

## 46. Międzynarodowe Seminarium Naukowo-Techniczne „Chemistry for Agriculture”

W dniach 20–23 listopada 2022 r. w Hotelu Sandra Spa w Karpaczu odbyło się 46. Międzynarodowe Seminarium Naukowo-Techniczne „Chemistry for Agriculture” poświęcone wymianie doświadczeń, wiedzy i poglądów na temat kierunków rozwoju przemysłu nawozowego. Patronat naukowy sprawowały: Politechnika Wroclawska, Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Nowych Syntez Chemicznych, Polskie Towarzystwo Chemiczne i Polskie Towarzystwo Magnezologiczne. Honorowy patronat nad seminarium sprawowali prof. Henryk Górecki (Politechnika Wroclawska), pomysłodawca tych spotkań, oraz prof. Zbigniew Dobrzański (Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu). Sponsorami konferencji były firmy Ekoplon i Intermag. Patronat medialny sprawowały czasopisma *Przemysł Chemiczny* i *Chemik*.

Komitetowi Naukowemu przewodniczyła prof. Katarzyna Chojnacka (Politechnika Wroclawska), która przywitała wszystkich zgromadzonych i poprosiła prof. Małgorzatę I. Szyrkowską-Jóźwik (Politechnika Łódzka) i prof. Roberta Pietrzaka (Uniwersytet Adama Mickiewicza w Poznaniu) o poprowadzenie I sesji plenarnej.

Uroczystego otwarcia Seminarium dokonali profesorowie Henryk Górecki i Z. Dobrzański, przedstawiając rys historyczny tych spotkań, u podstaw organizacji których stała potrzeba zbliżenia świata nauk rolniczych i technologii chemii. Spotkania te organizowane od 1975 r. tylko dwukrotnie nie odbyły się ze względów obiektywnych (stan wojenny i pandemia Covid-19). Na przestrzeni tych czasów były one miejscem kontaktów, w wyniku których powstało i zostało zrealizowanych wiele grantów celowych i zamawianych.

Na początku pani prof. K. Chojnacka przedstawiła Seminarium w liczbach. Na sesję przyjechało 160 uczestników,



Fot. 1. Uroczyste otwarcie Seminarium przez prof. H. Góreckiego i prof. Zbigniewa Dobrzański (Foto: M.J.)

wśród których 50 było z przedsiębiorstw (najwięcej z Grupy Azoty), 100 uczestników ze świata nauki, reprezentujących 15 uczelni wyższych, najwięcej z Politechniki Wroclawskiej (29 osób) oraz licznie z Politechniki Krakowskiej, Politechniki Gdańskiej i Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu oraz z wielu innych. Byli także uczestnicy z badawczych jednostek rozwojowych: Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytutu Nowych Syntez Chemicznych (11 osób) i Instytutu Upraw Nawożenia i Gleboznawstwa – PIB (IUNG-PIB) (3 osoby), czyli z 2 jednostek uprawnionych do prowadzenia działań rejestracyjnych. Obecni byli również przedstawiciele 3 firm prezentujących na stoiskach swoje usługi i sprzęt: Perlan Technologies Polska, Cemis-Tech i Leco Polska. Wśród uczestników obecnych było 24 profesorów tytularnych, 21 doktorów habilitowanych, liczna grupa doktorów (37) zarówno z uczelni, jak i z przemysłu, czyli doktorów aplikacyjnych. Wszystkich prof. K. Chojnacka serdecznie przywitała.

Prof. Rafał Latajka (Politechnika Wroclawska), redaktor naczelny *Chemika*, przedstawił informacje o czasopiśmie ukazującym się jako miesięcznik do 2016 r., kiedy to w następstwie braku subwencji zarząd SITPCChem podjął

decyzję o zaprzestaniu jego wydawania ze względów ekonomicznych. Po zmianie kierownictwa SITPCChem nowy prezes Jerzy Klimczak poczynił starania, aby wznowić wydawanie *Chemika*. W 2021 r. doszło do podpisania umowy z Politechniką Wroclawską, która jest obecnie wydawcą tego czasopisma jako kwartalnika, a właścicielem pozostaje SITPCChem. Powołano Radę Naukową i Komitet Redakcyjny, w którego skład weszli pracownicy Wydziału Chemicznego Politechniki Wroclawskiej. Pierwszy numer czasopisma w nowej odsłonie to prezentacja Wydziału Chemicznego Politechniki Wroclawskiej. Kolejne zeszyty będą poświęcone jednostkom nie tylko naukowym, ale i pochodzącym z przemysłu. Idea jest taka, żeby promować artykuły będące platformą do dyskusji pomiędzy nauką, przemysłem a biznesem. Promowane będą także prace autorstwa najmłodszych pracowników nauki, studentów i doktorantów. Czasopismo indeksowane jest na ministerialnej liście za 20 pkt.

Pierwszą sesję plenarną rozpoczął panel dyskusyjny, będący debatą o trudnej sytuacji uczelni i instytutów, które stają przed dylematem wielu zagrożeń, takich jak niski poziom finansowania uczelni i wynagrodzeń, inflacja, wojna za wschodnią granicą, kryzys energetyczny i surowcowy oraz rosnące ceny gazu, energii elektrycznej i ciepłej. Moderatorem sesji była prof. M.I. Szyrkowska-Jóźwik. W debacie wzięli udział przedstawiciele uczelni i przemysłowych instytutów badawczych, prof. Beata Messyas (Uniwersytet Adama Mickiewicza w Poznaniu), prof. Katarzyna Chojnacka (Politechnika Wroclawska), prof. Robert Pietrzak (Uniwersytet Adama Mickiewicza w Poznaniu), prof. Mariusz Kucharzski (Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – PIB, IUNG-PIB), prof. Janusz Igras (Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Nowych Syntez Chemicznych).

W opinii prof. Beaty Messyasz kryzys energetyczny wpływa na dalsze funkcjonowanie uczelni, które będą wprowadzać wieloletni plan oszczędnościowy w celu utrzymania funkcjonowania na tak wysokim poziomie, jak to będzie możliwe. W pierwszej kolejności reformie ulegną plany inwestycyjne i modernizacyjne. Konieczne będzie zdobywanie finansowania na zakup aparatury i części zamiennych ze środków zewnętrznych. Park technologiczny będzie się starzeć i nie będzie można prowadzić z takim rozmachem badań interdyscyplinarnych. Bardzo ważnym elementem będzie utrzymanie kadry. Ze względów finansowych może zmniejszać się liczba doktorantów, zatrudnienie menedżerów i informatyków. Środki zewnętrzne to będzie źródło, które pozwoli na dalsze funkcjonowanie. Subwencja NCBR jest ograniczona i będzie mało finansowanych projektów. NCBR wspomaga głównie badania podstawowe, więc zdobycie środków na realizację projektów aplikacyjnych i wdrożeniowych będzie ograniczone (prof. M.I. Szykowska-Jóźwik). Prof. K. Chojnacka zwróciła uwagę na to, że brakuje projektów, które kończyłyby się ofertą technologiczną dla przemysłu, czyli takich, które pozwoliłyby doprowadzić poziom gotowości technologicznej do drugiego lub trzeciego poziomu, gdyż z takiego poziomu można starać się o finansowanie z programu Szybka Ścieżka. Teraz jest właściwy moment, aby zainicjować wykorzystywanie odnawialnej bazy surowcowej, która jest dostępna lokalnie. W przypadku nawozów azotowych, które są otrzymywane z wykorzystaniem gazu ziemnego, a ich produkcja jest całkowicie uzależniona od dostępności tego surowca, warto pomyśleć o zastosowaniu odnawialnego azotu, fosforu i potasu. W związku z brakiem możliwości zakupu aparatury i jej naprawy trudno będzie starać się o granty europejskie. Jeżeli chodzi o kadre, to sytuacja też jest zła, bo wynagrodzenia są niskie, co prowadzi do negatywnej selekcji. Sytuacja jest bardzo trudna i niepewna, dziekani i rektorzy muszą się liczyć z nie wiadomo jak wysokimi rachunkami za energię. Prof. R. Pietrzak skonstratował, że podwyżek wynagrodzeń nie będzie, jak zapowiedział minister. Podwyżka pensji profesora pociąga za sobą podwyżki dla wszystkich pracowników nauko-



Fot. 2. Prof. K. Chojnacka podczas otwarcia Seminarium (Foto: M.J.)

wych. Należy dbać o to, aby nie przejść na pracę zdalną, gdyż w tej dziedzinie bez praktyki nie można się nauczyć. Priorytet państwa, którym powinno być zwiększenie atrakcyjności kariery naukowej pozostaje pod znakiem zapytania. Prof. M. Kucharski przedstawił sytuację IUNG-PIB, stwierdzając, że ponad 70% wpływów do Instytutu pochodzi obecnie ze źródeł zewnętrznych, a w znacznie mniejszym zakresie z dotacji państwowych. Ważne jest, jaka będzie kondycja przemysłu chemicznego, bo to jest główne źródło finansowania prac Instytutu. Firmy agrochemiczne, tworząc nowe produkty, muszą je najpierw sprawdzić i zarejestrować. Obecnie funkcjonuje rynek rozproszonego rolnika. Instytut próbuje wspierać rolników, ale trudno jest znaleźć kogoś, kto wyjdzie do nich z inicjatywą. Prof. J. Igras optymistycznie ocenił funkcjonowanie Sieci Badawczej Łukasiewicz, która powstała 3,5 roku temu. Jest to trzecia co do wielkości sieć badawcza w Europie, zrzeszająca 26 instytutów, z których każdy posiada osobowość prawną. Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Nowych Syntez Chemicznych musi zdobyć finansowanie na utrzymanie w ponad 90%, współpracując z przemysłem głównie nawozowym. Instytut dotychczas świetnie sobie radził, ale żeby rozwijać się, musi inwestować w ćwierć- i półtechniczne instalacje celem komercjalizacji technologii. Wszystko, co jest w Instytucie opracowane, jest natychmiast wdrażane. Produkcja katalizatorów przynosi znaczne dochody. Obserwowana na rynku badań i rynku przemysłowym przyszłość jest niewiadomą. Instytut

stara się zdywersyfikować odbiorców swoich usług. Przychody są te same, a koszty rosną. Trzeba będzie zmierzyć się z wieloma problemami i przetrwać w standardzie mniej rozwojowym. Prof. B. Messyasz dodała, że w celu złagodzenia skutków kryzysu powinno poprawić się emisyjność budynków i przeprowadzić modernizację aparatury (lodówki, agregaty), a prof. K. Chojnacka zaapelowała, aby wspólnie z innymi uczelniami występować o takie projekty, jak Horyzont. Kończąc panel dyskusyjny, prof. M.I. Szykowska-Jóźwik poinformowała zebranych, że z ramienia społeczności akademickiej wysłane zostały do zarządzających postulaty o podwyżki wynagrodzeń, co dałoby szansę utrzymać na uczelniach kadre naukową.

Część referatową pierwszej sesji plenarnej rozpoczął prof. M. Kucharski, przedstawiając wyniki badań nad wpływem adiuwantów na przemieszczanie się azotu i herbicydów w glebie. Tylko 2–10% substancji aktywnej podanej w cieczy opryskowej dociera do miej-



Fot. 3. Prof. Rafał Latajka, redaktor naczelny czasopisma Chemik (Foto: M.J.)

sca działania. W związku z tym istnieje potrzeba polepszenia skuteczności działania tego środka, aby można było go stosować mniej. Dotychczasowe działania ograniczające straty to stosowanie nawozów mineralnych o spowolnionym i kontrolowanym uwalnianiu oraz stosowanie nowych formułacji środków ochrony roślin (herbicydów). Przeprowadzono badania doświadczalne przemieszczania się azotu i herbicydów w pobranych próbkach gleby, stosując do nawożenia saletrę amonową Pulan 34,4% z dodatkiem herbicydu i/lub adiuwanta. Zastosowano

adiuwant zwilżający (tlenek polialkilenowy modyfikowany heptametylotrisiloksanem) oraz nową formułą adiuwanta doglebowego, bazującą na mieszaninie oleju parafinowego i roślinnego wraz z kompleksem emulgująco-zwilżającym. Dodatek adiuwanta doglebowego spowodował zatrzymanie w górnej warstwie gleby większej ilości azotu w formie  $\text{NO}_3^-$ . Wpływ adiuwanta na przemieszczanie azotu amonowego był mniejszy, aczkolwiek zauważalny. Łączna aplikacja herbicydu z adiuwantem doglebowym korzystnie wpłynęła na zatrzymanie azotu i herbicydu w górnej warstwie gleby. W kolejnym referacie prof. Marzena Brodowska (Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie) przedstawiła wybrane problemy produkcji roślinnej w aspekcie nawożenia. Przekazała informacje wynikające z ankiet przeprowadzonych wśród trzech grup respondentów. Pierwszą grupę sta-

potrzeb pokarmowych zarówno rośliny, jak i samej gleby. Najważniejszy stres abiotyczny to stres suszy. W sytuacji wystąpienia stresu roślina przestaje plonować i wydaje plon gorszej jakości (zawiera więcej azotanów) i dochodzi do zaburzenia w funkcjonowaniu systemu korzeniowego. Według respondentów największym problemem jest zakwaszenie gleby. Gleby zakwaszone są glebami o słabej dostępności składników mineralnych, w których dochodzi do uwstecznienia NPK, występuje toksyczne działanie manganu, żelaza i glinu. Nawożenie takich gleb jest nieefektywne, gdyż duża część składników pokarmowych nie zostaje pobrana przez roślinę, jest wymyta i uwsteczniona. Zakwaszenie gleb w Polsce kształtuje się na poziomie: 28,9% odczyn bardzo kwaśny, 28,3% odczyn kwaśny, 22,4% lekko kwaśny, 12,5% obojętny, a tylko 7,9% ma odczyn zasadowy.

Najgorsza sytuacja występuje w województwach: małopolskim, łódzkim i podkarpackim, gdzie 70% gleb jest zakwaszonych. Odczyn gleby wpływa na efektywność plonotwórczą NPK, która sięga 100% tylko na glebach obojętnych. Drugi duży problem to niedobór wody. W polskich warunkach ilość i rozkład opadów

atmosferycznych w okresie wegetacyjnym jest jednym z ważniejszych stresów, na jakie narażone są rośliny. Trzeba stosować nawozy w postaci roztworów i odpowiednie zabiegi agrotechniczne. Następnym referat wygłosił prof. Wojciech Białas (Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu) na temat techniczno-ekonomicznych uwarunkowań produkcji biomasy komórkowej wykorzystywanej w preparatach dla rolnictwa. Na przestrzeni ostatnich lat nastąpił wzrost świadomości związany z postępującymi zmianami klimatu oraz dostrzeganie zagrożeń wynikających z nadmiernego wykorzystania surowców naturalnych i sposobu prowadzenia produkcji rolnej (susze, nadmierne nawożenie, intensywna eksploatacja gleby). Aby



Fot. 5. Prof. W. Białas, nagrodzony za referat w I sekcji plenarnej (Foto: M.J.)

rozwiązywać te problemy, zaczęto stosować biotechnologię, która umożliwia opracowanie rozwiązań pozwalających zredukować udział nawozów w produkcji rolniczej. Skoncentrowano się na poszukiwaniu mikroorganizmów, które wpłyną na solubilizację fosforu, wiązanie azotu z atmosfery lub wykorzystają właściwości fungistyczne. Prelegent przedstawił zarys technologii związanej z produkcją preparatu B.S. komórek *Bacillus subtilis*, które cechują się bardzo dobrymi właściwościami wpływającymi na solubilizację fosforu. Szczep ten pochodzi z kolekcji czystych kultur z macierzystej katedry. Zwiększając stopniowo skalę procesu, badania prowadzono w produkcyjnym reaktorze o pojemności 1,5 m<sup>3</sup>, wytwarzając 500 m<sup>3</sup>/r produktu stabilizowanego zapobiegającymi sedymentacji dodatkami. Taki proces umożliwia ocenę, czy produkt obroni się marketingowo. Wąskim gardłem tego procesu jest czas trwania hodowli (48 h). Czas fermentacji w reaktorze biotechnologicznym ma kluczowy wpływ na roczną zdolność produkcyjną instalacji. Prof. Jerzy Grabiński (IUNG-PIB) przedstawił referat dotyczący problemu suszy związanej z ociepleniem klimatu, brakiem śniegu i długimi okresami nasłonecznienia. Dlatego prowadzone są badania naukowe (także w Polsce) nad zmniejszeniem skutków niekorzystnych zmian klimatycznych związanych z niedoborem opadów na produkcję rolniczą. W IUNG-PIB przeprowadzono badania nad sprawdzeniem wpływu hydrożeli jako czynnika poprawiającego retencję wody w glebie na plonowanie pszenicy ozimej w warunkach suszy. W badaniach przeprowadzonych na obetonowanych polatkach zastosowano przedsięwzięcie



Fot. 4. Paneliści I sesji plenarnej (od lewej): prof. R. Pietrzak, prof. B. Meesyasz, prof. K. Chojnacka, prof. M. Kucharski i prof. J. Igras. (Foto: M.J.)

nowili rolnicy w liczbie 500 osób, druga grupa to członkowie Polskiego Towarzystwa Magnezologicznego (rolnicy, agronomowie, zootechnicy, ale też duża grupa lekarzy). Trzecia grupa to członkowie Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego. Pierwszy problem podnoszony przez respondentów to zakwaszenie gleb i związany z tym niedobór magnezu, zubożenie gleb w składniki mineralne, niedobór próchnicy glebowej, występowanie stresu biotycznego i abiotycznego oraz problem zbyt wysokich cen nawozów i ich dostępności. Niewystarczająca wiedza producentów rolnych związana z brakiem świadomości, że należy wykonywać analizy gleby (350 osób zwróciło na to uwagę) i nawozić ją pod kątem



Fot. 6. Paneliści debaty w II sesji plenarnej (od lewej): mgr T. Koziół, dyrektor w Grupie Azoty SA, prof. M. Kułażyński, prof. K. Chojancka, prof. K. Gorazda i dr M. Samoraj (Foto: M.J.)

w pierwszym roku upraw, dodatek soli potasowej poli(kwasu akrylowego) (SAP), którego czas biodegradacji wynosi 3–5 lat, w ilościach 30–90 kg/ha. Obserwowano wzrost wilgotności gleby. Ocenę plonowania prowadzono w czasie kolejnych 3 lat. Zwiększyła się masa 1000 ziaren w stosunku do kontroli oraz uzyskano istotnie pozytywny wpływ SAP na plon ziarna, który wzrósł o 20%. Wzrost plonowania wynikał z pozytywnego wpływu SAP na strukturę plonu i parametry wzrostu roślin. Obserwacje pozytywnego wpływu hydrożelu obserwowano także podczas badań wazonowych, w których rośliny poddano stresowi suszy rozpoczętego w okresie flagowym jej wzrostu i trwającego 2 tygodnie. Negatywnego wpływu stosowania SAP nie obserwowano. Pozytywne wyniki badań i spadek cen superabsorbentów na przestrzeni ostatnich 10 lat wskazują na to, że SAP mogą stać się ważnym środkiem do stabilizacji produkcji rolniczej.

Ostatni referat w tej sekcji zatytułowany „Stymulacja wzrostu i rozwoju roślin – od fascynacji do aplikacji” przedstawił dr hab. Marcin Śmiglak (Fundacja Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu). W związku z koniecznością ograniczania stosowania pestycydów w produkcji rolnej podjęto badania nad opracowaniem nowych metod ochrony roślin, polegających na wzmacnianiu ich systemicznej odporności nabytej (SAR), która jest naturalnym mechanizmem obronnym roślin, tak aby były przygotowane do walki z patogenami, takimi jak bakterie, wirusy i grzyby.

Dostępny komercyjnie induktor odporności SAR, tioester metylowy kwasu 7-karboksybenzo[1,2,3]tiadiazolowego (BTH) jest związkem słabo rozpuszczalnym w wodzie, podatnym na hydrolizę w wodzie i glebie i dlatego trudno go stosować na polach w formie oprysku. Podjęto prace nad znalezieniem induktora o lepszych właściwościach fizykochemicznych, głównie lepszej rozpuszczalności w wodzie i skuteczności biologicznej. Stwierdzono, że znacznie

lepiej rozpuszcza się w wodzie BTH w postaci pochodnej jonowej. Takim związkiem okazał się *N*-metylo-*N*-metoksyamido-7-karboksybenzo(1,2,3)tiadiazol (BTHWA). Oprócz działania indukującego odporność roślin, wykazuje on działanie stymulujące wzrost roślin. Prelegent przedstawił badania wpływu BTHWA stosowanego samodzielnie, a także z fungicydem na rozwój roślin takich jak tytoń i rzepak. Stwierdzono skuteczność działania BTHWA przeciwko wielu wirusom i bakteriom wywołującym choroby roślin. Nie jest mutagenny i nie działa korozyjnie w kontakcie z naskórkim ludzkim.

Druga sesja plenarna pod przewodnictwem prof. Katarzyny Gorazdy (Politechnika Krakowska) i prof. R. Latajki (Politechnika Wroclawska) rozpoczęła się debatą o branży agrochemicznej w dobie kryzysu energetycznego i surowcowego. Moderatorem dyskusji była prof. K. Chojnacka, a panelistami prof. K. Gorazda, prof. Marek Kułażyński (Politechnika Wroclawska), dr Mateusz Samoraj (Eko-plon Sp. z o.o. Sp. k.) i mgr inż. Tomasz Koziół (dyrektor w Grupie Azoty SA Tarnów). Panelistom zadano pytania: (i) czy kryzys energetyczny i surowcowy może stać się siłą napędową do implementacji przełomowych innowacji technologicznych w sektorze agrochemicznym? (ii) czy w najbliższych miesiącach większość firm chemicznych z grupy MŚP wstrzyma działalność? (iii) czy należy spodziewać się masowych zwolnień pracowników w sektorze chemicznym? Mgr T. Koziół przedstawił trudną sytuację Zakładów.

Głównym surowcem stosowanym do produkcji nawozów azotowych w Tarnowie jest gaz ziemny. Z powodu wzrostu jego cen, ceny nawozów musiały bardzo drastycznie wzrosnąć. W 2020 r. cena nawozu amonowego wynosiła ok. 800 zł/t, a obecnie jest to 3 tys. zł. W sierpniu 2022 r. doszło do sytuacji, w której rolnicy przestali kupować nawozy, nastąpił zastój sprzedaży i zakłady zdecydowały się na zatrzymanie produkcji. Produkcja azotanu amonu jest bardzo energochłonna i kosztowna. Zakłady już od dawna poszukują sposobów na obniżenie kosztów wytwarzania, optymalizując skład nawozów przez dodatek np. makroelementów, takich jak magnez (będący



Fot. 7. Mgr R. Grzesik podczas referatu nagrodzonego w II sesji plenarnej (Foto: M.J.)

produktem krajowym), modernizując instalacje, wdrażając systemy spowalniania wchłaniania azotu, otoczkowanie, mikroorganizmy, aby w jak najbardziej precyzyjny sposób dostarczyć roślinie azot. Dr M. Samoraj przedstawił trudną sytuację firmy spowodowaną wzrostem cen mocznika stosowanego w produkcji nawozów. Firma nie może pozwolić sobie na zaprzestanie produkcji, więc kontraktuje surowiec tylko w takiej ilości, aby zapewnić bieżącą produkcję. Jeśli chodzi o bazę surowcową, to prowadzone są prace w kierunku zastosowania surowców odnawialnych. Realizowane są dwa projekty rozwojowe, w których badane jest zastosowanie takich surowców odpadowych, jak hydrolizaty z odpadowych surowców białkowych i biomasa odpadowa będąca nośnikiem mikroelementów. Prof. K. Chojnacka dodała, że komponowanie nawozów organiczno-mineralnych może być pewnym rozwiązaniem wykorzystującym surowce odpadowe, które są dostępne lokalnie. Środkiem zaradczym

może być zwiększenie biodostępności składników pokarmowych roślinom, aby poprawiać skuteczność nawożenia, a nie zwiększać ilość stosowanego nawozu. Prof. K. Gorazda, która specjalizuje się w waloryzacji osadów ściekowych i popiołów podkreśliła, że tam, gdzie jest produkcja rolna, tam powstają lokalne biologiczne oczyszczalnie ścieków. Czy warto spalać osady ściekowe i otrzymywać popiół jako źródło fosforu i mikroelementów nawozowych, czy może wykorzystać azot, który w suchej masie osadu znajduje się w ilości 7%? Obie opcje są stosowane. Osady ściekowe suszone można wykorzystać do tworzenia nawozów mineralno-organicznych, ale trzeba sprawdzić jakość tych osadów, gdyż zawierają oprócz składników nawozowych zanieczyszczenia, którymi są metale ciężkie i patogeny. Obróbka chemiczna za pomocą stężonych kwasów pozwala uzyskać bezpieczne dla środowiska nawozy, które spełniają wszystkie normy dotyczące wprowadzenia na rynek. W Polsce funkcjonuje 12 dużych spalarni. Otrzymany popiół jest przede wszystkim źródłem fosforu, porównywalnym z fosforytami. W takich popiołach jest trochę więcej magnezu i potasu, ale są też metale ciężkie. Procesy ekstrakcyjne i termochemiczne oczyszczania tych osadów/popiołów nie funkcjonują na dzień dzisiejszy. Do tej pory nie było to opłacalne. Ta baza surowcowa w stosunku do ilości surowca, jaką stosuje Grupa Azoty jest niewielka, kilka- do kilkudziesięciu tys. t/r popiołu. Te wszystkie miejsca powstawania odpadów są rozproszone i w związku z tym nie jest to surowiec dla dużych firm nawozowych, najwyżej dla MŚP. Prof. M. Kułażyński wskazał na nowy kierunek działania nawozowego, którym jest wytwarzanie nawozów z odpadów, takich jak skóry i skórzana tapicerka samochodowa. Nie będzie to prawdopodobnie produkt tak dobry jak produkowany przez Grupę Azoty SA, ale będzie dużo tańszy. Prof. K. Chojnacka dodała, że w biologicznych odpadach znajdują się praktycznie wszystkie składniki nawozowe, azot, potas i mikroelementy. Kwestią organizacyjną jest, aby producenci, którzy generują te odpady, a nie czują się firmami nawozowymi, pozwolili na budowę na swoim terenie instalacji do wytworzenia półproduktów, które producenci nawozów mogliby wykorzystać. Skóry

zawierają białko, które można zhydrolizować do aminokwasów i otrzymać produkt o właściwościach nawozowych, ale też do wykorzystania jako biostymulator. Współpraca firm nawozowych z firmami wytwarzającymi odpady może doprowadzić do realizacji założeń Zielonego Ładu.

Po panelu dyskusyjnym sesję referatową otworzyła prof. Cecylia Wardak (Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej, Lublin), przedstawiając nowo opracowany czujnik elektrochemiczny do monitorowania azotanów(V) w próbkach środowiskowych. Azotany(V) nie są dla człowieka szkodliwe, ale niekorzystnie wpływają na wchłanianie witamin A i B oraz mogą ulegać redukcji do azotanów(III), niebezpiecznych dla człowieka. Opracowano narzędzie do monitorowania azotanów(V) z elektrodą jonoselektywną. Spośród elektrod z ciekłym i stałym kontaktem ta ostatnia jest łatwiejsza w obsłudze, mechanicznie bardziej odporna (zastosowanie terenowe) i charakteryzuje się mniejszą granicą wykrywalności. Nie ma problemu napełniania elektrody, wyciekania i zapowietrzania. Elektrody mogą występować w różnych kształtach, np. w postaci opaski na rękę do monitorowania azotanów w pocie. Wadą elektrod ze stałym kontaktem jest nieodtwarzalność wyników i słaba stabilność potencjału będąca konsekwencją połącze-



Fot. 8. Panel dyskusyjny w III sesji plenarnej (od lewej): prof. M. Kucharski, prof. Z. Wzorek, dr R. Wilk, prof. M. Brodowska i prof. J. Igras (Foto: M.J.)

nia dwóch materiałów o różnym rodzaju przewodnictwa. Do zmodyfikowanych elektrod zastosowano nanowłókna polianiliny domieszkowane jonami chlorkowymi lub azotanowymi(V). Elektroda może być stosowana do pomiarów próbek bez wstępnego przygotowania lub po etapie wstępnego przygotowania (rośliny, owoce). Następnie mgr inż. Ryszard Grzesik (Grupa Azoty ZAK SA) przedstawił badania prowadzone w ramach programu sektorowego Innochem, dotyczące nowych form nawozowych o spowolnionym uwalnianiu, zawierających dodatkowo biologicznie ważne mikroelementy, takie jak Cu, Mn, Fe i Zn i funkcjonalną matrycę będącą nośnikiem tych mikroelementów. Są to dodatki do nawozów o właściwościach poprawiających strukturę gleby i zwiększające przyswajalność mikroelementów przez rośliny. Wśród nich są dodatki organiczne (sfunekjonalizowany aminokwas) lub nieorganiczne



Fot. 9. Dr B. Izydorczyk i dr M. Mironiuk podczas wygłoszenia referatu (Foto: M.J.)



Fot. 10. Debata dydaktyczna prowadzona przez prof. K. Chojnacką (Foto: M.J.)

(zeolity). Opracowany został proces otrzymywania dodatków poliamidowych na bazie kwasu asparginowego o zdefiniowanej długości łańcucha, który jest nietoksyczny, zawiera węgiel organiczny i jest biodegradowalny. Prelegent przedstawił także sposób otrzymania form hydrożelowych, soli kwasu poli(asparginowego) PKA, takich jak PKA-K, PKA-Zn, PKA-Cu i PKA-Mn. Z dodatkiem tych soli stworzono nowe kompozycje nawozowe. Metale wprowadzono do matrycy poliamidowej w postaci soli lub kompleksów. Jako nieorganiczne dodatki do nawozów zastosowano zeolity, które wpływają na poprawę struktury gleby i poprawiają gospodarkę wodną oraz mają właściwości kumulacji toksycznych metali ciężkich w glebie. Przeprowadzono impregnację zeolitów azotanami Cu, Fe, Zn, Mn, otrzymując w ten sposób dodatek nawozowy z powolnym uwalnianiem składników i zawierający mikroelementy. Projekt realizowany jest przy współpracy z dwoma instytutami z Sieci Badawczej Łukasiewicz: Instytutem Nowych Syntezy Chemicznych i Instytutem Ciężkiej Syntezy Organicznej „Bla-chownia”. Kolejny referat wygłosiła dr Marta Wyzińska (IUNG-PIB) na temat zastosowania biowęgla w rolnictwie w kontekście Europejskiego Zielonego Ładu. W transformację gospodarki UE z myślą o zrównoważonej przyszłości wpisuje się biowęgiel, czyli karbonizat otrzymany z biomasy i zawierający w głównej mierze węgiel, ale też do 5% mikro- i makroelementów oraz znaczne ilości fosforu oraz potas. Ze względu na swoje właściwości biowęgiel ma ogromne znaczenie w uprawie gleb ubo-

gich, gdyż poprawia jakość gleby i dostępność wody, zwiększa retencję substancji odżywczych dla roślin, jednocześnie immobilizując jony metali ciężkich oraz zanieczyszczenia organiczne, takie jak wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne, które w procesie wymywania mogą przedostawać się do wód gruntowych. Wytwarzając biowęgiel, nie tylko ograniczana jest emisja CO<sub>2</sub> do atmosfery, lecz także otrzymywany jest produkt o cennych właściwościach do

zastosowania w rolnictwie. Do produkcji biowęgla stosowane mogą być surowce rolnicze, leśne i odpadowe. Znajduje on zastosowanie w wielu gałęziach przemysłu. Dr Agnieszka Dymytryk (Ekoplon, Sp. z o.o. Sp. k.) przedstawiła firmę Ekoplon jako firmę rodzinną działającą od 1989 r., zatrudniającą 350 pracowników i wytwarzającą środki żywienia zwierząt hodowlanych oraz nawozy dolistne. Firma jest obecnie producentem nawozów zawierających makro- i mikroskładniki w formie skompleksowanej lignosulfonianami lub w formie schelatowanej glicyną i z dodatkiem biostymulatora niemikrobiologicznego, a także nawozów organiczno-mineralnych z dodatkiem mikroskładników w formie schelatowanej glicyną i z dodatkiem biostymulatora niemikrobiologicznego. Roczna produkcja nawozów wynosi 35 tys. t. Firma prowadzi dalsze badania nad nowymi nawozami zawierającymi biostymulator. Ostatni w tej sesji referat wygłosiła mgr Edyta Szyszko (LECO Polska Sp. z o.o.) dotyczący analizy elementarnej CHNS próbek środowiskowych. Przedstawiła amerykańską firmę LECO działającą od 75 lat w ponad 100 krajach na całym świecie i produkującą przede wszystkim analizato-

ry elementarne, spektrometry mas oraz urządzenia do metalografii. Analizatory z przeznaczeniem dla rolnictwa mogą służyć do monitorowania składu gleb uprawnych, upraw i nawozów, a także określać optymalne wartości odżywcze pasz dla zwierząt. Przystosowane są do analizy heterogenicznych trudnych do ujednoczenia próbek, jak również tych o niskiej zawartości analitów.

Trzecią sesję plenarną prowadzili prof. Bożena Zabiegała (Politechnika Gdańska) i prof. Mariusz Kucharski (IUNG-PIB). Sesję tę rozpoczął panel dyskusyjny dotyczący perspektyw nawozów i nawożenia, którego moderatorem był dr Mateusz Samoraj, a panelistami przedstawiciele jednostek akademickich, instytutów przemysłowych oraz biznesu. Udział w panelu wzięli: prof. Marzena Brodowska (Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie), prof. Janusz Igras



Fot. 11. Obrady okrągłego stołu „Quo vadis przemysł nawozowy?” (Foto: M.J.)



Fot. 12. Uczestnicy obrad o przyszłości przemysłu nawozowego (Foto: M.J.)

(Łukasiewicz – INSC), prof. Mariusz Kucharski (IUNG-PIB), dr Radosław Wilk (Intermag Sp. z o.o.) i prof. Zbigniew Wzorek (Politechnika Krakowska). W nowym podejściu do produkcji rolnej, z perspektywy prof. M. Brodowskiej, ważne jest wprowadzanie do nawozów rozwiązań biotechnologicznych, gdyż za ich pomocą jest możliwe otrzymanie składników, które będą wzmacniały roślinę i poprawiały jej kondycję. Ponadto stosowane doglebowo kwasy fulwowe (odpowiedniki lub substytuty próchnicy glebowej) będą poprawiać nie tylko kondycję rośliny, ale także gleby. Drugim elementem jest skoncentrowanie się rolników na bardziej efektywnym stosowaniu nawozów, czyli dążenie do tego, aby do wieloskładnikowych produktów nawozowych wprowadzać poza mikroelementami pierwiastki korzystne, które będą stymulowały i wzmacniały pobór makro- i mikroelementów. Bardzo istotnym elementem w rolnictwie jest dokarmianie pozakorzeniowe i dostosowanie tego nawożenia do faz krytycznych pobierania. Trzeba stosować tylko nawożenie tego, co jest niezbędne, a nie na wyrost i nawozić dolistnie nie tylko nawozami azotowymi, ale i zawierającymi fosfor i potas. Prof. Z. Wzorek stwierdził, że opracowane są gotowe technologie dotyczące przetwarzania popiołów, ale duży przemysł nawozowy nie jest tym zainteresowany. Technologie te są złożone i małe firmy nie są w stanie udźwignąć ciężaru budowy takich instalacji z powodu dużych kosztów inwestycyjnych. Prowadzone są badania, które zmierzają w kierunku nawozów organiczno-mineralnych na bazie osadów ściekowych, będących źródłem azotu i mikroelementów. Poddając odpady biologiczne procesowi fermentacji, można odzyskać część ładunku energetycznego, który się w nim znajduje, w postaci otrzymanego metanu. Metan można energetycznie lub technologicznie wykorzystać. W Polsce jest kilka biogazowni funkcjonujących na bazie odpadów komunalnych. Trzeba zdążyć w kierunku odzyskiwania azotu i fosforu, bo ich pozyskiwanie zawsze będzie kosztowne. Według prof. J. Igrasa najważniejszą kwestią jest właściwe sterowanie nawożeniem, które bez wiedzy czy z niewielką wiedzą rolnika powoduje wiele niekorzystnych skutków środowiskowych, jak i wpływa na skład pożywie-

nia. Trzeba zarządzać składnikami pokarmowymi nie tylko na poziomie pola, ale i rośliny, tworząc formuły nawozów w ten sposób, aby roślina dostosowywała ich pobieranie do tempa jej wzrostu. Prowadzone są badania nad opracowaniem nawozów o kontrolowanym uwalnianiu składników pokarmowych. Druga rzecz to są systemy wspomaganie decyzji, systemy decyzyjnego rolnictwa, nawożenia. To są najbardziej obiecujące kierunki. W sprawie ograniczenia stosowania środków ochrony roślin wypowiedział się prof. M. Kucharski. Stwierdził, że na razie jest to przyszłość, aczkolwiek na rynku znajdują się już pewne substancje, które pozwalają na zmniejszenie ilości stosowania herbicydów. Problemem zaobserwowanym przez IUNG-PIB, instytucję wydającą certyfikaty dla nowo wprowadzanych na rynek środków nawożących, jest „czarny rynek” nawozów. Istnieją małe firmy, które próbują wprowadzić towar na rynek. W treściach reklamowych podają tylko informację, że produkt badany był przez określony ośrodek certyfikujący. Jeśli wyniki badań były negatywne, to producent rolny o tym nie wie. Około 50–60% substancji badanych przez IUNG-PIB nie wykazuje żadnego działania na rośliny ani glebę. Rynek tych nienajlepszych substancji nawożących rozwija się. Wynika to z wysokich cen nawozów, ale i też z braku uregulowań prawnych. Dr Radosław Wilk (Intermag Sp. z o.o.) odniósł się do poprawy plonowania przez stosowanie biostymulatorów. Firma Intermag zajmuje się produkcją bionawozów, czyli nawozów z mikroorganizmami. Redukując nawożenie, należy wspomagać roślinę, aby utrzymać odpowiednią rentowność produkcji rolnej. Przeprowadzono badanie wśród producentów rolnych, z którego wynika, że wraz z olbrzymim wzrostem cen nawozów rolnicy ograniczyli nawożenie doglebowe o 30%. Pociąga to za sobą konieczność wspomaganie roślin w efektywnym wykorzystaniu nawozów doglebowych, aby wspomagać plonowa-



Fot. 13. Mgr Urszula Ryszko podczas wygłaszania nagrodzonego referatu o fosforach (Foto: M.J.)

nie. Dzięki wysoko rozwiniętym technikom analitycznym można selekcjonować substancje aktywne, które faktycznie wpływają na lepszą fotosyntezę i na lepszy rozwój systemu korzeniowego. Mikroorganizmy, biopreparaty opierają się na pierwiastkach korzystnych, takich jak V, Si, Se, a także mogą opierać się na różnego rodzaju substancjach roślinnych, ekstraktach z alg, aminokwasach. Do tej pory produkty fitobiologiczne nie były uregulowane prawnie. Jest już nowe rozporządzenie UE, które wspiera rozwiązania z zastosowaniem biostymulatorów i mikrobiologii. Spośród 2600 środków ochrony roślin zarejestrowanych w Polsce tylko 3% to produkty mikrobiologiczne. Proces rejestracji produktów mikrobiologicznych zastępujących środki ochrony roślin jest kosztowny i trudny. Dotychczas większość firm wprowadzających produkty mikrobiologiczne na rynek nie miała żadnych obostrzeń. Wyprodukowanie czystego produktu w oparciu o czysty szczep jest dużym wyzwaniem i wymaga wielu badań. Oprócz znalezienia i wyizolowania szczepu o zadanej funkcjonalności, trzeba przygotować odpowiednią technologię do namnażania i rozpromować produkt wśród rolników. Opracowanie takich technologii wymaga dużo czasu. Prace są w toku.

Część referatową w tej sesji otworzyli dr inż. Grzegorz Izydorczyk (Politechnika Wrocławska) i dr inż. Małgorzata Mironiuk (Politechnika Wrocławska), przedstawiając pracę związaną z wytwarzaniem nawozów z odpadów garbarskich. Odpadowy materiał garbarski charakteryzuje się dużą zawartością azotu, ok. 8%, co predestynuje go do zastosowania jako źródła odzysku azotu

i wykorzystania jako składnik pokarmowy dla roślin. Opracowana na Politechnice Wrocławskiej technologia dotyczy zagospodarowania odpadowych skór poprzez hydrolizę, w wyniku której otrzymywana jest frakcja ciekła, która może być bezpośrednio stosowana jako nawóz ciekły lub poddana granulacji z popiołami ze spalania np. osadów ściekowych. Otrzymane ze skór hydrolizaty zawierają szeroką gamę aminokwasów, z których każdy pełni jakąś funkcję w rozwoju roślin. Jest to olbrzymia wartość tych nawozów. Do granulacji wykorzystano popioły z oczyszczalni ścieków, o dużej zawartości fosforu, makro- i mikroelementów, ale też pierwiastki toksyczne. Produkty zostały przebadane pod względem składu pierwiastkowego. Skóry w zależności od sposobu garbowania mogą zawierać chrom. Podjęto też badania oceny wpływu chromu na parametry jakościowe roślin i gleby. Zawartość chromu w roślinie i korzeniu była niska. Zbadano też glebę, w której zawartość mikro- i makroelementów mieściła się w zakresach wartości występujących w polskich glebach. Otrzymano formułacje nawozowe spełniające wszystkie wymagania jakościowe nawozów. Zawartość chromu w otrzymanym nawozie była nawet niższa w porównaniu z próbką kontrolną. Kontynuując tematykę odpadów garbarskich, dr inż. Dawid Skrzypczak (Politechnika Wrocławska) przedstawił badania racjonalnego zagospodarowania tych odpadów w procesie pirolizy. Na bazie odpadów skórzanych wytworzono biowęgle do celów nawozowych. Metody otrzymywania biowęgli polegają na pirolizie, zgazowaniu, karbonizacji hydrotermalnej i toryfikacji. Wzbogacanie biowęgli i wykorzystanie ich do remediacji gleb jest już stosowane. Ale istotne jest, aby stosować węgiel jako źródło składników nawozowych. Do badań zastosowano biowęgle otrzymane z odpadów skórzanych zarówno chromowanych, jak i niechromowanych. Biowęgiel wzbogacano metodą sorpcji zanurzeniowej w roztworach jonów miedzi, manganu i cynku oraz metodą autorską polegającą na sorpcji natryskowej, za pomocą której uzyskano odpowiedni stosunek jonów Cu:Mn:Zn jak 1:1:1 we wzbogaconym biowęglu. Surowy karbonizat zawierał 10% azotu. Za pomocą testów ekstrakcyjnych zbadano, że chrom obecny w biowę-



Fot. 14. Sesja posterowa (Foto: M.J.)

glu nie jest uwalniany do wody, przez co potwierdziło się, że nie przechodzi on do gleby ani roślin. W testach wazonowych określono parametry biometryczne ogórka. Zastosowanie biowęgla ze skór niechromowanych umożliwiło otrzymanie roślin o lepszych parametrach w stosunku do kontroli. Zastosowano także biowęgiel do otoczkowania nasion, wykorzystując do tego polimery arginianu i karboksymetylocelulozę. W kolejnym referacie dr M. Samoraj omówił nowe nawozy z mikrośladnikami otrzymane metodą biosorpcji. W ponad 2/3 krajów UE występują duże niedobory co najmniej jednego z mikroelementów. Obecnie głównym celem jest poprawa efektywności składników nawozowych przy jednoczesnym zmniejszeniu wpływu ich stosowania na środowisko. Nawozy mikroelementowe wytwarzano przez biosorpcję na materiale biologicznym, biosorbencie. Stwierdzono, że wiodącym procesem biosorpcji jest wymiana jonowa. Potencjalnymi biosorbentami są rośliny, algi, mikroorganizmy, grzyby, odpady zwierzęce, obornik i odpady rolnicze. Przeprowadzono badania dla biomasy roślinnej. Wykorzystano pestki owoców jagodowych, które poddano ekstrakcji nadkrytycznej CO<sub>2</sub>, uzyskując olej (który może być wykorzystany w przemyśle farmaceutycznym) i pozostałość po ekstrakcji. Pozostałość tę poddano procesowi sorpcji, wzbogacając materiał w jony Cu, Zn i Mn i uzyskano nawóz, który jest nietoksyczny i łatwy w dozowaniu. Skuteczność działania tego nawozu została przetestowana w testach kielkowania. Uzyskano więcej suchej masy

oraz większą zawartość mikrośladników w testach laboratoryjnych, a w testach polowych uprawy kukurydzy uzyskano ziarno, w którym zawartość mikrośladników była średnio o 10–12% większa w stosunku do kontroli. Przygotowano projekt wdrożeniowy wytwarzania tego typu nawozów do upraw ekologicznych wspólnie z Politechniką Wrocławską i firmą Ekoplon, która będzie wdrażać tę technologię. Celem projektu jest opracowanie technologii produkcji nowych nawozów opartych na biomasie, z wykorzystaniem procesu biosorpcji. Bazę surowcową mikrośladników stanowią będące strumieniem uboczne z produkcji nawozów mikrośladnikowych. Otrzymane bionawozy przeznaczone są do upraw ogórka i owoców jagodowych. Kontynuując temat upraw ogórka, dr Radosław Wilk (Intermag Sp. z o.o.) przedstawił badania prowadzone w ramach projektu finansowanego przez NCBR i konsorcjum firm Fructus, Intermag i PlantiCo nad kompleksowym rozwiązaniem zbyt małej produkcji wysokiej jakości ogórka gruntowego przeznaczonego do kiszenia. Technologia uprawy ogórka stosowana przez polskich rolników nie pozwala na osiągnięcie zadawalającej wielkości produkcji i negatywnie wpływa na jego cechy. Nowo opracowana technologia uprawy ogórka oparta jest o innowacyjne produkty, takie jak nawozy mikroelementowe, biostymulatory i preparaty mikrobiologiczne. Opracowywane formułacje nawozowe zawierają składniki, indukujące odporność roślin i ograniczające w ten sposób liczbę stosowanych prewencyjnych oprysków środkami ochrony roślin. Zadaniem tej uprawy jest poprawa określonych parametrów jakościowych i ilościowych, takich jak chrupkość, zwiększenie plonowania, zwiększenie zdrowotności i zmniejszenie środków ochrony roślin w połączeniu z technologią indukowania naturalnej odporności i biofortyfikacja w biologicznie ważne mikroelementy (Fe, Mn, Zn, Fe, Cu, Si i Se). Przeprowadzono badania polowe na pięciu dużych areałach. Uzyskano wzrost plonu w stosunku do kontroli średnio o ponad 10% i zwiększenie twardości owoców o 10%, za którą odpowiedzialny jest krzem. Dostarczanie tych składników pokarmowych prowadzono co 2 tygodnie przez fertygację i oprysk nalistny. Nakłady poniesione na intensyfikację nawoże-



nia w pełni zwracały się. O konieczności wprowadzenia ograniczeń w stosowaniu środków ochrony roślin wypowiedział się dr Rafał Kukawka (Poznański Park Naukowo-Technologiczny). Przedstawił badania nad tzw. induktorami odporności roślin, czyli cząsteczkami, które przygotowują roślinę na atak przyszłej choroby. Stosuje się je wcześniej, zanim pojawi się choroba, aby układ odpornościowy rośliny był już przygotowany na walkę z nią. Literatura donosi, że stosowanie induktorów odporności roślin powoduje obniżenie parametrów jakościowych i ilościowych plonu. Wynikało to z faktu, że stosowano aplikację nie przed chorobą, ale dopiero po wystąpieniu jej objawów. Ponadto stosowano zbyt duże stężenia, zbyt często aplikowane i w niewłaściwej dawce. Opracowano nową cząsteczkę BTHWA, która nie tylko chroni roślinę przed patogenami, indukując jej odporność, ale także stymuluje jej wzrost, wpływając na większy wzrost części naziemnej i większą ilość plonu handlowego oraz zawartość chlorofilu. Prelegent przedstawił wyniki testów szklarniowych upraw pomidora, papryki i brokułu przy aplikacji BTHWA w różnych stężeniach. Uzyskano wzrost zawartości suchej masy rośliny i wzrost zawartości chlorofilu, oraz 2 razy wyższy plon owoców pomidora, a papryki i brokułu o odpowiednio ok. 35 i 20%.

Na zakończenie trzeciej sesji plenarnej odbyły się Obrady Okrągłego Stołu, będące kontynuacją debaty rozpoczętej podczas X Kongresu Technologii Chemicznej, a dotyczące kompetencji chemika na stanowisku pracy oraz o potrzebach pracodawców i absolwentów. Obrady prowadziła prof. K. Chojnacka. O programie studiów, potrzebie jego unowocześnienia oraz o oczekiwaniach studentów i wymaganiach pracodawców dyskutowano w gronie uczestników seminarium. Niepokojącym zjawiskiem występującym na uczelniach jest odpływ studentów ze studiów magisterskich, którzy kończą naukę po uzyskaniu stopnia inżyniera. Na Wydziale Chemicznym Politechniki Wrocławskiej naukę kontynuuje tylko 30% studentów. Na ile byłoby uzasadnione, aby umożliwić studentom pracę w zawodzie i jednocześnie studiowanie? Mowa jest o studiach dualnych, ale do tego potrzebne są zainteresowane zakłady pracy, w których będzie można



Fot. 15. Sesja posterowa (Foto: M.J.)

zapewnić studentom realizację programu studiów. Znanymi są takie działania, których inicjatorem były zakłady poszukujące pracowników, jednak chodzi o to, aby taki system wprowadzić programowo (prof. Dariusz Bieliński, Politechnika Łódzka). Obecnie są to działania incydentalne. Pojęcie magistra i inżyniera zdewaaluowało się całkowicie. Trzeba podnieść poziom kształcenia końcowego etapu, aby nadać waloru temu tytułowi, np. przez naukę przez jakiś czas na innej uczelni. Współpraca z uczelniami w Europie jest utrudniona z uwagi na brak programowej kompatybilności. Walorem może być wykonywanie pracy dyplomowej w zakładzie pracy lub weryfikacja w przemyśle badań wykonanych w ramach pracy dyplomowej. Korzystna byłaby organizacja ostatniego semestru zajęć jako pracy w przemyśle. Przykładem są zakłady PCC Rokita, które realizują program, w ramach którego przyjmują studentów w celu wykonania badań do pracy dyplomowej, wypłacając im stypendia. Po uzyskaniu stopnia muszą 1 rok przepracować w zakładzie. Prof. Magdalena Szymańska (SGGW Warszawa) przedstawiła wprowadzony już dawno temu przez SGGW system studiów dualnych, który nie sprawdza się. Od 6 semestru studenci mają 2 dni nauki, a 3 dni przeznaczone są na pracę. Uzgodnienie takich zajęć jest problematyczne. Dużo studentów kończy naukę na I stopniu, gdyż już wtedy mają możliwość zarabiania, a ewentualną dalszą naukę podejmują na studiach niestacjonarnych. W celu podniesienia atrakcyjności i rangi studiów tworzone są sieci uczelni. Politechnika Wroclawska należy do takiej sieci 9 uczelni, gdzie tworzone są

wspólne kierunki studiów (prof. K. Chojnacka). Uczelnie powinny monitorować, jakie jest zapotrzebowanie na lokalnym rynku pracy. W SGGW prowadzona jest współpraca z uniwersytetami w Holandii, ale w ramach tej współpracy wyjeżdżają najlepsi studenci i często już nie wracają, gdyż tam dostają propozycje pracy (prof. M. Szymańska). Często zdarza się, że studenci kontynuują naukę na II stopniu studiów, ale zmieniają profil na zarządzanie lub IT. Wynika to z faktu, że chcą mieć różne możliwości zatrudnienia i być bardziej interdyscyplinarnie przygotowani. Studenci, którzy kończą II stopień na wydziale chemicznym, zazwyczaj kontynuują naukę na studiach doktoranckich. Podejście interdyscyplinarne, czyli przyszłość w kierunkach studiów międzywydziałowych może być rozwiązaniem. Obecne pokolenie ma duże wymagania pod względem wyгоды życia i wykazuje chęć pozostawiania tam, gdzie się wykształciło. Zmiana miejsca zamieszkania spowodowana podążaniem za pracą jest jeszcze dla wielu młodych ludzi dużym wysiłkiem. Według opinii prof. J. Igrasa przyszłość mają systemy stypendialne i inne inicjatywy próbujące zainteresować studentów swoją ofertą. Ważna jest tylko atrakcyjność tej oferty. Jest to problem bardziej fundamentalny, bo jeśli człowiek widziałby po studiach magisterskich atrakcyjne oferty pracy, to poszedłby na nie. Jak w szczególności zorganizować ten drugi stopień nauczania to jest otwarta dyskusja. Kierować się należy w stronę rynku, aby absolwenci mieli szansę na zatrudnienie.

Drugiego dnia konferencji odbyły się Obrady Okrągłego Stołu pod hasłem „*Quo vadis przemyśle nawozowy?*”.

W opinii prof. J. Igrasa, przewodniczącego tych obrad, nawozy muszą być produkowane, bo zapewnia to bezpieczeństwo żywnościowe. Nigdy nie zdarzyło się, aby wszystkie spółki Grupy Azoty wstrzymały produkcję. Przemysł nawozowy w Polsce to Grupa Azoty, ogromny oligopol, składający się z kilkudziesięciu spółek i zatrudniający 14 tys. osób. Roczne przychody Grupy Azoty wynoszą 19 mld zł, z zyskiem 800 mln zł. Są jeszcze duże spółki, takie jak Orlen i Anvil oraz wiele spółek mniejszych, takich jak Siarkopol, Intermag, Ekoplon i Inco, które oprócz nawozów dostarczają ofertę różnych produktów nawozowych.



Fot. 16. Wręczenie nagród za najlepszy referat (Foto: M.J.)

W nawozach 80% kosztów wytwarzania to cena gazu. Gaz jest nie tylko źródłem energii, ale też surowcem. Grupa Azoty zużywa ok. 2,5 mld m<sup>3</sup> gazu rocznie, co stanowi 15% całego zużycia w Polsce i dotkliwie odczuwa problem surowcowy oraz wzrost cen gazu ziemnego. W opinii prof. H. Góreckiego przemysł nawozowy jest ściśle powiązany z innymi przemysłami i trudno jest myśleć o wyprawieniu go z Polski. Jak do tej pory nie ma postępu w procesie wytwarzania amoniaku, bo lepszego procesu niż proces Habera i Boscha jeszcze nie opracowano. Oszczędności szuka się w obniżeniu energochłonności instalacji amoniaku. Nowe rozwiązania w dziedzinie nawozów i nawożenia wprowadzają małe i średnie firmy, które współpracując z uczelniami, wprowadzają postęp. Niemniej jednak jako bazowe środki nawozowe stosują surowce produkowane przez duże firmy. Przełomu w przemyśle nawozowym nie

ma. Ale do tego potrzebne są pieniądze. Chodzi nie tylko o badania technologiczne, ale i rolnicze, bo efektywność nawożenia jest kompromitująca. Jak dotychczas nie doprowadzono do tego, aby efektywność nawożenia azotem była większa niż 40%. W zasadzie tylko 30% azotu jest wykorzystane przez roślinę, a 70% przechodzi do wód gruntowych albo do powietrza atmosferycznego, czyli 70% to są straty nawozów, które zostały wyprodukowane tak wielkim nakładem energetycznym. Trudno będzie o działania przełomowe, bo Unia Europejska dąży do neutralności klimatycznej, co związane może być z wyprowadzeniem tej produkcji poza Europę, zauważyła prof. K. Chojnacka, antycypując, że deficyt gazu ziemnego w Niemczech spowoduje brak dostaw gazu, którego dużą część otrzymuje Polska od zachodniego sąsiada. A zatem czy Grupa Azoty będzie miała wystarczającą ilość gazu, żeby utrzymać produkcję? W rozmowach z przedstawicielami Grupy Azoty nie ma deklaracji o chęci wykorzystania surow-

ców odnawialnych, raczej zwiększając efektywność procesów i myślą o rozcieńczeniu azotu w granulach nawozowych przez wprowadzanie dodatkowych składników. To co robią teraz rolnicy w ramach oszczędności, to wylewanie na pola gnojowicy i pofermentu, który jest absolutnie szkodliwy dla gleby i klimatu, bo powoduje emisję resztkowego metanu, siarkowodoru i amoniaku. Wpływa to także na mniejsze działanie plonotwórcze. Przemysł nawozowy jest ważny nie tylko z punktu widzenia produkcji rolniczej, ale i wojskowej. Patrząc z drugiej strony, Polska jest nadal krajem rolniczo-przemysłowym i eksport żywności jest sztandarowy w obrocie międzynarodowym. Eksport nawozów jest również istotną pozycją w obrocie międzynarodowym w naszym handlu, więc Polska nie może utracić tych dochodów. Patrząc od strony rolnika, to głównym kryterium, na jakie zwraca uwagę jest cena nawozu,

ale mimo wszystko jest zainteresowany nowymi możliwościami nawożenia w celu poprawy efektywności produkcji. Produkcja zwierzęca w Polsce jest duża, zatem duże są źródła nawozów naturalnych, które można i trzeba wykorzystać energetycznie i jako źródło składników pokarmowych dla roślin. Nadszedł czas, w którym nawozy naturalne i organiczne będą zasadniczym źródłem składników pokarmowych w perspektywie 2–3 lat. Druga sprawa to wykorzystanie azotu przez rośliny, do czego kluczem jest przede wszystkim wiedza rolnika. Wzmoczenie finansowania działań edukacyjnych, aby podnieść świadomość rolnika o jego pracy jest kierunkiem działań, które wpłyną na większe wykorzystanie azotu. Prof. Z. Wzorek przypomniał wszystkim o dokonaniu prof. Ignacego Mościckiego, który w latach 20. XX w. opracował proces wytwarzania tlenków azotu metodą syntezy N i O w łuku elektrycznym jako konkurencyjny dla procesu Habera i Boscha. Zaproponował powrót do tej idei, aby uniknąć problemu surowcowego, czyli braku gazu. Znane są obecnie prace wykorzystujące plazmę zimną, czyli niskoenergetyczną do wytwarzania tlenków azotu. Są w Polsce ośrodki, które tym się zajmują i może ten kierunek warto byłoby wykorzystać. Powracając do surowców odnawialnych, zaproponowano wprowadzenie dwutrzonowego systemu produkcji. Duże firmy wytwarzają nawozy mineralne, a małe firmy wykorzystują je jako bazę do produkcji nawozów organiczno-mineralnych, modyfikowanych przez wprowadzanie dodatków na bazie surowców odnawialnych. Firmy te działałyby w miejscu postawiania odpadu, co wpłynie na rentowność produkcji. Na zakończenie tej części obrad prof. K. Chojnacka wystąpiła z cenną inicjatywą, aby wspólnie z Grupą Azoty wystąpić do Ministerstwa o utworzenie specjalnego zadaniowego programu, gdyż pewne możliwości na przyszłość są, ale kluczowe jest finansowanie badań.

Druga część Obrad Okrągłego Stołu, prowadzona przez prof. Izabelę Sówkę (Politechnika Wrocławska), dotyczyła transformacji surowcowej w przemyśle nawozowym. Próbowano odpowiedzieć na pytanie: czy jesteśmy na takim etapie technologicznym i zapotrzebowania społecznego, że możemy myśleć już o surowcach odnawialnych w branży

nawozowej? Zdania były podzielone z uwagi na czynniki legislacyjne, organizacyjne i rentowności procesów. Warto byłoby połączyć wytwarzanie agrochemikaliów z wytwarzaniem energii. Odpady biologiczne można spalać i otrzymywać z nich popiół oraz energię. Trzeba jednak mieć na uwadze, aby z biogazu odzyskiwać azot, który emitowany jest w postaci tlenków azotu i tracony. Można tak komponować wsady do spalania, aby skład popiołu był użyteczny do celów nawozowych. Popioły z biomasy zawierają fosfor, wapń, magnez i mikroelementy, ale mogą też zawierać pierwiastki toksyczne, których zawartość jest zależna od tego, co zostało spalane. Budowa selektywnych spalarni odpadów biologicznych, z których popioły byłyby zagospodarowywane jest sposobem recyklingu energetycznego i materiałowego. Inną kwestią jest biogaz i poferment, które też można wykorzystać. Obecnie znaczna część popiołów zagospodarowywana jest przez przemysł cementowy. Popioły drzewne są także cennym surowcem nawozowym, gdyż zawierają potas, ale trzeba by zorganizować cały system zbiórki, gdyż ich głównym źródłem są gospodarstwa domowe. Znane są już takie akcje. Jest jeszcze kwestia uregulowań prawnych. W wielu przypadkach przeszkodą do wprowadzenia składników nawozowych pochodzących z produktów odpadowych są kwestie legislacyjne. Legislacja nawozów organiczno-mineralnych jest niezwykle trudna i czasochłonna. Trwa 2–3 lata, a jeśli po tym czasie zmieni się surowiec do spalania, to całą procedurę legislacyjną trzeba przeprowadzać od nowa. Dlatego zastosowanie nawozów opartych na surowcu odnawialnym, odpadowym jest niezwykle trudne do wdrożenia, bo procedury ciągną się latami. Istnieje ryzyko, że pewne grupy ludzi, wykorzystując zaistniałą sytuację, w coraz większym zakresie będą podejmować się wytwarzania preparatów o nieznanym składzie, wspomagających nawożenie. Pracują spalarnie, które nie spełniają określonych wymogów, wytwarzając popiół o nieznanym składzie. Nie ma w Polsce żadnego ośrodka akredytacyjnego. Z drugiej strony brak jest inspekcji, która miałaby kompetencje do kontrolowania tego, co rolnicy stosują. W związku z zagrożeniem wprowadzania do obrotu nawozów o nieznanym skła-

dzie, ważne jest proedukacyjne działanie małych firm agrochemicznych w kierunku kształcenia rolników w stosowaniu nowych nawozów. Edukacja rolników jest bardzo trudna, gdyż dla rolnika ważna jest cena. W Polsce występuje dotkliwy brak agronomów, państwowy system doradztwa agro kuleje. Obecnie brakuje bazy, jeśli chodzi o poziom wiedzy, kultury sprzedaży i bezpieczeństwa produktów. Niemniej jednak istnieją inne branże, w których te surowce odnawialne można wykorzystać. Jak do tej pory zawsze był problem z opłacalnością tego typu przedsięwzięć. Niektóre technologie przerobu surowców odnawialnych są opracowane, czekają tylko na odpowiedni moment, aby można było je wdrożyć (prof. Z. Wzorek). Obrady zakończyły się deklaracją wystąpienia do władz o uruchomienie specjalnych programów dla małych i średnich przedsiębiorstw w ramach idei wprowadzania nawozów organiczno-mineralnych. Ponadto producentów odpadów nawozowych trzeba skomunikować z firmami nawozowymi, żeby wprowadzać na rynek wartościowy nawóz o odpowiednim składzie.

Ostatniej tego dnia, czwartej sesji plenarnej, przewodniczyły prof. M. Brodowska i prof. Bogusława Łęska (Uniwersytet Adama Mickiewicza w Poznaniu). Sesję tę rozpoczął mgr Daniel Szczerba (Grupa Azoty Tarnów SA) referatem dotyczącym problemu wpływu warunków magazynowania na jakość nawozów wytwarzanych w Grupie Azoty SA. Wrażliwymi nawozami na warunki przechowywania są te, które zawierają azotan amonu (Saletszak i Saletrosan) z uwagi na jego właściwości fizykochemiczne i przemiany krystalograficzne, zachodzące już w temperaturach otoczenia. Prelegent omówił formy krystalograficzne, w jakich występuje azotan amonu i warunki w jakich podlegają przemianom. Stosowanie odpowiednich dodatków do nawozów podnosi temperaturę przemian fazowych nawet o 10°C. Nawozy te nie są odporne na przechowywanie w temperaturach powyżej 40°C, charakteryzują się dużą higroskopijnością i nawet zabezpieczone nie mogą być składowane na zewnątrz budynków. W kolejnym referacie mgr Urszula Ryszko (Łukasiewicz – INSC) omówiła przydatność fosforytów pochodzących z różnych źródeł surowcowych do produkcji ekstrakcyjnego kwasu fos-

forowego. Chiny, Maroko, USA i Rosja odpowiadają za ¾ światowego wydobycia fosforytów, które w 2021 r. wynosiło 220 mld t. Z uwagi na malejące zasoby tego surowca i ograniczenia w dostępności uznano, że jest to surowiec krytyczny dla europejskiej gospodarki. Ma to ogromne znaczenie dla branży nawozowej. Fosforyty różnią się zawartością P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> oraz obecnością niepożądanych zanieczyszczeń i metali ciężkich, nawet do kilku procent. Analiza składu surowca jest niewystarczająca, aby ocenić przydatność jego wykorzystania w danej instalacji do produkcji kwasu fosforowego i nawozów. Dlatego każdy surowiec musi być najpierw technologicznie przebadany.



Fot. 17. Wręczenie nagród za najlepszy referat w sekcji „Młody naukowiec” i poster (Foto: M.J.)

Następnie mgr Karolina Obrzut (Grupa Azoty SA Tarnów) przedstawiła prace, jakie prowadzone są w Centrum Badawczo-Rozwojowym Grupy Azoty SA. Najnowszym osiągnięciem jest uruchomienie linii pilotażowej kwasów humusowych o zdolności produkcyjnej 2500 t/r. Produktem jest organiczno-mineralny stymulator wzrostu roślin o nazwie handlowej TOhumus. Prowadzone są badania nad możliwością łącznego stosowania tego preparatu z nawozami dolistnymi. Kolejnymi pracami prowadzonymi w Grupie Azoty są badania dotyczące stabilizacji Saletrosanu 26 i 30 inhibitorem nityfikacji oraz badania nad opracowaniem preparatu do rewitalizacji gleb leśnych na bazie fosfogipsu. Kolejny przedstawiciel Grupy Azoty, mgr Sebastian Jagusiński przedstawił prace nad wprowadzeniem na

rynek innowacyjnych nawozów na bazie saletrosiarczanu amonu, wzbogaconych dodatkami mikroelementów, naturalnych inhibitorów nityfikacji i preparatów z mikroorganizmami. Stosowanie tych nawozów wpłynie na efektywność ich wykorzystania i zwiększenie produkcji rolnej, a także na zmniejszenie stresów środowiskowych. Mgr Agnieszka Myka (Łukasiewicz – INSch), w aspekcie regulacji prawnych obowiązujących na rynku nawozowym, omówiła charakterystykę fizykochemiczną fosfogipsu będącego surowcem odpadowym przy produkcji kwasu fosforowego w Grupie Azoty SA Police oraz gipsu syntetycznego z odsiarczania spalin metodą wapienną w Elektrowni Połaniec. Badania składu chemicznego i rozkładu termicznego gipsu z Połanica wskazały na jego dużą czystość w przeciwieństwie do fosfogipsu zawierającego więcej zanieczyszczeń i metali ciężkich. Mgr Ryszard Grzesik (Grupa Azoty ZAK SA) przedstawił wyniki badań nowo opracowanej technologii wytwarzania nawozów saletrzanych o spowolnionym uwalnianiu mikroelementów. Zastosowano dodatek dwóch rodzajów poli(kwasów asparaginowych) i 2 rodzajów zeolitów wzbogaconych miedzią i cynkiem. Efektywność tych nawozów zbadano w toku 3-letnich badań polowych różnych odmian kukurydzy, pszenicy i rzepaku. Największe wzrosty efektywności nawozów zawierających funkcjonalizowane zeolity uzyskano dla upraw kukurydzy. Efektywność nawozów kompleksowych w niektórych uprawach kukurydzy też była wyższa. W kolejnym referacie mgr Urszula Zimnoch (Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie) przedstawiła aspekty wapnowania gleb w kontekście dynamicznych zmian na rynku nawozów. Okręgowe Oddziały Krajowej Stacji Chemiczno-Rolniczej, utworzonej w 2004 r., prowadzą analizy gleb i roślin oraz doradztwo w sprawach nawożenia. Odczyn gleby jest jednym z najistotniejszych parametrów wpływających na przebieg wielu procesów glebowych, rozwój organizmów bytujących w tym środowisku i przyswajalność składników nawozowych. Od 2019 r. prowadzony jest ogólnopolski program regeneracji gleb poprzez ich wapnowanie, wprowadzający dla rolników dofinansowanie zakupu wapna. Wapń jest najważniejszym pierwiastkiem odpowiadającym za odczyn

gleby. Na zakończenie sesji prof. Mariusz Marć (Politechnika Gdańska) przedstawił charakterystykę zanieczyszczeń wpływających na kształtowanie jakości środowiska wewnętrznego w placówkach opieki nad dziećmi. Ważne jest ustalenie zanieczyszczenia powietrza wewnętrznego, gdyż 70–90% czasu człowiek spędza w pomieszczeniach. Na jakość powietrza wewnętrznego mają wpływ czynniki fizyczne, biologiczne i chemiczne. Najbardziej narażoną grupą na zanieczyszczenia powietrza są dzieci z uwagi na to, że długo przebywają w pomieszczeniach zamkniętych, mają nierozwinięty w pełni układ oddechowy i są w ciągłym ruchu. Najczęściej określane parametry to temperatura, wilgotność, zawartość  $SO_2$ , tlenków azotu i węgla, lotnych związków organicznych (LZO), wielopierścieniowych węglowodorów, materii zawieszonych  $PM_{2,5}$  i  $PM_{10}$ , bioaerozoli i metali ciężkich. Przeprowadzono badania pilotażowe w jednym z przedszkoli w północnej Polsce. Zlokalizowanie przedszkola w pobliżu głównego ciągu komunikacyjnego było odzwierciedlone obecnością w pomieszczeniach przedszkola LZO. Badania prowadzono w celu uświadomienia społeczeństwu, że może występować dyskomfortu w samopoczuciu związany z zanieczyszczeniem powietrza wewnętrznego.

Równoległe z obradami czwartej sesji odbyła się sesja „Młody Naukowiec”, podczas której swoje wyniki badań prezentowało 9 adeptów nauki. Sesję prowadzili dr Małgorzata Mironiuk i dr G. Izidorczyk z Politechniki Wrocławskiej. Mgr Rafał Taf (Politechnika Wrocławska) przedstawił zastosowanie materiałów ilastych w procesach remediacji gleb, a mgr Krzysztof Trzaska (Politechnika Wrocławska) omówił waloryzację odpadów pofermentacyjnych z biogazowi na cele nawozowe. Następnie mgr Paulina Bogusz (Łukasiewicz – INSch) zreferowała możliwość wykorzystania odpadowych fosforanów z produkcji polioli do celów nawozowych, a mgr Daria Zamojska (Politechnika Łódzka) przedstawiła badania wpływu fermentowanej serwatki na wyniki odchowu kurcząt rzeźnych. W kolejnym referacie mgr Aleksandra Leska (Politechnika Łódzka) omówiła aktywność antagonistyczną metabolitów bakterii fermentacji mlekowej wobec patogenów pszczoły miodnej

(*Apis mellifera* L.). Mgr Derya Lale (Politechnika Wroclawska) przedstawiła pracę zatytułowaną *Micronutrients fertilizer production by biosorption for organic farming*, a mgr Krystian Leski (Politechnika Krakowska) *Innovative method for the fluidized bed layer organization with a variable vertical density profile*. Ostatnim wystąpieniem w tej sesji był referat, który wygłosił mgr Przemysław Luty (Politechnika Krakowska) zatytułowany *Influence of the image distortion on the bubble equivalent diameters determined with the use digital imaging*.

Po południu odbyła się sesja posterowa, której przewodniczyli prof. Mirosław Anioł (Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu) i prof. B. Messyasz. Przedstawiono wyniki 97 prac z uczelni, instytutów badawczych i firm związanych z produkcją nawozów.

W czasie trwania sesji posterowej odbyła się zamknięta sesja projektu *Algae Service for LIFE (LIVE17 ENV/LT/000407)*, którą prowadziła prof. Beata Messyasz. Podczas sesji przedstawiono 7 referatów dotyczących wyników badań związanych z projektem. Na zakończenie odbyła się ponad godzinna dyskusja.

Obrady podsumowała prof. K. Chojnacka, wręczając nagrody za najlepsze prezentacje, wybrane przez uczestników obrad w internetowym głosowaniu prowadzonym w czasie trwania Seminarium. Najwięcej głosów otrzymali: prof. W. Białas (I sesja plenarna), mgr R. Grzesik (II sesja plenarna), dr M. Samoraj (III sesja plenarna), mgr U. Ryszko (IV sesja plenarna) i mgr Paulina Bogusz (sesja „Młody Naukowiec”). Za najlepszy plakat uznano pracę dr. Piotra Radomskiego (Politechnika Krakowska). Na zakończenie prof. K. Chojnacka podziękowała prelegentom i przewodniczącym wszystkich sekcji, sponsorom i uczestnikom, a także czasopiśmu *Przemysł Chemiczny* za opiekę medialną. Szczególnie serdecznie podziękowała Komitetowi Naukowemu i Organizacyjnemu za wkład pracy w przygotowanie Seminarium i opiekę w trakcie jego trwania.

Obrady przebiegły w serdecznej, wręcz rodzinnej atmosferze. Miłym akcentem było wręczanie dyplomów każdemu prelegentowi po wygłoszeniu referatu.

Dr inż. Małgorzata Jamróz,  
Warszawa