

Autoreferat **o osiągnięciach w działalności naukowo-badawczej, dydaktycznej i** **organizacyjnej**

SPIS TREŚCI

1. IMIĘ I NAZWISKO	STR. 2
2. POSIADANE DYPLOMY I STOPNIE NAUKOWE	STR. 2
3. PRZEBIEG ZATRUDNIENIA W JEDNOSTKACH NAUKOWYCH	STR. 2
4. WSKAZANIE OSIĄGNIĘCIA WYNIKAJĄCEGO Z ART. 16 UST. 2 USTAWY Z DN. 14.03.2003 O STOPNIACH NAUKOWYCH I TYTULE NAUKOWYM ORAZ O STOPNIACH I TYTULE W ZAKRESIE SZTUKI	STR. 3
4.1. TYTUŁ OSIĄGNIĘCIA	STR. 3
4.2. PUBLIKACJE WCHODZĄCE W SKŁAD OSIĄGNIĘCIA	STR. 3
4.3. OMÓWIENIE CELU NAUKOWEGO W/W PRAC I OSIĄGNIĘTYCH WYNIKÓW WRAZ Z PRZEDSTAWIENIEM ICH EWENTUALNEGO WYKORZYSTANIA	STR. 4
5. OMÓWIENIE POZOSTAŁYCH OSIĄGNIĘĆ NAUKOWO-BADAWCZYCH	STR. 12
5.1. PRZED UZYSKANIEM STOPNIA DOKTORA	STR. 12
5.2. PO UZYSKANIU STOPNIA DOKTORA	STR. 14
6. PODSUMOWANIE DOROBKU NAUKOWEGO	STR. 19
6.1. PRZED UZYSKANIEM STOPNIA DOKTORA	STR. 19
6.2. PO UZYSKANIU STOPNIA DOKTORA	STR. 19
6.3. STATYSTYKA PRAC NAUKOWYCH	STR. 20
7. INFORMACJA O DZIAŁALNOŚCI DYDAKTYCZNEJ	STR. 21
8. INFORMACJA O DZIAŁALNOŚCI ORGANIZACYJNEJ, WSPÓŁPRACY NAUKOWEJ I POPULARYZACJI NAUKI	STR. 23

1. IMIĘ I NAZWISKO

Agnieszka Elwira Tuszyńska

2. POSIADANE DYPLOMY I STOPNIE NAUKOWE

2001 r. – uzyskanie stopnia magistra inżyniera na kierunku inżynieria środowiska o specjalności inżynieria sanitarna na Wydziale Budownictwa Wodnego i Inżynierii Środowiska Politechniki Gdańskiej (obecnie: Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska), tytuł pracy magisterskiej „Projekt oczyszczalni ścieków dla wsi Bryzgiel o RLM = 1000 leżącej na terenie Wigierskiego Parku Narodowego”

2005 r. – uzyskanie stopnia naukowego doktora nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska o specjalności technologia wody i ścieków na Wydziale Inżynierii Lądowej i Środowiska Politechniki Gdańskiej, tytuł rozprawy doktorskiej „Wpływ substancji organicznej na natlenienie i efektywność usuwania zanieczyszczeń w złożach hydrofitowych”

3. PRZEBIEG ZATRUDNIENIA W JEDNOSTKACH NAUKOWYCH

2001 r. – 2005 r. – stanowisko doktoranta Studium Doktoranckiego „Geotechnika i Inżynieria Środowiska” na Wydziale Budownictwa Wodnego i Inżynierii Środowiska (obecnie Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska) Politechniki Gdańskiej

2006 r. – 2008 r. - stanowisko asystenta w Katedrze Technologii Wody i Ścieków na Wydziale Inżynierii Lądowej i Środowiska Politechniki Gdańskiej

2006 r. – 2008 r. - stanowisko adiunkta w Zakładzie Ogrzewnictwa i Wentylacji na Wydziale Budownictwa i Inżynierii Środowiska Akademii Techniczno-Rolniczej (obecnie: Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska; Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy)

2008 r. – 2012 r. - stanowisko adiunkta w Katedrze Technologii Wody i Ścieków na Wydziale Inżynierii Lądowej i Środowiska Politechniki Gdańskiej

2011 r. – do chwili obecnej - stanowisko nauczyciela akademickiego na Wydziale Inżynieryjnym Wyższej Szkoły Zarządzania Środowiskiem w Tucholi

2012 r. – do chwili obecnej - stanowisko adiunkta w Katedrze Inżynierii Sanitarnej na Wydziale Inżynierii Lądowej i Środowiska Politechniki Gdańskiej



4. WSKAZANIE OSIĄGNIĘCIA WYNIKAJĄCEGO Z ART. 16 UST. 2 USTAWY Z DN. 14.03.2003 O STOPNIACH NAUKOWYCH I TYTULE NAUKOWYM ORAZ O STOPNIACH I TYTULE W ZAKRESIE SZTUKI (Dz. U. Nr 65, poz. 595 ze zm.)

4.1. TYTUŁ OSIĄGNIĘCIA

Cykl publikacji monotematycznych:

„Transformacja substancji organicznej i związków fosforu podczas oczyszczania ścieków w ekologicznych systemach oczyszczających”.

4.2. PUBLIKACJE WCHODZĄCE W SKŁAD OSIĄGNIĘCIA

1. **Tuszyńska A.**, Obarska-Pempkowiak H. (2008) *Dependence between quality and removal effectiveness of organic matter in hybrid constructed wetlands*. *Bioresource Technology* 99: 6010-6016.
Punktacja MNiSW: 45 IF: 5,6
2. **Tuszyńska A.**, Obarska-Pempkowiak H. (2008) *Wpływ natlenienia złóż hydrofitowych na efektywność usuwania zanieczyszczeń*. *Rocznik Ochrona Środowiska* 10: 413-425.
Punktacja MNiSW: 15 IF: 0,735
3. **Tuszyńska A.**, Obarska-Pempkowiak H. (2009) *Speciation of organic matter in vertical flow constructed wetlands*. *Polish Journal of Environmental Studies* 18(4): 735-740.
Punktacja MNiSW: 15 IF: 0,762
4. **Tuszyńska A.**, Obarska-Pempkowiak H. (2010) *Wpływ jakości doprowadzanej substancji organicznej na wydajność i eksploatację oczyszczalni hydrofitowych*. *Przemysł Chemiczny* 7: 958 - 962.
Punktacja MNiSW: 15 IF: 0,356
5. **Tuszyńska A.**, KołECKA K. (2011) *Wpływ składu granulometrycznego zanieczyszczeń na jakość wód i ścieków oczyszczanych w systemach ekologicznych*. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna* 12: 486-490.
Punktacja MNiSW: 6 IF: 0
6. **Tuszyńska A.**, KołECKA K. (2012) *Analiza osadów dennych pod kątem ich właściwości nawozowych*. *Ekologia i Technika* 4: 259-266.
Punktacja MNiSW: 5 IF: 0
7. **Tuszyńska A.**, KołECKA K. (2012) *Particle size analysis of suspensions in removing of organic matter and phosphorus from wastewater and surface water*. *ACEE Journal* 4: 113-119.
Punktacja MNiSW: 4 IF: 0
8. **Tuszyńska A.**, KołECKA K. (2012) *Frakcje fosforu w osadach dennych i ich biodostępność podczas doczyszczania ścieków w systemach ekologicznych*. *Inżynieria Morska i Geotechnika* 3: 179-188.
Punktacja MNiSW: 4 IF: 0
9. **Tuszyńska A.**, KołECKA K., Quant B. (2013) *The influence of phosphorus fractions in bottom sediments on phosphate removal in semi-natural systems as the 3rd stage of biological wastewater treatment*. *Ecological Engineering* 53: 321- 328.
Punktacja MNiSW: 35 IF: 3,479

Zestawienie publikacji wraz z punktacją (wg Rozporządzenia MNiSW w sprawie czasopism naukowych z dn. 13 lipca 2012 roku) i procentowym udziałem habilitantki w przygotowaniu publikacji.

<i>Pozycja</i>	<i>Liczba punktów</i>	<i>Procent udziału W publikacji</i>	<i>Liczba punktów z uwzględnieniem udziału</i>	<i>Impact Factor*</i>
Ad. 1	45	50	22,5	5,6
Ad. 2	15	50	7,5	0,735
Ad. 3	15	50	7,5	0,762
Ad. 4	15	50	7,5	0,356
Ad. 5	6	90	5,4	0
Ad. 6	5	90	4,5	0
Ad. 7	4	80	3,2	0
Ad. 8	4	90	3,6	0
Ad. 9	35	90	31,5	3,479
Suma	144	-	93,2	10,932

* IF dla okresu 5-letniego

4.3. OMÓWIENIE CELU NAUKOWEGO W/W PRAC I OSIĄGNIĘTYCH WYNIKÓW WRAZ Z PRZEDSTAWIENIEM ICH EWENTUALNEGO WYKORZYSTANIA

Ekologiczne systemy oczyszczające (w jęz. ang. *Ecological Treatment Systems - ETS*) są wzorowane na wprowadzanych w Europie Zachodniej i Ameryce Północnej systemach określanych jako „*constructed wetlands*”, których praca symuluje warunki hydrauliczne oraz siedliskowe naturalnych ekosystemów bagiennych. Gruntowo-roślinna metoda oczyszczania ścieków jest procesem biologicznym zachodzącym z udziałem mikroorganizmów heterotroficznych oraz roślin wodolubnych, egzystujących w odpowiednio zaprojektowanych systemach z powierzchniowym przepływem ścieków (w jęz. ang. *Free Water Surface - FWS*) lub z podpowierzchniowym przepływem ścieków (w jęz. ang. *Vegetated Submerged Beds - VSB*).

Na skutek specyficznych warunków umożliwiających rozwój roślin następuje intensyfikacja procesów utleniania i redukcji, które - wspomagane przez procesy sorpcji, sedymentacji i asymilacji - umożliwiają usuwanie znacznej części zanieczyszczeń ze ścieków. Dotychczas ekologiczne systemy oczyszczające wykorzystywano do usuwania zanieczyszczeń ze źródeł punktowych (oczyszczalnie hydrofitowe) i obszarowych (buforowe strefy roślinne) oraz do odwadniania i częściowego unieszkodliwiania osadów ściekowych. Zaletą tych systemów jest możliwość intensyfikacji i kontroli niektórych procesów w nich zachodzących.

Zdolność obiektów ETS do usuwania zanieczyszczeń ze ścieków zależy od wielu czynników środowiskowych, do których zaliczyć należy m.in.: zmienne warunki tlenowe, temperaturę, jak



również odczyn ścieków, czy też obciążenie ładunkiem substancji organicznej. Natomiast wydłużony czas zatrzymania ścieków w systemach sprzyja sedymentacji zanieczyszczeń.

Dotychczas w obiektach ETS prowadzono badania dotyczące efektywności usuwania substancji organicznej oraz związków biogenych. Nie wiadomo jednak zbyt wiele o frakcjach, w jakich występują i zdolności do transformacji oraz ich biodostępności zarówno w ściekach przepływających przez system, jak i w osadach powstających podczas ich oczyszczania. Najnowsze doniesienia literaturowe wskazują, że związki biogenne i substancja organiczna w formie zawieszinowej i rozpuszczonej doprowadzane wraz ze ściekami do ekologicznych systemów oczyszczających mogą podlegać dalszej transformacji. Dynamika transformacji tych zanieczyszczeń jest kształtowana m.in. zarówno przez warunki aerobowe, jak i anaerobowe, zakłócenia równowagi węglanowej, czy też przez promieniowanie UV.

Przeprowadziłam zatem badania w celu weryfikacji dwóch hipotez mówiących, iż:

- 1) efektywność usuwania substancji organicznej ze ścieków w ekologicznych obiektach oczyszczających zależy od frakcji, w jakich występuje oraz od ich stężeń;
- 2) w zależności od zmieniających się warunków fizyczno-chemicznych zachodzących w ekologicznych systemach oczyszczających zmienia się udział form specyjalnych fosforu w osadach, a tym samym zmieniają się warunki równowagi fosforu pomiędzy ściekami i osadem, co wpływa na efektywność usuwania fosforu w tych obiektach.

Ad. 1.

W celu weryfikacji pierwszej hipotezy przeprowadziłam analizę pracy trzech obiektów ETS typu VSB pracujących w dwóch różnych konfiguracjach o zmiennym podpowierzchniowym pionowym i poziomym przepływie ścieków. Konfigurację pierwszą, ze złożem poziomym usytuowanym na początku biologicznego oczyszczania, analizowałam na przykładzie dwóch obiektów w woj. pomorskim. Konfigurację drugą, ze złożem pionowym zaprojektowanym jako pierwszy stopień oczyszczania, przeanalizowałam na przykładzie obiektu w Niemczech.

Próbki ścieków pobierałam raz w miesiącu w dwuletnim okresie badań odpowiednio na dopływie, po kolejnych stopniach oczyszczania i odpływie z obiektów. W celu ilości usuwanej substancji organicznej, podczas przepływu ścieków przez kolejne elementy oczyszczania, w pobranych próbkach ścieków oznaczałam zawiesinę ogólną i substancję organiczną podatną na rozkład biochemiczny wyrażoną w BZT₅ oraz całkowitą - wyrażoną w ChZT. Oznaczenie właściwości

fizyczno-chemicznych ścieków wykonałam według Zbioru Polskich Norm¹ oraz według norm obowiązujących w Niemczech².

Specjację substancji organicznej wykonywałam w celu określenia udziału i rodzaju rozpuszczonych związków organicznych biologicznie rozkładalnych (S_s) i nierozkładalnych (inertnych) (S_i) oraz zawiesiny organicznej podatnej na rozkład (X_s) i trudno rozkładalnej biologicznie (X_i), zgodnie z metodyką podaną w niemieckich wytycznych ATV-131 (1995)³. Procedurę związaną z określeniem poszczególnych form substancji organicznej nazwano specjacją zgodnie z terminologią stosowaną w analizie chemicznej.

Uzyskane przeze mnie wyniki badań pozwoliły stwierdzić, że we wszystkich analizowanych obiektach wartości stężeń substancji organicznej we frakcjach X_s , X_i i S_s po kolejnych stopniach oczyszczania uległy obniżeniu, podczas gdy wartości stężeń frakcji S_i w ściekach po kolejnych stopniach oczyszczania były takie same jak w dopływie do obiektów.

Z charakterystyki ścieków dopływających do obiektu w Wiklinie wynikało, że w ściekach po oczyszczeniu mechanicznym 48,2% całkowitego ChZT stanowiła frakcja zawiesin organicznych podatnych na rozkład biologiczny. Natomiast po kolejnych stopniach oczyszczania stężenie frakcji X_s w ściekach uległo znacznemu obniżeniu. W ściekach na odpływie zmniejszył się także udział procentowy frakcji zawiesin biologicznie trudno rozkładalnych (X_i) i rozpuszczonych związków organicznych biologicznie rozkładalnych (S_s).

Wartość udziału procentowego frakcji X_s w ściekach dopływających do obiektu w Wieszyńie była zbliżona do uzyskanej w oczyszczalni w Wiklinie. Jednak po kolejnych stopniach oczyszczania nie odnotowałam wysokiego spadku stężenia frakcji X_s w odniesieniu do ChZT, jak to miało miejsce podczas analizy pracy obiektu w Wiklinie. Również udział procentowy frakcji X_i w ściekach oczyszczanych po kolejnych stopniach utrzymywał się na podobnym poziomie i wynosił średnio ok. 17%.

Z charakterystyki ścieków dopływających do obiektu w Niemczech wynikało, że w dopływających ściekach 25,4% całkowitego ChZT stanowiła frakcja zawiesin organicznych podatnych na rozkład biologiczny i udział procentowy tej frakcji w ściekach był dwukrotnie niższy niż w ściekach dopływających do obiektów analizowanych w Polsce. Niższy udział frakcji X_s w ściekach był rezultatem stosowania recyrkulacji ścieków oczyszczonych na początek systemu oczyszczającego. Po kolejnych stopniach oczyszczania wartości stężeń dla frakcji X_s jak i frakcji X_i ulegały znacznemu

¹ Zbiór Polskich Norm (1998) *Woda i Ścieki*. Wydawnictwo Normalizacyjne ALFA-WERO sp. z o.o.

² Deutsches Einheitsverfahren H11: DIN 30409 T2 i DIN 38409 H51.

³ Arbeitsblatt ATV-A131 (1995) *Bemessung und Betrieb von einstufigen Belebungsanlagen ab 5000 Einwohnergleichwerten*. St. Augustin.

obniżeniu. Np. udział procentowy frakcji X_1 w ściekach dopływających do obiektu wynosił 15,8 %, zaś w ściekach oczyszczonych - 6,0%. Podobnie było z frakcją S_5 . W ściekach oczyszczonych stężenie rozpuszczonych związków organicznych biologicznie rozkładalnych było sześciokrotnie niższe w porównaniu do ścieków dopływających do obiektu.

W ściekach oczyszczonych we wszystkich analizowanych obiektach największy udział procentowy stanowiła frakcja inertnych związków organicznych.

Wykonane badania pozwoliły mi na sformułowanie wniosku, że substancja organiczna występująca we frakcjach X_5 i X_1 znacząco wpłynęła na zdolność ścieków do biodegradacji i warunkowała skuteczność usuwania zanieczyszczeń w analizowanych obiektach. Ścieki, które charakteryzowały się wyższym udziałem substancji organicznej występującej w zawieszynie, ulegały rozkładowi znacznie wolniej, aniżeli ścieki, w których dominowała rozpuszczona substancja organiczna, w konsekwencji przyczyniając się do obniżenia efektywności oczyszczania. Analizując próbki ścieków zaobserwowałam, że w ściekach oczyszczanych w Wieszynie było dużo zawiesiny, zaś w pozostałych obiektach – ścieki charakteryzowały się znacznym stężeniem substancji rozpuszczonej podatnej na rozkład biologiczny. Uzyskane wyniki badań wykazały, że ścieki charakteryzujące się ilorazem $X_5+X_1/S_5+S_1 < 1,6$ oczyszczane były z zanieczyszczeń w złożach najefektywniej (powyżej 90%). Dla ścieków o ilorazie $X_5/S_5 > 2,8$ efektywność usuwania zawiesiny i substancji organicznej uległa obniżeniu średnio o 25%.

Ad. 2.

Fosfor, który znajduje się w osadach, występuje w postaci fosforanów labilnie związanych ze związkami kompleksowymi, jak również w postaci fosforanów zaadsorbowanych na substancji organicznej i nieorganicznej.

W wyniku abiotycznych oraz biotycznych procesów część fosforu występującego w osadach w formie związków chemicznych ulega rozpuszczeniu i powtórnemu uwolnieniu do ścieków. Do podstawowych czynników wpływających na ten proces należą: zawartość tlenu, odczyn i potencjał utleniająco-redukcyjny. Ważny wpływ ma również temperatura, struktura i uwodnienie osadów. O trwałości deponowania lub tempie uwalniania fosforu z osadów decyduje charakter wiązań chemicznych, w których ten pierwiastek występuje. Stąd fosfor może tworzyć połączenia (frakcje) o różnej zdolności jego uwalniania do środowiska.

Badania występowania mobilnych form fosforu w osadach mają kluczowe znaczenie przy ocenie ilości fosforu, który uwolniony w wyniku chemicznego rozpuszczania związków mineralnych i mikrobiologicznego rozkładu materii organicznej jest powtórnie włączany do obiegu biologicznego, powodując wzrost produkcji pierwotnej.

Pierwsze badania specjacji fosforu prowadzone były dla gleb, znacznie później dla osadów dennych jezior. Dotychczas nie rozpatrywano form występowania fosforu w osadach powstających podczas oczyszczania ścieków w ekologicznych systemach oczyszczających.

W celu weryfikacji drugiej hipotezy przeprowadziłam badania w trzech ekologicznych systemach oczyszczających zlokalizowanych w woj. pomorskim.

Próbki ścieków do badań pobierałam raz w miesiącu przez okres dwóch lat na dopływie i odpływie z obiektów ETS, z uwzględnieniem wrażliwości tych systemów pojawiających się na początku, w środku oraz na końcu sezonu wegetacyjnego, kiedy w populacjach roślinnych zachodzą największe zmiany. Oznaczenia stężeń zanieczyszczeń (m.in. substancji organicznej, fosforu ogólnego i fosforu fosforanowego) w ściekach przeprowadziłam zgodnie z obowiązującymi polskimi normami. Dla określenia panujących warunków fizyczno-chemicznych w analizowanych obiektach każdorazowo wykonywałam pomiary zawartości tlenu, odczynu i temperatury przy pomocy sond elektronicznych niemieckiej firmy WTW. Próbki osadów pobieram wzdłuż profilu pionowego z analizowanych obiektów. Profile osadów dzieliłam na 10-centymetrowe warstwy i każdą analizowałam osobno.

W pracy przeanalizowałam cztery metody specjacji fosforu w osadach: BCR⁴, Williamsa⁴, Goltermana⁵ oraz Psennera⁶. Metody te różnią się między sobą liczbą wydzielonych frakcji. Metoda BCR pozwala na rozdzielenie fosforu zaadsorbowanego w osadach na 3 frakcje, podczas gdy metoda Goltermana na 4 frakcje a metody Williamsa i Psennera na 5 frakcji różniących się rozpuszczalnością.

Przeprowadzone badania pozwoliły mi wskazać, że metoda Psennera, choć bardzo czasochłonna, stanowiła najbardziej właściwą technikę analityczną do oceny jakości i stężeń frakcji fosforu w osadach pochodzących z systemów ETS. Wg Psennera formą o największej dostępności biologicznej jest fosfor luźno sorbowany na powierzchni cząstek osadów (frakcja NH₄Cl-P). Bardzo mobilny jest także fosfor zasocjowany z tlenkami i hydroksytlenkami żelaza (frakcja Fe-P). Fosfor w połączeniach z materią organiczną, oznaczany jako frakcja NaOH-P, jest także uważany za dostępny biologicznie. Pozostały fosfor występuje w połączeniach z wapniem i magnezem (frakcja HCl-P) oraz w innych, praktycznie nierozpuszczalnych, związkach o charakterze mineralnym i organicznym (frakcja Res.-P).

Fosfor luźno sorbowany na cząstkach osadów ekstrahowałam przez okres jednej godziny 1-molowym roztworem NH₄Cl, a fosfor występujący w połączeniach z żelazem – mieszaniną (w

⁴ Pardo P., Lopez-Sanchez J.F., Rauret G. (1998) *Characterisation, validation and comparison of three methods for the extraction of phosphate from sediments*. *Analityka Chémica Acta* 376: 183 - 195.

⁵ Golterman H. L. (1996) *Fractionation of sediment phosphate with chelating compounds: a simplification, and comparison with other methods*. *Hydrobiologia* 335: 87 - 95.

⁶ Psenner R., Bostrom B., Dinka M., Pettersson K., Pucsko R., Sager M. (1988) *Fractionation of phosphorus in suspended matter and sediment*, *Arch. Hydrobiol.* 30: 98 - 102.

stosunku 1:1) 0,11-molowego NaHCO_3 i 0,11-molowego $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ przez dwie godziny. Fosfor związany z materią organiczną ekstrahowałam przez 18 godzin 1-molowym roztworem NaOH , zaś fosfor występujący w połączeniach z wapniem i magnezem – 0,5-molowym HCl także przez okres 18 godzin. Po każdym etapie ekstrakcji próbkę wirowałam i zlewałam roztwór z nad osadu. Pozostały osad zalewałam następnym w kolejności odczynnikami. Roztwór uzyskany po każdym etapie ekstrakcji zobojętniałam i oznaczałam w nim zawartość fosforu fosforanowego metodą molibdenianową. Fosfor pozostały w osadzie po czwartym etapie ekstrakcji, tj. frakcję Res.-P, oznaczałam, spalając próbkę w kwasie nadchlorowym.

Analiza udziału ilościowego form specyjalnych fosforu w profilach osadów pochodzących z obiektów ETS dostarczyła istotnych informacji o trwałości kumulacji i możliwości powtórnego uwalniania tego pierwiastka do ścieków.

Zawartość frakcji fosforu o wysokiej dostępności biologicznej w osadach pochodzących z obiektów w Swarzewie i Kartuzach była niewielka i wynosiła średnio 7,0%. Wraz z głębokością udział fosforu we frakcji $\text{NH}_4\text{Cl-P}$ w profilu osadów wzrósł - w warstwie powierzchniowej stanowił 4,0%, zaś w warstwie najstarszej - 10,0% $P_{\text{całk}}$. Sytuację odmienną zaobserwowałam dla osadów pochodzących z obiektu w Żarnowcu. Udział fosforu we frakcji $\text{NH}_4\text{Cl-P}$ wynosił średnio 46,4% i wraz z głębokością uległ nieznacznemu obniżeniu z 46,9 do 44,4%.

Wysocze mobilny jest także fosfor występujący w połączeniach z żelazem (frakcja Fe-P). W osadach ze Swarzewa zawartość fosforu w tej frakcji była trzy razy wyższa, niż fosforu zawartego we frakcji $\text{NH}_4\text{Cl-P}$. Wartość średnia wynosiła 2,47 mgP/gś.m, co stanowiło 19,9 % średniej zawartości frakcji Fe-P w osadach. Najniższą zawartość stwierdzono w warstwie powierzchniowej - 1,5 mgP/gś.m., zaś najwyższą w warstwie najstarszej - 3,2 mgP/gś.m. Sytuację przeciwną zaobserwowałam dla osadów z Żarnowca. Tutaj udział frakcji Fe-P wraz z głębokością uległ obniżeniu i wynosił odpowiednio 9,5% w warstwie powierzchniowej i 4,4% na głębokości 20 cm. Spadek udziału fosforu we frakcji HCl-P wzdłuż profilu osadów pobranych z Żarnowca świadczył o intensywnym uwalnianiu pierwiastka z osadów. W obiekcie w analizowanym okresie badań dominowały warunki beztlenowe, które przyczyniły się do redukcji Fe^{3+} do Fe^{2+} a tym samym do rozpuszczenia kompleksów Fe-P i ponownego uwolnienia jonów fosforanowych do ścieków.

We wszystkich analizowanych obiektach dominującą formą fosforu w osadach stanowiła frakcja NaOH-P (od 41,5 do 51,9% fosforu całkowitego zawartego w osadach). Stwierdziłam istotną korelację ($r = 0,79$) pomiędzy zawartością substancji organicznej w osadach a zawartością fosforu we frakcji NaOH-P . Uzyskane wyniki pozwoliły mi wnioskować, że większość fosforu zakumulowana w analizowanych osadach występowała w połączeniach z frakcją zawieszinową trudno rozkładalną i podatną na rozkład biologiczny. W Swarzewie i Kartuzach udział frakcji NaOH-P uległ wraz z

głębokością profilów osadów obniżeniu z ok. 70% w warstwie powierzchniowej do 40,0% na głębokości 30 cm. Spadek udziału fosforu we frakcji NaOH-P wzdłuż profilów osadów świadczył o intensywnym uwalnianiu pierwiastka z osadów. W okresie badań dominowały warunki tlenowe, które przyczyniły się do intensywnej mineralizacji materii organicznej i tym samym do ponownego uwolnienia jonów fosforanowych do ścieków. W dobrych warunkach tlenowych uwalnianie fosforu zdecydowanie przeważało nad procesami jego deponowania, prowadząc do obniżenia zawartości frakcji NaOH-P w osadach.

Frakcja fosforu związanego z wapniem i magnezem jest mniej mobilna od trzech wcześniej przeze mnie omówionych. Średnia zawartość fosforu we frakcji HCl-P w analizowanych osadach wynosiła od 3,0% do ok. 16%. Zaobserwowałam również, że jej udział wzrastał wraz z głębokością w profilach osadów. Dostępność tej formy fosforu jest w dużej mierze związana z odczynem ścieków przepływających przez systemy ETS. Przy wartościach pH od 7,2 do 8,5 następuje wytrącanie jonów fosforanowych w formie fosforanu wapnia. Analizowane ścieki charakteryzowały się zbliżonymi wartościami odczynu, co spowodowało do powstania nierozpuszczalnych w wodzie połączeń fosforu z wapniem i akumulację pierwiastka w osadach.

Praktycznie niedostępny fosfor znajduje się także w grupie związków oznaczanych jako frakcja Res.-P. Analiza profilów osadów wykazała, że procentowy udział fosforu w omawianej frakcji był niewielki i wynosił średnio od 1,3 % - w Żarnowcu do 4,0% $P_{\text{całk.}}$ - w Kartuzach, co wskazywało na mało znaczącą rolę frakcji Res.-P w procesach uwalniania i deponowania fosforu podczas oczyszczania ścieków w ekologicznych systemach oczyszczających.

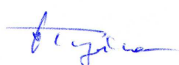
Z punktu widzenia prawidłowej pracy i eksploatacji ekologicznych systemów oczyszczających wskazana jest potrzeba prowadzenia dalszych badań. Planowane jest przeprowadzenie obliczeń z zastosowaniem prostych modeli matematycznych do oceny szybkości usuwania zanieczyszczeń ze ścieków w obiektach ETS. Możliwość dokładniejszego opisu tych procesów stanowić będzie kontynuację dotychczasowego nurtu badań.

Najważniejsze osiągnięcia, jakie wynikają z przeprowadzonych badań:

1. Wyniki prac badawczych potwierdzają postawione hipotezy, iż efektywność usuwania substancji organicznej zależy od frakcji, w jakich występuje oraz od ich stężeń w ściekach oraz że w zależności od zmieniających się warunków fizyczno-chemicznych zmienia się udział form specyjalnych fosforu w osadach, co wpływa na zmianę warunków równowagi fosforu pomiędzy ściekami i osadami, a tym samym na efektywność usuwania fosforu w tych obiektach.

2. Według mojej najlepszej wiedzy po raz pierwszy w Polsce w wykonywanych przeze mnie analizach przeprowadzono:
 - specjację substancji organicznej w ściekach oczyszczanych w obiektach ETS;
 - badania dotyczące form występowania fosforu w osadach powstających podczas oczyszczania ścieków w systemach ETS.
3. Substancja organiczna występująca w zawiesinie podatnej na rozkład i trudno rozkładalnej biologicznie znacząco wpłynęły na zdolność ścieków do ich biodegradacji i warunkowały wysoką skuteczność usuwania zanieczyszczeń w analizowanych obiektach.
4. Wykazano, że w ściekach oczyszczonych substancja organiczna występowała przede wszystkim w rozpuszczonej frakcji niepodatnej na rozkład biologiczny (inertnej).
5. Frakcjonowanie fosforu przy zastosowaniu metody Psennera stanowi najbardziej właściwą technikę analityczną do oceny jakości i stężeń frakcji fosforu w osadach pochodzących z systemów ETS.
6. Przeprowadzona analiza stosunków ilościowych frakcji fosforu o różnej mobilności dostarczyła istotnych informacji o trwałości kumulacji i tempie uwalniania tego pierwiastka z osadów do ścieków. Główną rolę w procesie powtórnego uwalniania fosforu do ścieków pełniły dwie frakcje fosforu: związanej z substancją organiczną i związanej z żelazem. Ilościowe zmiany tych frakcji w osadach decydowały o wzroście stężenia fosforanów w ściekach.

Reasumując uzyskane wyniki mają istotne znaczenie w odniesieniu do zapewnienia prawidłowej pracy i eksploatacji ekologicznych systemów oczyszczających. Poznawczy wynik przeprowadzonych prac badawczych stanowiło rozpoznanie frakcji substancji organicznej i fosforu i ich transformacji podczas oczyszczania ścieków w ekologicznych systemach oczyszczających. Analiza przeprowadzonych badań pozwoliła na określenie znaczenia specjacji substancji organicznej i związków fosforu w ocenie skuteczności oczyszczania ścieków w systemach ETS. Ta wiedza powinna być uwzględniana szczególnie przy projektowaniu obiektów ETS do oczyszczania ścieków o niekorzystnym składzie lub gdy wymagane jest bardzo efektywne usuwanie związków fosforu i substancji organicznej w celu ochrony wód powierzchniowych przed eutrofizacją.



5. OMÓWIENIE POZOSTAŁYCH OSIĄGNIĘĆ NAUKOWO-BADAWCZYCH

5.1. PRZED UZYSKANIEM STOPNIA DOKTORA

W 1996 r. rozpoczęłam studia na Politechnice Gdańskiej na Wydziale Inżynierii Środowiska (obecnie: Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska). Po pięciu latach studiów uzyskałam stopień magistra inżyniera na kierunku inżynieria środowiska o specjalności inżynieria sanitarna. Pracę dyplomową pt. „Projekt oczyszczalni ścieków typu SBR dla wsi Bryzgiel leżącej na terenie Wigierskiego Parku Narodowego”, którą wykonałam pod kierunkiem dra hab. inż. Bernarda Quanta, prof. PG, obroniłam w dniu 25 czerwca 2001 r. z wynikiem bardzo dobrym.

Bezpośrednio po ukończeniu studiów wyższych rozpoczęłam studia doktoranckie na kierunku geotechnika i inżynieria środowiska pod opieką prof. dr hab. inż. Hanny Obarskiej-Pempkowiak, która zainteresowała mnie problematyką oczyszczania ścieków z zastosowaniem metody hydrofitowej. W 2003 roku zaproponowany zakres badań uzyskał dofinansowanie w postaci promotorskiego projektu badawczego Ministerstwa Nauki i Informatyki pt. „Określenie zdolności respiracyjnych złóż hydrofitowych i filtrów w przydomowych oczyszczalniach ścieków podczas ich eksploatacji” (nr 3T09604926).

Rozprawę doktorską pt. „Wpływ substancji organicznej na natlenienie i efektywność usuwania zanieczyszczeń w złożach hydrofitowych” obroniłam 14 grudnia 2005 r. na Wydziale Inżynierii Lądowej i Środowiska Politechniki Gdańskiej uzyskując tytuł doktora nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska o specjalności technologia wody i ścieków. Praca miała głównie charakter eksperymentalny a badania prowadziłam w trzech obiektach hydrofitowych. Celem eksperymentu było rozpoznanie dynamiki rozkładu i akumulacji materii organicznej w złożach hydrofitowych nawadnianych ściekami, jak również określenie warunków wykluczających jej akumulację w gruncie. Wyniki badań związane z tematyką pracy doktorskiej opublikowałam w 16 recenzowanych pracach, w tym dwie w czasopismach posiadających Impact Factor.

W okresie studium doktoranckiego odbyłam liczne zagraniczne staże w niemieckich ośrodkach naukowych (Technische Universität München; Fraunhofer Gesellschaft Stuttgart) i państwowych (Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz; Wasserwirtschaftamt Hof; Wasserwirtschaftamt Nürnberg; Wasserwirtschaftamt München). Uczestniczyłam również w kursach zawodowych w firmach projektowo-wykonawczych w Monachium i Berlinie (Fa. AKUT GmbH; Fa. Schlegel GmbH & Co.KG). W 2003 r. w ramach stażu naukowego w bawarskich urzędach gospodarki wodnej mogłam zapoznać się z nowoczesnymi technologiami inżynierii ekologicznej, podstawami prawa wodnego Unii Europejskiej, Niemiec i Bawarii oraz



zintegrowanego zarządzania zasobami wodnymi zgodnie z wytycznymi Agendy 21. Dwa lata później zostałam stypendystką programu DAAD (Deutsche Akademische Austauschdienst) i odbyłam sześciomiesięczny staż naukowy w Katedrze Ochrony Wody i Gospodarki Odpadami (Lehrstuhl und Laboratorien für Wassergüte und Abfallwirtschaft) na Politechnice Monachijskiej (Technische Universität München), gdzie pod opieką prof. Petera Wilderera prowadziłam badania związane z moją pracą doktorską.

Podczas pobytu w Niemczech uczestniczyłam również w kursach i seminariach podnoszących moje kwalifikacje naukowe. Dotyczyły one analizy mikrobiologicznej osadu czynnego (kurs prowadzony przez ATV-DVWK w Augsburgu), natomiast na zaproszenie Bawarskiego Ministerstwa Ochrony Środowiska dwukrotnie wzięłam udział w seminariach poświęconych tematyce zintegrowanego zarządzania zasobami wodnymi.

Równoległe z pracą naukową zdobywałam również doświadczenie zawodowe. Jako asystent projektanta odbyłam staże w niemieckich firmach prowadzących działalność projektowo-doradczą oraz wykonawczą w zakresie inżynierii sanitarnej. Byłam odpowiedzialna m.in. za przygotowanie koncepcji oraz dokumentacji projektowo-technicznych dla oczyszczalni ścieków komunalnych. Ponadto uczestniczyłam w procesie projektowo-wykonawczym sieci wodociągowych i kanalizacji sanitarnej. Wykonane projekty oraz nadzór autorski nad budową wspomnianych obiektów pozwoliły mi zdobyć, tak ważne w pracy na uczelni technicznej, doświadczenie zawodowe. M.in. w okresie między 2004 i 2005 rokiem w ramach partnerskiego projektu bzf GmbH i SINAENCO byłam projektantem i koordynatorem budowy oczyszczalni hydrofitowej, stanowiącej biologiczny stopień oczyszczania ścieków pochodzących z przemysłu tekstylnego dla miejscowości Toritama w Brazylii. Podczas pobytu w Brazylii na zaproszenie Uniwersytetu w Recife wygłosiłam referat poświęcony naturalnym metodom oczyszczania ścieków (zał. 4, poz. A8-15). Współpraca z niemieckimi ośrodkami naukowymi zaowocowała również szeregiem publikacji w niemieckojęzycznych czasopismach branżowych (zał. 4, poz. A6-10, B6-19, B6-31, B6-35). Staże naukowo-badawcze w Niemczech rozwinęły moje umiejętności badawcze oraz organizacyjne. Poznałam nowe techniki eksperymentalne, nawiązałam także liczne kontakty z naukowcami z Niemiec. Rozpoczęta współpraca jest kontynuowana do dnia dzisiejszego. Od 2004 roku jestem członkiem międzynarodowego Projektu Transferu Technologii Wodnych (Projekt Technologietransfer Wasser - TTW) z siedzibą w Bawarskim Ministerstwie Ochrony Środowiska (zał. 12, poz. 2).



5.2. PO UZYSKANIU STOPNIA DOKTORA

Mój dorobek naukowy, poza zagadnieniami omówionymi w rozdziale 4, obejmuje trzy główne nurty:

- 1) Wpływ podwyższonego strącania chemicznego na procesy zintegrowanej technologii dla poprawy bilansu energii oraz redukcji emisji gazów cieplarnianych w komunalnych oczyszczalniach ścieków;
- 2) Wpływ surfaktantów w ściekach na efektywność usuwania zanieczyszczeń w komunalnych oczyszczalniach ścieków;
- 3) Innowacyjne rozwiązania odzysku związków azotu i fosforu ze ścieków bytowych na terenach o niskiej intensywności użytkowania.

Ad. 1.

Od 2013 r. prowadzę prace badawcze uczestnicząc w zespole naukowym pod kierownictwem prof. dr hab. inż. Jacka Mąkini, w ramach rozpoczętego w 2013 r. międzynarodowego projektu naukowo-badawczego pt. „*Integrated technology for improved energy balance and reduced greenhouse gas emissions at municipal wastewater treatment plants*” (BARITECH Pol-Nor/197025/37/2013, 2013 - 2016) (zał. 5, poz. 5). Projekt ten jest współfinansowany ze środków funduszy norweskich, w ramach programu „Polsko-Norweska Współpraca Badawcza” realizowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju. Celem projektu jest praktyczne zastosowanie zasad zrównoważonej gospodarki ściekowo-osadowej w oczyszczalniach ścieków, uwzględniające aspekty technologiczne, energetyczne i ekonomiczne oraz emisję gazów cieplarnianych.

W ramach zadania nr 1 pt. „*Increasing primary sludge production by coagulation and flocculation process in a primary clarifier*” powyższego projektu prowadzę badania dotyczące analizy wpływu dodatku polimerów organicznych i koagulantów do ścieków na:

- a) efektywność usuwania związków organicznych ze ścieków;
- b) szybkości procesów biologicznych w części biologicznej komunalnej oczyszczalni ścieków;
- c) odzysk łatwo rozkładalnej biologicznie frakcji substancji organicznej z wygenerowanego osadu wstępnego;
- d) wydajność produkcji biogazu w beztlenowej komorze fermentacyjnej na podstawie zwiększonej produkcji osadu wstępnego.

Materiał badawczy stanowiły próbki ścieków surowych i osadu czynnego, które pobierano z dwóch komunalnych oczyszczalni ścieków zlokalizowanych w Gdańsku i Gdyni. W badaniach zastosowano trzy komercyjne polimery organiczne oraz, jako punkt odniesienia koagulant $ZnSO_4$.

Eksperymenty przeprowadzono ze ściekami surowymi poddanymi dwugodzinnej sedymentacji bez i z dodatkiem analizowanych reagentów. Badania prowadzono w skali laboratoryjnej w specjalnie skonstruowanym urządzeniu laboratoryjnym do pomiaru szybkości biochemicznych procesów oczyszczania ścieków metodą osadu czynnego. Urządzenie składało się z dwóch równoległych reaktorów o pojemności 4 dm^3 każdy, sterownika elektronicznego umieszczonego w szafie sterującej oraz komputera. Regulację i utrzymywanie stałej temperatury zapewniała łaźnia wodna połączona z płaszczem wodnym reaktorów. Dodatkowo, w reaktorach zostały umieszczone sondy odczynu pH i potencjału redox, których pomiary były na bieżąco rejestrowane i archiwizowane w pamięci komputera. W analizowanych próbkach ścieków i osadów wykonywano oznaczenia pomiaru stężeń m.in. frakcji substancji organicznej, związków azotu i fosforu. Celem określenia zależności pomiędzy zwiększoną produkcją osadu wstępnego a produkcją metanu wykorzystano do obliczeń model matematyczny – Anaerobic Digestion Model 1 (ADM1).

Z początkiem 2015 r. planowane jest rozpoczęcie powyższych badań w skali technicznej.

Na podstawie wyników uzyskanych podczas prowadzonych badań w skali laboratoryjnej stwierdzono, że średnia skuteczność usuwania substancji organicznej ze ścieków surowych poddanych dwugodzinnej sedymentacji bez dodatku reagentów utrzymywała się na poziomie 30%. Natomiast po dodaniu polimerów organicznych do ścieków efektywność ta uległa znacznej poprawie i wzrosła niemal dwukrotnie. W tym czasie koagulacja siarczanem cynku spowodowała 77% redukcję organicznej frakcji zawieszinowej i koloidalnej ze ścieków. Wyniki badań pozwoliły stwierdzić, że testowane polimery organiczne wpłynęły również na zwiększoną produkcję osadu wstępnego. Średnia objętość wytrąconego osadu z jednego litra ścieków surowych wahała się od 14,7 do $37,5 \text{ cm}^3$. Podwyższone strącanie związków organicznych ze ścieków przy pomocy analizowanych polimerów nie spowodowało zakłóceń procesów biologicznych: szybkości uwalniania i poboru fosforanów ze ścieków (PRR/PUR) oraz szybkości poboru azotanów ze ścieków (NUR). Natomiast usunięcie znacznej ilości substancji organicznej występującej we frakcji koloidalnej i w zawieszinie po dodaniu siarczanu cynku spowodowało obniżenie szybkości procesów biologicznego usuwania fosforanów oraz azotanów ze ścieków, odpowiednio o 30% podczas prowadzonych eksperymentów dwufazowych i o 20% podczas eksperymentów jednofazowych. Wykonane symulacje matematyczne przy zastosowaniu oprogramowania ADM1 pozwoliły na sformułowanie wniosku, iż wstępne strącanie chemiczne związków organicznych ze ścieków surowych może przyczynić się do przyspieszenia procesów beztlenowych oraz poprawy produkcji biogazu. Analiza matematyczna wykazała, że zastosowanie polimerów organicznych może przyczynić się do zwiększonej wydajności produkcji biogazu.

Przeprowadzone badania zostały zaprezentowane na seminarium naukowo-technicznym w Gdańsku (zał. 6, poz. 27) i spotkały się z dużym zainteresowaniem eksploatorów oczyszczalni i przedstawicieli urzędów zainteresowanych problematyką ochrony środowiska.

Obecnie w recenzji znajduje się zgłoszenie artykułu pt. „*Effect of enhanced primary treatment on the production of biogas in wastewater treatment plants*” na międzynarodową konferencję “The 12th IWA Leading Edge Conference on Water and Wastewater Technologies”, która odbędzie się w 2015 roku w Hong Kongu w Chinach.

Ad. 2.

We współpracy z Katedrą Chemii i Towaroznawstwa Przemysłowego Akademii Morskiej w Gdyni oraz z przedsiębiorstwem komunalnym – Spółką Wodno-Ściekową w Swarzewie brałam udział w realizacji badań związanych z oceną wpływu obecności surfaktantów w ściekach na skuteczność usuwania zanieczyszczeń w komunalnych oczyszczalniach ścieków.

Jednym z zanieczyszczeń trafiających do oczyszczalni komunalnych wraz ze ściekami są surfaktanty. Związki te mają szerokie zastosowanie w przemyśle włókienniczym, papierniczym, kosmetycznym i farmaceutycznym. Znajdują również zastosowanie przy produkcji żywności i nawozów sztucznych farb i lakierów. Ze względu na szerokie zastosowanie surfaktantów w środkach czystości stosowanych w gospodarstwach domowych, znaczne ich ilości przedostają się do ścieków komunalnych.

Istotne zatem wydało się podjęcie badań, które dotyczyły następujących zagadnień:

- a) wpływu surfaktantu anionowego LAS na mobilność frakcji fosforu w osadzie czynnym w zmiennych warunkach fizyko-chemicznych;
- b) określenia zmian w strukturze osadu czynnego pod wpływem surfaktantu.

Ad. 2a. Badania ukierunkowane były na ocenę rodzaju i udziału frakcji fosforu w osadzie czynnym w zmiennych warunkach środowiskowych. Moim zadaniem była analiza wpływu obecności w ściekach surfaktantu anionowego na ich mobilność. Przeprowadzone badania stosunków ilościowych frakcji fosforu dostarczyły istotnych informacji o trwałości kumulacji i tempie uwalniania tego pierwiastka z osadu czynnego do ścieków. Materiał badawczy stanowiły próbki ścieków komunalnych i osadu czynnego pobrane z miejskiej oczyszczalni w Swarzewie. Prace prowadzono w skali laboratoryjnej w sekwencyjnym reaktorze biologicznym (SBR). Przeprowadzono specjację fosforu dla sześciu serii pomiarowych różniących się warunkami w jakich przetrzymywano osad czynny. Do trzech serii pobrano osad czynny przetrzymywany w warunkach beztlenowych z dodatkiem surfaktantu w stężeniach 10 i 100 mg/dm³ i osad bez surfaktantu. Kolejne trzy serie badań wykonano w osadzie czynnym po napowietrzeniu bez i z dodatkiem surfaktantu w tych samych stężeniach.

Uzyskane wyniki badań pozwalają wnioskować, iż w analizowanych osadach główną rolę w procesie uwalniania fosforu do cieczy nadosadowej pełniły frakcje fosforu związanego z substancją organiczną i fosforu związanego z żelazem. Ilościowe zmiany tych frakcji w osadzie czynnym decydowały o wzroście stężenia fosforanów w ściekach. Ponadto, podczas fazy tlenowej, obecny w osadzie surfaktant LAS utrudniał kumulowanie w nim fosforu. Zjawisko to nasiliło się wraz ze wzrostem stężenia dodawanego surfaktantu. Natomiast zdolność pobierania i magazynowania związków fosforu przez bakterie w natlenionym osadzie czynnym z dodatkiem LAS uległa obniżeniu w porównaniu z osadem bez surfaktantu.

Ad. 2b. Do określenia składu granulometrycznego osadu czynnego oraz określenia zmian jakim on ulega pod wpływem obecności w ściekach surfaktantu anionowego wykorzystano laserowy analizator dyfrakcyjny. Badania przeprowadzono dla różnych stężeń SPC, zarówno typowych dla ścieków komunalnych, jak i występujących w ściekach przemysłowych. Do wykonania analiz pobrano próbki osadu czynnego bezpośrednio z komory napowietrzania komunalnej oczyszczalni ścieków. Tło pomiarów stanowił natleniony osad czynny. W poszczególnych seriach badań do próbek osadu czynnego dodany został surfaktant w stężeniach odpowiednio: 10 mg/dm³, 100 mg/dm³ i 200 mg/dm³. Jako anionowy surfaktant, zastosowano liniowy dodecylobenzenosulfonian sodu (LAS).

Moim zadaniem była analiza wpływu dodatku surfaktantu na zmianę wielkości kłaczków osadu czynnego. Do pomiaru zawartości i rozmiaru kłaczków osadu czynnego wykorzystałam analizator dyfrakcyjny Mastersizer 2000, z jednostką Hydro 2000MU, firmy Malvern Instruments Ltd. Przeprowadzone badania pozwoliły stwierdzić, że testowane dawki surfaktantu znacząco wpłynęły na jakość osadu czynnego. Obecność surfaktantu anionowego przyczyniła się do zmiany dystrybucji rozmiarów kłaczków. Stężenie LAS poniżej 200 mg/dm³ w osadzie powodowało znaczne rozdrobnienie jego kłaczków, zaś wyższe stężenie ich aglomerację. Największe i najszybsze zmiany w rozkładzie wielkości kłaczków osadu zaobserwowano po dodaniu środka powierzchniowo czynnego w stężeniu 100 mg/dm³.

Uzyskane wyniki badań zostały zaprezentowane na międzynarodowej konferencji naukowej (zał. 6, poz. 25). Wynikiem tej współpracy są również prace opublikowane w krajowych czasopiśmie naukowych (zał. 4, poz. B4-13; B6-29; B6-36).

Ad 3.

W Polsce ok. 40% ludności mieszka na terenach wiejskich. W przypadku mniejszych emitorów zanieczyszczeń mamy do czynienia z pewnym paradoksem – wprawdzie poszczególne emitery są niewielkie, jednak wysoki sumaryczny ładunek związków biogenych, pochodzący od małych emitorów stwarza niekorzystne konsekwencje dla środowiska. Chociaż ilość ścieków wiejskich jest mniejsza w porównaniu z obszarami zurbanizowanymi, to mają one wyższe stężenia zanieczyszczeń.

Obecnie na terenach wiejskich w Polsce działa tylko około 2000 oczyszczalni z kanalizacją zbiorczą, które obsługują 5% wsi (ok. 20% całej ludności wsi). Głównym powodem tak małej liczby oczyszczalni jest charakter zabudowy przestrzennej wsi polskiej, który wyraźnie nie sprzyja budowie obszarowych systemów kanalizacyjnych. W prawie 68% wsi występuje zabudowa rozproszona, gdzie średnie odległości pomiędzy domami wynoszą 50-70 m do maksymalnie 100 m. Widać z tego, że ze względu na niekorzystną specyfikę zabudowy wsi polskiej, wieloletnie zaniedbania w budowie kanalizacji, a stąd na ogromne potrzeby, wprowadzenie na tereny wiejskie wyłącznie „miejskich systemów kanalizacyjnych” jest ze względów ekonomicznych nieuzasadnione. W większości lokalizacji wiejskich budowa takich systemów jest również nieracjonalna ze względów technologicznych, ekonomicznych jak i potrzeb środowiskowych.

Szacuje się też, że na ogólną liczbę ok. 3 milionów gospodarstw rolniczych aż 75% pozbywa się ścieków bytowych bez oczyszczania. Pojawiająca się potrzeba przebudowy dotychczasowego sposobu myślenia wymaga podejmowania działań zmierzających w kierunku zmniejszenia presji na środowisko przez kształtowanie proekologicznych wzorców.

W celu poprawy jakości życia w połączeniu z ochroną środowiska szczególnie na terenach wiejskich promują innowacyjne rozwiązania jednoczesnego zagospodarowania i recyklingu ścieków bytowych.

W ostatnich latach nawiązałam współpracę ze środowiskiem szwedzkim w ramach międzynarodowego Programu EQUAL dotyczącego ogólnej strategii zrównoważonego rozwoju i ekologicznej sanitacji. W szczególności dotyczy to alternatywnego rozwiązania zagospodarowania ścieków w splukiwanej biotoalecie poprzez separację uryny oraz przerób pozostałych odpadów na kompost. Właściwie odseparowana uryna pozwala na powtórne wykorzystanie w obiegu przyrodniczym co najmniej 70% fosforu oraz 50% azotu obecnego w ludzkich odchodach. Przy tym technologii z zastosowaniem toalet separacyjnych całkowicie rozwiązują problem gospodarki ściekowo-osadowej, zapewniając jednocześnie przyrodnicze wykorzystanie produktów finalnych.

Doświadczenia zdobyte w czasie uczestnictwa w Programie EQUAL zawarłam w dwóch monografiach (zał. 4, poz. B3-8 i B3-9) oraz w licznych artykułach naukowo-technicznych (zał. 4, poz. B5-15, B6-18, B6-20, B6-21, B6-23, B6-30, B6-32, B6-34, B7-37, B7-38) o zasięgu krajowym i międzynarodowym. W pracach przedstawiłam wyniki badań oraz wskazówki praktyczne, poparte doświadczeniami uzyskanymi z analizy pracy obiektów istniejących. Niniejsze prace poświęcone tej tematyce mogą służyć rozpowszechnieniu wśród projektantów, instalatorów i inwestorów informacji o alternatywnych sposobach zagospodarowania ścieków bytowych na terenach wiejskich w Polsce.

6. PODSUMOWANIE DOROBKU NAUKOWEGO

6.1. PRZED UZYSKANIEM STOPNIA DOKTORA

W latach 2001 - 2005 opublikowałam łącznie 16 prac naukowych. Byłam m.in. współautorką dwóch prac opublikowanych w czasopismach posiadających IF (zał. 4, poz. A1), dwóch artykułów recenzowanych w dziele zbiorowym w języku o zasięgu międzynarodowym (zał. 4, poz. A4), czterech artykułów stanowiących rozdziały w monografiach o zasięgu krajowym (zał. 4, poz. A5), dwóch artykułów w czasopismach recenzowanych (w tym jeden artykuł w jęz. niemieckim) (zał. 4, poz. A6) oraz pięciu artykułów w materiałach konferencyjnych (w tym dwóch w jęz. o zasięgu międzynarodowym) (zał. 4, poz. A8).

W latach 2003 - 2005 byłam głównym wykonawcą grantu promotorskiego pt. „Określenie zdolności respiracyjnych złóż hydrofitowych i filtrów w przydomowych oczyszczalniach ścieków podczas ich eksploatacji” (zał. 5, poz. 1).

Wyniki wykonanych przeze mnie badań przedstawiłam na dwunastu konferencjach (zał. 6, poz. 1-12).

Ponadto byłam współautorką trzech ekspertyz związanych z możliwością zastosowania metody hydrofitowej do oczyszczania ścieków komunalnych i unieszkodliwiania osadów ściekowych (zał. 7, poz. 1-3).

W latach 2002 - 2005 odbyłam jedenaście zagranicznych kursów i staży naukowych w niemieckich ośrodkach naukowych oraz w firmach projektowo-wykonawczych. Niezwykle dla mnie cenny okazał się pobyt naukowy w Niemczech w ramach przyznanego półrocznego stypendium naukowego DAAD (zał. 8, poz. 1-11).

6.2. PO UZYSKANIU STOPNIA DOKTORA

W latach 2006 - 2014 opublikowałam łącznie 45 prac naukowych, w tym m.in.: sześć prac w czasopismach wyróżnionych przez bazę Journal Citation Reports (zał. 4, poz. B1), trzy monografie i jeden podręcznik akademicki o zasięgu krajowym (zał. 4, poz. B3), trzy artykuły stanowiące rozdziały w monografiach o zasięgu międzynarodowym (zał. 4, poz. B4), cztery artykuły stanowiące rozdziały w monografiach o zasięgu krajowym (zał. 4, poz. B5), dziewiętnaście prac w czasopismach recenzowanych i innych wydawnictwach ciągłych (w tym trzy artykuły w jęz. niemieckim, jeden w jęz. rosyjskim, jeden w jęz. angielskim) (zał. 4, poz. B6) oraz sześć publikacji w materiałach konferencyjnych (w tym trzy w jęz. o zasięgu międzynarodowym) (zał. 4, poz. B8).



Powyższe prace powstały w ramach projektów badawczych. W latach 2009 - 2012 byłam wykonawcą i kierowałam dwoma grantami finansowanymi przez MNiSW oraz przez WFOŚiGW w Gdańsku (zał. 5, poz. 2-4). Obecnie biorę udział w projekcie naukowo-badawczym współfinansowanym ze środków funduszy norweskich, w ramach programu „Polsko-Norweska Współpraca Badawcza” realizowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (zał. 5, poz. 5).

Współuczestniczyłam w wykonaniu dziewięciu raportów i ekspertyz (w tym jednej w Niemczech) związanych tematycznie z ochroną wód i oczyszczaniem ścieków (zał. 7, poz. 4-12).

Wykonałam dziewięć recenzji dla czasopism o zasięgu międzynarodowym (JCR) w tym dla Desalination, Ecological Engineering, Environmental Technology, Journal of Environmental Management, African Journal of Biotechnology, Life Science Journal, Environment Protection Engineering.

W 2007 r. uczestniczyłam w stażu naukowym w Portugalii. W latach 2008 - 2013 odbyłam trzy specjalistyczne kursy naukowe w Polsce (zał. 8, poz. 12-15).

Również niezwykle cenne było dla mnie uczestnictwo w pięciu konferencjach zagranicznych oraz jedenastu konferencjach krajowych i możliwość wygłoszenia sześciu referatów a także prezentacji dwóch posterów (zał. 6, poz. 13-28).

Wartości poznawcze i aplikacyjne moich prac nauko-badawczych zostały docenione nagrodą Rektora Politechniki Gdańskiej za osiągnięcia naukowe (zał. 9, poz. 1).

6.3. STATYSTYKA PRAC NAUKOWYCH

Sumaryczny współczynnik oddziaływania wszystkich opublikowanych przeze mnie prac naukowych (Impact Factor) zgodnie z listą Journal Citation Reports (JCR) wynosi IF = 13,753, w tym: IF = 11,694 dla prac opublikowanych po doktoracie oraz IF = 10,932 dla publikacji wchodzących w skład cyklu monotematycznego stanowiącego osiągnięcie naukowe.

Sumaryczna wartość punktacji Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego (PM) z uwzględnieniem udziału procentowego współautorów wynosi PM = 212,55, w tym: PM = 190,1 dla prac opublikowanych po doktoracie oraz PM = 93,2 dla publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe.

Liczba cytowań prac naukowych według bazy Web of Science (WoS) wynosi 37, natomiast h-index tych publikacji jest równy 2.



7. INFORMACJA O DZIAŁALNOŚCI DYDAKTYCZNEJ

Działalność dydaktyczną rozpoczęłam jeszcze w czasie Studium Doktoranckiego na Wydziale Inżynierii Lądowej i Środowiska (WILiŚ) Politechniki Gdańskiej (PG).

W latach 2005 - 2006 w ramach otrzymanego stypendium DAAD prowadziłam cykl wykładów w języku niemieckim i angielskim o tematyce związanej z oczyszczaniem wody i ścieków w Katedrze Ochrony Wody i Gospodarki Odpadami Politechniki Monachijskiej.

W latach 2006 - 2008 prowadziłam zajęcia na Wydziale Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy (WBAiIŚ, UTP).

Obecnie prowadzę zajęcia na Wydziale Inżynierii Lądowej i Środowiska Politechniki Gdańskiej (studia I i II stopnia, stacjonarne i niestacjonarne) oraz na Wydziale Inżynieryjnym (WI) Wyższej Szkoły Zarządzania Środowiskiem w Tucholi (WSZŚ w Tucholi) (studia I stopnia, niestacjonarne).

Prowadzone przez mnie zajęcia obejmowały następujące przedmioty:

- wykłady

- Technologia wody i ścieków (WI WSZŚ w Tucholi)
- Toksykologia środowiska (WBAiIŚ UTP w Bydgoszczy)
- Mechanika płynów (WI WSZŚ w Tucholi)

- ćwiczenia audytoryjne

- Technologia wody i ścieków (WI WSZŚ w Tucholi)
- Chemia ogólna (WILiŚ PG)
- Ochrona powietrza (WILiŚ PG)
- Instalacje budowlane (WILiŚ PG)
- Mechanika płynów (WI WSZŚ w Tucholi)
- Hydraulika (WBAiIŚ UTP w Bydgoszczy)

- ćwiczenia laboratoryjne

- Technologia wody i ścieków (WBAiIŚ UTP w Bydgoszczy; WILiŚ PG; WI WSZŚ w Tucholi)
- Chemia ogólna (WILiŚ PG)

- ćwiczenia projektowe

- Naturalne metody oczyszczania ścieków (WILiŚ PG)
- Wodociągi (WILiŚ PG)
- Technologia wody i ścieków (WI WSZŚ w Tucholi)



- seminaria

- Seminarium dyplomowe (WI WSZŚ w Tucholi)
- Seminarium dyplomowe (WILiŚ PG)

Opracowałam autorski program zajęć - ćwiczenia i wykłady z przedmiotu toksykologia środowiska. Współpracowałam również przy opracowaniu programu ćwiczeń projektowych i audytoryjnych z dwóch przedmiotów: naturalne metody oczyszczania ścieków i ochrona powietrza. W roku 2012 został wydany przez Wydawnictwo Seidel-Przywecki z siedzibą w Warszawie podręcznik akademicki pt. „Kanalizacja. Projektowanie, wykonanie, eksploatacja”, którego jestem współautorką (zał. 4, poz. B3-10). Jest to pierwszy na polskim rynku tego typu podręcznik, w którym w zwartej formie i w sposób szczegółowy przedstawiono m.in. charakterystyczne wymagania nowych rozwiązań technicznych - w fazie projektu, realizacji i eksploatacji. Obok dominujących aspektów obliczeniowych poruszono także problemy formalne oraz nawiązano do aspektów prawno-administracyjnych. Na uwagę zasługuje fakt, że istniejąca literatura całościowa pochodzi głównie sprzed około 40-50 lat i w zasadzie dotyczy technologii jeszcze starszych. W podręczniku przedstawiono dezaktualizację powszechnie akceptowanych standardów projektowania kanalizacji. Do chwili obecnej jej odbiorcami - oprócz studentów i pracowników naukowych - stali się pracownicy wielu biur projektowych oraz przedstawiciele władz terytorialnych (w tym pracownicy starostw, urzędów gmin i urzędów miasta). W przygotowaniu jest również druga część podręcznika.

W 2013 r. otrzymałam nagrodę za osiągnięcia dydaktyczne Rektora Politechniki Gdańskiej za współautorstwo niniejszego podręcznika akademickiego (zał. 9, poz. 3).

Pierwszy dyplom magisterski zrealizowany został pod moim kierunkiem w 2006 roku, od tego czasu byłam opiekunem ponad 40 prac dyplomowych w tym 23 prac inżynierskich, wielokrotnie powierzano mi recenzje prac. M.in. wyniki dwóch prac dyplomowych, pierwszej - związanej z odzyskiem związków biogenych ze ścieków bytowych, drugiej - dotyczącej ekologicznej sanitacji na terenach o zabudowie rozproszonej, realizowanych pod moim kierunkiem, zostały opublikowane w latach 2013 i 2014 w czasopiśmie branżowym „Wodociągi-Kanalizacja” (zał. 4, poz. B6-30, B6-32, B6-34).

W 2007 r. byłam opiekunem studentów studiów stacjonarnych na kierunku budownictwo na Wydziale Inżynierii Lądowej i Środowiska Politechniki Gdańskiej.

W latach 2011 i 2012 byłam członkiem Komisji Programowej na Wydziale Inżynierii Lądowej i Środowiska Politechniki Gdańskiej.

Wielokrotnie byłam organizatorką i opiekunką studenckich wycieczek dydaktycznych zarówno w kraju, jak i za granicą. M.in. latach 2003 i 2005 opiekowałam się grupą młodych naukowców w ramach odbywającego się cyklicznie programu „Young Scientists Programme” organizowanego przez stronę niemiecką (ATV- DVWK, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.), który realizowano w Berlinie (2003 r.) i Monachium (2005 r.) (zał. 10, poz. 1 i 2). W 2014 r. byłam opiekunem naukowym grupy studentów reprezentujących uczelnie wyższe (Politechnikę Gdańską, Politechnikę Koszalińską, Politechnikę Krakowską i WSZŚ w Tucholi) uczestniczących w obozie naukowym zorganizowanym przez Wyższą Szkołę Zarządzania Środowiskiem w Tucholi (zał. 10, poz. 3). Celem obozu było zapoznanie się z metodyką przeprowadzania badań i analiz pozwalających na opracowanie planu ochrony środowiska oraz stanu zanieczyszczenia wybranej miejscowości. Zadaniem, z jakim zmierzili się studenci podczas pobytu, była identyfikacja źródeł emisji zanieczyszczeń wody, gleby i powietrza w miejscowości Tleń (woj. kujawsko-pomorskie). Rozwiązanie problemu studenci zaprezentowali pod moim kierunkiem na V Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej nt. „Ogrzewanie i wentylacja w przemyśle i rolnictwie” w 2014 r.

Ponadto poza uczelniami uczestniczyłam w doszktałaniu zawodowym skierowanym do przedstawicieli samorządów w Polsce (Urząd Miasta w Gdańsku, Urząd Miasta w Gdyni) i zagranicą (Niemcy, Brazylia) w ramach współpracy z Ministerstwem Ochrony Środowiska Bawarii (Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz) (zał. 8).

8. INFORMACJA O DZIAŁANOŚCI ORGANIZACYJNEJ, WSPÓŁPRACY NAUKOWEJ I POPULARYZACJI NAUKI

Od 2012 roku jestem członkiem Rady Konsultacyjno-Programowej kierunku inżynieria środowiska w Wyższej Szkole Zarządzania Środowiskiem w Tucholi.

W 2005 i 2014 roku wspólnie z zespołem z Katedry Technologii Wody i Ścieków i Katedry Inżynierii Sanitarnej Wydziału Inżynierii Lądowej i Środowiska Politechniki Gdańskiej brałam udział w organizacji dwóch seminariów o zasięgu międzynarodowym oraz w 2009 r. w ogólnopolskiej konferencji naukowej (zał. 11, poz. 1, 2 i 5). Ponadto w latach 2013 - 2014 byłam dwukrotnie sekretarzem naukowym konferencji naukowych cyklicznie organizowanych przez Wyższą Szkołę Zarządzania Środowiskiem w Tucholi (zał. 11, poz. 3 i 7). Również w ramach obecnie realizowanego polsko-norweskiego projektu naukowo-badawczego uczestniczyłam w przygotowaniu dwóch workshopów, które miały miejsce w Gdańsku i Poznaniu (zał. 11, poz. 4 i 6).



Jako kierownik i wykonawca uczestniczyłam w dwóch projektach badawczych finansowanych przez MNiSW oraz dwóch finansowanych przez WFOŚiGW w Gdańsku (zał. 5, poz. 1 - 4). Obecnie jestem głównym koordynatorem naukowym międzynarodowego projektu w ramach „Polsko-Norweskiej Współpracy Badawczej” (zał. 5, poz. 5).

M.in. ze środków, które pozyskałam z projektów badawczych, zakupiona została aparatura pomiarowa do laboratoriów, tj. piec muflowy, wagi, zestaw Oxi-Top do pomiaru tlenu w gruncie i szafa termostatyczna. Z pozyskanych środków z Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Gdańsku zakupiono granulometr laserowy firmy Malvern Instruments Ltd 2000.

W trakcie swojej pracy i studium doktoranckiego podejmowałam działania na rzecz samorządów w zakresie doradztwa oraz szkoleń o tematyce związanej z ochroną i oczyszczaniem wód i ścieków oraz gospodarką odpadami. Aktywność ta przejawiała się poprzez udział w seminariach w kraju i za granicą skierowanych do przedstawicieli samorządów. Wygłosiłam odczyty z zakresu problematyki określania wskaźników zapotrzebowania na wodę i emisji ścieków sanitarnych na spotkaniach z przedstawicielami samorządów i firm zajmujących się gospodarką wodno-ściekową (zał. 8, poz. 5 i 15). Byłam również autorem i współautorem łącznie 12 raportów i ekspertyz naukowych (zał. 7).

Swoje kompetencje zawodowe (naukowe, dydaktyczne) poszerzałam dzięki uczestnictwu w licznych kursach, szkoleniach, stażach krajowych i zagranicznych. Od 2002 roku odbyłam łącznie piętnaście staży i szkoleń, w tym dwanaście w zagranicznych instytutach m.in. w Niemczech, Portugalii oraz Brazylii. Na zaproszenie Bawarskiego Ministerstwa Ochrony Środowiska dwukrotnie brałam udział w seminariach i projektach poświęconych tematyce *Integrated Water Resource Management* (zał. 8)

W ostatnich latach nawiązałam również bliższą współpracę ze środowiskiem szwedzkim, m.in. w ramach programu EQUAL (Budujmy razem) w ramach ogólnej strategii zrównoważonego rozwoju i ekologicznej sanitacji. W szczególności dotyczy to alternatywnego rozwiązania zagospodarowania ścieków w splukiwanej biotoalecie poprzez separację uryny oraz przerób pozostałych odpadów na kompost. Systemy te są realistycznymi rozwiązaniami, zgodnymi z nowoczesnymi celami Ramowej Dyrektywy Wodnej UE oraz Zrównoważonego Rozwoju. Stąd też w celu poprawy jakości życia w połączeniu z ochroną środowiska szczególnie na terenach wiejskich promuję innowacyjne rozwiązania recyklingu ścieków bytowych. Artykuły, których jestem współautorką, mogą przyczynić się do rozpowszechnienia wśród studentów, projektantów, instalatorów i inwestorów informacji o

alternatywnych sposobach zagospodarowania ścieków bytowych. Współpraca ze stroną szwedzką zaowocowała również wydaniem dwóch monografii.

W ramach współpracy zagranicznej uczestniczyłam w szeregu konferencjach międzynarodowych. Biorę również czynny udział w krajowych konferencjach tematycznych (zał. 6). Wygłoszone na konferencjach referaty zostały opublikowane m.in. w formie rozdziałów w monografiach oraz jako artykuły recenzowane w dziele zbiorowym w języku o zasięgu międzynarodowym i krajowym (zał. 6).

Na prośbę redakcji czasopism o zasięgu międzynarodowym zredagowałam dziewięć recenzji artykułów, w tym dwukrotnie do Ecological Engineering (IF=3,479) i Environmental Technology (IF=1,328); Desalination (IF=3,481); Journal of Environmental Management (IF=3,85); African Journal of Biotechnology (IF=0,57); Life Science Journal (IF=0,165); Environment Protection Engineering (0,434).

Moja działalność na rzecz współpracy naukowej i popularyzacji nauki została doceniona nagrodą Rektora Politechniki Gdańskiej za wybitne prace organizacyjne (zał. 9, poz. 2).

