

Dr inż. Mirosław Szyłak-Szydłowski
Politechnika Warszawska
Wydział Instalacji Budowlanych,
Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska
Katedra Ochrony i Kształtowania Środowiska

AUTOREFERAT

**dotyczący osiągnięć naukowo-badawczych,
organizacyjnych i dydaktycznych**

Warszawa, 2018 r.

1. Imię i nazwisko

Miroslaw Szyłak-Szydłowski

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej

2008 Stopień doktora nauk technicznych w zakresie inżynierii środowiska, nadany uchwałą Rady Wydziału Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej dn. 28 października 2008 r.

Tytuł pracy doktorskiej: „*Efektywność usuwania wybranych grup mikroorganizmów potencjalnie chorobotwórczych w procesie oczyszczania odcieków ze składowiska odpadów*”.

Promotor: Prof. dr hab. Anna Grabińska-Łoniewska.

Recenzenci: Prof. nzw. dr hab. inż. Jolanta Podedworna, Prof. dr hab. Renata Kocwa-Haluch

2003 Tytuł zawodowy: magister inżynier biotechnologii w inżynierii środowiska, uzyskany na Wydziale Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej.

Tytuł pracy magisterskiej: „*Biodegradacja wybranych pestycydów w środowisku wodnym*”.

Opiekun naukowy: prof. dr hab. Monika Załęska-Radziwiłł

1998 Świadectwo maturalne (XLV L.O. im. Romualda Traugutta w Warszawie)

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych/artystycznych

Od 2010 Adiunkt, Zespół Ochrony Powierzchni Ziemi, Katedra Ochrony i Kształtowania Środowiska, Wydział Inżynierii Środowiska (obecnie: Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska) Politechniki Warszawskiej

2008-2010 Samodzielny referent techniczny, Zespół Ochrony Powierzchni Ziemi, Zakład Ochrony i Kształtowania Środowiska, Wydział Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej

2003-2008 Studia doktoranckie, Wydział Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej

4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2016 r. poz. 882 ze zm. w Dz. U. z 2016 r. poz. 1311)

a) Tytuł osiągnięcia naukowego

Jako osiągnięcie naukowe, stanowiące podstawę ubiegania się o uzyskanie stopnia naukowego doktora habilitowanego, wskazuję wyniki pracy badawczej opublikowane w monografii pt.

Olfaktometryczna metoda oceny stopnia biostabilizacji odpadów w instalacjach mechaniczno-biologicznego przetwarzania

b) Autor, rok wydania, tytuł publikacji, nazwa wydawnictwa

Miroslaw Szylak-Szydłowski (2018)

Olfaktometryczna metoda oceny stopnia biostabilizacji odpadów w instalacjach mechaniczno-biologicznego przetwarzania

Prace Naukowe, Inżynieria Środowiska, z. 78,

Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2018

(ISSN 1234-4338, ISBN978-83-7814-824-1)

Recenzenci wydawniczy:

prof. dr hab. inż. Jerzy Zwoździak,

dr hab. inż. Andrzej Białowiec, prof. PWr.

c) Omówienie celu naukowego ww. pracy i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

Geneza pracy i problematyka badań

Emisja związków złoonych, ich ilość i skład, determinowane są przede wszystkim przemianami zachodzącymi w fazach procesu biodegradacji odpadów: mezofilnej, termofilnej, ochładzania i dojrzewania, a także związane są z nieprawidłowościami procesu technologicznego. Na badania wpływu instalacji MBP na środowisko powinny się składać zarówno analizy olfaktometryczne, jak i chromatograficzne. Poszczególne fazy procesu wiążą

się ze zmianami składu gazów, a co za tym idzie jakością i ilością odorantów w nich zawartych. Ponadto, ilość oraz skład emitowanych substancji zapachowo czynnych ulega zmianie na skutek osiągania przez strumień wejściowy odpadów parametrów fazy następnej.

Jedynie w kilku opracowaniach zwrócono uwagę na problematykę oddziaływania na środowisko odpadów poddawanych procesowi biostabilizacji w procesie mechaniczno-biologicznego przetwarzania odpadów. Badacze głównie skupiają się na technologii kompostowania, procesach beztlenowych oraz emisji ze składowisk, ze szczególnym uwzględnieniem oddziaływania odcieków. Nieliczni badacze poruszają również temat wpływu parametrów biostabilizacji w instalacjach MBP na emisję odorantów. Spośród 648 publikacji w bazie Science Direct zawierających słowa kluczowe: „mechanical biological treatment” oraz „wastes”, zaledwie cztery charakteryzują się słowami kluczowymi: „mechanical biological treatment”, „wastes”, „odours emission”, „biostabilization”, „stage”. W niniejszej pracy starano się wypełnić tę lukę, proponując również perspektywy dalszych badań.

Jednym z kryteriów doboru technologii mechaniczno-biologicznego przetwarzania odpadów oraz jej efektywności, są własności biostabilizatu – m.in. zawartość ogólnej substancji organicznej (straty przy prażeniu w temperaturze 500°C) i zawartość węgla organicznego. Podejście to, związane z wykonaniem czasochłonnych badań fizykochemicznych nie daje jednak natychmiastowej informacji o stopniu biostabilizacji w dowolnym momencie procesu. Parametry, takie jak m.in. współczynnik absorpcji tlenu (SOUR) lub skumulowane zapotrzebowanie na tlen w ciągu 20 godzin (OD₂₀), wskazują na zmiany w aktywności mikrobiologicznej, a tym samym na stopień biostabilizacji odpadów. Jednym z celów badawczych niniejszej pracy była odpowiedź na pytanie, czy badanie emisji związków złowonnych również może być istotnym wskaźnikiem podczas określania ww. stopnia, zwłaszcza, że istnieje silny związek korelacyjny pomiędzy stężeniem zapachu a takimi parametrami jak m.in. OWO/NH₄⁺, SOUR oraz OD₂₀.

Szczególnie istotne wydaje się zatem scharakteryzowanie zmienności stężenia zapachu w zależności od dnia prowadzonego cyku biostabilizacji. Interesującym problemem badawczym jest również to, czy badania olfaktometryczne *in situ* mogą stanowić odpowiednią metodę do monitorowania (kontroli) przebiegu procesu stabilizacji tlenowej odpadów i oceny stopnia tego procesu. Kwestią otwartą jest również to, czy badania te mogą

być uzupełnieniem do powszechnie stosowanych metod wymagających poboru próbek odpadów i poddania ich czasochłonnym analizom.

Istotnym kryterium optymalizacyjnym powinno być zminimalizowanie niekorzystnego oddziaływania na środowisko, a w szczególności – emisji związków odorogennych. W niniejszej pracy scharakteryzowano zmiany wartości stężenia zapachu w poszczególnych tygodniach procesu biostabilizacji odpadów i podjęto próbę powiązania ich z wartościami chemicznych wskaźników stopnia stabilizacji tlenowej.

Cel naukowy i zakres badań

Celem naukowym pracy było powiązanie emisji odorów ze stopniem biologicznej stabilizacji odpadów poprzez badanie zależności pomiędzy stężeniem zapachu a wybranymi parametrami procesu biodegradacji. Badania te służyć miały weryfikacji stwierdzenia czy badania olfaktometryczne (ze szczególnym uwzględnieniem badań *in situ*, w trybie on-line) mogą stanowić odpowiednią metodę do monitorowania i kontroli przebiegu procesu tlenowej stabilizacji odpadów.

Celem częściowym, stanowiącym weryfikację użyteczności metody określonych we wcześniejszych etapach pracy, była ocena poszczególnych wariantów technologicznych procesu biostabilizacji, różniących się m.in. rodzajem substancji, którymi zaszczerpiano pryzmy odpadów (preparaty: OWS, OWS3, Fito-1, Bio-1, Bio-2, Bio-2 z dodatkiem plastyfikatorów, Chem-1), a także temperaturą wewnątrz pryzmy i masą odpadów w pryzmie.

Ponadto, celem częściowym było porównanie efektywności zatrzymywania odorantów przez dwa rodzaje membran („A” i „B”) wykorzystywanych do procesu biostabilizacji.

W pracy przyjęto następujące tezy:

1. Stężenie zapachu jest istotnym wskaźnikiem dojrzałości odpadów kompostowanych lub poddawanych biostabilizacji.
2. Badania olfaktometryczne, w szczególności prowadzone *in situ*, mogą stanowić odpowiednią metodę do monitorowania procesu stabilizacji tlenowej odpadów, zarówno jako metoda indywidualna, jak i w połączeniu z używanymi obecnie metodami.

Zakres podjętych badań był następujący:

1. Rozpoznanie i charakterystyka obiektu badawczego;
2. Diagnozy wężu za pomocą metody SST (Sniffin’sticks Test);

3. Oznaczenie stężenia zapachu pod oraz nad membranami typu „A” i „B”;
4. Oznaczenie stężenia zapachu pod membranami w punktach badawczych znajdujących się w różnych częściach przyzmy;
5. Oznaczenie stężenia zapachu pod membranami w poszczególnych tygodniach procesu biostabilizacji;
6. Porównanie wartości temperatury wewnątrz przyzmy a oznaczonym stężeniem zapachu pod membranami;
7. Wykorzystanie opracowanej metodyki do oceny poszczególnych wariantów technologicznych procesu biostabilizacji.

Omówienie wyników

Dokonano porównania efektywności zatrzymywania odorantów przez dwa rodzaje membran, m.in. by zweryfikować, czy rodzaj zastosowanych membran może mieć wpływ na uzyskane wyniki. Wartość efektywności zatrzymania odorantów na membranach wynosiła od 98,64% do 100%, przy wartości średniej oraz wartości mediany wynoszących 98,99%. Efektywność zatrzymania odorantów na membranie jest niezależna od stężenia zapachu odpadów w zakresie od 2 ou/m³ do 6000 ou/m³, oraz od rodzaju zastosowanej membrany. Do najistotniejszych czynników zewnętrznych wpływających na emisję i rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń należą warunki meteorologiczne, niemniej w niniejszych badaniach dowiedziono, że efektywność ta była niezależna zarówno od stopnia biostabilizacji, jak i warunków meteorologicznych (pory roku). Na podstawie wykonanych testów korelacji oraz analizy wariancji uznano, że skuteczność eliminacji odorów jest niezależna od rodzaju badanych membran – wyniki uzyskane dla membran rodzaju A oraz membran rodzaju B nie różnią się statystycznie istotnie.

By dokonać weryfikacji, czy wybór miejsca pobrania próbki powietrza spod membrany mógł mieć wpływ na uzyskane wyniki, dokonano porównania wyników badań próbek pobranych w różnych częściach wierzchołki przyzmy. Wartość współczynnika korelacji Spearmana pomiędzy wartościami stężenia zanieczyszczeń próbek pobranych od południowej oraz północnej strony badanych przyzmy wynosi 0,999.

W pierwszych trzech dniach trwania procesu, w przyzmych z zaszczepieniem „standardowym”, o tonażu ok. 500 Mg, tempo wzrostu temperatury było niewielkie, po czym, ze względu na procesy biochemiczne wewnątrz przyzmy, wartość temperatury wzrosła do ok.

65°C. Dalszy proces prowadzony był w temperaturze ok. 50°C. Odnotowane wartości temperatur wykazały typowy trend dla tlenowych procesów biologicznych, potwierdzony podczas badań innych autorów. Wahania w ww. trendzie spowodowane mogą być przede wszystkim niejednorodnością biomasy i parametrami odpadów. Po 8 dniach trwania procesu wartości stężenia zaczęły gwałtownie rosnać, osiągnąwszy najwyższe wartości w 25-26 dniu. Wartość stężenia zapachu również zmniejszała się od 26. dnia, by ustabilizować się na poziomie 118-396 ou/m³ (mediana 257 ou/m³) w 44-46 dniu trwania procesu.

W pracy scharakteryzowano zależności pomiędzy stężeniem zapachu emitowanym z przyzmy, a czasem trwania tego procesu, temperaturą oraz wybranymi wskaźnikami stopnia biostabilizacji. Stwierdzono istnienie korelacji pomiędzy wartościami temperatury wewnątrz przyzmy a stężeniem zapachu. Dowiedziono, że oddziaływanie zapachowe jest najbardziej uciążliwe, zaś wartości stężenia zapachu najwyższe, w pierwszej fazie tlenowej biostabilizacji (pierwsze 2-3 tygodnie). Zachodzi wówczas najintensywniejsza hydroliza mikrobiologiczna materii organicznej, połączona z amonifikacją. Procesy te mogą wynikać z faktu znacznej szybkości zużycia tlenu, co jest efektem niedostatecznej dyfuzji powietrza oraz dużej ilości rozkładalnej materii organicznej w odpadach. Podczas tej fazy gwałtownie wzrasta temperatura wewnątrz przyzmy, co może znacznie wpływać na lotność związków wywołujących wrażenie zapachowe.

W pracy wykonano badania jedenastu różnych wariantów technologicznych procesu biostabilizacji. Zgodnie z modelem I rzędu, wyznaczono wartości stałych szybkości rozkładu związków organicznych oraz szybkości rozkładu zawartości węgla organicznego. Na ich podstawie określono czas połowicznego rozkładu związków organicznych. Wyznaczono również współczynniki korelacji pomiędzy stratami prażenia a zawartością węgla organicznego oraz pomiędzy stężeniem zapachu a ww. parametrami stopnia biostabilizacji przyzm.

Wykorzystanie opracowanej metodyki do oceny poszczególnych wariantów technologicznych procesu biostabilizacji pozwoliło na wybór najefektywniejszej metody, biorąc pod uwagę zarówno stopień stabilizacji biologicznej odpadów, jak i zminimalizowanie uciążliwości zapachowej.

Biorąc pod uwagę podstawowe parametry świadczące o stopniu biostabilizacji preparat Fito-1 (czysty ekstrakt z pokrzywy, mikroelementy, minerały, kwas octowy i cukier). najkorzystniej wpływał na proces stabilizacji tlenowej odpadów. Jednakże, badania

olfaktometryczne przyzmy zaszczerpionej tym preparatem wskazują na fakt potencjalnej, znacznej uciążliwości zapachowej przez co najmniej cztery tygodnie trwania procesu. Już w pierwszym tygodniu odnotowano stężenie zapachu pod membraną wynoszące 1201 ou/m³ (w przyzmy „referencyjnej” – 721 ou/m³), zaś od 2. do 4. tygodnia wartość stężenia zapachu wynosiła 4300 ou/m³, podczas gdy w przyzmy „referencyjnej” wynosiła w tym czasie od 600 ou/m³ do 3750 ou/m³. Znaczne zmniejszenie wartości stężenia zapachu emitowanego z przyzmy zaszczerpionej preparatem Fito-1 nastąpiło dopiero po 4. tygodniu – w 37. dniu procesu odnotowano wartość stężenia zapachu równą 515 ou/m³ (przyzma „referencyjna” – 600 ou/m³).

Z drugiej strony, najmniejsze wartości stężenia zapachu emitowanego z przyzmy odnotowano w przypadku odpadów zaszczerpionych preparatem Chem-1 (preparat zawierający czwartorzędowe związki amonu). W ciągu całego procesu, trwającego 43 dni, odnotowywano wyniki od 13 ou/m³ (wartość stężenia zapachu w ostatnim dniu biostabilizacji) do 260 ou/m³ (36. dzień biostabilizacji). Wyniki badań stężenia związków organicznych oraz węgla organicznego, a także kinetyki reakcji rozkładu pozwalają jednak na stwierdzenie, że proces biostabilizacji nie zachodził w tym przypadku prawidłowo. Stałe rozkładu ww. związków były ujemne.

Podobną sytuację zaobserwowano w przypadku preparatu Bio-1. Pomimo tego, że wyniki badań olfaktometrycznych były dużo niższe niż w przypadku przyzmy „referencyjnej” – stężenie zapachu od 35 ou/m³ do 350 ou/m³ (przyzma „referencyjna” charakteryzowała się wartościami od 35 ou/m³ do 3000 ou/m³), stała rozkładu węgla organicznego wynosiła zaledwie 0,001 d⁻¹, zaś czas połowicznego rozkładu – 607 d. Niewielka szybkość procesów rozkładu skutkowała niską emisją, a tym samym niewielką uciążliwością. Podkreślić jednak należy, że dotyczy to całościowej kinetyki procesu, a nie pomiarów chwilowych.

Jędrzak dowiódł, że wraz ze zmniejszeniem porowatości – i wzrostem wartości gęstości nasypowej – stężenie merkaptanów w kompostowanych odpadach rosło. W niniejszych badaniach, w przyzmy o największym tonażu - kiedy przestrzenie między cząstkami powinny być, pod wpływem ciężaru odpadów, znacznie mniejsze niż w pozostałych przyzmych - zaobserwowano najmniejsze oddziaływanie zapachowe. Podczas badania zależności stężenia zapachu pod membraną od tonażu odpadów odnotowano, że maksymalna wartość stężenia zapachu, jaką odnotowano w przypadku przyzmy o największym tonażu – 665 Mg – wynosiła 3000 ou/m³. Wydaje się, że przyczyną tego zjawiska mógł być m.in. wysoki udział frakcji drobnej, podsitowej – w przypadku przyzmy o

tonażu 665 Mg wynosił on najwięcej, 57,2%, zaś w przypadku pryzm o tonażu 490 Mg i 517 Mg, odpowiednio, 50,2% i 50,8%. Zjawisko to stanowić winno podstawę kolejnych, pogłębionych analiz.

W pracy wdrożono zatem metodyki celem oceny poszczególnych wariantów technologicznych procesu biostabilizacji, co przyczyniło się do wyboru najefektywniejszego rodzaju preparatu dodawanego do pryzm, biorąc pod uwagę zarówno stopień stabilizacji biologicznej odpadów, jak i zminimalizowanie uciążliwości zapachowej. Podczas tych badań, odnotowano istotne różnice pomiędzy pryzmami „dojrzewającymi” w warunkach standardowych, a tymi z zaburzoną temperaturą pracy. Na wartość stężenia zapachowego ma wpływ nie tyle temperatura zewnętrzna (podczas badań w temperaturach ujemnych, uzyskiwano podobne wartości, jak podczas badań w ciepłych miesiącach, przy temperaturze powietrza powyżej 20°C), co, przede wszystkim, temperatura wewnątrz pryzmy. Uznano, że najbardziej efektywnym spośród analizowanych preparatów – ze względu na wartości stężenia zapachu oraz wskaźniki stopnia biostabilizacji - jest OWS, stosowany jako zaszczepienie „standardowe”. Pomimo tego, że w tym przypadku nie stwierdzono najwyższej wartości stałej szybkości reakcji spośród badanych wariantów, preparat, w przypadku którego odnotowano taką wartość charakteryzował się niską efektywnością usuwania związków odorowych.

Badania olfaktometryczne wykazały konieczność stosowania zaczepiania preparatów celem zmniejszenia wartości stężenia zapachu – maksymalne stężenie zapachu w pryzmie bez dodatku preparatów wynosiło 15 000 ou/m³. Aby jednak wybrać najbardziej efektywny preparat, należy wziąć pod uwagę nie tylko parametry chemiczne świadczące o stopniu biostabilizacji, ale i stężenie zapachu emitowanego z pryzm w kolejnych stadiach tego procesu. Dopiero taka kompleksowa analiza prowadzić może do wyboru optymalnego wariantu. W pracy potwierdzono więc hipotezę, że opracowana metodyka badań olfaktometrycznych może stanowić istotne narzędzie do oceny poszczególnych wariantów technologicznych biostabilizacji.

Podczas badań zależności pomiędzy stężeniem zapachu, zawartością ogólnej substancji organicznej i węgla organicznego a tygodniem biostabilizacji stwierdzono, że po osiągnięciu maksimum w 3-4 tygodniu trwania procesu, wartości te zaczęły maleć. W etapie tym, wartościom zawartości substancji organicznej mniejszym niż 35% (do niedawna – kryterium biostabilizacji odpadów) odpowiadały wartości stężenia zapachu poniżej 500 ou/m³. Podobnie w przypadku zawartości ogólnego węgla organicznego – wartościom tego parametru

mniejszym niż 20%, odpowiadały wartości stężenia zapachu mniejsze niż 500 ou/m³. Zmniejszenie się wartości stężenia zapachu, po osiągnięciu maksimum, świadczyć może o zakończeniu fazy termofilnej i przejściu do fazy psychrofilowej, zwanej fazą chłodzenia (biostabilizacja niskotemperaturowa), podczas której, po degradacji związków trudno rozkładanych, następuje dalsza mineralizacja materii organicznej.

Podsumowując, stężenie zapachu może być istotnym wskaźnikiem dojrzałości odpadów poddawanych biostabilizacji. Badania olfaktometryczne (ze szczególnym uwzględnieniem badań *in situ*) są zaś odpowiednią, adekwatną techniką do monitorowania pryzm kompostowych i pryzm odpadów poddawanych biostabilizacji oraz weryfikacji stopnia stabilizacji produktu końcowego. Technika, która, obok standardowych, powszechnie stosowanych metod (oznaczenie AT₄, zawartości węgla organicznego, zawartości substancji organicznych i in.) może być przydatna w określeniu stopnia stabilizacji odpadów.

Znaczenie badań i możliwość wykorzystania uzyskanych wyników

Badania oddziaływania zapachowego obiektów gospodarki odpadami, a w szczególności kompostowni i instalacji mechaniczno-biologicznego przetwarzania odpadów, wydają się szczególnie istotne między innymi ze względu ich niekorzystne oddziaływanie na środowisko i, związaną z nim, eskalację konfliktów społecznych. Ze względu na fakt, iż w literaturze przedmiotu niewiele jest prac traktujących o stężeniach zapachu lub poziomie emisji zapachu z instalacji biologicznego przetwarzania odpadów, niniejsza praca wpisuje się w potrzebę rozwinięcia tej tematyki.

Dodatkowo, uzyskane wyniki mogą pozwolić na podjęcie próby określenia i doprecyzowania istniejących metodyk, zwłaszcza w odniesieniu do prac nad ustawą o przeciwdziałaniu uciążliwości zapachowej oraz wytycznych legislacyjnych związanych z tą tematyką.

W celu monitorowania procesu biostabilizacji istotne jest zbadanie relacji pomiędzy powszechnie badanymi parametrami a emisją zapachów. Co najmniej cotygodniowe badanie stężenia zapachu emitowanego z pryzmy poddawanej biostabilizacji, równoległe z prowadzonymi, również co tydzień, badaniami ogólnej substancji organicznej, węgla organicznego oraz AT₄, może w sposób istotny pomóc w oszacowaniu fazy (stopnia) biostabilizacji odpadów. Szczególnie istotne może to być w końcowych fazach procesu, kiedy wskutek zmniejszenia intensyfikacji rozkładu związków organicznych, zmniejsza się również stężenie zapachu. Na tym etapie, wartości stężenia zapachu wynoszące poniżej 500 ou/m³

świadczą mogą o osiągnięciu wystarczającego stopnia biostabilizacji do spełnienia kryteriów tego procesu. We wspomnianych fazach procesu, przypadających na 5 i 6 tydzień, należałoby zintensyfikować badania ww. parametrów - do minimum dwóch razy w tygodniu - by szczególnie zbadać zależności pomiędzy nimi podczas trwania etapu biostabilizacji niskotemperaturowej.

Dodatkowo, rozszerzenie zakresu badań pozwolić może na jednoznaczne określenie zakończenia procesu i optymalizację procesu biostabilizacji. Dużą zaletą włączenia badań olfaktometrycznych do standardowych metodyk może być określenie stopnia biostabilizacji *on-line* i natychmiastowa reakcja (np. zwiększenie wartości przepływu tlenu przez pryzmę, zaprzestanie odkrywania pryzmy itp.), jeśli zostaną stwierdzone jakiegokolwiek anomalie. Dodatkowo, wdrożenie badań olfaktometrycznych do badań przeprowadzanych standardowo w instalacjach MBP może przyczynić się do zachowania relatywnie niskiego stopnia oddziaływania na środowisko. Pomiary stężenia zapachu poprzedzać mogą np. proces przerzucania odpadów lub każdy inny proces technologiczny wymagający odkrycia pryzm. Dodatkowo, mogą być przydatne przy podejmowaniu decyzji o zakończeniu fazy termofilowej, która, kiedy proces przebiega dwuetapowo, musi być podejmowana w czasie rzeczywistym. Znając przebieg funkcji zależności stężenia zapachu od dnia biostabilizacji, można tak dostosować czynności oraz procesy techniczne wykonywane w instalacji MBP, by uniknąć intensyfikacji stopnia uciążliwości odorowej.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

Moje prace naukowo-badawcze dotyczą dwóch obszarów. Pierwszym z nich jest oddziaływanie obiektów gospodarki odpadami na środowisko, ze szczególnym uwzględnieniem problematyki dotyczącej odcieków składowiskowych. Drugim z obszarów badawczych jest olfaktometria. Ta ostatnia, szczególnie dotyczy metodyki badań odorymetrycznych, analiz rozprzestrzeniania się odorantów w powietrzu oraz aspektów oddziaływania związków uciążliwych zapachowo na środowisko (w tym badań terenowych). Obszarem moich badań są zwłaszcza instalacje gospodarki komunalnej, ze szczególnym uwzględnieniem obiektów mechaniczno-biologicznego przetwarzania odpadów, składowisk odpadów oraz oczyszczalni ścieków.

a) Działalność naukowo-badawcza prowadzona przed uzyskaniem stopnia doktora w okresie: 2003-2008

W ramach realizacji pracy dyplomowej w Zakładzie Biologii Środowiska Wydziału Inżynierii

Środowiska Politechniki Warszawskiej, wykonywałem badania nad degradacją wybranych pestycydów w środowisku wodnym. Zaowocowały one pracą magisterską pt. „*Biodegradacja wybranych pestycydów w środowisku wodnym*”, której opiekunem naukowym była prof. dr hab. Monika Załęska-Radziwiłł, artykułem naukowym „*Badania toksyczności w procesie biodegradacji endosulfanu*” (II.E.d.4) oraz wystąpieniem konferencyjnym „*Badanie biodegradacji i toksyczności endosulfanu w środowisku wodnym*” – wyniki opublikowane zostały jako rozdział monografii (II.E.c.7).

Podczas realizacji studiów doktoranckich, brałem czynny udział w pracach naukowo-badawczych prowadzonych w Zakładzie Biologii Środowiska. Między innymi, w latach 2003-2006 byłem wykonawcą Grantu MNiI Nr 4T09D 01725 *Migracja organizmów potencjalnie chorobotwórczych i zanieczyszczeń chemicznych w odciekach z odpadów komunalnych w określonych warunkach gruntowo-wodnych* pod kierownictwem prof. dr hab. Anny Grabińskiej-Łoniewskiej (II.J.13). Pokłosiem prac badawczych w ramach tego grantu było wystąpienie podczas II Kongresu Inżynierii Środowiska: „*Charakterystyka fizykochemiczna i mikrobiologiczna odcieków z różnych składowisk odpadów innych niż obojętne i niebezpieczne*” (II.E.b.6, II.L.2.2). Wyniki zostały również opublikowane jako rozdział w anglojęzycznej monografii Environmental Engineering (II.E.c.5).

Pracę doktorską realizowałem w ramach grantu MNiI Nr 2P04G 00828 *Efektywność usuwania wybranych grup mikroorganizmów chorobotwórczych i potencjalnie chorobotwórczych w procesie oczyszczania odcieków ze składowiska odpadów w mieszaninie ze ściekami komunalnymi* (II.J.12), realizowanego w latach 2005-2008. Kierownikiem projektu była prof. dr hab. Anna Grabińska-Łoniewska. W ramach prac naukowo-badawczych realizowanych podczas tego projektu, badałem efektywność usuwania zanieczyszczeń mikrobiologicznych i chemicznych z odcieków składowiskowych w reaktorze SBR, w mieszaninie ze ściekami komunalnymi. Wyniki badań zostały zaprezentowane na konferencji naukowej „Kompleksowe i szczegółowe problemy inżynierii środowiska” w Koszalinie - referat pt. *Wpływ obciążenia osadu czynnego na efektywność podczyszczania odcieków w reaktorze SBR* (II.L.2.8), opublikowany jako rozdział w monografii (II.E.c.4).

Studia doktoranckie w Zakładzie Biologii Środowiska zostały zwieńczone pracą doktorską pod kierunkiem prof. dr hab. Anny Grabińskiej-Łoniewskiej, „*Efektywność usuwania wybranych grup mikroorganizmów potencjalnie chorobotwórczych w procesie oczyszczania odcieków ze składowiska odpadów*” (II.E.c.3). Praca została zrecenzowana przez prof. nzw. dr hab. inż. Jolantę Podedworną oraz prof. dr hab. Renatę Kocwa-Haluch.

Celem pracy było określenie efektywności usuwania wybranych grup mikroorganizmów chorobotwórczych i potencjalnie chorobotwórczych w procesie oczyszczania odcieków w mieszaninie ze ściekami komunalnymi w reaktorze SBR w zależności od obciążenia osadu ładunkiem zanieczyszczeń organicznych (B_x), na tle skuteczności usuwania zanieczyszczeń chemicznych. Wykazano, że w procesie oczyszczania odcieków w mieszaninie ze ściekami komunalnymi w reaktorze SBR pracującym w systemie trzech ośmiogodzinnych cykli na dobę, uzyskać można 71-74% efektywność usuwania zanieczyszczeń związkami organicznymi (w tym związkami humusowymi) przy obciążeniu osadu B_x w zakresie 0,23-0,45 mg ChZT/mg.d. Dowiedziono również, że zarówno osad czynny, jak i odcieki odpływające z SBR stanowią zagrożenie sanitarne dla środowiska z uwagi na występowanie w nich bakterii z rodzaju *Listeria monocytogenes* oraz grzybów mikroskopowych w ilościach mogących powodować infekcje wielonarządowe u zwierząt ciepłokrwistych i człowieka.

b) Działalność naukowo- badawcza po uzyskaniu stopnia doktora w okresie po 2008 r.

Po uzyskaniu stopnia doktora zostałem zatrudniony w 2008 r. w Zakładzie Ochrony i Kształtowania Środowiska na Wydziale Inżynierii Środowiska PW (obecnie: Katedra Ochrony i Kształtowania Środowiska na Wydziale Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska PW). Od momentu zatrudnienia, brałem czynny udział w pracach naukowo-badawczych prowadzonych w Zakładzie.

Jak wspomniano, głównymi obszarami moich prac naukowo-badawczych są: olfaktometria oraz oddziaływanie obiektów gospodarki odpadami na środowisko. W ramach tych dwóch dziedzin, byłem wykonawcą następujących grantów i projektów badawczych:

- *BIOZIN - opracowanie innowacyjnego biofiltru zespolonego, wykorzystującego surowce odpadowe, przeznaczonego do oczyszczania i dezodoryzacji gazów procesowych z wybranych gałęzi przemysłu (J.1),*
- *Analiza porównawcza olfaktometrii terenowej z innymi metodami badawczymi w ocenie oddziaływania zapachowego oczyszczalni ścieków (J.10).*

Celem projektu *BIOZIN* jest opracowanie innowacyjnego biofiltru zespolonego wykorzystującego wypełnienie z surowców odpadowych, dostosowanego do oczyszczania i dezodoryzacji specyficznych gazów procesowych wraz z projektem technicznym, mogącym stanowić przedmiot zastrzeżenia patentowego. Koncepcja biofiltru zespolonego jest rozwiązaniem innowacyjnym, nie stosowanym w skali przemysłowej, pozwalającym na

optymalizację parametrów eksploatacyjnych i efektów ograniczenia emisji, a jednocześnie przyczynia się do lepszego wykorzystania surowców odpadowych zgodnie z modelem gospodarki o obiegu zamkniętym (ang. circular economy). Mój udział w projekcie polega na wykonaniu badań olfaktometrycznych badanych biofiltrów – trzech w skali technicznej, różniących się rodzajem doprowadzanych gazów, rodzajem wypełnienia i membrany, oraz jednego w skali przemysłowej (przed i po modernizacji).

Celem pracy *Analiza porównawcza olfaktometrii terenowej z innymi metodami badawczymi w ocenie oddziaływania zapachowego oczyszczalni ścieków* było zaproponowanie rozwiązań metodycznych do procedur ocen oddziaływania na środowisko oraz przepisów prawnych. Została postawiona teza, że metoda bezpośredniej olfaktometrii dynamicznej z użyciem olfaktometru terenowego może być stosowana w procedurach oceny oddziaływania zapachowego oczyszczalni ścieków. Cel pracy był realizowany poprzez wykonanie porównań sensorycznych i analitycznych metod badania stężenia zapachowego oraz stężeń odorantów. Praca umożliwiła pogłębienie i rozszerzenie wiedzy nt. metod badawczych, stosowanych w ocenach oddziaływania zapachowego oczyszczalni ścieków. Została zbadana możliwość stosowania wybranych metod badawczych w zależności od: rodzaju badanych źródeł odorów, wartości stężeń zapachowych i stężeń wybranych odorantów oraz warunków atmosferycznych. W pracy wykorzystano pięć różnych metod pomiarowych, stosowanych w ocenie oddziaływania zapachowego oczyszczalni ścieków komunalnych: pomiary stężenia zapachowego metodą olfaktometrii bezpośredniej (terenowej) z wykorzystaniem olfaktometru terenowego Nasal Ranger, pomiary stężenia zapachowego metodą olfaktometrii niebezpośredniej, pomiary intensywności zapachu metodą oceny sensorycznej oraz pomiary odorantów metodą kolorymetryczną i chromatograficzną. Do badań wybrano oczyszczalnie ścieków komunalnych: mechaniczno-biologiczne i mechaniczno-biologiczno-chemiczne. Mój udział polegał na wykonaniu pomiarów stężeń zapachu metodą olfaktometrii bezpośredniej oraz pomiarów stężenia wybranych związków chemicznych metodą chromatografii gazowej.

Działalność naukowo-badawczą w dziedzinie olfaktometrii kontynuowałem będąc kierownikiem grantów dziekańskich oraz pracy statutowej:

- *Grant dziekański habilitacyjny - weryfikacja zmodyfikowanego modelu Horna oceny odczuwalnej jakości powietrza z uwzględnieniem różnych cech odorantów (J.8);*
- *Grant dziekański habilitacyjny - porównanie metod pobierania próbek powietrza z*

powierzchniowych źródeł emisji oraz analiza zmian stężenia odorantów podczas przetrzymania próbek w workach stosowanych do badań olfaktometrycznych (J.3);

- *Ocena oddziaływania zapachowego podkładów kolejowych (J.5).*

Celem naukowym badań w ramach grantu *Weryfikacja zmodyfikowanego modelu Horna oceny odczuwalnej jakości powietrza z uwzględnieniem różnych cech odorantów* była próba zastosowania zmodyfikowanego modelu opisanego przez Horna i wsp. oceny odczuwalnej jakości powietrza, uwzględniając wybrane cechy odorantów. Ponadto, w pracy określono następujące cele cząstkowe: a) opracowanie „mapy odorowej” wybranej oczyszczalni ścieków, b) próba weryfikacji stwierdzenia Zarry i wsp. dotyczącego zredukowania częstotliwości pomiarów monitoringowych w siatce z dwóch do jednego pomiaru w miesiącu, c) ocena zastosowania dwóch rodzajów olfaktometrów terenowych do badania stężeń odorowych na wybranym obiekcie wraz z jej analizą porównawczą.

Celem głównym badań w ramach grantu dziekańskiego *Porównanie metod pobierania próbek powietrza z powierzchniowych źródeł emisji oraz analiza zmian stężenia odorantów podczas przetrzymania próbek w workach stosowanych do badań olfaktometrycznych* była ocena metod poboru próbek z powierzchniowych źródeł dyfuzyjnych. Ponadto, sformułowano cele cząstkowe: a) porównanie metod poboru odorantów pochodzących z wybranych źródeł wraz z oceną skuteczności zastosowania badanych metod; b) określenie czasu zatrzymania odorantów w trzech rodzajach worków (Tedlar, PTFE, Nalofan) stosowanych do oznaczeń olfaktometrycznych; c) próba określenia procedury pobierania próbek powietrza ze źródeł dyfuzyjnych oraz dedykowania poszczególnych rodzajów worków do badanych źródeł odorantów; d) propozycja zastosowania współczynników korelacji wewnątrzklasowej do weryfikacji zgodności badaczy biorących udział w badaniach olfaktometrycznych; e) weryfikacja użyteczności pomp ssąco-tłoczących oraz zestawu *Wind Tunnel* do poboru próbek z powierzchniowych źródeł dyfuzyjnych.

Podczas realizacji pracy statutowej sformułowano następujące cele: a) rozpoznanie problemu uciążliwości odorowej podkładów kolejowych zabezpieczonych różnymi impregnatami; b) porównanie wyników badań stężenia zapachowego na obszarze oddziaływania podkładów kolejowych za pomocą dwóch rodzajów olfaktometrów terenowych- Scentroid SM-100 oraz Nasal Ranger; c) wdrożenie kompleksowej oceny oddziaływania zapachowego, uzupełniając procedurę o m.in. ocenę hedonicznej jakości zapachu emitowanych zanieczyszczeń.

Cele te zostały zrealizowane, zaś pokłosem ww. projektów oraz innych prac naukowo-badawczych, jakich podejmowałem się w rozpatrywanym okresie, były artykuły w czasopismach indeksowanych: Archives of Environmental Protection (*Air pollution in landfill of wastes other than hazardous or inert*) (II.A.5), Water, Air and Soil Pollution (*Odour samples degradation during detention in Tedlar bags*) (II.A.4), Biodeterioration & Biodegradation (*Seasonal changes in the concentrations of airborne bacteria emitted from a large wastewater treatment plant*) (II.A.3), Journal of Air Waste Management Association (*Validation of odour concentration from mechanical-biological treatment piles using static chamber and wind tunnel with different wind speed values*) (II.A.2) oraz Ecological Chemistry and Engineering S (*Chromatographic examinations in the gas network odorized by tetrahydrothiophene*) (II.A.1).

Wyniki moich badań dotyczących problematyki oddziaływania składowisk odpadów na środowisko oraz neutralizacji odcieków składowiskowych były podstawą do publikacji artykułów w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports: Archives of Environmental Protection (*Formation of the activated sludge biocenosis during landfill leachate pre-treatment in SBR*) (II.A.9), Ochrona Środowiska (*Ocena zmian toksyczności odcieków ze składowiska odpadów podczas ich biologicznego oczyszczania*) (II.A.8), Central European Journal of Biology (*The mycobiota of landfill leachates in the pretreatment process in a sequencing batch reactor*) (II.A.7), Environmental Engineering (*Listeria monocytogenes and chemical pollutants migration with landfill leachates*) (II.E.a.6) oraz Ecological Chemistry of Engineering S (*Effectiveness of removal of humic substances and heavy metals from landfill leachates during their pretreatment process in the SBR reactor*) (II.A.6). Ponadto, wyniki zostały opublikowane w Pracach Naukowych Politechniki Warszawskiej seria „Inżynieria Środowiska”, zeszyt „Współczesne problemy inżynierii i ochrony środowiska” (*Metody neutralizacji odcieków ze składowisk odpadów komunalnych*) (II.E.c.2), a także w czasopiśmie Gaz, Woda i Technika Sanitarna (*Główne zanieczyszczenia mikrobiologiczne odcieków składowiskowych*) (II.E.d.2).

Wyniki prowadzonych przeze mnie badań były prezentowane na konferencjach międzynarodowych jako referaty i postery konferencyjne pt.: *Olfactometric Methods Application for Odour Nuisance Assessment of Wastewater Treatment Facilities in Poland* (II.E.a.5, II.L.1.8), *Comparison of two types of field olfactometers for assessing odours in laboratory and field tests* (II.E.a.4, II.L.1.7), *Assessment of range of olfactory impact of plant to mechanical-biological treatment of municipal waste* (II.E.a.3, II.L.1.6), *Odour nuisance of*

railway sleepers saturated with creosote oil (II.E.a.2, II.L.1.5), Analysis of the citizens complaints in Poland on odour nuisance (II.E.b.3, II.L.1.4), Visualization of odorant spread on selected sewage treatment plant using advanced GIS solutions (II.E.b.3, II.L.1.3), Comprehensive assessment of perceived air quality in sewage treatment plant, considering selected characteristics of odorants (II.E.b.3, II.L.1.2) oraz Methodological aspects of odorimetry in environmental audits of the wastewater treatment plants (II.E.a.1, II.L.1.1). Ponadto, wyniki zostały opublikowane jako rozdział w monografii *Współczesne Problemy Ochrony Środowiska II (Wykorzystanie przenośnego chromatografu gazowego typu Voyager firmy Photovac do wyznaczania stężenia siarkowodoru) (II.E.c.1).*

Dodatkowo, wyniki prac naukowo-badawczych publikowane były na konferencjach krajowych w formie referatów pt.: *Uciążliwości odorowe. Występowanie, zapobieganie, aspekty prawne (II.E.b.7, II.L.2.6), Wykorzystanie przenośnego chromatografu gazowego typu Voyager firmy Photovac do wyznaczania stężenia siarkowodoru (II.E.b.6, II.L.2.4), Metody pomiarów odorymetrycznych (II.E.b.5, II.L.2.3), Przegląd metod i urządzeń badawczych stosowanych w odorymetrii (II.E.b.4, II.L.2.1) oraz Analiza sensoryczna oddziaływania zapachowego oczyszczalni ścieków (II.L.2.2).*

Ponadto, jestem autorem lub współautorem 22 raportów merytorycznych z realizacji projektów badawczych, których byłem wykonawcą lub współwykonawcą (II.F.22).

Trwające w latach 2015-2017 badania naukowe były podstawą monografii habilitacyjnej *Olfaktometryczna metoda oceny stopnia biostabilizacji odpadów w instalacjach mechaniczno-biologicznego przetwarzania (I.A)*, stanowiącej osiągnięcie naukowe będące podstawą ubiegania się o uzyskanie stopnia naukowego doktora habilitowanego.

W trakcie zatrudnienia na Wydziale Inżynierii Środowiska (obecnie: Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska), brałem udział w projektach mających na celu m.in. wzmocnienie i rozwój potencjału dydaktycznego uczelni oraz zwiększenie liczby absolwentów kierunków o kluczowym znaczeniu dla gospodarki opartej na wiedzy (II.J.6), przygotowanie i uruchomienie studiów anglojęzycznych na Wydziale Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej (II.J.11), diagnozę potrzeb pracodawców zatrudniających (lub zainteresowanych zatrudnieniem) absolwentów Politechniki Warszawskiej (II.J.7), diagnozę poziomu umiędzynarodowienia Politechniki Warszawskiej wraz ze wskaźnikami umiędzynarodowienia oraz założeniami dotyczącymi systemu pomiaru odpowiadającego potrzebom jednostek Uczelni i Kierownictwa Uczelni (II.J.9), a także

modyfikację programu kształcenia na studiach anglojęzycznych Environmental Engineering i Environment Protection Engineering (I i II stopień) na kierunku Inżynieria Środowiska (II.J.2). Brałem udział również w realizacji zadania „Kształcenie zamawiane na kierunkach Biotechnologia i Technologia chemiczna Wydziału Chemicznego Politechniki Warszawskiej” (II.J.4).

Moje zainteresowania związane z rozwojem potencjału dydaktycznego zaowocowały publikacjami w czasopismach: Chemia, Dydaktyka, Ekologia, Metrologia (*Sztuka prezentacji, czyli zastosowanie multimediów w dydaktyce*) (II.F.d.3) oraz Chemistry-Didactics-Ecology-Metrology (*Michelangelo Merisi da Caravaggio and multimedia presentations - a marriage of beauty of art and the art of presentation*) (II.F.d.1). Ponadto, wygłosiłem referat konferencyjny pt. *Sztuka prezentacji, czyli zastosowanie multimediów w dydaktyce* (II.L.2.7).

c) Podsumowanie osiągnięć w działalności naukowo-badawczej

Przed uzyskaniem stopnia doktora byłem współautorem **1** artykułu w czasopiśmie znajdującym się na liście B MNiSW oraz **3** wystąpień na konferencji o zasięgu krajowym – wyniki zostały opublikowane jako rozdziały w monografiach konferencyjnych.

Po uzyskaniu stopnia doktora, na mój dorobek składa się **9** publikacji w czasopismach w bazie JCR (w przypadku czterech spośród nich jestem jedynym autorem), **3** w czasopismach wymienionych w wykazie MNiSW część B (2 spośród nich zostały napisane samodzielnie) oraz **5** w pozostałych czasopismach (2 z nich zostały napisane samodzielnie). W skład tego dorobku, wchodzi również monografia habilitacyjna oraz **4** rozdziały w monografiach. Po uzyskaniu stopnia doktora uczestniczyłem w **8** konferencjach o zasięgu międzynarodowym (3 prace samodzielne) oraz **6** konferencjach o zasięgu krajowym (1 praca samodzielna). Byłem autorem lub współautorem **22** raportów z prac naukowo badawczych. Ponadto, zrecenzowałem **8** artykułów dla czasopism indeksowanych w JCR.

Brałem udział w wykonywaniu prac w ramach **13** krajowych projektów naukowo-badawczych, w tym dwóch grantach MNiI (wykonawca), jednym grantem NCN (wykonawca), jednym projekcie NCBiR (wykonawca), dwóch grantach dziekańskich WIBHiŚ (kierownik), pracy statutowej WIBHiŚ (kierownik), pięciu projektach w ramach Projektu Kapitał Ludzki (wykonawca) oraz jednym projekcie w ramach Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój (wykonawca).

Mój sumaryczny Impact Factor zgodnie z rokiem opublikowania wynosi **10,99**,

natomiast zgodnie z aktualnymi danymi – **12,08**. Pięcioletni Impact Factor zgodnie z aktualnymi danymi wynosi **12,66**.

Indeks Hirscha według bazy Web of Science wynosi **3**, według bazy Scopus **4**, zaś według Google Scholar – **5**. Liczba cytowań, zgodnie z tymi trzema bazami, wynosi odpowiednio: **32**, **29** i **48** (bez autocytowań, odpowiednio, **30**, **26**, oraz **43**). Liczba punktów MNiSW uzyskana za publikacje naukowe zgodnie z rokiem wydania dla publikacji z listy JCR wynosi **175**, zaś zgodnie z aktualnymi danymi – **164**. Liczba punktów MNiSW uzyskana za wszystkie publikacje naukowe zgodna z rokiem wydania to **349**, natomiast zgodnie z aktualnymi danymi – **336**.

W tabelach 1-6 przedstawiono szczegółowy wykaz dorobku naukowo-badawczego.

Tabela 1. Zestawienie rodzajowe dorobku

Rodzaj publikacji	Przed doktoratem	Po doktoracie	Ogółem
Czasopisma w bazie JCR	-	9	9
Czasopisma wymienione w wykazie MNiSW część B	1	3	4
Czasopisma pozostałe	-	6	6
Monografie (monografia habilitacyjna)	-	1	1
Rozdziały w monografiach	3	3	6
Udział w konferencjach o zasięgu międzynarodowym (mat. konf.)	-	8	8
Udział w konferencjach o zasięgu krajowym (mat. konf.)	3	8	11
Podręcznik akademicki	-	-	-
Rozdział w raporcie badawczym	-	-	-
Opracowanie zbiorowe (opublikowany raport z pracy badawczej)	-	-	-
Ogółem	7	38	45
Raporty z prac naukowo-badawczych (niepublikowane)		22	22
Ekspertyzy	-	1	1

Tabela 2. Wykaz czasopism, w których opublikowano prace naukowe

Rodzaj czasopisma	Liczba opublikowanych prac			
	Przed doktoratem		Po doktoracie	
	samo-dzielnie	ze współ-autorem	samo-dzielnie	ze współ-autorem
Czasopisma w bazie JCR	-	-	4	5
Ecological Chemistry and Engineering S	-	-	1	1
Journal of Waste Management Association	-	-	1	-
International Biodeterioration and Biodegradation	-	-	-	1
Water, Air and Soil Pollution	-	-	1	-
Archives of Environmental Protection	-	-	-	2
Central European Journal of Biology	-	-	-	1
Ochrona Środowiska	-	-	1	-
Czasopisma krajowe na liście B MNiSW	-	1	2	1
Chemistry-Didactics-Ecology-Metrology	-	-	1	-
Gaz, Woda i Technika Sanitarna	-	-	-	1
Chemia, Dydaktyka, Ekologia, Metrologia	-	-	1	-
Inżynieria i Ochrona Środowiska PAN	-	-	-	-
Czasopisma niepunktowane	-	-	2	4
Chemical Engineering Transactions	-	-	2	3
Environmental Engineering	-	-	-	1
Ogółem	-	1	8	10

Tabela 3. Udział w konferencjach

Prezentowane wyniki	Przed doktoratem		Po doktoracie	
	Konferencja międzynarodowa	Konferencja krajowa	Konferencja międzynarodowa	Konferencja krajowa
prac samodzielnych	-	-	3	1
prac wspólnych	-	3	5	5
Ogółem	-	3	8	6

Tabela 4. Wskaźniki dorobku naukowego dotyczące punktu II.G z wykazu dorobku

	Web of Science	Scopus	Google Scholar
Liczba artykułów w bazie	15	12	20
Sumaryczna liczba cytowań	31	29	48
Liczba cytowań bez autocytowań	29	26	43
Index Hirscha	3	4	5

Tabela 5. Wskaźniki dorobku naukowego dotyczące punktu II.H z wykazu dorobku

	zgodnie z rokiem wydania	zgodnie z aktualnymi danymi
Sumaryczny IF wg listy JCR	10,99	12,08
Sumaryczny IF ₅ wg listy JCR	-	12,66
Sumaryczna liczba punktów MNiSW (publikacje z listy JCR)	160	149
Sumaryczna liczba punktów MNiSW (wszystkie publikacje)	339	322

Tabela 6. Udział w projektach badawczych

Funkcja	Projekty badawcze				
	Przed doktoratem	Po doktoracie			
	MNiI	NCN	NCBiR	EU	PW
Kierownik (i wykonawca)	-	-	-	-	3
Wykonawca	2	1	1	6	-
Ogółem	2	11			

6. Informacje o działalności dydaktycznej, organizacyjnej i popularyzatorskiej

a) Działalność dydaktyczna, organizacyjna i popularyzatorska przed uzyskaniem stopnia doktora w okresie: 2003-2008

Przed uzyskaniem stopnia doktora prowadziłem na kierunku ochrona środowiska ćwiczenia laboratoryjne z przedmiotu: biologia środowiska (**III.I.4.2.3.a**).

Ponadto, w latach 2007-2010 brałem udział w pracach Komisji rekrutacyjnej na kierunek: biotechnologia (**III.I.5.a**).

b) Działalność dydaktyczna, organizacyjna i popularyzatorska po uzyskaniu stopnia doktora po 2008

Po uzyskaniu stopnia doktora, prowadziłem i prowadzę zajęcia laboratoryjne, projektowe, ćwiczenia i wykłady dla kierunków: inżynieria środowiska (studia inżynierskie i magisterskie, specjalność: gospodarka odpadami), ochrona środowiska (studia inżynierskie i magisterskie, specjalność: ochrona i kształtowanie środowiska), biotechnologia (studia inżynierskie i magisterskie), technologia chemiczna (studia inżynierskie) oraz, w języku angielskim, dla kierunku Environmental Engineering (studia inżynierskie), Environmental Protection Engineering (studia magisterskie) i Biotechnology (studia inżynierskie).

Moja działalność dydaktyczna jest zbieżna z zainteresowaniami naukowo-badawczymi omówionymi w punkcie 5. Dotyczy przede wszystkim wpływu obiektów gospodarki komunalnej na środowisko oraz ochrony środowiska (szczególnie gleb i gruntów) przed działalnością antropogeniczną. Prowadziłem i prowadzę zajęcia z przedmiotów: *Oceny oddziaływania na środowisko, Nawodnienia i odwodnienia, Usuwanie zanieczyszczeń antropogenicznych, Ochrona środowiska naturalnego i rozwiązania proekologiczne w procesie produkcyjnym, Projektowanie inżynierskie w ochronie środowiska, Rekultywacja i zagospodarowanie gruntów, Ekologiczne i społeczne aspekty biotechnologii, Rekultywacja terenów zdegradowanych, Analiza informacji przestrzennej, Techniki diagnozowania stanu gleb i gruntów, Prognozy i techniki w ochronie środowiska, Oczyszczanie gleb i gruntów, Technologia i projektowanie oczyszczania gleb i gruntów oraz rekultywacji terenów zdegradowanych, Metody zwalczania nadzwyczajnych zagrożeń gleb i gruntów, Irrigation and Drainage, Social and Environmental Aspects of Biotechnology, Environmental Impact Assessments, Land Reclamation and Development, Soil Protection* (**III.I.4.1 i III.I.4.2**).

Spośród nich, jestem autorem lub współautorem ośmiu programów zajęć dydaktycznych (**III.I.2**) oraz dziewiętnastu materiałów dydaktycznych (**III.I.6.2**). Od 2017 roku prowadzę zajęcia projektowe i ćwiczenia z przedmiotu *Metody oceny stopnia uciążliwości obiektów gospodarki odpadami* (**III.I.4.2.2.j**, **III.4.2.4.a**), które wpisują się w obydwie aspekty mojej działalności naukowo-badawczej, łącząc kwestię oddziaływania obiektów gospodarki odpadami na środowisko z problematyką badań olfaktometrycznych. W latach 2014-2014 prowadziłem wykłady oraz zajęcia laboratoryjne dla słuchaczy Uniwersytetu Trzeciego Wieku (**III.I.5.c**), w 2016 roku przeprowadziłem wykład dla doktorantów Wydziału Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska pt. „*Sztuka prezentacji*” (**III.I.5.d**), zaś w 2008 roku – wykład dla studentów studiów podyplomowych „*Uzdatnianie wody, oczyszczanie ścieków i unieszkodliwianie odpadów*” (**III.I.5.e**). Ponadto, uczestniczyłem w pracach komisji rekrutacyjnej na kierunek: Biotechnologia (**III.I.5.a**) oraz byłem opiekunem studentów pierwszego roku w l. 2009-2010 (**III.I.5.b**).

W latach 2010-2015 brałem udział w pracach mających na celu promocję oferty edukacyjnej Wydziału podczas Dni Otwartych Politechniki Warszawskiej (**III.I.6.1.a**). Uczestniczyłem również w pracach zespołów dotyczących promocji: Wydziału Inżynierii Środowiska (2010-2012) (**III.I.6.1.b**) oraz kierunku Ochrona Środowiska (od 2016 r.) (**III.I.6.1.e**). Ponadto, uczestniczyłem w Pikniku Naukowym Radia Bis w Warszawie (**III.I.6.1.c**) i w Dniach Ziemi w Warszawie (**III.I.6.1.d**).

W latach 2008-2018 byłem promotorem **23** prac inżynierskich (w tym 1 praca dla studentów kierunku Environmental Engineering) oraz **17** prac magisterskich (w tym 3 prace dla studentów kierunku Environmental Protection Engineering).

W latach 2014-2015 brałem udział w zespołach eksperckich zajmujących się działalnością dydaktyczną na Wydziale Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska, mającymi na celu: *diagnozę poziomu umiędzynarodowienia Politechniki Warszawskiej wraz ze wskaźnikami umiędzynarodowienia oraz założeniami dotyczącymi systemu pomiaru odpowiadającego potrzebom jednostek Uczelni i Kierownictwa Uczelni* (**III.N.b**), *diagnozę potrzeb pracodawców zatrudniających (lub zainteresowanych zatrudnieniem) absolwentów Politechniki Warszawskiej* (**III.N.c**), oraz *wzmocnienie i rozwój potencjału dydaktycznego uczelni oraz zwiększenie liczby absolwentów kierunków o kluczowym znaczeniu dla gospodarki opartej na wiedzy* (**III.N.a**). W ramach ww. prac, byłem współautorem ekspertyzy pt. „*Diagnoza poziomu umiędzynarodowienia Politechniki*

Warszawskiej wraz ze wskaźnikami umiędzynarodowienia oraz założeniami dotyczącymi systemu pomiaru odpowiadającego potrzebom jednostek Uczelni i kierownictwa Uczelni” (III.M, II.L.2.2). Dodatkowo, byłem współorganizatorem Paneli Ekspertkich w ramach projektu „Podniesienie jakości zarządzania politechniką Warszawską” (III.A.1).

W 2010 roku byłem współorganizatorem warsztatów i szkolenia w zakresie metodyki konstruowania przestrzennych baz odorowych z zastosowaniem GIS dla pracowników Zakładu Ekologii Instytutu Inżynierii Ochrony Środowiska Politechniki Wrocławskiej.

Na wydziale pełniłem lub pełnię następujące funkcje: członek Zespołu ds. Promocji Wydziału Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej, członek Zespołu ds. Strony Internetowej Wydziału Inżynierii Środowiska, członek Zespołu ds. Promocji Kierunku: Ochrona Środowiska, sekretarz Redakcji Prac Naukowych Inżynierii Środowiska, członek Wydziałowej Komisji ds. Jakości Kształcenia, członek Wydziałowej Komisji ds. Internacjonalizacji, opiekun praktyk studenckich dla kierunków: Ochrona Środowiska (stopień 1 i 2), Gospodarka Odpadami (stopień 1), Environmental Engineering (stopień 1), Environmental Protection Engineering (stopień 2), pełnomocnik dziekana ds. praktyk studenckich (2015-obecnie).

Za działalność dydaktyczną, organizacyjną i popularyzatorską zostałem uhonorowany następującymi wyróżnieniami: *Nagroda Indywidualna J.M. Rektora Politechniki Warszawskiej Stopnia III za osiągnięcia dydaktyczne w roku 2011 (III.D.3)*, *Nagroda Indywidualna J.M. Rektora Politechniki Warszawskiej Stopnia III za osiągnięcia dydaktyczne w roku 2012 (III.D.2)*, *zajęcie 2. miejsca w konkursie Złotej Kredy na najlepszego nauczyciela akademickiego prowadzącego zajęcia (Złota Kreda, 2011) (III.D.7)*, *zajęcie 1 miejsca w konkursie Złotej Kredy na najlepszego nauczyciela akademickiego prowadzącego zajęcia (Złota Kreda, 2012) (III.D.5)*, *zajęcie 3 miejsca w konkursie Złotej Kredy na najlepszego nauczyciela akademickiego prowadzącego wykłady (Złota Kreda, 2012) (III.D.6)*, *zajęcie 1 miejsca w konkursie Złotej Kredy na najlepszego nauczyciela akademickiego prowadzącego zajęcia (Złota Kreda, 2013) (III.D.4)*, *Nagroda zespołowa Rektora, 2015 – za działania w zakresie promocji kierunku: Ochrona Środowiska (III.D.1)*.