

**Daniel BUCZKOWSKI**

**AUTOREFERAT**  
**przedstawiający opis dorobku i osiągnięć naukowych**

**Załącznik nr 1**  
**do wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego**

**1. Imię i nazwisko**

Daniel BUCZKOWSKI

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

**Magister inżynier**, zakres - *mechanika*, specjalność - *sprzęt mechaniczny (uzbrojenie)*, Wydział Mechaniczny-Technologiczny, Politechnika Warszawska, 1983 r.

**Doktor nauk technicznych** w dyscyplinie *mechanika*, specjalność *mechanika wybuchu*, Wydz. Mechatroniki, Wojskowa Akademia Techniczna, 2006 r. Tytuł rozprawy doktorskiej „*Wpływ fizycznej struktury granul na właściwości wybuchowe saletry amonowej i saletrolu*”, promotor: prof. dr hab. inż. Bogdan Zygmunt (Wydział Mechatroniki WAT).

**Studia podyplomowe** ukończone, z wynikiem bardzo dobry z wyróżnieniem, w zakresie *Technologii materiałów wybuchowych*, Wydział Chemiczny, Politechnika Śląska, 2002 r.

**3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych**Aktualne miejsce pracy

Instytut Przemysłu Organicznego  
Zakład Materiałów Wysokoenergetycznych  
ul. Annopol 6  
03-236 Warszawa

Historia zatrudnienia

Od 16.04.1987 do chwili obecnej Instytut Przemysłu Organicznego, kolejno na stanowiskach: specjalisty, asystenta i adiunkta.

Od 01.12.1986 do 15.04.1987 Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Koparek i Hydrauliki, Warszawa, inżynier.

Od 01.09.1985 do 30.11.1986 Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów, Warszawa, inżynier.

**4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule naukowym w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.)**

Moje osiągnięcie naukowe w rozumieniu art. 16 ust. 2 Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule naukowym w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 r. z późniejszymi zmianami, stanowi jednotematyczny cykl publikacji zatytułowany:



## **Badania właściwości detonacyjnych saletry amonowej i materiałów wybuchowych zawierających saletrę amonową**

Na wskazany jednotematyczny cykl publikacji składają się następujące prace:

### **I. W czasopismach z bazy Scopus:**

1. B. Zygmunt, D. Buczkowski, *Obniżanie wybuchowości nawozowej saletry amonowej*. Przemysł Chemiczny 2007, 86, 7, s. 672-676, IF 0,196.  
Cyt. 3 razy w Scopus, 4 w WoS, 2 w Scholar Google, Lista A MNiSW.

Mój wkład (45%) polegał na współudziale w wyborze dodatków, współudziale w zaplanowaniu, nadzorowaniu wykonania na instalacjach przemysłowych próbnych partii saletry amonowej z wytypowanymi dodatkami, następnie na wykonaniu badań (badania właściwości fizycznych, zdolności do detonacji i przebiegu przemiany fazowej) oraz współudziale w opracowaniu wyników badań.

2. B. Zygmunt, D. Buczkowski, *Influence of ammonium nitrate prills properties on detonation velocity of ANFO*. Propellants, Explos., Pyrotech., 32 (2007) 5, s. 411-414, IF 1,122.  
Cyt. 36 razy (w tym 4 autocytowania) w Scopus, 29 w Web of Science, 47 w Scholar Google, Scopus citescore – 1,25      Lista A.

Mój wkład (40%) polegał na współudziale w opracowaniu planu badań, przygotowaniu próbek saletry amonowej (porowacenie, mielenie, przesiewanie itp.), przygotowaniu próbek saletroli, wykonaniu badań właściwości fizycznych i prędkości detonacji oraz współudziale w opracowaniu wyników badań.

3. D. Buczkowski, B. Zygmunt, *Modyfikowanie fizycznej struktury granul saletry amonowej do wytwarzania saletroli*. Przemysł Chemiczny 2008, 87, 6, s. 707-710, IF 0,254.  
Cyt. 4 razy w Scopus, 6 w WoS, 2 w Scholar Google, Lista A.

Mój wkład (60%) polegał na współudziale w opracowaniu planu badań, porowaceniu saletry amonowej, przygotowaniu próbek saletroli, wykonaniu badań właściwości fizycznych i prędkości detonacji, współudziale w wytypowaniu próbek do badań skaningowym mikroskopem elektronowym oraz współudziale w opracowaniu wyników badań.

4. D. Buczkowski, B. Zygmunt, *Detonation Properties of Mixtures of Ammonium Nitrate Based Fertilizers and Fuels*. Central European Journal of Energetic Materials, 2011, 8(2), s. 99-106, IF w 2012 r. 1,327.  
Cyt. 34 razy (w tym 1 autocytowanie) w Scopus, 27 w WoS, 2 w Scholar Google, Scopus citescore – 1,68      Lista A.



Mój wkład (70%) polegał na współudziale w opracowaniu planu badań, przygotowaniu próbek nawozów (mielenie i mieszanie), wykonaniu materiałów wybuchowych i pomiarze ich prędkości detonacji, współudziale w wykonaniu testu cylindrycznego oraz współudziale w opracowaniu wyników badań.

5. D. Buczkowski, *Ammonium nitrate – A threat of accidental explosion and terrorist attack*, Chemik, 2012, 66(3), s. 231-234. Lista B.
6. B. Zygmunt, D. Buczkowski, *Agricultural Grade Ammonium Nitrate as the Basic Ingredient of Massive Explosive Charges*. Propellants, Explos., Pyrotech., 37 (2012) 6, s. 685-690, IF 1,245. Lista A.  
Cyt. 9 razy w Scopus, 10 w WoS, 13 w Scholar Google Scopus citescore – 1,53.  
Mój wkład (40%) polegał na współudziale w opracowaniu planu badań, przygotowaniu próbek nawozów (porowacenie, mielenie i mieszanie), wykonaniu materiałów wybuchowych, przeprowadzeniu pomiarów prędkości detonacji oraz współudziale w opracowaniu wyników badań.
7. D. Buczkowski, *Metody badań właściwości wybuchowych nawozów zawierających azotan(V) amonu*. Przemysł Chemiczny 2013, 92, 12, s. 2244-2246, IF 0,367. Lista A.
8. M. Borowik, A. Biskupski, M. Dawidowicz, D. Buczkowski, *Zasady bezpiecznego magazynowania nawozowej saletry amonowej*. Przemysł Chemiczny 2013, 92, 12, s. 2148-2152, IF 0,367.  
Cyt. 3 razy w Scopus, 3 w WoS, Scopus citescore – 0,29, Impact factor 0,367 Lista A.  
Mój wkład (30%) polegał na przeprowadzeniu obliczeń nadciśnienia powietrznej fali uderzeniowej powstałej na skutek wybuchu ładunków saletry amonowej oraz określeniu, na podstawie wykonanych obliczeń, minimalnych odległości od ładunku saletry amonowej (magazyn) do różnych obiektów (zabudowa mieszkalna, szlaki komunikacyjne, linie wysokiego napięcia, obiekty użyteczności publicznej).
9. D. Buczkowski, *Explosive Properties of Mixtures of Ammonium Nitrate(V) and Materials of Plant Origin*. Central European J. of Energetic Materials, 2014, 11(1), s. 115-127, IF 1,250. Lista A.  
Cyt. 7 razy w Scopus, 6 w WoS, 5 w Scholar Google Scopus citescore – 1,78.
10. A. Maranda, A. Nastała, D. Buczkowski, W. Witkowski, *Study of the effect of pesticides on detonation parameters of ANFO and ammonal explosives*, Chemik, 2014, 68(1), s. 23-28. Lista B.

Mój wkład (30%) polegał na współudziale w opracowaniu planu badań, współudziale w wykonaniu saletroli i amonali, współudziale w przeprowadzeniu pomiarów prędkości detonacji i nadciśnienia powietrznej fali uderzeniowej oraz współudziale w opracowaniu wyników badań.



## II. Pozostałe czasopisma i wystąpienia konferencyjne:

1. D. Buczkowski, W. A. Trzciński, B. Zygmunt, *Badania właściwości energetycznych saletroli metodami testu cylindrycznego i wahadła balistycznego*. Prace Naukowe Głównego Instytutu Górnicztwa - Materiały Konferencji „Bezpieczeństwo robót strzałowych w górnictwie”. Ustroń 04-06.10.2006, s. 77-86. (*Lista B MNiSW*).

Mój wkład (40%) polegał na współudziale w opracowaniu planu badań, przygotowaniu saletry amonowej (porowacenie i mielenie) oraz saletroli, wykonaniu badań prędkości detonacji i z użyciem wahadła balistycznego, współudziale w przeprowadzeniu testu cylindrycznego oraz współudziale w opracowaniu wyników badań.

2. B. Zygmunt, D. Buczkowski. *Saletra amonowa jako czynnik zagrożenia bezpieczeństwa przemysłowego i publicznego*. Wiadomości Chemiczne, 2006, nr 5-6, s. 365-378. (*Lista B MNiSW*).

Mój wkład (40%) polegał na współudziale w napisaniu artykułu (opisanie katastrof spowodowanych wybuchami saletry amonowej, omówienie zamachów terrorystycznych z użyciem materiałów wybuchowych opartych na saletrze amonowej, przedstawienie możliwości kształtowania fizycznych właściwości saletry amonowej).

3. B. Zygmunt, A. Maranda, D. Buczkowski, *Materiały wybuchowe trzeciej generacji*. WAT 2007 (monografia 236 stron, w tym 113 stron mojego współautorstwa) 8 cytowań (w tym 3 autocytowania) w Scholar Google.

Mój wkład (30%) polegał na współudziale w napisaniu dwóch rozdziałów monografii, liczących 113 stron.

4. D. Buczkowski, B. Zygmunt, *Wpływ rodzaju saletry amonowej na prędkość detonacji saletroli*, Prace Naukowe Głównego Instytutu Górnicztwa Nr V/2008, s. 77-81. (*Lista B MNiSW*).

Mój wkład (60%) polegał na współudziale w opracowaniu planu badań, przygotowanie saletry amonowej (porowacenie, mielenie, pobór z instalacji produkcyjnej, przesiewanie itp.) i saletroli, wykonaniu badań prędkości detonacji oraz współudziale w opracowaniu wyników badań.

5. D. Buczkowski, B. Zygmunt, *Detonation Properties of Mixtures of Ammonium Nitrate Based Fertilizers and Aluminium*. Proc. XIII Sem. „New Trends in Research of Energetic Materials”, s. 53-56, Pardubice (Czechy), 2010.

Mój wkład (60%) polegał na współudziale w opracowaniu planu badań, przygotowaniu próbek nawozów (mielenie i mieszanie), wykonaniu amonali, współudziale w przeprowadzeniu testu cylindrycznego oraz współudziale w opracowaniu wyników badań.



6. D. Buczkowski, B. Zygmunt, *Saletrol o lepszych właściwościach detonacyjnych*. Prace Naukowe Głównego Instytutu Górnictwa, Katowice 2012, s. 13-16. (*Lista B MNiSW*).

Mój wkład (60%) polegał na współudziale w opracowaniu planu badań, przygotowaniu próbek saletry amonowej (mielenie) i zmodyfikowanych saletroli, wykonaniu badań prędkości detonacji i średnicy krytycznej oraz współudziale w opracowaniu wyników badań.

7. A. Maranda, W. Witkowski, D. Buczkowski, A. Nastała, *Study of the effect of pesticides on the detonation parameters of explosives containing ammonium nitrate*. Proc. of International Conference Blasting Techniques 2013, s. 249-254, Stara Lesna, (Słowacja).

Mój wkład (25%) polegał na współudziale w opracowaniu planu badań, współudziale w wykonaniu saletroli i amonali, współudziale w przeprowadzeniu pomiarów prędkości detonacji i nadciśnienia powietrznej fali uderzeniowej oraz współudziale w opracowaniu wyników badań.

8. D. Buczkowski, *Tańszy od saletrolu materiał wybuchowy, będący mieszaniną saletry amonowej i materiału pochodzenia roślinnego*, Prace Naukowe Głównego Instytutu Górnictwa, Katowice 2014, s. 140-147, (*Lista B MNiSW*).

### **Omówienie celu naukowego ww. prac i uzyskanych wyników wraz z omówieniem ich wykorzystania**

W styczniu 2006 r. obroniłem przed Radą Naukową Wydziału Mechatroniki WAT rozprawę doktorską nt. *Wpływ fizycznej struktury granul na właściwości wybuchowe saletry amonowej i saletroli*. Promotorem przewodu doktorskiego był prof. dr hab. inż. B. Zygmunt z Wydz. Mechatroniki WAT, a recenzentami rozprawy byli prof. dr hab. inż. M. Bossak z Wydz. Mechanicznego-Technologicznego Politechniki Warszawskiej i prof. dr hab. inż. E. Włodarczyk z Wydziału Mechatroniki WAT. Na podstawie przeprowadzonych doświadczeń wykazałem, że jest możliwe kształtowanie w szerokich granicach właściwości detonacyjnych saletry amonowej oraz sporządzonych z niej saletroli. Decydujący wpływ na właściwości detonacyjne (prędkość detonacji, zdolność do wykonania pracy przez produkty detonacji oraz średnica krytyczna detonacji) badanych materiałów wywiera struktura fizyczna granul (ziaren) saletry amonowej, zwłaszcza ich porowatość oraz rozdrobnienie.



**Rozprawę doktorską obroniłem w dyscyplinie *Mechanika*, w specjalności *mechanika wybuchu*. W latach 2006-2018 rozwijałem zainteresowania w tej specjalności, prowadząc badania doświadczalne dotyczące wpływu różnych czynników fizycznych na warunki propagacji fali detonacyjnej w niejednorodnych stałych mieszaninach wybuchowych o niskiej zdolności do detonacji. Głównym składnikiem mieszanin była saletra amonowa (granulowana i ziarnista), której właściwości wybuchowe modyfikowałem w przeciw-stawnych kierunkach: zwiększenia albo zmniejszenia zdolności do detonacji, co implikowało odpowiednie zmiany parametrów detonacji, głównie prędkości propagacji fali detonacyjnej oraz zdolności do wykonania pracy.**

W roku 2007 Wydawnictwo Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie wydało monografię pt. *Materiały wybuchowe trzeciej generacji* [II.3], autorstwa prof. B. Zygmunta, prof. A. Marandy i mojego. Monografia o objętości 236 stron składa się z pięciu rozdziałów. Jestem współautorem (wspólnie z prof. B. Zygmuntem) rozdziału drugiego i trzeciego, o łącznej objętości 113 stron. Tytuły rozdziałów : 2. *Saletra amonowa i saletrol – stan wiedzy* 3. *Saletra amonowa i saletrol – badania właściwości wybuchowych*.

Podstawowy składnik *materiałów wybuchowych trzeciej generacji* azotan(V) amonu, powszechnie nazywany saletrą amonową (SA) znajduje zastosowanie głównie w dwóch dziedzinach gospodarki:

- rolnictwie jako jeden z najczęściej stosowanych nawozów mineralnych, używany zarówno samodzielnie jak i w postaci mieszanin,
- przemyśle jako składnik wielu materiałów wybuchowych, jak np.: amonity, dynamity, saletrole i emulsyjne materiały wybuchowe, stosowanych głównie w technice cywilnej.

Te dwa odmienne obszary zastosowań powodują, że wytwarza się dwa różne produkty: rolniczą (nawozową) SA o jak najbardziej obniżonych właściwościach wybuchowych i porowatą SA o wyraźnie zaznaczonych właściwościach wybuchowych, zdolną do wchłonięcia ciekłego paliwa.

Tendencja wypierania z użycia tradycyjnych materiałów zawierających klasyczne składniki wybuchowe dominuje we wszystkich krajach posiadających rozwinięty przemysł wydobywczy. Badania nowych odmian materiałów wybuchowych w Polsce rozpoczęto na początku lat 70. XX w. w Instytucie Przemysłu Organicznego w Warszawie (saletrole) oraz w Wojskowej Akademii Technicznej (zawiesinowe oraz emulsyjne materiały wybuchowe). Autorzy monografii byli inicjatorami tych prac i wdrożeń. W monografii autorzy zawarli aktualny stan wiedzy dotyczący inicjowania i propagacji detonacji w nowoczesnych materiałach wybuchowych jakimi są saletrole (rozdz. 3) oraz materiały zawiesinowe (rozdz. 4) i emulsyjne (rozdz. 5). Intencją autorów była próba wyjaśnienia przyczyn przebiegu procesu detonacji w wielofazowych mieszaninach nie zawierających składników charakteryzujących się wyraźnymi



cechami wybuchowymi. Zamieszczono również szczegółowe dane doświadczalne o wpływie różnorodnych czynników fizykochemicznych na zdolność do detonacji i właściwości wybuchowe badanych materiałów. Szczególną rolę w nadawaniu wielofazowej mieszaninie niewybuchowych składników właściwości wybuchowych spełnia ich wzajemne rozmieszczenie, czyli tekstura w przypadku materiałów zawieszinowych i emulsyjnych oraz struktura granul w przypadku SA i saletroli. Przytoczono również podstawowe informacje dotyczące technologii produkcji omawianych materiałów wybuchowych oraz ich wykorzystania w górnictwie i technice wojskowej.

Bardzo szeroko zostały omówione właściwości fizyczne i wybuchowe podstawowego surowca do wytwarzania *materiałów wybuchowych trzeciej generacji* jakim jest SA (rozdz. 2, którego jestem współautorem). Jeden z podrozdziałów został poświęcony niezwykle aktualnemu problemowi bezpieczeństwa publicznego i przemysłowego wywołanego masową produkcją i dostępnością SA. Autorzy uznali za swoją powinność zamieścić krótką informację o historii rozwoju materiałów wybuchowych oraz wkładzie tej dziedziny techniki w rozwój cywilizacji (rozdz. 1). Przy każdej z badanych odmian materiałów wybuchowych przypomniano dokonania wynalazców i badaczy, którym zawdzięczamy postęp, nierzadko okupiony ofiarami i cierpieniem.

Na początku lat 90. ubiegłego wieku polski przemysł nawozowy poszukiwał skutecznych sposobów ograniczania właściwości wybuchowych SA. Problem ten próbował rozwiązać zespół pracowników Instytutu Przemysłu Organicznego; początkowo byłem jego członkiem, a później kierowałem pracami tego zespołu. Badaniom tym jest poświęcona znaczna część rozdz. 3 monografii. W ramach prowadzonych prac wstępnie wytypowano dodatki, które mogą znacznie obniżyć właściwości wybuchowe SA. Następnie na instalacji przemysłowej wyprodukowano doświadczalne partie SA z wytypowanymi materiałami. Przeprowadzone badania wykazały, że właściwości fizyczne SA (wytrzymałość mechaniczna, porowatość, zawartość drobnych frakcji) uległy poprawie, a zdolność do detonacji zmniejszeniu. Spośród zastosowanych dodatków za najlepszy uznano azotan(V) magnezu i w celu określenia wpływu jego zawartości na właściwości SA wyprodukowano kolejne doświadczalne partie SA z różnymi ilościami tego materiału. Wykonane następnie badania ww. właściwości pozwoliły na określenie optymalnej zawartości azotanu(V) magnezu w SA. Opierając się na wynikach omawianych prac, wytwórnie nawozów mineralnych wdrożyły dodawanie azotanu(V) magnezu do SA.

Drugim z zagadnień omawianych w monografii są badania właściwości wybuchowych saletroli, a szczególnie powiązanie ich z właściwościami fizycznymi SA (rozdział 3). Saletrole są mieszaninami SA i ciekłych składników palnych, najczęściej olejów mineralnych. Niekiedy w celu modyfikacji ich właściwości lub wykorzystania materiałów wybuchowych



pochodzących z deelaboracji amunicji dodaje się do nich innych składników, jak np.: rozdrobnionego aluminium, rozdrobnionego węgla, prochów bezdymnych, trotylu itp. Ze względu, że saletrole są najczęściej stosowane w przemyśle wydobywczym, dość często w ładunkach przygotowanych do odstrzału znajdują się niepożądane dodatki, takie jak: woda lub zwierzyny, które pogarszają właściwości wybuchowe saletroli.

Powiązanie właściwości detonacyjnych saletroli z właściwościami fizycznymi SA wymagało dysponowania SA o różnych właściwościach. W tym celu wykorzystałem zmiany struktury krystalicznej SA, przebiegające w określonych temperaturach, do porowacenia produktu rolniczego. Porowacenie polegało na dodaniu do SA środka ułatwiającego porowacenie, a następnie na ogrzewaniu i chłodzeniu tak przygotowanego nawozu wokół temperatury przemiany polimorficznej. Zmieniając ilość cykli termicznych grzanie-chłodzenie i stosując różne ilości dodatku wspomagającego porowacenie, otrzymywałem próbki saletry o szerokim zakresie gęstości granulowanego produktu – od  $0,5 \text{ g/cm}^3$  do  $0,9 \text{ g/cm}^3$ . Należy zwrócić uwagę, że w większości podobnych badań autorzy wykonują i badają saletrole z dostępnych na rynku SA, często nie mając informacji o sposobie produkcji, składzie chemicznym itp. W prowadzonych przeze mnie badaniach używałem pochodzącej z jednej partii produkcyjnej SA, która w trakcie obróbki cieplnej zmieniała strukturę fizyczną, natomiast jej skład chemiczny pozostawał niezmienny. Oprócz podstawowego badania jakim były pomiary prędkości detonacji, wykonałem również test cylindryczny, pozwalający na określenie parametrów energetycznych saletroli oraz badania mikroskopowe przy użyciu skaningowego mikroskopu elektronowego (SEM), co umożliwiło ocenę wpływu porowacenia na strukturę granul. Przeprowadzone badania właściwości fizycznych wytworzonych SA i właściwości detonacyjnych sporządzonych z nich saletroli wykazały, że:

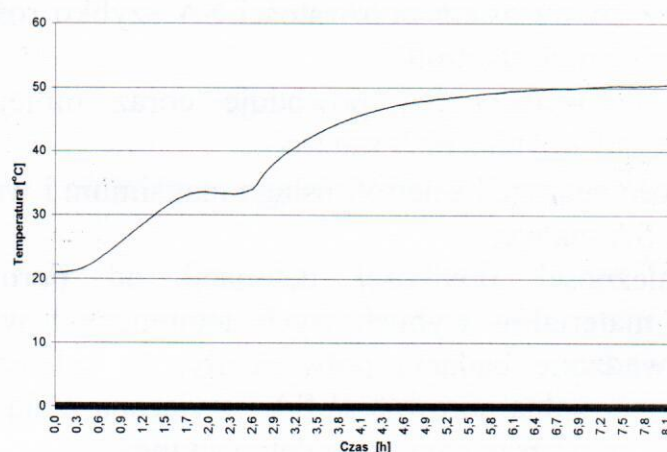
- początkowo wraz ze wzrostem porowatości SA szybko rośnie prędkość detonacji sporządzonych z nich saletroli,
- dalszy wzrost porowatości SA powoduje coraz mniejszy przyrost prędkości detonacji sporządzonych z nich saletroli,
- następnie prędkość detonacji saletroli osiąga maksimum i wraz z dalszym wzrostem porowatości SA maleje.

Taki przebieg zależności prędkości detonacji od porowatości jest charakterystyczny dla materiałów wybuchowych detonujących w tzw. reżimie nieidealnym. Przeprowadzone badania potwierdziły, że saletrole są takimi materiałami i istnieje optymalna porowatość SA i związana z nią gęstość, przy której saletrole osiągają najwyższe parametry detonacyjne.

Przeprowadzone badania wskazały na dominującą rolę struktury fizycznej granul SA (porowatości i rozdrobnienia) na właściwości detonacyjne saletroli o składzie stechiometrycznym.

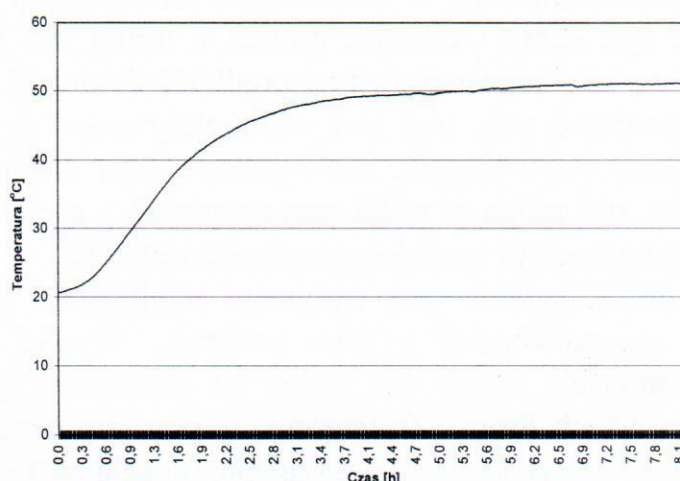


Opublikowany w *Przemyśle Chemicznym* [I.1] artykuł autorstwa prof. B. Zygmunta i mojego pt. *Obniżanie wybuchowości nawozowej saletry amonowej*, oprócz wpływu dodatków na zdolność do detonacji SA, przedstawia również wyniki badań nad przebiegiem przemiany postaci krystalograficznej  $IV \longleftrightarrow III$ . Przeprowadzane początkowo badania metodą Termicznej analizy różnicowej (DTA) nie przyniosły satysfakcjonujących rezultatów. Natomiast interesujące wyniki uzyskano wykorzystując wykonaną do przeprowadzania obróbki cieplnej, poprzedzającej badanie zdolności do detonacji, łaźnię wraz z urządzeniami sterująco-pomiarowo-rejestrującymi. Przeprowadzone pomiary temperatury ujawniły, że o ile podczas ogrzewania i chłodzenia SA, z typowo stosowanym dodatkiem siarczanu(VI) amonu, obserwowano plateau temperatury, to w przypadku SA z azotanem(V) magnezu następował monotoniczny wzrost albo spadek temperatury. Pozwoliło to wywnioskować, że w SA z dodatkiem siarczanu(VI) amonu przebiegała przemiana polimorficzna  $IV \longleftrightarrow III$ , powodująca znaczne pogorszenie charakterystyk fizycznych i znaczny wzrost właściwości wybuchowych nawozu. Natomiast dodatek azotanu(V) magnezu zapobiegał tej przemianie i obróbka cieplna powodowała jedynie niewielkie pogorszenie charakterystyk fizycznych i niewielki wzrost właściwości wybuchowych takiej SA. Wyniki te potwierdziły, że głównym czynnikiem powodującym pogorszenie właściwości fizycznych i wzrost zdolności do detonacji SA poddawanej obróbce termicznej jest przemiana polimorficzna  $IV \longleftrightarrow III$ . Różnic w wynikach uzyskanych podczas badań metodą DTA i w trakcie wygrzewania w łaźni należy doszukiwać się w wielokrotnie mniejszych szybkościach nagrzewania - kilka  $^{\circ}\text{C}/\text{min}$  wobec  $(0,1-0,2)^{\circ}\text{C}/\text{min}$  - i wielokrotnie większej masie – kilkadziesiąt miligramów i ok. 10 kg. Poniżej przedstawiono wykresy zarejestrowane podczas ogrzewania SA z obydwoma dodatkami.



Rys.1. Wykres zmian temperatury podczas ogrzewania saletry amonowej z dodatkiem siarczanu(VI) amonu (widoczne wyraźne plateau w temperaturze ok.  $33^{\circ}\text{C}$ )





Rys. 2. Wykres zmiany temperatury podczas ogrzewania saletry amonowej z dodatkiem azotanu(V) magnezu (brak plateau)

W opublikowanym w czasopiśmie *Propellants, Explosives, Pyrotechnics* artykule *Influence of Ammonium Nitrate Prills Properties on Detonation Velocity of ANFO* [I.2] przedstawiono wyniki badań właściwości fizycznych granul SA i prędkości detonacji różnych odmian saletroli. Podobnie jak w poprzednich pracach podstawowym surowcem była rolnicza SA, którą poddawałem procesowi porowacenia i z SA o różnej porowatości wykonywałem saletrole. Przeprowadzone badania wykazały, że wraz ze wzrostem porowatości granul, czemu towarzyszył spadek gęstości SA i sporządzonych z nich saletroli, prędkość detonacji saletroli wzrastała. Taki przebieg zależności prędkości detonacji od gęstości jest odmienny niż dla typowych materiałów wybuchowych, dla których wraz ze spadkiem gęstości monotonicznie maleje prędkość detonacji. Zjawisko to, obserwowane także dla innych mieszanin, należy wyjaśnić poprzez dominujący wpływ struktury fizycznej materiału na proces detonacji, który przeważa nad wpływem malejącej gęstości.

Drugą częścią ww. artykułu są, istotne z praktycznego punktu widzenia, badania nad wpływem proporcji między składnikami a prędkością detonacji saletroli, ponieważ przypadki takie mogą zdarzać się, np. jako skutek niewłaściwego dozowania składników. Badaniom poddano saletrole sporządzone z dwóch rodzajów SA: o niskiej i wysokiej porowatości. Stwierdzono, że przy znacznych odchyleniach od składu stechiometrycznego następował duży spadek prędkości detonacji saletroli sporządzonego z SA o dużej porowatości. Natomiast różnica ta była niewielka dla saletroli wykonanego z SA o małej porowatości. Prawdopodobnym powodem różnego zachowania jest różnica w możliwościach wchłonięcia oleju mineralnego przez SA. W przypadku saletroli o składzie stechiometrycznym granule SA o niskiej porowatości nie mogą wchłonąć całego dodanego oleju. Olej pozostały na zewnątrz granul bierze udział jedynie w niewielkim stopniu w przemianach



chemicznych przebiegających w strefie fali detonacyjnej i jego wpływ na prędkość detonacji jest nieznaczący. W mieszaninie zawierającej mniejszą ilość oleju jest go prawie tyle samo wewnątrz granul, a mniej jest jedynie na ich powierzchni, co nie ma istotnego wpływu na prędkość detonacji. W przypadku granul o dużej porowatości cały olej jest wchłonięty przez granule i bierze udział w ww. reakcjach chemicznych. Zmniejszenie jego ilości powoduje, że produkty rozkładu SA nie mogą w pełni przereagować z olejem, co skutkuje zmniejszeniem ciepła wybuchu i spadkiem prędkości detonacji.

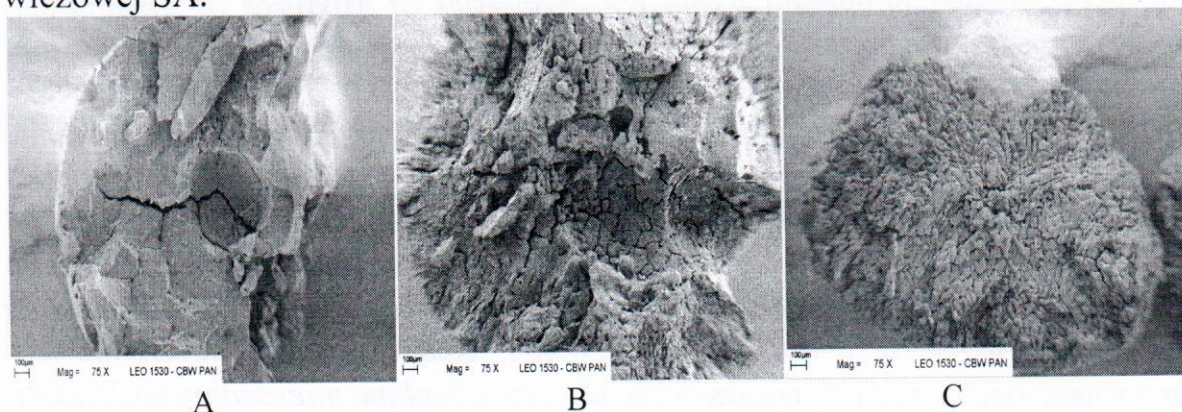
Przeprowadzono także badania nad wpływem wielkości i postaci SA na prędkość detonacji sporządzonych z nich saletroli. Wyniki wykazały, że prędkość detonacji saletroli zależy nie tylko od rozmiarów granul, ziaren, cząstek itp., ale także od ich formy. Zmierzono, że pomimo użycia SA o takim samym rozdrobnieniu, że znacznie większą prędkością detonował saletrol wykonany z mielonej niż z granulowanej SA. Przyczyną różnicy jest znacznie większa powierzchnia mielonej niż granulowanej SA, co powoduje lepszy kontakt pomiędzy składnikami (lepsze wymieszanie). Skutkiem lepszego kontaktu jest szybsze i pełniejsze przereagowanie składników i większa prędkość detonacji.

W kolejnej publikacji [I.3] autorstwa prof. B. Zygmunta i mojego przedstawiono badania fizycznej struktury różnych odmian porowatej SA i prędkości detonacji sporządzonych z nich saletroli. SA była wytwarzana dwoma sposobami – poprzez obróbkę termiczną produktu nawozowego i bezpośrednio poprzez granulację wieżową roztworu zawierającego kilka procent wody. Oprócz typowo stosowanych pomiarów jak gęstość, chłonność olejowa czy skład granulometryczny do badań wykorzystano fotografie wykonane SEM. Fotografie ujawniły, że wraz z rosnącą liczbą cykli obróbki cieplnej następowały zmiany w strukturze granul nawozowej SA: początkowo zwarte, lite oraz charakteryzujące się względnie gładką i lśniąco powierzchnią, stawały się popękane, składające się z wielu drobnych kryształów, a ich powierzchnie były nierówne i matowe. Widoczna na zdjęciach siatka kapilarnych spękań wychodząca na powierzchnię zewnętrzną granul jest niewątpliwie przyczyną zdolności SA do wchłaniania i trwałego utrzymywania ciekłych węglowodorów. Przeprowadzane pomiary właściwości fizycznych wskazywały na malejącą gęstość i rosnącą chłonność olejową SA poddawanych cyklom obróbki cieplnej. Zdjęcia porowatej SA wyprodukowanej bezpośrednio metodą granulacji wieżowej ujawniły, że jej struktura jest odmienna. Granula takiej SA jest polikryształem zbudowanym z wielu pojedynczych, lekko wydłużonych kryształów o długości kilkudziesięciu mikrometrów, ciasno ułożonych i częściowo zrośniętych ze sobą. Przez całą granulę przenika siatka połączonych porów i szczelin nadając jej zdolność wchłaniania cieczy. Granule tej saletry charakteryzowały się także znacznie mniejszymi rozmiarami, niż granule nawozowej i otrzymanych poprzez jej przerób porowatych SA. Ponieważ



czynnik ten ma znaczny wpływ na właściwości wybuchowe SA i saletroli można ocenić, że podobnie jak porowata budowa granul, jest to efekt specjalnie opracowanego i prowadzonego procesu technologicznego.

Wykonane następnie pomiary prędkości detonacji saletroli wykazały, że wraz ze wzrastającą ilością cykli termicznych, której była poddana rolnicza SA, następował wzrost prędkości detonacji sporządzonych z nich saletroli. Jest to skutek ujawnionej na zdjęciach budowy granul, które stawały się coraz bardziej porowate w miarę rosnącej liczby cykli obróbki cieplnej, a czego efektem makroskopowym był spadek gęstości i wzrost chłonności oleju. Z największą prędkością detonował saletrol sporządzony z porowatej SA wytworzonej poprzez granulację wieżową; fakt ten należy powiązać z omówioną powyżej strukturą oraz małymi rozmiarami granul. Małe wymiary granul, łącznie z wysoką porowatością SA, przyczyniają się do znacznego rozwinięcia powierzchni granul i dobrego kontaktu (wymieszania) składników saletrolu. Poniżej przedstawiono zdjęcia nawozowej, porowatej otrzymanej poprzez obróbkę termiczną nawozowej i porowatej wyprodukowanej metodą granulacji wieżowej SA.



Rys. 3. Mikroskopowe zdjęcia przekrojów granul SA: rolniczej (A), po obróbce termicznej (B) i porowatej wieżowo (C) - powiększenie 75x

W kolejnym artykule *Agriculture Grade Ammonium Nitrate as the Basic Ingredient of Massive Explosive Charges* [I.6] opublikowanym wspólnie z prof. B. Zygmuntem w *Propellants, Explosives, Pyrotechnics* badano właściwości wybuchowe partii produkcyjnych SA ze wszystkich wytwórni nawozów w Polsce oraz sporządzonych z tych SA materiałów wybuchowych – saletroli i amonali. Przeprowadzono także badania z użyciem ciekłych materiałów zwiększających zdolność do detonacji SA: azotanem 2-etyloheksylowym (2-EHN) oraz nitrometanem. Stwierdzono istotne zwiększenie prędkości detonacji saletroli z aktywnym składnikiem ciekłym. Okazało się również, że poprzez odpowiednią obróbkę termiczną granul można poprawić zdolność do detonacji wszystkich badanych partii produkcyjnych SA, pochodzących ze wszystkich wytwórni.



Rozpatrując właściwości wybuchowe SA w aspekcie bezpieczeństwa publicznego, udowodniono eksperymentalnie, że dopiero dodatek substancji inercyjnej, jaką jest dolomit, w ilości przekraczającej 30% masy nawozu (saletrzaku, będącego mieszaniną SA i mączki mineralnej) prowadzi do praktycznej utraty zdolności do detonacji przez sporządzone z niej materiały wybuchowe.

W omówionych powyżej wspólnych publikacjach z prof. B. Zygmunt, w całości wykonywałem samodzielnie badania eksperymentalne właściwości detonacyjnych SA i sporządzonych na jej bazie materiałów wybuchowych. Wspólnie z moim promotorem opracowywałem plany badań, analizowałem ich wyniki oraz ustalałem wnioski końcowe.

**W kolejnych samodzielnych publikacjach zająłem się zależnością pomiędzy właściwościami detonacyjnymi mieszanin opartych na SA, a rodzajem dodawanego stałego składnika palnego, którym były produkty pochodzenia roślinnego.**

W samodzielnej publikacji *Explosive Properties of Mixtures of Ammonium Nitrate(V) and Materials of Plant Origin – Danger of Unintended Explosion* [I.9] opublikowanej w *Central European Journal of Energetic Materials* przedstawiłem wyniki badań właściwości detonacyjnych oraz zachowania podczas ogrzewania mieszanin SA i różnych, powszechnie dostępnych, produktów pochodzenia roślinnego. Przeprowadzone testy ujawniły, że wszystkie badane mieszaniny detonowały po zainicjowaniu samym górniczym zapalnikiem. Prędkości detonacji niektórych z nich przewyższały 3 km/s, a średnice krytyczne były na poziomie 20 mm. Badania zachowania podczas ogrzewania (metodą DTA) wykazały, że wszystkie badane mieszaniny rozkładały się w temperaturach znacznie niższych niż SA i saletrole, a rozkład niektórych przebiegał gwałtownie. Uzyskane wyniki mają istotne znaczenie zarówno w aspekcie bezpieczeństwa publicznego jak i technicznego. Wskazują one, że mieszaniny sporządzone z SA i ogólnie dostępnych materiałów pochodzenia roślinnego, jak mąka, węgiel, drewno itp. są wrażliwymi i stosunkowo silnymi materiałami wybuchowymi, które mogą znaleźć zastosowanie w pracach strzałowych oraz do przeprowadzania ataków terrorystycznych. Stwierdzone niskie temperatury i gwałtowny charakter rozkładu tego rodzaju mieszanin pokazują, że zanieczyszczenie SA powszechnie dostępnymi materiałami pochodzenia roślinnego, szczególnie w trakcie procesu produkcyjnego, może doprowadzić do niekontrolowanego rozkładu mieszaniny, czego skutkiem może być wybuch materiału znajdującego się w instalacji produkcyjnej.

Badaniom właściwości detonacyjnych mieszanin SA ze stałym składnikiem palnym, w aspekcie zastosowań przemysłowych, był poświęcony kolejny samodzielnie napisany artykuł *Tańszy od saletrołu materiał wybuchowy, będący mieszaniną saletry amonowej i materiału pochodzenia roślinnego* [II.8]



opublikowany w materiałach z Konferencji „*Bezpieczeństwo Robót Strzałowych*” zorganizowanej przez Główny Instytut Górnictwa w 2014 r. W pracy tej przedstawiłem wyniki badań właściwości detonacyjnych wielu mieszanin, które mogą znaleźć zastosowanie jako przemysłowe materiały wybuchowe. Ze względu, że w branży przemysłowych materiałów wybuchowych jest położony bardzo duży nacisk na cenę materiałów wybuchowych, która powinna być możliwie niska, badałem mieszaniny SA z tanimi, powszechnie dostępnymi materiałami jak: jęczmień, rzepik, soja czy łubin. Wszystkie badane mieszaniny detonowały po zainicjowaniu samym górnictwem zapalnikiem, prędkości detonacji wielu z nich były na poziomie 3,5 km/s, a najmniejsza średnica krytyczna wynosiła 20 mm. Oprócz rezultatów badań, w artykule przedstawiłem koncepcję samochodu, który wytwarzałby i ładowałby do otworów strzałowych wytworzone mieszaniny – odpowiednik pojazdów typu MEMU. Ponieważ wykonywanie mieszanin ze zmielonej SA, która byłaby wiezioną na miejsce wykonywania prac strzałowych, byłoby obarczone poważnymi niedogodnościami, spowodowanymi m.in. skłonnością do zbrylania i higroskopijnością SA, zaproponowany pojazd posiadałby, w odróżnieniu od istniejących pojazdów, młyn do mielenia granulowanej SA.

Tematyce badań właściwości energetycznych materiałów wybuchowych, które są mieszaninami, została poświęcona praca *Badania właściwości energetycznych saletroli metodami testu cylindrycznego i wahadła balistycznego* [II.1]. Artykuł ten został wygłoszony i opublikowany w materiałach konferencji zorganizowanej przez Główny Instytut Górnictwa, a jego autorami, oprócz mnie, są profesorowie W. Trzcíński i B. Zygmunt. W ramach tej pracy wykonaliśmy badania metodami testu cylindrycznego, wahadła balistycznego i prędkości detonacji saletroli. SA będąca surowcem do wytwarzania saletroli pochodziła z jednej partii produkcyjnej, którą poddano różnej przeróbce: porowaceniu i mieleniu. Rezultaty badań ujawniły, że o ile wraz ze wzrostem porowatości i rozdrobnienia SA wzrastała prędkość detonacji i energia Gurneya saletroli, to oznaczana przy użyciu wahadła balistycznego zdolność do wykonania pracy pozostawała na stałym poziomie. Przeprowadzone dodatkowo, przy użyciu wahadła balistycznego, pomiary którym poddano ładunki o takim samym składzie:

- będące mieszaniną mielonej SA i pyłu węglowego i
- składające się z oddzielnych warstw mielonej SA i pyłu węglowego,

wykazały, że zdolność do wykonania pracy przez ładunki obu rodzajów była zbliżona.

Różnic w wynikach badań należy szukać w odmiennych warunkach ich przeprowadzania. W trakcie badania przy użyciu wahadła balistycznego, produkty reakcji stosunkowo długo przebywają w zamkniętych komorach, co umożliwia ich pełne przereagowanie, praktycznie niezależnie od stopnia wymieszania składników. Natomiast podczas testu cylindrycznego, będąca



otoczką ładunku rura jest szybko napędzana, ulega fragmentacji i jedynie w niewielkim stopniu ogranicza rozlot produktów reakcji. Skutkiem takiego przebiegu zdarzeń są warunki znacznie mniej sprzyjające doreagowywaniu produktów reakcji. Przeprowadzone badania pozwoliły ocenić, że wahadło balistyczne wydaje się mieć ograniczone zastosowanie w badaniach mieszanin o słabo zaznaczonych właściwościach wybuchowych. Natomiast test cylindryczny znacznie lepiej odwzorowuje warunki panujące podczas prac strzałowych i powinien być standardowym badaniem, stosowanym do oceny charakterystyk energetycznych, używanych w przemyśle materiałów wybuchowych.

W moim przekonaniu, przedstawione wyniki badań pokazują, że tematyka poruszana w powyższym cyklu publikacji jest aktualna i ma duże znaczenie praktyczne. Ponadto wykonane badania poszerzają wiedzę na temat właściwości detonacyjnych, wytwarzanych i stosowanych na masową skalę, nawozów mineralnych i materiałów wybuchowych. Potwierdzeniem takiego wniosku są liczne cytowania moich publikacji w specjalistycznych czasopismach naukowych o światowej renomie (łącznie ok. 90 razy w bazie Scopus, w tym zaledwie 7 to autocytowania).

## 5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

W 2005 r. uzyskałem z Min. Nauki i SW **projekt badawczy promotorski**, realizowany w Instytucie Przemysłu Organicznego, **nr 0 T00C 026 28 nt.** *Wpływ fizycznej struktury granul saletry amonowej na właściwości wybuchowe saletrolu*, którego byłem głównym wykonawcą. W ramach projektu zrealizowałem znaczną część badań doświadczalnych związanych z doktoratem, głównie właściwości detonacyjnych saletroli.

W 2007 r. uzyskałem z Min. Nauki i SW **projekt badawczy własny nr O N508 1192 33**, pt. *"Identyfikacja zagrożenia bezpieczeństwa publicznego spowodowanego przez masową produkcję i dostępność nawozowej saletry amonowej – przeciwdziałanie terroryzmowi bombowemu"*, którego byłem kierownikiem. Projekt był realizowany w latach 2007-10, w Instytucie Przemysłu Organicznego. W trakcie realizacji projektu skierowałem moje zainteresowania na możliwości wykonania materiałów wybuchowych z nawozów mineralnych, będących mieszaninami SA i substancji obojętnych. Na podstawie przeprowadzonych badań wykazałem, że dodatek do nawozów substancji obojętnych, takich jak dolomit lub anhydryt, nie zapobiega możliwości względnie łatwego wykonania z nich materiałów typu saletroli i amonali. W niektórych przypadkach nawet z nawozu zawierającego kilkadziesiąt procent mączki mineralnej udawało się sporządzić materiał wybuchowy. Wnioski z realizacji grantu przedstawiłem krajowym producentom nawozów azotowych. Publikowałem je również w czasopismach naukowych [I.4,6] oraz na konferencjach krajowych i zagranicznych [II.5,6].



Zapoczątkowane w trakcie realizacji ww. projektu badania właściwości detonacyjnych mieszanin SA z materiałami palnymi pochodzenia roślinnego zostały rozwinięte podczas realizacji wewnętrznego projektu badawczego w ramach działalności statutowej Instytutu Przemysłu Organicznego, wykonywanego w roku 2012. Opierając się na wynikach przeprowadzonych badań stwierdziłem, że mieszaniny SA i wielu materiałów pochodzenia roślinnego gwałtownie rozkładają się w temperaturach zbliżonych do temperatury topnienia SA i charakteryzują się wyraźnie zaznaczonymi właściwościami detonacyjnymi. Wyniki badań uzyskanych podczas realizacji tego projektu były prezentowane na konferencjach naukowo-technicznych i opublikowane w czasopiśmie [I.5,9 oraz II.8].

Prowadzone w IPO prace doświadczalne przyczyniły się do opracowania dwóch patentów, których jestem współtwórcą:

- Patent PL 176297 B1, *Sposób otrzymywania porowatej saletry amonowej*, data zgłoszenia: 21.02.1995, patent udzielony 31.05.1999;
- Patent PL 196449 B1, *Sposób wytwarzania granulowanych materiałów wybuchowych*, data zgłoszenia: 29.04.2002, patent udzielony 31.01.2008.

W tabeli 1 zestawilem liczbę publikacji wg ich typu wraz z podziałem na publikacje przed i po uzyskaniu stopnia naukowego doktora.

*Tabela 1. Zestawienie publikacji przed i po uzyskaniu stopnia doktora*

| Typ publikacji                                                                  | Liczba publikacji   |                  |       |
|---------------------------------------------------------------------------------|---------------------|------------------|-------|
|                                                                                 | przed<br>doktoratem | po<br>doktoracie | razem |
| Autorstwo lub współautorstwo artykułów z listy A                                | 0                   | 8                | 8     |
| Autorstwo lub współautorstwo artykułów z listy B                                | 9                   | 4                | 13    |
| Udzielone patenty                                                               | 1                   | 1                | 2     |
| Autorstwo lub współautorstwo publikacji naukowych w pozostałych czasopiśmie     | 1                   | 0                | 1     |
| Autorstwo lub współautorstwo monografii                                         | 0                   | 1                | 1     |
| Autorstwo lub współautorstwo skryptów                                           | 0                   | 0                | 0     |
| Autorstwo lub współautorstwo publikacji naukowych w materiałach konferencyjnych | 19                  | 8                | 27    |



### **5.1. Sumaryczny impact factor publikacji według listy Journal Citation Reports (JCR), zgodnie z rokiem opublikowania**

Sumaryczny impact factor publikacji wg roku wydania wynosi **6,527**, przy uwzględnieniu IF dla publikacji z 2011 r. w czasopiśmie Central European Journal of Energetic Materials na poziomie roku 2012.

### **5.2. Liczba cytowań publikacji według bazy Web of Science (WoS)**

Liczba cytowań publikacji wg bazy Web of Science wynosi 87, w tym 80 bez autocytowań.

### **5.3. Indeks Hirscha opublikowanych publikacji według bazy Web of Science (WoS)**

Indeks Hirscha opublikowanych publikacji według bazy Web of Science (WoS) oraz Scopus wynosi **5**.

### **5.4. Nagrody za działalność naukową**

Nagroda (zespolowa) Rektora Wojskowej Akademii Technicznej za opracowanie i wydanie monografii *Materiały wybuchowe trzeciej generacji*, 2008 r.

### **5.5. Referaty wygłoszone na konferencjach i sympozjach naukowo-technicznych**

Wyniki moich prac były publikowane na kilkudziesięciu sympozjach i konferencjach. Poniżej przedstawiam ich listę.

Konferencja *IPOEX*, organizator - Instytut Przemysłu Organicznego, corocznie od 2004 do 2018 r., 15 razy,

Konferencja *Bezpieczeństwo Robót Strzałowych*, organizator - Główny Instytut Górnictwa - 1993, 1996, 1999, 2006, 2008, 2010, 2012, 2014, 2016 i 2018 r., 10 razy,

Konferencja *Naukowe Aspekty Techniki Uzbrojenia i Bezpieczeństwa*, organizatorzy: Wojskowa Akademia Techniczna i Wojskowy Instytut Techniczny Uzbrojenia, 2002 i 2004 r., 2 razy,

Sympozjum *New Trends in Research of Energetic Materials*, organizator - Uniwersytet w Pardubicach (Czechy), 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2005 i 2010 r., 7 razy,

Konferencja *Blasting Technique*, organizator - Słowackie Stowarzyszenie Inżynierów Strzałowych, 2004 r., 1 raz,

Konferencja *Postęp i Bezpieczeństwo Techniczne w Technologii Nawozów Azotowych* (późniejsze nazwy *Saletra i Granulacja*), organizatorzy: Politechnika Wrocławska, Instytut Nawozów Sztucznych, Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Przemysłu Chemicznego, 1994, 1995, 1999, 2013 i 2018 r., 5 razy,



*Zjazd Naukowy Polskiego Towarzystwa Chemicznego*, organizatorzy: Polskie Towarzystwo Chemiczne i Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Przemysłu Chemicznego, 1999 i 2001 r., 2 razy,

*Kongres Technologii Chemicznej*, organizator Politechnika Szczecińska, 1994 r., 1 raz,

Konferencja *Górnictwo Skalne – Stan Obecny i Perspektywy*, organizatorzy: Politechnika Wrocławska, Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Górnictwa oraz Instytut Górnictwa Odkrywkowego, 1996 r., 1 raz,

Konferencja *Górnictwo Surowców Skalnych w Gospodarce u Progu XXI Wieku*, organizatorzy: Politechnika Wrocławska i Instytut Górnictwa Odkrywkowego, 2001 r., 1 raz.

## **6. Działalność w zakresie rozwoju techniki, szkoleniowa i dydaktyczna**

### **6.1. Działalność normalizacyjna**

Jestem autorem projektu normy *PN-C-87082:2000, Nawozy sztuczne, Proste nawozy azotowe o wysokiej zawartości azotu zawierające azotan amonu, Oznaczanie odporności na detonację*.

### **6.2. Działalność w zakresie transportu towarów niebezpiecznych**

Od 2004 r. posiadam uprawnienia doradcy ds. Bezpieczeństwa w Transporcie Towarów Niebezpiecznych (DGSA advisor).

Od 2015 r. jestem członkiem Zespołu doradczego ds. przewozu towarów niebezpiecznych, działającego przy Ministerstwie Infrastruktury.

### **6.3. Działalność na rzecz organizacji rządowych**

Od 2016 r. jestem członkiem Komisji Kwalifikacyjnej powołanej przez Ministra Gospodarki (obecnie Min. Rozwoju), potwierdzającej przygotowanie zawodowe osób ubiegających się o prawo dostępu do materiałów wybuchowych do użytku cywilnego (wyburzenia z użyciem mat. wybuchowych, rozminowanie terenu, prace badawcze i strzałowe z użyciem materiałów wybuchowych, pokazy pirotechniczne).

### **6.4. Działalność dydaktyczna**

Prowadzenie zajęć laboratoryjnych z przedmiotu *Materiały niebezpieczne* ze studentami Wojskowej Akademii Technicznej i Politechniki Warszawskiej w trakcie praktyk studenckich oraz zajęć audytoryjnych. Od 2010 r. łącznie 120 godz.

Warszawa, 07.03.2019

  
.....  
Podpis