo nieprecyzyjny język używany przez dr inż. M Młotka właściwie w całym autoreferacie.

Rozdział 5.5. autoreferatu to opis prac własnych, tj. tych, które Kandydat wybrał jako swoje osiągnięcia habilitacyjne. Jest to zestaw 9 publikacji powstałych w okresie 9 lat od 2011 do 2019, 1 patent przyznany i 1 zgłoszenie patentowe. Zgodnie z dzisiejszymi wymaganiami Habilitant może przedstawić cykl prac monotematycznych jako swoje osiągnięcie habilitacyjne. Prace te dotyczą :

- rozkładu chlorowcopochodnych w wyładowaniach ślizgowych (A1, A4),
- zachowania się LZO w wyładowaniach ślizgowych (A1, A5, A6),
- przetwarzania metanu w plazmie w warunkach utleniających (A1, A2, A3),
- rozkładu toluenu (jako modelu substancji smolistych) w mieszaninach modelujących skład gazów

po pirolizie biomasy (A7, A8, A9),

- konstrukcje reaktorów plazmowych (P1, P2).

Zestaw prac wchodzących w skład osiągnięcia jest więc dość zróżnicowany tematycznie ale publikacje te mieszczą się w tytule zaproponowanym przez Habilitanta: „*Plazmowe i plazmowo-katalityczne procesy do rozkładu trwałych związków organicznych*”, tyle, że w zasadzie nie stanowią jednego problemu rozwiązywanego przez Habilitanta. W moim przekonaniu, to raczej zestaw prac opisujący kilka różnych problemów, wymagających różnych rozwiązań i mających na celu różne rezultaty. Do zestawu publikacji dochodzą jeszcze dwa patenty nowych rozwiązań konstrukcyjnych co do których w zasadzie nie pokazano w czym stanowią lepszą konstrukcję niż poprzednie. Tak więc moim zdaniem zestaw publikacji i patentów to raczej zbiór zbyt luźno powiązanych prac by stanowić spójne osiągnięcie habilitacyjne.

Rozkład związków organicznych w plazmie to dość trudna tematyka z punktu widzenia fundamentów ponieważ opiera się na bardzo szybkich reakcjach między elektronami a cząsteczkami, tworzeniu rodników i jonów a późniejsze reakcje tych indywidualów chemicznych również należą do bardzo szybkich. Ponadto żaden składnik gazu reakcyjnego nie może być uznany za niereaktywny, nawet gazy szlachetne. Reakcje w plazmie charakteryzują się małą selektywnością właśnie ze względu na szybkość zachodzących procesów. Jednak dzisiejsza nauka nawet w kwestii bardzo szybkich reakcji rodnikowych nie jest bezbronna. Wiele z reakcji zachodzących w środowisku plazmy jest dobrze znanych z innych dziedzin chemii (np. chemia atmosfery) czy fizyki, znane są ich prędkości lub energie aktywacji. Wiadomo jakie są energie aktywacji szybkimi elektronami np. metanu, CO₂, gazów trwałych. Szkoda, że Habilitant niemal w ogóle nie sięga do tych danych, nie próbuje tłumaczyć osiągniętych rezultatów z ich pomocą. Wszystkie możliwe reakcje są przez Habilitanta wymieniane w jednym ciągu, tak jakby wszystkie były jednakowo ważne, jednakowo prawdopodobne i w jednakowy sposób wpływały na ostateczny rezultat otrzymywany na wyptywie z reaktora. A tak przecież nie jest, a najlepszym dowodem na to są różne rezultaty otrzymywane przy różnych stężeniach reagentów, różnych przepływach itd. Dr inż. M. Młotek powołuje się często na „dłuższy” lub „krótszy” czas kontaktu z plazmą podczas gdy tylko w jednej z prac spotkałem się z wyznaczeniem takiego czasu, brak jednak wartości liczbowych w pozostałych publikacjach. Przy znanych parametrach objętości reaktora i przepływu obliczenia czasu kontaktu nie powinno chyba być zadaniem trudnym. Dyskusje w różnych pracach prowadzi się na zasadzie wyżej wspomnianych „krótszych” i „dłuższych” czasów kontaktu co np. uniemożliwia porównywanie eksperymentów prowadzonych w różnych reaktorach. Inny niedosyt powoduje także brak porównań efektywności energetycznej badanych procesów z podobnymi procesami w literaturze. Kolejnym mankamentem większości prac Habilitanta jest bardzo „oszczędne” prowadzenie pomiarów: krzywe obrazujące przebiegi różnych procesów oparte są na 4, 3 lub nawet tylko na 2 punktach pomiarowych. Takie wykresy nie budują zaufania czytelnika do opisywanych rezultatów. Dr inż. M. Młotek zaprojektował i zbudował dwa wielkogabarytowe reaktory plazmowe dla zwiększenia skali prowadzonych procesów. Nowe konstrukcje projektuje się aby były lepsze niż poprzednie. W tym przypadku brakuje jakiś badań porównawczych pokazujących zalety patentowanych rozwiązań.

Wszystkie dziewięć prac wchodzących w skład osiągnięcia habilitacyjnego to prace wieloautorskie mające od trzech do sześciu współautorów, w tym także samodzielnych pracowników naukowych. Wszyscy współautorzy złożyli stosowne oświadczenie, z których wynika wiodąca rola Habilitanta w przygotowaniu tych publikacji – jego udział waha się od 40% do 70%. We wszystkich pracach współautorem jest prof. dr hab. inż. K. Krawczyk, w trzech dr hab. inż. K. Schmidt-Szałowski, w jednej prof. dr hab. inż. Z. Bojar (z WAT-u). Dr inż. M. Młotek jest autorem korespondencyjnym sześciu (A4-A9) z tych dziewięciu prac. Można więc uznać, że dr inż. M. Młotek był głównym pomysłodawcą i głównym realizatorem tych publikacji. W skład osiągnięcia habilitacyjnego wchodzi następujące artykuły i patenty:

A1. K. Schmidt-Szałowski, K. Krawczyk, J. Sentek, B. Ulejczyk, A. Górka, M. Młotek, Hybrid plasma-catalytic systems for converting substances of high stability, greenhouse gases and VOC. *Chemical Engineering Research & Design* 2011, 89(12), 2643-2651.

A2. K. Krawczyk, M. Młotek B. Ulejczyk, K. Pryciak, K. Schmidt-Szałowski, Oxidative methane conversion in dielectric barrier

discharge. *European Physical Journal-Applied Physics* 2013, 61(2), 24307 p1-p6.

A3. K. Krawczyk, M. Młotek B. Ulejczyk, K. Schmidt-Szałowski, Methane Conversion with Carbon Dioxide in Plasma-Catalytic System. *Fuel* 2014, 117, 608–617.

A4. M. Młotek, E. Reda, K. Krawczyk, Conversion of tetrachloromethane in large scale gliding discharge reactor. *Open Chemistry* 2015, 13, 212-217.

A5. M. Młotek, E. Reda, P. Józwick, K. Krawczyk, Z. Bojar Plasma-catalytic decomposition of cyclohexane in gliding discharge reactor. *Applied Catalysis A: General* 2015, 505, 150–158.

A6. M. Młotek, E. Reda E. Reszke, B. Ulejczyk, K. Krawczyk, A Gliding Discharge Reactor Supplied by a Ferro-Resonance System for Liquid Toluene Decomposition. *Chemical Engineering Research & Design* 2016, 111, 277-283.

A7. M. Młotek, J. Woroszył, I. Walerczak, B. Ulejczyk, K. Krawczyk, Purification of the gas after pyrolysis in coupled plasma-catalytic system. *Polish Journal of Chemical Technology* 2017, 19(4), 94-98.

A8. M. Młotek, J. Woroszył, B. Ulejczyk, K. Krawczyk, Coupled Plasma- Catalytic System with Rang 19PR Catalyst for Conversion of Tar. *Scientific Reports* 2019, 9, 13562

A9. M. Młotek, J. Woroszył, B. Ulejczyk, K. Krawczyk Decomposition of Toluene in Coupled Plasma-Catalytic System. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 2020, 59, 4239-4244

P1. M. Młotek, K. Krawczyk, E. Reszke, K. Schmidt-Szałowski, Reaktor do prowadzenia procesów chemicznych, W.127458, zgłoszenie 2013, przyznany 2019.

P2. M. Młotek, K. Krawczyk, B. Ulejczyk, Reaktor do prowadzenia procesów chemicznych w plazmie wyładowania ślizgowego, Zgłoszenie P.418622 w 2016r.

Poniżej postaram się ustosunkować do rezultatów prac A1-A9.

W publikacji A1 autorzy pokazują trzy przykłady wykorzystania katalizatorów w procesach plazmowych. W procesie wyładowań ślizgowych wykorzystanym do konwersji metanu z wodorem, katalizatory (Pd/Al₂O₃ i Pt/Al₂O₃) powodują powstawanie większych (%-owo) ilości użytecznych węglowodorów etylenu i etanu w miejsce acetylenu, poza tym eliminują powstawanie sadzy. Dzieje się to jednak kosztem mniejszego stopnia przereagowania metanu o czym już autorzy nie wspominają. Trzeba jednak zaznaczyć, że ta część publikacji została zauważona w pracy M. Scapinello, et al., *Chem. Eng. Process.*, 2017, 117, 120–140 i wymieniona w gronie najbardziej obiecujących rezultatów dotyczących selektywności prowadzonego procesu. Druga seria eksperymentów polega na wykorzystaniu plazmy (reaktor DBD) sprzęgania metanu z CO₂. Proces homogeniczny autorzy porównują z czterema procesami katalizowanymi przez Fe, Ag i Pd osadzonymi na Al₂O₃. Czwartym katalizatorem jest zeolit. Obserwowane przemiany prowadzą do pożądaných węglowodorów C₂ i nie przetwarzają reagentów w sadzę. W zasadzie tylko zeolit poprawia stopień konwersji metanu ale raczej w kierunku wytwarzania większej ilości sadzy. Tylko selektywność katalizatora palladowego wydaje się spełniać oczekiwane wymagania. Wadą jednak tych procesów katalizacyjnych są bardzo duże nakłady energetyczne : 2500-3500 kJ/mol CH₄ tj. ok. 10 razy większe niż w przypadku poprzedniego procesu. W kolejnym przykładzie wykorzystania katalizatorów autorzy omawiają rozkład chloroformu w homogenicznym procesie wyładowań ślizgowych oraz w procesach wspomaganých katalizatorami: MnO₂ i Cr₂O₃ osadzone na nośniku cyrkonowym oraz Pt osadzona na nośniku ceramicznym. Chloroform podawany był w czystym powietrzu. Katalizatory podwyższyły konwersję CHCl₃ ale jednocześnie powodowały powstawanie CCl₄ co *de facto* eliminuje ten proces z praktyki. W dyskusji mechanizmów odpowiedzialnych za destrukcję chloroformu, dość uproszczonej, autorzy powołują się na na pracę Foglein et al. z 2005r. nie zauważając, że w cytowanej pracy nie stosowano powietrza a badano rozkład chloroformu albo w mieszaninie z Ar albo z tlenem. Mok et al. (*Plasma Chem. Plasma Process* 28, 663 (2008)) badał rozkład chloroformu w azocie z domieszką tlenu - według tej pracy to wzbudzone cząsteczki N₂ odgrywają inicjującą rolę w procesach destrukcji cząsteczek CHCl₃. Warunki tej pracy są znacznie bardziej zbliżone do opisywanych w publikacji A1. Praca A1 miała pokazywać, że katalizatory są w stanie zmienić procesy przebiegające w plazmie w kierunku bardziej pożądaných produktów, jednak autorzy w nie zaproponowali w żadnym z tych przypadków, jakie reakcje mogłyby prawdopodobnie przebiegać na powierzchniach katalizatorów.

Publikacja A2 dotyczy utleniającej konwersji CH₄ w plazmie w układzie DBD. Z jednej strony autorzy twierdzą, że metanol jest jednym z najbardziej pożądaných produktów reakcji a z drugiej nie eksplorują

możliwości otrzymywania alkoholu wykorzystując tylko dwie szybkości przepływu przez reaktor. To jedyna praca w której autorzy posługują się obliczonym czasem kontaktu.

Publikacja A3 dotyczy konwersji metanu z dwutlenkiem węgla w reaktorze DBD w układach homogenicznym i katalitycznych. Ponieważ ze środowiskowego punktu widzenia reakcja $\text{CH}_4 + \text{CO}_2$ jest niezwykle interesująca to tematyka od dawna już jest przedmiotem dużej aktywności naukowej. W pracy A3 wykorzystano $\text{Fe}/\text{Al}_2\text{O}_3$ oraz zeolity NaY i Na-ZSM-5 jako katalizatory. Generalnie, najwyższe stopnie konwersji autorzy notują w układzie homogenicznym, katalizatory nie zmieniają zasadniczo składu produktów po reakcji a przy krótszych czasach kontaktu głównym produktem staje się sadza; szczególnie aktywny w tym kierunku jest zeolit Na-ZSM-5. Moje zdziwienie budzi proporcja $\text{CH}_4 : \text{CO}_2 = 1$ gdyż z dotychczasowych publikacji w tej dziedzinie wynika, iż korzystniejszą konwersję metanu obserwuje przy niższych stężeniach CO_2 (*Istadi, Fuel, 85 (2006) 577*).

Kolejna praca, A4, dotyczy usuwania CCl_4 z powietrza w reaktorze umożliwiającym wyładowania ślizgowe. Autorzy osiągają dobre rezultaty dla dłuższych czasów kontaktu. Zakres objętościowych stężeń CCl_4 to 0,04% do 0,29% a najwyższy, obserwowany stopień przereagowania sięgał 90%. Podstawowe produkty reakcji to Cl_2 , CO_2 , pojawiają się także ClO_2 oraz NO są ale istnieje też możliwości powstawania fosgenu. Trwałość cząsteczki CCl_4 sprawia, iż usuwanie związku z powietrza jest dość kosztowne energetycznie. Ta praca wydaje się być kontynuacją 12 lat wcześniejszej publikacji z tego samego zespołu (*K. Krawczyk, B. Ulejczyk; Plasma Chem. & Plasma Proces. 23(2), (2003) 265*), w której stosowano znacznie wyższe stężenia CCl_4 i wykazano, że stopień przereagowania związku jest tym wyższy im wyższe stężenie wyjściowe, oraz, że istotną rolę odgrywa woda obecna w powietrzu. W pracy A4, której autorem jest dr inż. M Młotek ale też prof. K. Krawczyk, rezultaty są odwrotne: im niższe stężenie związku, tym wyższy stopień przereagowania. Brak jakiegokolwiek dyskusji z poprzednimi rezultatami, brak nawet wzmianki o poprzednio obserwowanej roli wody.

Publikacja A5 dotyczy plazmowo-katalitycznego rozkładu cykloheksanu w reaktorze umożliwiającym wyładowania ślizgowe. Jest to praca powstała w kooperacji z Wojskową Akademią Techniczną. Moje zasadnicze pytanie to: dlaczego cykloheksan? Nie znalazłem na nie odpowiedzi nawet we wstępie do pracy A5. Proces prowadzono w powietrzu a jako katalizatory wykorzystywano NiO /kordieryt oraz Ni_3Al . Pierwszy z tych katalizatorów nie wykazywał aktywności, drugi zwiększał stopień przereagowania cykloheksanu z 92,5% do 98,1%. Głównymi produktami reakcji były: CO_2 (70,9% i 60,0%), CO (19,2% i 31,1%) oraz acetylen (5,4% i 5,1% w procesie homogenicznym i katalitycznym odpowiednio). W konkluzji autorzy piszą, że głównymi produktami były tlenki węgla i woda ale ilości powstającej wody nie mierzono. W publikacji A5 wykresy budowane są na trzech punktach pomiarowych co, moim zdaniem, nie buduje wiarygodności rezultatów.

Publikacja następną (A6) dotyczy sprawności nowego reaktora plazmowego, do którego wprowadzono powietrze jako gaz reakcyjny a toluen w postaci ciekłej. Konstrukcja wymusza ruch wirowy mieszaniny reakcyjnej. Jest to, jak rozumiem, konstrukcja objęta patentem Habilitanta P1. Wysoka sprawność energetyczna tego układu obserwowana jest przede wszystkim dla dużych stężeń toluenu – rzędu 1,9%. Autorzy tłumaczą tę wysoką, niemal 100%-ową efektywność przemiany toluenu dłuższym czasem przebywania reagentów strefie plazmy dzięki ruchowi wirowemu wymuszanemu przez konstrukcję reaktora. Ale jednak trudno się zgodzić z takim tłumaczeniem; przecież przy prędkości objętościowej $4,2 \text{ m}^3/\text{h}$ i stężeniu toluenu rzędu ok. 0,9% wydajność jego destrukcji sięga tylko ok. 50% a czas kontaktu jest tu na pewno dłuższy niż przy prędkości objętościowej $6 \text{ m}^3/\text{h}$ i stężeniu toluenu 1,9% - gdzie efektywność destrukcji toluenu wynosi niemal 100% (Fig. 4 – A6). Jak więc można wytłumaczyć te obserwacje? Szkoda, że autorzy nie wykonali podobnych eksperymentów (z takimi samymi prędkościami objętościowymi i stężeniami toluenu) bez wymuszania ruchu wirowego.

Kolejna publikacja (A7) dotyczy, wg tytułu, oczyszczania gazu po pirolizie ze związków, prekursorów smoły w sprzężonym systemie katalityczno-plazmowym. Faktycznie eksperymenty dotyczą usuwania toluenu z

gazu o modelowym składzie produktów pirolizy. Eksperymenty przeprowadzane w tej pracy charakteryzują się wadami opisanymi przy okazji wcześniej omawianych prac: krzywe obrazujące przebiegi reakcji oparte są tylko na trzech a nawet dwóch punktach a warunki eksperymentów referencyjnych (w układzie bez katalizatora) są inne niż w układach sprzężonych (z katalizatorem) – różniąc się istotnie np. temperaturą. Nawet w eksperymentach ilustrowanych Fig. 3 (A7) nie zachowano tych samych warunków przeprowadzania pomiarów. Przy tak ubogiej ilości punktów pomiarowych brakuje też w części eksperymentalnej opisu dokładności pomiarów a punktom na wykresach słupków błędów. Według opisu rezultatów osiągnięto niemal 100%-ową redukcję toluenu (w procesie plazmowo-katalitycznym) ale w temperaturze reakcji 540°C, znacznie wyższej niż stosowanej w pomiarach porównawczych.

W pracy (A8) tematyka jest bardzo podobna, choć stosowany jest inny katalizator. Publikacja ta dobrze dokumentuje synergię plazmy i katalizatora. Z drugiej strony właściwie jedynym, wyraźnym efektem układu plazma- katalizator jest istotny wzrost stężenia metanu po sprzężonym procesie plazmowo-katalitycznym w porównaniu do układu homogenicznego. Lektura obu prac A7 i A8 przynosi jednak niewytłumaczalne dla mnie pytanie: dlaczego w publikacji A7 im wyższe jest stężenie toluenu w gazie tym wyższą konwersję tego związku obserwuje się w homogenicznym procesie plazmowym (fig. 2 – krzywa dla stężenia toluenu = 6000ppm), natomiast w pracach A8 i A9 im wyższe stężenie toluenu w gazie tym niższa konwersja (fig. 8 (A8) oraz fig. 5 (A9)). Składy gazu podstawowego różniły się ale bardzo niewiele. Taka sytuacja wymaga chyba komentarza autora? Kolejna publikacja (A9) podobna jest do dwóch poprzednich; katalizatorem jest G-0117 a skład gazu wyjściowego jest identyczny jak w pracy A8. Głównym kryterium efektywności prowadzonych procesów plazmowych jest tu jednak przede wszystkim wartość opałowa gazu po procesach usuwania toluenu. Wyniki rozkładu toluenu są dość niejednoznaczne, dla niższych, wyjściowych stężeń toluenu obserwuje się wzrosty stężeń metanu w procesach plazmowo-katalitycznych, dla wyższych już brak tego efektu. Dla obu stężeń obserwowano spadek stężenia acetylenu po procesie hybrydowym (plazmowo-katalitycznym) w porównaniu z homogenicznym procesie plazmowym. Jeśli chodzi o wartość opałową gazu to procesy hybrydowe zawsze ją zwiększają i to powyżej wyjściowej wartości opałowej gazu a procesy homogeniczne mogą ją nieco zmniejszać.

Głównym zamierzeniem Habilitanta było wykazanie w pracach A1-A9, że katalizatory mogą wpływać na skład gazu po procesie plazmowym. Faktycznie można powiedzieć, że w szeregu ukazanych procesów widać mniejszy lub większy wpływ katalizatora na rezultaty finalne. W żadnej jednak pracy nie znalazłem nawet próby spekulacji na jakie procesy i dlaczego wpływa katalizator. Brakuje więc w publikacjach osiągnięcia habilitacyjnego zrozumienia na czym polega rola katalizatora. Na brak zrozumienia roli katalizatora w procesach plazmowo-katalitycznych wskazywał już S. A. Nair w swoich pracach sprzed ok. 15 lat. Wiem, że nie jest to łatwe zadanie ale dzisiejsze procesy katalityczne wykorzystywane w przemyśle mają dość dobrze poznane mechanizmy działania, tak, że ewentualna implementacja procesów plazmowo-katalitycznych w praktyce też będzie wymagała poznania mechanizmów katalitycznych. Dyskusje wyników i przebiegających procesów, moim zdaniem, nie odpowiadają dzisiejszemu stanowi wiedzy dotyczącej procesów przebiegających w plazmie. Jak już wspominałem wyżej dyskutowane reakcje różnią się kinetyką, energiami wzbudzenia itd. Kinetyki wielu reakcji rodnikowych przebiegających także w plazmie są znane i dostępne (NIST Chemical Kinetics Database), choć zdaję sobie sprawę, że ilości możliwych reakcji przebiegających w plazmie są deprymujące. Ale o ile mi wiadomo, istnieją programy operujące danymi kinetycznymi reakcji rodnikowych. Mam też zastrzeżenia do opisu eksperymentów; brak jest danych co do ilości przeprowadzanych pomiarów, brak jest oszacowania błędów pomiarowych a wielu przypadkach prezentowane wyniki stwarzają wrażenie pojedynczych pomiarów (co być może wynika z lakoniczności opisów pomiarów w częściach eksperymentalnych danych prac). Między różnymi pracami tego cyklu można zauważyć istotne rozbieżności, podobnie jeśli chodzi o kontynuowane przez habilitanta tematyki publikowane przez ten sam zespół w przeszłości.

Habilitant zwraca uwagę w podsumowaniu swego autoreferatu, że tematyka usuwania związków aromatycznych z gazów pirolitycznych (tzn. tematyka prac A7-A9) dotychczas była rzadko przedmiotem prac naukowych. Tak, rzeczywiście można się z tym zgodzić, iż dotychczas niewiele na ten temat napisano. Też uważam, że właśnie prace A7-A9 charakteryzują się istotną nowością naukową. Jednak tu należy zwrócić uwagę na znacznie wcześniejszy doktorat S.A. Nair zawierający i inżynierskie i chemiczne rozwiązania warte lektury (Sreejit A. Nair; „*Corona plasma for tar removal*”; PhD Thesis; Technische Universiteit Eindhoven, 2004). S.A. Nair opisuje tam jak dane kinetyczne pomagają w osiągnięciu przewidywalnych rezultatów usuwania prekursorów smół. Ponadto w latach 2003-2008 ten sam autor opublikował kilka prac, z którymi także warto się zapoznać. Z nowszych publikacji z tej samej dziedziny radziłbym zwrócić uwagę na pracę Xu et al. *Energy & Fuels* 33 (2019) 4287. Taki sposób prowadzenia dyskusji jak w tej pracy dominować zapewne będzie w najbliższej przyszłości.

Dorobek naukowy dr inż. Michała Młotka

Na całkowity dorobek naukowy Habilitanta składa się 27 prac opublikowanych w czasopismach z tzw. „listy filadelfijskiej”. Prace te opublikowano w czasopismach o sumarycznej wartości $IF=58,104$ co przekłada się na $IF_{sr}=2,152$; z kolei zestaw dziewięciu prac habilitacyjnych zamieszczono w czasopismach o $IF_{sr}=2,457$. Wartości IF charakteryzują przede wszystkim czasopisma ale można generalnie powiedzieć, że im wyższa wartość IF czasopisma, tym bardziej cenione są prace w nich opublikowane. IF w przedziale 2-3 to niezbyt imponująca średnia dla publikowanych prac. O wpływie ocenianych publikacji na naukę w danej dziedzinie niewątpliwie świadczy ilość cytowań tych prac. Według danych podawanych przez Habilitanta sumaryczna ilość cytowań Jego prac wynosi 339 (wg bazy Scopus), w tym 287 bez autocytowań a indeks Hirscha (h) dla ocenianego dorobku wynosi 9. Kandydat nie podaje wartości h dla cytowań bez autocytowań ale spada on dramatycznie nawet dzisiaj (ok. pół roku po złożeniu dokumentów przez Habilitanta) do wartości $h=7$ (wg bazy Scopus). Na podstawie tych liczb można więc wyciągnąć wniosek, iż innowacyjność publikacji dr inż. M. Młotka jest dość umiarkowana. Do dorobku naukowego Habilitanta zaliczyć jeszcze należy pięć patentów, jeden wzór użytkowy oraz jedno zgłoszenie patentowe. Oprócz tego Kandydat posiada także 7 publikacji w czasopismach spoza listy filadelfijskiej, wszystkie te prace pochodzą jednak z okresu przed doktoratem. Jest też współautorem czterech rozdziałów w książkach z tym, że są to materiały pokonferencyjne. Dr inż. Michał Młotek bierze też aktywny udział w konferencjach; razem to 51 różnych udziałów w konferencjach; większość zapewne to prezentacja posterów bo tylko w czterech przypadkach Habilitant zaznacza, iż były to wystąpienia ustne.

Jeśli chodzi o doświadczenie Habilitanta w zdobywaniu finansowania dla swoich badań, to jak wynika z zestawienia dorobku naukowego jest ono dość skromne. Dr inż. M. Młotek wielokrotnie brał udział w realizacji grantów zdobytych w konkursach MSzWiN oraz w konkursach NCN ale jako wykonawca. Kierował projektem finansowanym przez firmę Instal (2015 r.) oraz innym (prawdopodobnie finansowanym przez macierzysty Wydział) w 2020 r. Zestawienie projektów, w których brał udział przygotowane jest bardzo niestaranne, trudno się zorientować, które projekty dotyczą głównej linii tematycznej Habilitanta a które związane są nieco luźniej związane z jego podstawowymi zainteresowaniami.

Podsumowanie

Bardzo szczegółowo zapoznałem się z dorobkiem naukowym dr inż. Michała Młotka, który od ok. 20 lat zajmuje się różnymi aspektami technik plazmowych. W niniejszej recenzji powinienem odpowiedzieć na pytanie czy Habilitant zasługuje na ważny awans naukowy pozwalający Mu na samodzielne prowadzenie badań. Dziedzina w jakiej realizuje swoje zainteresowania naukowe Habilitant jest bardzo ciekawa, wierzę też, że stoi przed nią ciekawa przyszłość. Wniosek przedstawiony do oceny napisano dość „letnio”, czasami nawet niestarannie. W publikacjach znajdują się nieścisłości, które wymagały wyjaśnienia a autoreferat byłby dla tych wyjaśnień właściwym miejscem. Od samodzielnego pracownika naukowego wymagałbym

bardziej starannego przygotowania publikacji do druku, większej dbałości o szczegóły i umiejętności nieco szerszego spojrzenia na cykl prac. Patrząc właśnie nieco szerzej na tą sprawę widzę i doceniam, że dr inż. Michał Młotek bardzo istotnie poszerzył swój dorobek naukowy w 2021 r. W sumie moja ocena biorąca pod uwagę recenzję osiągnięcia habilitacyjnego oraz ogólny dorobek naukowy Kandydata jest umiarkowanie pozytywna.

.....

Torrox, 6 luty 2022.