

Dr Beata Podkościelna

Zakład Chemii Polimerów

Wydział Chemii

Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie

Załącznik 2a do wniosku
o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego

Autoreferat

W języku polskim

Lublin, 2015

AUTOREFERAT¹

1. Imię i Nazwisko: **Beata Podkościelna**

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

06.06.1997 - Dyplom magistra chemii

Tytuł pracy: *„Synteza nowych, polimerowych wypełnień heksyloamidowych pochodnych kwasu winowego”*

Promotor pracy magisterskiej: Dr hab. Władysław Charmas prof. UMCS

Wydział Chemii, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie

26.01.2009 - Stopień naukowy doktora nauk chemicznych w zakresie chemii

Tytuł rozprawy doktorskiej: *„Synteza i badanie właściwości polimerowych wypełnień do HPLC opartych na bifenolach”*

Promotor rozprawy doktorskiej: Prof. dr hab. Barbara Gawdzik

Wydział Chemii, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych/ artystycznych.

15.04.1998 - 30.09.2001 Starszy specjalista inżynierjno-techniczny,

Zakład Chemii i Technologii Organicznej, Wydział Chemii,
Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie

1.10.2001 - 30.09.2003 Starszy specjalista inżynierjno-techniczny,

Zakład Chemii i Technologii Polimerów, Wydział Chemii,
Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie

1.10.2003 - 30.09.2009 Asystent

Zakład Chemii Polimerów, Wydział Chemii,
Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie

1.10.2009 - do obecnie Adiunkt

Zakład Chemii Polimerów, Wydział Chemii,
Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie

¹Autoreferat został przygotowany zgodnie ze wzorem zamieszczonym na stronie internetowej centralnej Komisji do Spraw Stopni i Tytułów.

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

a) tytuł osiągnięcia naukowego: Jednotematyczny cykl publikacji zatytułowany:

Synteza, modyfikacja i badania właściwości fizyko-chemicznych, nowych monomerów i kopolimerów di(met)akrylowych pochodnych węglowodorów aromatycznych oraz ich wybrane zastosowania

b) Wykaz publikacji stanowiących podstawę postępowania habilitacyjnego

(Autor/autorzy, tytuł/tytuły publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa, recenzenci)

Publikacje stanowiące podstawę postępowania habilitacyjnego zostały oznaczone symbolem [H1-H15] i uszeregowane biorąc pod uwagę realizowany w nich cel naukowy. Komentarz do publikacji przedstawiony w *Autoreferacie* nie zawiera pełnego omówienia otrzymanych wyników, ale stanowi jedynie podsumowanie najważniejszych osiągnięć naukowych będących podstawą przedstawionej rozprawy habilitacyjnej.

[H1] B. Podkościelna, B. Gawdzik

„Influence of diluent compositions on the porous structure of methacrylate derivatives of aromatic diols and divinylbenzene”

Applied Surface Science, 2010, **256**, 2462-2467.

(IF₂₀₁₀=1,795/IF_{5-year}=2,251 MNiSW=32 pkt)

[H2] B. Podkościelna, A. Bartnicki, B. Gawdzik

„Porowate mikrosfery polimerowe, sposób ich wytwarzania oraz wypełnienia chromatograficzne w postaci mikrosfer polimerowych”

Patent PL 216321 (2014) (IF=brak, MNiSW=25 pkt)

[H3] B. Podkościelna

"Synthesis, modification and porous properties of new glycidyl methacrylate copolymers"

Journal of Applied Polymer Science, 2011, **120**, 3020-3026.

(IF₂₀₁₁=1,289/IF_{5-year}=1,466, MNiSW=25 pkt)

[H4] M. Sobiesiak, B. Podkościelna

“Preparation and characterization of porous DVB copolymers and their applicability for adsorption (solid-phase extraction) of phenol compounds”

Applied Surface Science, 2010, **257**, 1222-1227.

(IF₂₀₁₀=1,795/IF_{5-year}=2,251 MNiSW=32 pkt)

[H5] M. Trytek, J. Fiedurek, **B. Podkościelna**, B. Gawdzik, M. Skowronek,

“Efficient method for the immobilization of inulinase using new types of polymers containing epoxy groups”

Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology, 2015, **42**, 985-996.

(*IF₂₀₁₄=2,439/ IF_{5-year}=2,483, MNiSW=30 pkt)

[H6] **B. Podkościelna**, A. Bartnicki, B. Gawdzik

“New crosslinked hydrogels derivatives of 2-hydroxyethyl methacrylate: Synthesis, modifications and properties”

Express Polymer Letters, 2012, **6**, 759-771.

(IF₂₀₁₂=2,294/IF_{5-year}=2,270, MNiSW=25 pkt)

[H7] **B. Podkościelna**, D. Kołodyńska

“A new type of cation-exchange polymeric microspheres with pendant methylenethiol groups”

Polymers for Advanced Technologies 2013, **24**, 866-872.

(IF₂₀₁₃=1,964/IF_{5-year}=1,828, MNiSW=30 pkt)

[H8] **B. Podkościelna**, M. Worzakowska

„Studies of synthesis and thermal properties of acrylate copolymers”

Journal of Thermal Analysis and Calorimetry 2010, **101**, 235-241.

(IF₂₀₁₀=1,752/IF_{5-year}=1,917, MNiSW=27 pkt)

[H9] **B. Podkościelna**

“The highly crosslinked dimethacrylic/divinylbenzene copolymers – characterization and thermal studies”

Journal of Thermal Analysis and Calorimetry 2011, **104**, 725-730.

(IF₂₀₁₁=1,604/IF_{5-year}=1,917, MNiSW=25 pkt)

[H10] **B. Podkościelna**, M. Sobiesiak, B. Gawdzik, Y. Zhao, O. Sevastyanova

“Preparation of lignin-containing porous microspheres through the copolymerization of lignin acrylate derivatives with styrene and divinylbenzene”

Holzforschung, 2015, **69**, 769-776.

(*IF₂₀₁₄=1,565/IF_{5-year}=1,875, MNiSW=45 pkt)

[H11] B. Podkościelna

“Photo- and thermally initiated polymerization of methacrylate monomer derivative of bis(4-hydroxyphenyl)sulfide with N-vinyl-2-pyrrolidone”

Journal of Thermal Analysis and Calorimetry 2012, **107**, 703-708.

(IF₂₀₁₂=1,982/IF_{5-year}=1,917, MNiSW=25 pkt)

[H12] B. Podkościelna

“The influence of oxidation number of sulfur on the polymerization and thermo-mechanical properties of dimethacrylate copolymers”

Journal of Thermal Analysis and Calorimetry 2013, **111**, 1553-1560.

(IF₂₀₁₃=2,206/IF_{5-year}=1,917, MNiSW=20 pkt)

[H13] B. Podkościelna

„New photoluminescent copolymers of naphthalene-2,7-diol dimethacrylate and N-vinyl-2-pyrrolidone: Synthesis, characterisation and properties”

Journal of Thermal Analysis and Calorimetry 2014, **116**, 785-793.

(IF₂₀₁₄=2,042/IF_{5-year}=1,917, MNiSW=25 pkt)

[H14] B. Podkościelna, A. Lipke, B. Gawdzik, M. Majdan

“Synthesis, characterization and luminescent properties of new copolymers of dimethacrylate derivatives of naphthalene-2,7-diol”

Polymers for Advanced Technologies 2015, **26**, 176-181

(*IF₂₀₁₄=1,757/IF_{5-year}=1,828, MNiSW=30 pkt)

[15] B. Podkościelna

“Synthesis, spectroscopic and thermal characterization of the new monomer: 2,7-di(methacryloyloxy)naphthalene and its copolymerization with selected vinyl monomers”

Journal of Thermal Analysis and Calorimetry 2015 doi: 10.1007/s10973-015-4946-9

(*IF₂₀₁₄=2,042/IF_{5-year}=1,917, MNiSW=25 pkt)

W skład monotematycznego cyklu wchodzi **15** prac wśród których wyróżnić można: **14** artykułów naukowych (**6** monoautorskich) oraz **1** patent.

- Sumaryczny *impact factor* według listy *Journal Citation Reports* (JCR) zgodny z rokiem opublikowania:

26,106 (średni IF na publ. 1,89)

- Obliczony według 5-letniego *impact factor* czasopisma:

27,754 (średni IF na publ. 1,98)

- Liczba punktów MNiSzW:

421 pkt

- Indeks Hirscha według bazy *Web of Science* (WoS): **8**

*najnowszy dostępny IF

c) omówienie celu naukowego/artystycznego ww. pracy/prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania.

1. Otrzymywanie związków epoksydowych

Jedną z podstawowych, i do tej pory powszechnie stosowanych metod otrzymywania związków epoksydowych jest reakcja związków zawierających dwie lub więcej grup funkcyjnych posiadających ruchliwy atom wodoru z 2-(chlorometylo)oksiranem (potocznie epichlorohydryną, ECH). ECH charakteryzuje się specyficzną budową cząsteczki o dużym momencie dipolowym. Dzięki temu, w reakcjach ze związkami zawierającymi grupy: fenolowe, alkoholowe, aminowe, amidowe, kwasowe czy tiolowe reaguje jak związek dwufunkcyjny (tzn. że po otwarciu pierścienia epoksydowego w reakcji z wymienionymi wyżej związkami, następuje odtworzenie nowej grupy epoksydowej pod wpływem NaOH w wyniku reakcji dehydrohalogenacji).¹

W latach 60-tych W. Erich i M. Bodnar² opisali syntezę pochodnych epoksydowych różnych bisfenoli (m.in. bisfenolu P i C) w reakcji z 2-(chlorometylo)oksiranem w środowisku zasadowym. Reakcję prowadzono w temperaturze 95-100 °C przez 2 godziny, następnie po ochłodzeniu usunięto nadmiar 2-(chlorometylo)oksiranu, a produkt reakcji otrzymano przez ekstrakcję benzenem. Otrzymane pochodne epoksydowe były cieczami o dużej lepkości.

Shechter i Wynstra³ przeprowadzili szereg reakcji z udziałem eteru glicydylowego z alkoholami, fenolami, kwasami hydroksylowymi i bezwodnikami kwasowymi. Reakcje przebiegały przy zastosowaniu zasadowego katalizatora, zaproponowany został również mechanizm przeprowadzonych reakcji.

W patencie USA⁴ wspomniane są pochodne epoksydowe bisfenoli: P, C i S. Z kolei w patencie USA⁵ z 1974 roku pochodną diepoksydową bisfenolu S otrzymano przy użyciu 2-(chlorometylo)oksiranu w stosunku molowym substratów 1:10, reakcję prowadzono w warunkach bezwodnych (woda usuwana była azeotropowo). Otrzymany produkt krystalizowano z ksylenu, otrzymując liczbę epoksydową bliską teoretycznej.

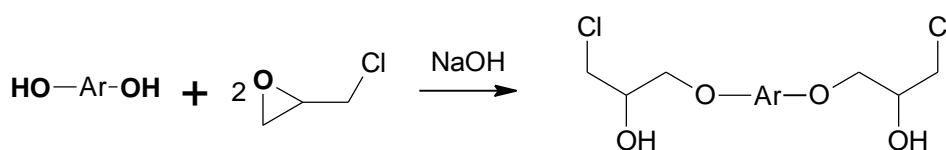
Wymienione wyżej pochodne diepoksydowe zaliczyć można do grupy żywic epoksydowych czyli cieczy lub ciał stałych o stosunkowo niewielkiej masie cząsteczkowej do ok. 4000 u, zawierających w swojej budowie zazwyczaj dwie grupy epoksydowe. Cechą charakterystyczną wszystkich żywic epoksydowych jest występowanie polarnego trójczłonowego pierścienia heterocyklicznego. Ulega on łatwo różnym reakcjom chemicznym, m.in., reakcji polimeryzacji i utworzeniu polimeru liniowego lub usieciowanego (przy zastosowaniu monomerów wielofunkcyjnych). Dzięki temu, że żywice epoksydowe z łatwością reagują zarówno w podwyższonej, jak i pokojowej temperaturze, znalazły szerokie zastosowania. Z rozpuszczalnych żywic epoksydowych o niskiej temperaturze mięknienia otrzymuje się w wyniku sieciowania polimery o bardzo dobrych właściwościach mechanicznych i elektroizolacyjnych.⁶

Żywice epoksydowe dosyć łatwo sieciują się w wyniku reakcji z aminami alifatycznymi m.in. dietylenotriaminą (DETA) i trietylenotetraminą (TETA) lub adduktami amin alifatycznych z α -tlenkami, związkami epoksydowymi, akrylonitrylem. Proces sieciowania prowadzi się w temperaturze pokojowej. Aminy reagują z grupami epoksydowymi żywicy i w pierwszym etapie powstaje struktura rozgałęziona, a następnie usieciowana.

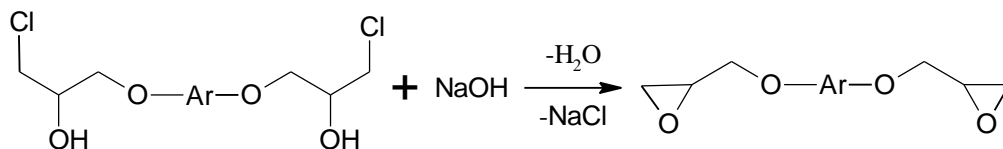
Do sieciowania żywic epoksydowych używa się również bezwodników kwasów karboksylowych. Są to przede wszystkim bezwodniki wielokarboksylowych kwasów organicznych. Reakcja zachodzi w podwyższonej temperaturze w której w pierwszym etapie bezwodnik przyłącza się do II-rzędowej grupy hydroksylowej żywicy epoksydowej, a powstała grupa karboksylowa reaguje dalej z grupą epoksydową z utworzeniem nowej II-rzędowej grupy hydroksylowej.

W moich badaniach zastosowałam wspomnianą wcześniej metodę polegającą na reakcji 2-(chlorometylo)oksiranu ze związkiem zawierającym grupy fenolowe w swojej budowie. Przebieg tej reakcji można przedstawić w następujący sposób:

- addycja grupy wodorotlenowej aromatycznego diolu do grupy epoksydowej 2-(chlorometylo)oksiranu (I):



- dehydrohalogenacja – reakcja z odczepieniem HCl za pomocą NaOH (II):

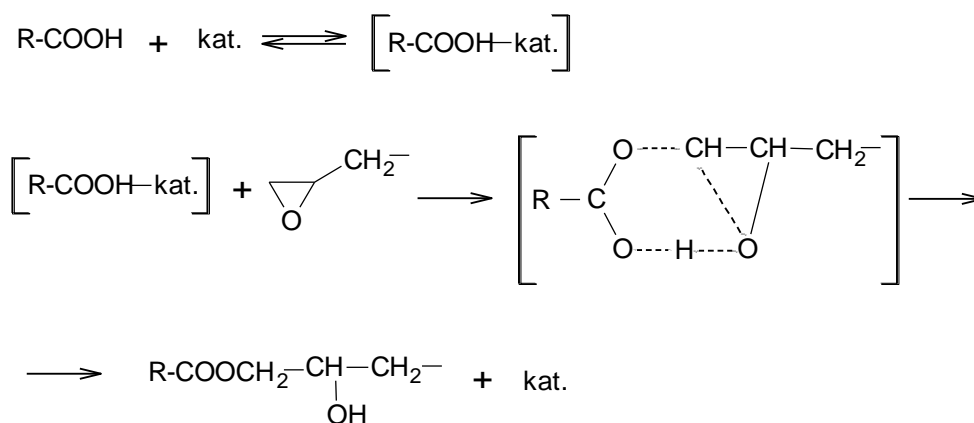


Reakcję 2-(chlorometylo)oksiranu z aromatycznymi diolami prowadzi się zazwyczaj w środowisku alkalicznym, stosowany jest m.in. roztwór wodorotlenku sodu który równocześnie katalizuje reakcję addycji (I), a także wiąże wydzielający się chlorowódór (II).¹

2. Otrzymywanie diestrów (met)akrylowych

Badania nad reakcją diepoksydów z kwasami jedno- i dwukarboksylowymi prowadził F.B. Alvey.⁷ Posłużył się on m.in. epoksydem otrzymanym na bazie bisfenolu A (4,4'-dihydroksy-2,2-difenylopropan), który estryfikował różnymi kwasami m.in. azotowym i adypinowym. W celu optymalizacji procesu przyłączania kwasu do diepoksydu prowadził ją w różnych temperaturach (60°C, 95°C, 115°C) oraz wyeliminował udział rozpuszczalnika. Zastosował szereg katalizatorów m.in. N,N-dietyloacetoamid, triizopropanoloaminę, tri-1-butyloaminę oraz KOH.

Schemat mechanizmu reakcji epoksydu z kwasem, z uwzględnieniem pośrednich aktywnych kompleksów przedstawia się następująco:



Reakcja bez udziału katalizatora przebiega z niewielką szybkością i małą selektywnością. Zastosowane katalizatory mogą mieć charakter zarówno kwasowy, jak i zasadowy.

Pierwszymi katalizatorami reakcji kwasów karboksylowych z oksiranami były kwasy nieorganiczne lub ich sole. Jako katalizatory addycji stosowane mogą być aminy aromatyczne (m.in. dimetyloamina, pirydyna) lub III-rzędowe aminy alifatyczne (m.in. trietyloamina). Dostępne są również doniesienia o użyciu związków siarki, kwasów Lewisa, kwasu fosforowego, jonów żelaza (III), chromu (III) czy żywic jonowymiennych.^{8,9,10}

Do grupy selektywnych katalizatorów zaliczane są również związki o charakterze zasadowym m.in. aminy, sole amoniowe (chlorek trietylobenzyloamoniowy, TEBAC)¹¹ oraz sole alkaliczne kwasów karboksylowych. Spośród wymienionych katalizatorów najlepsze rezultaty otrzymuje się przy zastosowaniu TEBAC. Reakcja z jego użyciem przebiega z dużą szybkością i wymaga chłodzenia w początkowej fazie, a następnie powinna być kontynuowana w temperaturze ok. 100 °C.

Na selektywność otwarcia pierścienia epoksydowego oprócz katalizatora, wpływa również rodzaj substratów oraz temperatura reakcji.

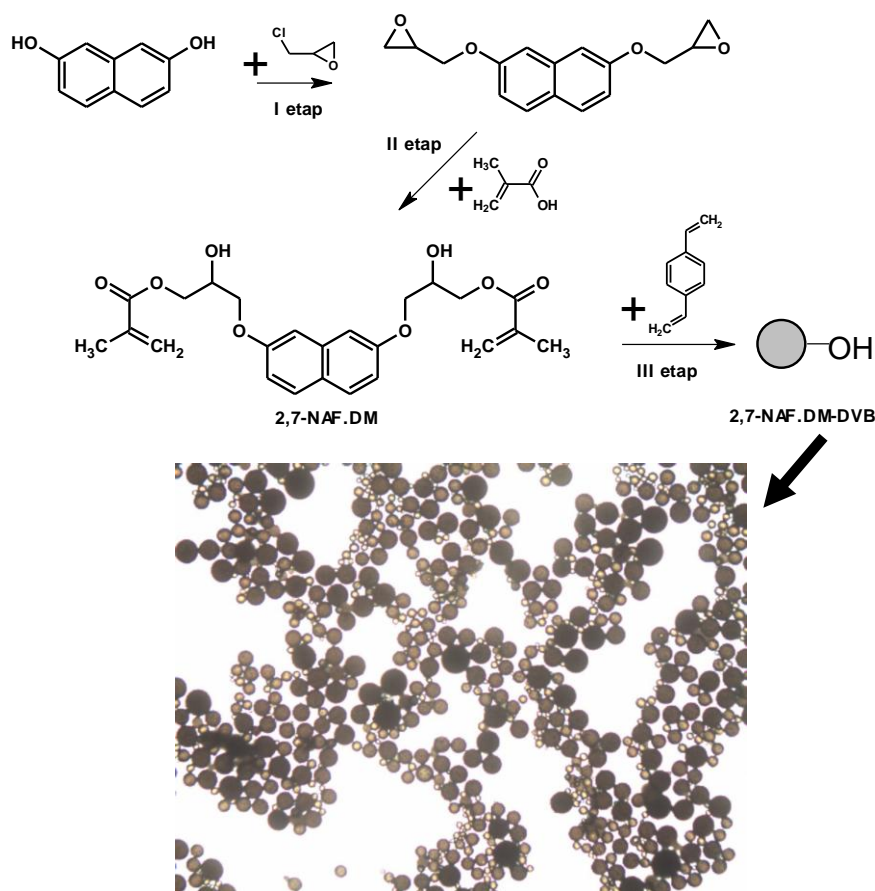
Znane z literatury diestry (met)akrylowe zazwyczaj są cieczami o dużej lepkości lub ciałami stałymi dobrze rozpuszczalnymi w styrenie i monomerach (met)akrylowych. Ich polimeryzacja za pomocą mechanizmu rodnikowego daje kopolimery o doskonałych fizyko-chemicznych właściwościach. Jako inicjatory reakcji kopolimeryzacji stosowane mogą być np. alifatyczne związki azowe i diazowe (np. α,α' -azoizobutyronitryl), organiczne nadtlenki (np. nadtlenek dibenzoilu) lub fotoinicjatory (np. Irgacure 651).¹²

3. Omówienie najważniejszych osiągnięć zawartych w pracach przedstawionych do rozprawy habilitacyjnej

Temat moich naukowych zainteresowań zawarty w pierwszej z prac przedstawionych do rozprawy habilitacyjnej koncentrował się na syntezie nowego monomeru, optymalizacji procesu syntezy, jak również na badaniach wpływu

warunków syntezy na strukturę porowatą zsyntezowanych materiałów **[H1]**. Ponieważ dimetakrylowe pochodne naftaleno-1,4-dimetanolu znalazły zastosowanie jako bardzo efektywne wypełnienia polimerowe do HPLC w badaniach prowadzonych przez prof. dr hab. Barbarę Gawdzik, pojęłam próbę wykorzystania innych izomerów dihydroksynaftalenu jako prekursorów w syntezie dimetakrylowych pochodnych.^{13,14,15,16,17,18}

W związku z tym, moje badania koncentrowały się na syntezie nowej pochodnej na bazie naftaleno-2,7-diolu. Związek ten, otrzymałam w dwuetapowej reakcji najpierw z 2-(chlorometylo)oksiranem, a następnie z kwasem metakrylowym według przedstawionego wcześniej mechanizmu. Uproszczony schemat reakcji przedstawiony jest na Rysunku 1. W wyniku przeprowadzonych reakcji otrzymałam nowy, czterofunkcyjny monomer 2,7-(2-hydroksy-3-metakryloyloksypropoksy)naftalen (2,7-NAF.DM). Był to związek do tej pory nieopisany w literaturze. Budowę 2,7-NAF.DM potwierdziłam metodami spektroskopowymi m.in. ¹³C-NMR oraz GC-MS.



Rys.1 Schemat otrzymywania 2,7-NAF.DM-DVB

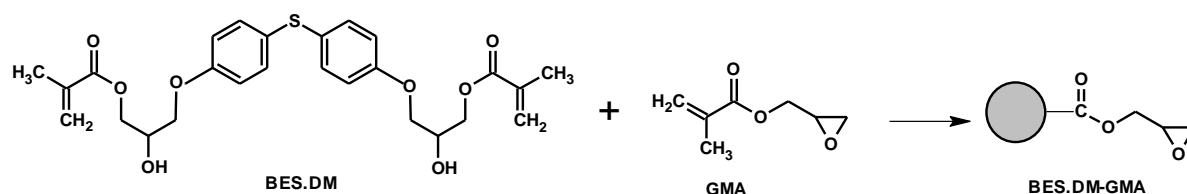
W wyniku reakcji kopolimeryzacji 2,7-NAF.DM z 1,4-diwinylbenzenem otrzymałam usieciowane kopolimerowe mikrosfery. Tematem moich badań była także ocena wpływu stężenia rozpuszczalników porotwórczych (toluenu i dekan-1-olu) na strukturę porowatą otrzymanych mikrosfer. Dokonałam oceny struktury porowatej metodą niskotemperaturowej adsorpcji azotu. Objętość porów wyznaczyłam również metodą odwróconej chromatografii wykluczania (EC). Otrzymane wyniki zostały porównane z wynikami dla kopolimerów dimetakrylowej pochodnej naftaleno-2,3-diolu. Na podstawie otrzymanych danych wyznaczyłam kumulacyjne i różniczkowe rozkłady objętości porów względem logarytmu z Φ (średnic) substancji testowych, którymi były polistyreny o określonej masie cząsteczkowej. Podsumowaniem moich badań była konkluzja, że warunki syntezy mają kluczowe znaczenie w kreowaniu struktury porowatej. Od ilości, rodzaju i wzajemnego stosunku zastosowanych rozpuszczalników porotwórczych uzależniona jest powierzchnia właściwa oraz udział mikro- i mezoporów w strukturze polimeru.

Dzięki zastosowaniu monomerów na bazie di(epoksymetakrylowych) pochodnych węglowodorów aromatycznych otrzymywałam mikrosfery, które charakteryzowały się obecnością w swojej strukturze niezbyt reaktywnych II-rzędowych grup hydroksylowych. Zadanie, które sobie postawiłam dotyczyło syntezy polimerowych mikrosfer z reaktywnymi grupami na powierzchni, pozwalającymi na ich dalszą łatwą modyfikację. Nowe podejście polegało na zastosowaniu, podczas reakcji kopolimeryzacji, monomeru z grupy alifatycznych metakrylanów a mianowicie *metakrylanu glicydylu (GMA)*. Związek ten posiada w swojej budowie nie tylko wiązanie winylowe, ale również bardzo reaktywne grupy epoksydowe.^{19,20,21,22,23} W wyniku reakcji kopolimeryzacji GMA z m.in. pochodnymi węglowodorów aromatycznych otrzymuje się odporne mechanicznie i termicznie mikrosfery z wiszącymi grupami epoksydowymi. Ich obecność stwarza duże możliwości modyfikacji tak otrzymanych kopolimerów.

Zastosowanie metakrylanu glicydylu jako monomeru i jednocześnie czynnika modyfikującego powierzchnię mikrosfer było przedmiotem zgłoszenia patentowego w 2009 r., który został udzielony w 2014 r. pt. „*Porowate mikrosfery polimerowe, sposób ich wytwarzania oraz wypełnienia chromatograficzne w postaci porowatych mikrosfer*”

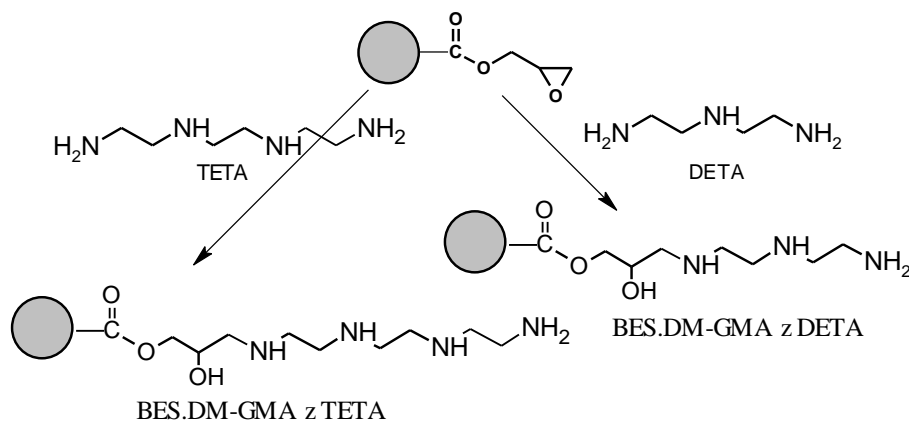
polimerowych” [H2]. W patencie, który powstał we współpracy z *prof. dr hab. B. Gawdzik i dr A. Bartnickim (UMCS, Lublin)*, zaproponowałam syntezę nowych, polimerowych wypełnień kolumn chromatograficznych, charakteryzujących się polarną budową i dużymi zdolnościami do chemicznej modyfikacji, zbudowanych z kopolimerów metakrylanu glicydydu z di(met)akrylowymi pochodnymi węglowodorów aromatycznych, tj. ketonem bis(p-hydroksyfenylowym), naftaleno-2,3-diolem, bifenylo-4,4'-diolem lub 4,4'-tiodifenolem. Zaproponowane rozwiązanie pozwoliło na bezpośrednie wprowadzenie grup epoksydowych podczas reakcji kopolimeryzacji.

Brandrup i współ.²⁴ podają, że współczynniki reaktywności dla GMA i innych metakrylanów tj. metakrylanu metylu i butylu wynoszą odpowiednio: 0,932 i 0,726 oraz 0,94 i 0,85. Zastosowanie otrzymanego przeze mnie monomeru BES.DM (bis[4-(2-hydroksy-3-metakryloyloksypropoksy)fenylo]sulfidu, który jest również reaktywną pochodną metakrylową, pozwolił na otrzymanie z dużą wydajnością (~ 97%) usieciowanych i porowatych mikrosfer (Rys. 2). Dodatkowo obecność pierścieni aromatycznych w strukturze monomeru korzystnie wpłynęła na właściwości termiczne mikrosfer. [H3]



Rys. 2 Schemat otrzymywania BES.DM-GMA

Wprowadzone grupy epoksydowe (od 0,73 do 2,79 mmol grup epoksydowych na gram) na powierzchni mikrosfer zostały następnie z sukcesem poddane modyfikacji aminami m.in. DETA oraz TETA (Rys. 3). Budowę wszystkich nowo otrzymanych związków potwierdzono metodami analizy elementarnej i FTIR.



Rys. 3 Schemat modyfikacji BES.DM-GMA z DETA i TETA

Przedmiotem kolejnych badań była synteza polimerowych mikrosfer na bazie metakrylanu glicydyli i 2,3-(2-hydroksy-3-metakryloyloksypropoksy)naftalenu (2,3-NAF.DM) z 1,4-diwinylbenzenem oraz ocena ich właściwości sorpcyjnych. **[H4]** Mikrosfery otrzymano w wyniku reakcji polimeryzacji suspensyjno-emulsyjnej przy użyciu rozpuszczalników porotwórczych. Do wyznaczenia powierzchni właściwej (GMA-DVB, $S_{\text{BET}}=165 \text{ m}^2/\text{g}$; 2,3-NAF.DM-DVB, $S_{\text{BET}}=72,6 \text{ m}^2/\text{g}$) oraz objętości porów (GMA-DVB, 21,6 nm; 2,3-NAF.DM-DVB, 11,2 nm) użyto metody niskotemperaturowej adsorpcji azotu. Analizując otrzymane dane można stwierdzić, że zsyntezowane materiały są mezoporowate, ale kształt porów jest różny i zależy od budowy zastosowanych monomerów. W przypadku GMA (monomeru alifatycznego) otrzymano znacznie szersze pory w porównaniu do kopolimeru 2,3-NAF.DM-DVB. Do oszacowania właściwości sorpcyjnych kopolimerów użyto metody ekstrakcji do fazy stałej (SPE, *solid phase extraction*). Dzięki obecności grup estrowych i hydroksylowych polimery te mają bardziej hydrofilowy charakter w porównaniu z powszechnie stosowanymi kopolimerami St-DVB i dodatkowo mogą w sposób specyficzny oddziaływać z wybranymi analitami (m.in. fenolami). Na tych polimerach możliwe są oddziaływania fenolowych adsorbatów z powierzchnią otrzymanych polimerów. Są to oddziaływania specyficzne wynikające z obecności grup funkcyjnych (-CO i -OH) i oddziaływania typu π - π zachodzące pomiędzy pierścieniami aromatycznymi fenoli i 1,4-diwinylbenzenu. Na podstawie przeprowadzonych badań zaobserwowano, że dla zaproponowanych polimerów oddziaływania pomiędzy polarnymi grupami funkcyjnymi dominują nad oddziaływaniami typu π - π .

Mikrosfery otrzymane przy użyciu metakrylanu glicydylu zostały również wykorzystane jako efektywne polimerowe nośniki w **procesie immobilizacji** wybranych enzymów grzybowych (przede wszystkim inulinazy) [H5]. Badania te wykonywane były we współpracy z *dr Mariuszem Trytkiem i dr Marcinem Skowronkiem (obecnie KUL) z Zakładu Mikrobiologii Przemysłowej (WBiB) UMCS, Lublin*. Do tego celu wykorzystane zostały mikrosfery otrzymane w wyniku reakcji kopolimeryzacji otrzymanego wcześniej monomeru BES.DM i metakrylanu glicydylu.

Znanych jest wiele metod immobilizacji enzymów m.in. opartych na zjawiskach adsorpcji, kopolimeryzacji, mikrokapsułkowania czy inkluzji w żelu. Jednak do najbardziej efektywnych zalicza się metody oparte na tworzeniu wiązań kowalencyjnych pomiędzy enzymem a nośnikiem. W ten sposób otrzymuje się trwały układ, w którym wzajemna dostępność biokatalizatora i enzymu jest lepsza niż w przypadku większości pozostałych technik.²⁵ Jest to szczególnie istotne w przypadku enzymów wielkocząsteczkowych, takich jak np. inulina.^{26,27,28}

Poszukiwanie nowych nośników w celu zastosowania ich w nowoczesnych formach biokatalizy ma duże znaczenie ze względu na fakt, że enzymy immobilizowane pod wieloma względami przewyższają formy natywne. Charakteryzują się one większą stabilnością, która przejawia się przedłużonym działaniem w szerszym zakresie pH, w roztworach o dużych siłach jonowych, w obecności substancji toksycznych, a przede wszystkim w podwyższonej temperaturze.^{29,30}

Do niewątpliwych zalet nowych polimerowych nośników należy zaliczyć: dużą odporność termiczną i mechaniczną, wynikającą z zastosowania aromatycznych monomerów sieciujących, porowatość, obecność reaktywnych grup na powierzchni a przede wszystkim stabilność w temperaturze otoczenia. Nośnik nie wymaga specjalnych warunków pracy ani przechowywania, jak ma to miejsce w przypadku komercyjnego nośnika (Eupergit[®], -20°C) i dodatkowo jest dużo tańszy.

Przeprowadzone badania potwierdziły zdolności immobilizacyjne otrzymanych mikrosfer, zbadano również m.in. wpływ temperatury oraz pH na wydajność unieruchomienia inulinazy. Dalsze badania koncentrować się będą na wprowadzeniu na powierzchnię nośników dodatkowych grup funkcyjnych (m.in. amidowych). Wstępne badania są bardzo obiecujące i będą kontynuowane we współpracy z Zakładem Mikrobiologii Przemysłowej.

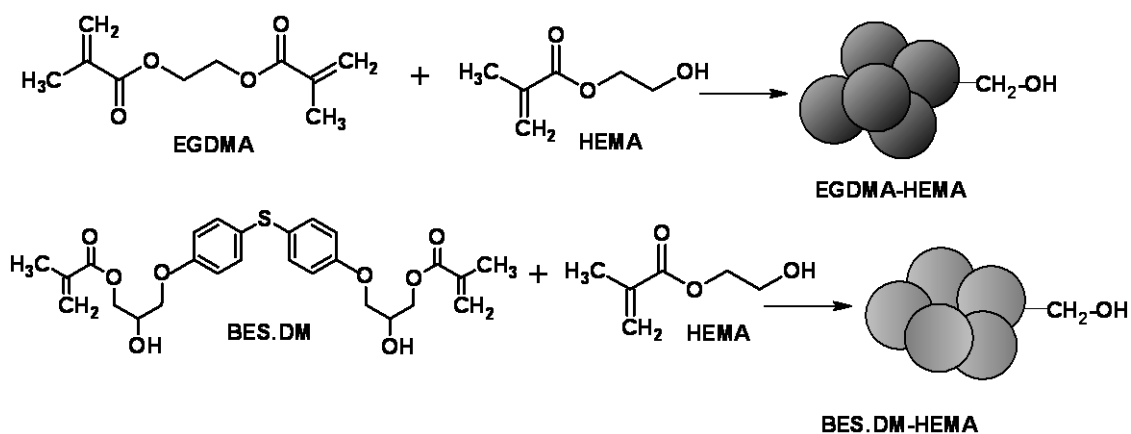
Duży potencjał otrzymanych przeze mnie mikrosfer został również zauważony przez Prof. dr. Mustafa Tekę z Muğla Sıtkı Koçman University, Muğla, (Turcja), z którym w grudniu 2014 nawiązałam współpracę, dotyczącą syntezy nośników z efektywnymi grupami (epoksydowymi i aminowymi) na powierzchni do immobilizacji enzymów.

Inny istotny kierunek moich badań dotyczył syntezy usieciowanych hydrożeli pochodnych metakrylanu 2-hydroksyetylu (HEMA) [H6]. Hydrożele dzięki swoim doskonałym hydrofilowym właściwościom, dużej tendencji do pęcznienia i wysokiej kompatybilności są szeroko stosowane w biomedycynie jako antybakteryjne materiały, biosensory w inżynierii tkankowej, ale również jako sorbenty do usuwania jonów metali ciężkich.^{31,32,33,34,35,36,37} Hydrożele zbudowane są z łańcuchów polimerowych, mających postać zwiniętych kłębków w stanie suchym. Po zwilżeniu, grupy funkcyjne obecne w łańcuchach ulegają solwatacji i dysocjują. Powoduje to rozluźnienie kłębka polimeru, dzięki czemu ma on możliwość wchłaniania płynów.³⁸

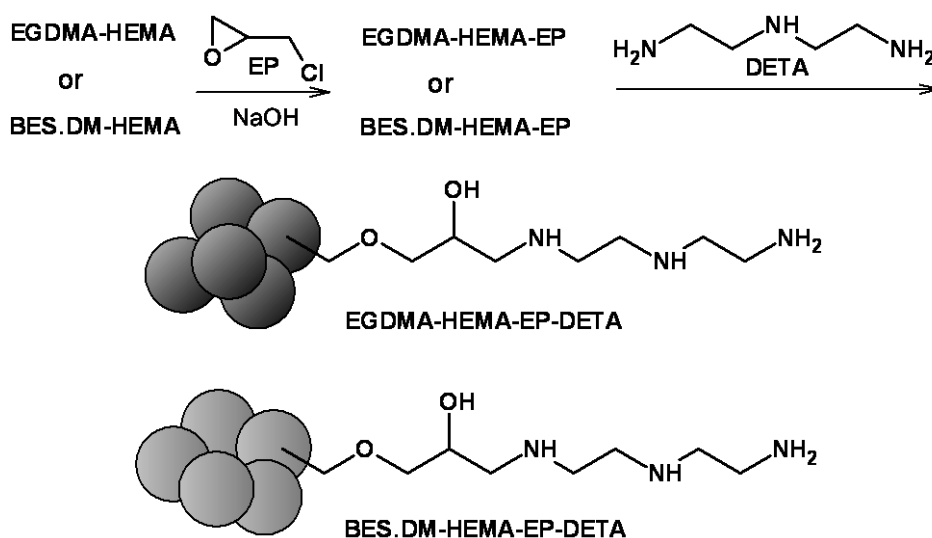
Pożądanymi właściwościami hydrożeli są m.in. zdolność do chłonięcia rozpuszczalników (w szczególności wody) w sposób odwracalny, duża pojemność absorpcyjna, odporność chemiczna i termiczna, elastyczność, dobra wytrzymałość mechaniczna, brak toksyczności.

Ponieważ odporność termiczna i mechaniczna jest istotną cechą hydrożeli, do ich syntezy zastosowałam monomery sieciujące: etylenowy glikol dimetakrylowy (EGDMA) oraz otrzymany w naszym laboratorium: bis[4-(2-hydroksy-3-metakryloyloksypropoksy)fenylo]sulfid (BES.DM). Struktura chemiczna zastosowanych monomerów oraz schemat ich kopolimeryzacji przedstawiony jest na Rys. 4.

Kopolimeryzacja I



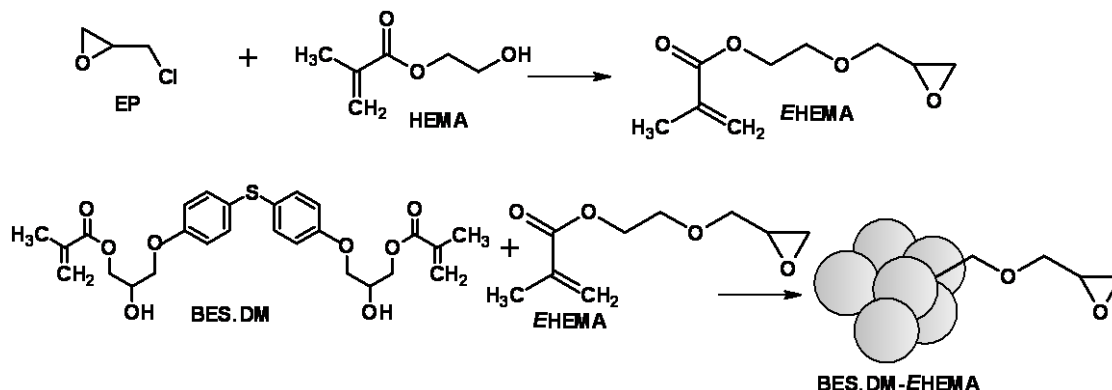
Modyfikacja I



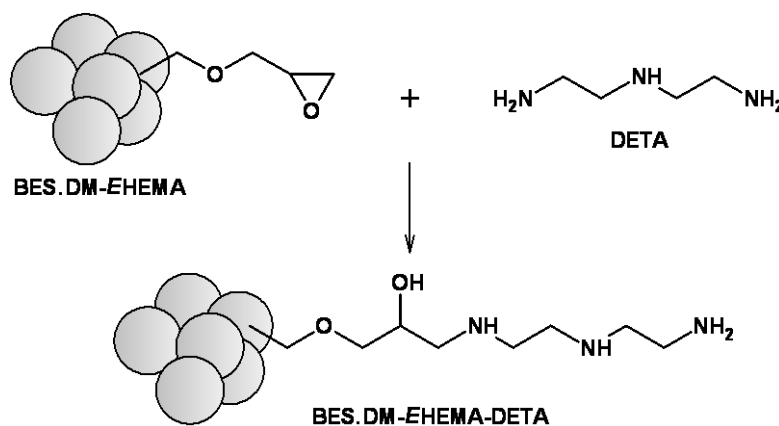
Rys. 4 Schemat kopolimeryzacji I i modyfikacji I dla BES.DM i EGDMA z HEMA

Zastosowany BES.DM jest bardzo ciekawym monomerem sieciujących, zawierającym w swojej budowie ugrupowania metakrylowe, pierścienie aromatyczne i grupy sulfidowe. Jego kopolimeryzacja z HEMA prowadzi do otrzymania termicznie i chemicznie odpornych materiałów, które mogą być przechowywane w temperaturze otoczenia i dodatkowo, po usieciowaniu są nietoksyczne. Otrzymane hydrożele miały postać mikrokulek o różnym stopniu usieciowania od 2 do 20 % molowych, BES.DM lub EGDMA. Następnie, przeprowadzona została ich modyfikacja z 2-(chlorometylo)oksiranem (ECH) (Rys. 4, Modyfikacja I). W wyniku reakcji grup hydroksylowych z ECH otrzymałam epoksy pochodną, która została przekształcona w aminową pochodną w wyniku otwarcia pierścienia epoksydowego dietylenotriaminą. Zaproponowałam również drugi sposób modyfikacji poprzez bezpośrednie wprowadzenie grup epoksydowych do HEMA, a następnie reakcję kopolimeryzacji z BES.DM (Rys. 5).

Kopolimeryzacja II



Modyfikacja II



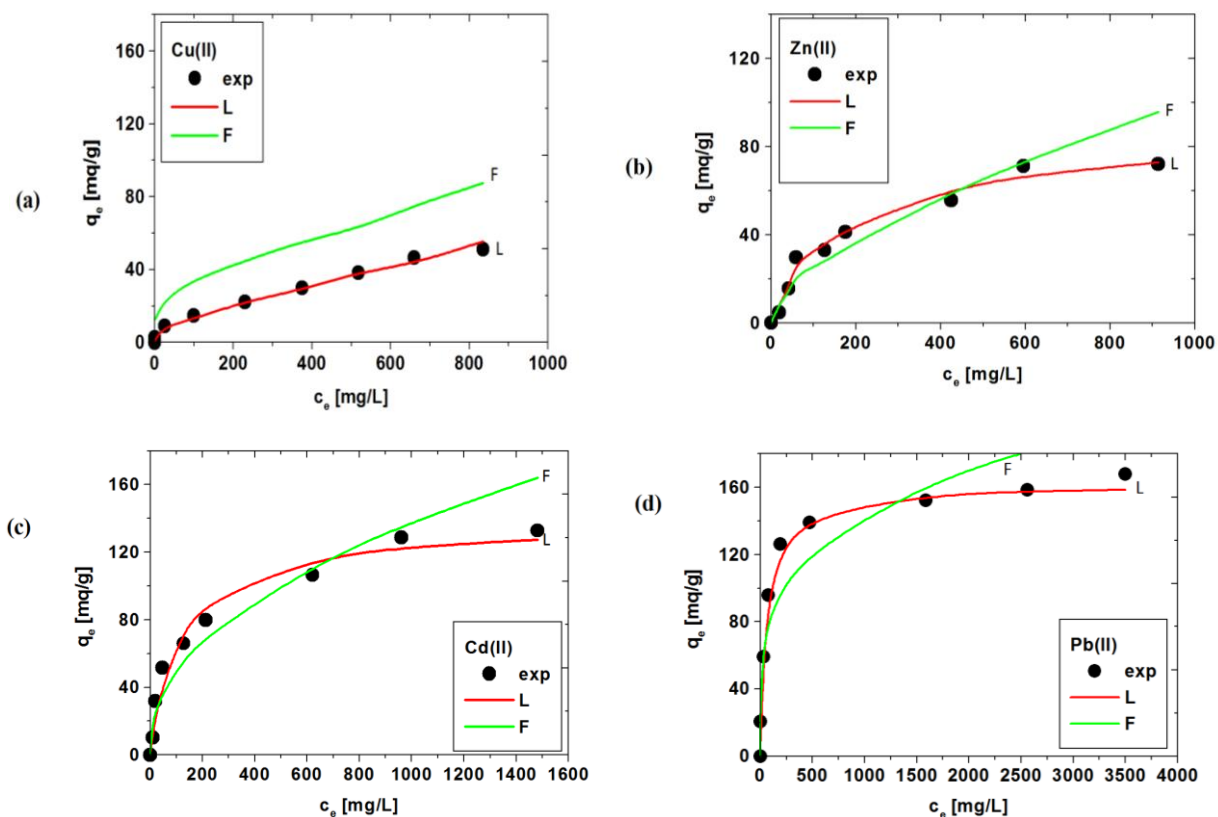
Rys. 5 Schemat syntezy II i modyfikacji II dla BES.DM i EHEMA

W swoich badaniach bardzo dużo uwagi poświęcałam aspektowi aplikacyjnemu otrzymanych mikrosfer. W związku z tym podjęłam udaną próbę zastosowania otrzymanych mikrosfer w charakterze polimerowych, słabo usieciowanych wymienniczy jonowych.

Przebadałam je pod kątem zastosowania do usuwania jonów metali ciężkich z roztworów wodnych. Modele adsorpcji Langmuira i Freundlicha zostały użyte do oceny danych doświadczalnych. Otrzymane wyniki potwierdziły zdolności sorpcyjne otrzymanego materiału, w szczególności do usuwania jonów ołowiu z roztworów wodnych.

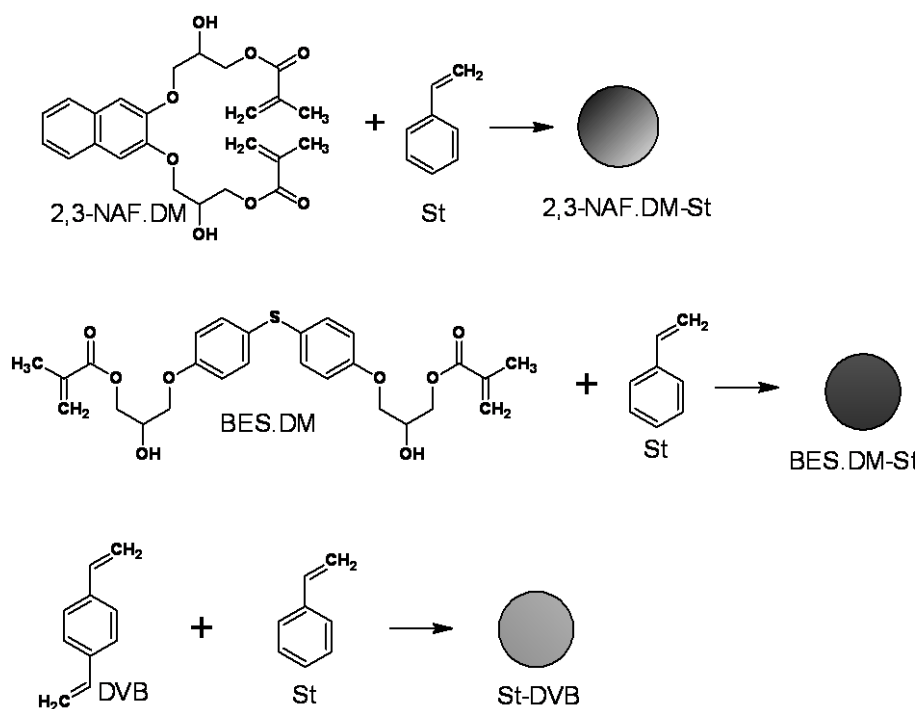
Na Rysunku 6a-d przedstawiono porównanie doświadczalnej izotermy adsorpcji z teoretyczną, obliczoną przy pomocy równań Langmuira i Freundlicha dla BES.DM-

HEMA-EP-DETA. Lepsze dopasowanie danych eksperymentalnych zaobserwowano przy użyciu modelu Langmuira, w oparciu o obliczone wartości współczynnika determinacji (R^2). Dla modelu Langmuira wartości R^2 leżą w przedziale 0.9587-0.9997, podczas gdy dla modelu Freundlicha są zawarte między 0.8772 a 0.9467.



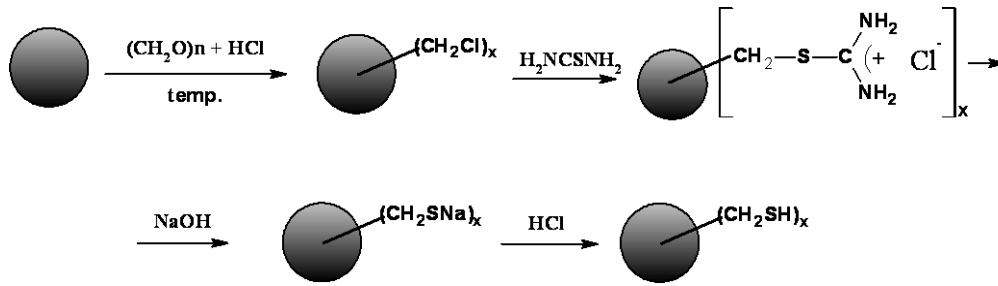
Rys. 6 Korelacja pomiędzy eksperymentalną izotermą adsorpcji a izotermą teoretyczną obliczoną w ramach modeli Langmuira i Freundlicha dla BES.DM-HEMA-EP-DETA (a) Cu(II), (b) Zn(II), (c) Cd(II) and (d) Pb(II).

Kolejne badania były kontynuacją prac nad syntezą nowych wymienników jonowych [H7]. W związku z tym, iż metale ciężkie są toksyczne, a jednocześnie stosowane powszechnie w przemyśle (w szczególności energetycznym) oraz transporcie, ich występowanie w środowisku naturalnym jest zjawiskiem niepożądanym. Do najbardziej niebezpiecznych dla człowieka jonów metali ciężkich zaliczyć można: Cr(II), Hg(II), Cu(II), Cd(II), Pb(II), As(II) itd.^{39,40,41,42,43,44}



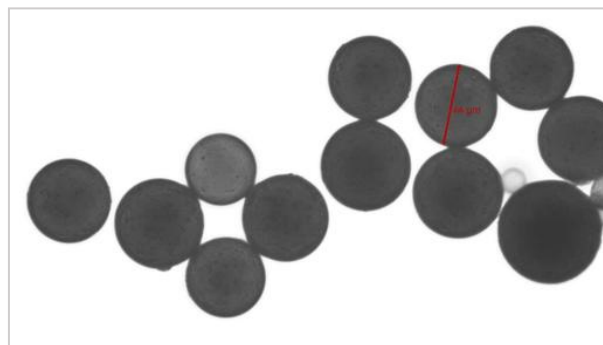
Rys. 7 Schemat kopolimeryzacji 2,3-NAF.DM, BES.DM i DVB ze styrenem (St)

Do ich usuwania stosuje się wymiennicze jonowe z grupami tiolowymi na powierzchni.^{45,46,47,48,49} Grupy te wykazują duże powinowactwo do jonów metali ciężkich, w szczególności jonów rtęci. W związku z tym, w kręgu moich zainteresowań znalazło się opracowanie metody syntezy polimerowych jonitów z wyżej wymienionymi grupami. W tym celu otrzymane metodą polimeryzacji suspensyjno-emulsyjnej mikrosfery poddałam wieloetapowej modyfikacji, aby w końcowym etapie otrzymać bardzo efektywne grupy metylenotiolowe (-CH₂SH) na ich powierzchni. Na Rysunku 7 przedstawiony jest schemat syntezy mikrosfer na bazie czterofunkcyjnych monomerów: di(met)akrylowych pochodnych 4,4'-tiodifenolu, naftaleno-2,3-diolu, 1,4-diwinylbenzenu i styrenu. Z kolei ogólny schemat modyfikacji przedstawiony jest na Rysunku 8.



Rys. 8 Schemat przedstawiający wprowadzenie grup metylenotiolowych

W pierwszym etapie modyfikacji otrzymana została chlorometylowa pochodna w reakcji z udziałem paraformaldehydu, w obecności kwasu chlorowodorowego w temperaturze ok. 100°C. Następnie przeprowadzono reakcję grup chlorometylowych z tiomocznikiem prowadzącą do powstania soli izotiouroniowej, którą hydrolizowano roztworem NaOH i zakwaszono kwasem solnym. W końcowym etapie otrzymałam mikrosfery z grupami metylenotiolowymi na powierzchni. Rysunek 9 przedstawia zdjęcie SEM mikrosfer BES.DM-St-CH₂SH, średnica mikrosfer wynosi ~ 50 μm. Efektywność modyfikacji została potwierdzona metodami analizy elementarnej i FTIR, a także badaniami za pomocą skaningowego mikroskopu elektronowego (EDX SEM). W wyniku przeprowadzonych modyfikacji wprowadziłam odpowiednio od 0,23 mmol/g grup -SH dla kopolimeru dla ST-DVB-CH₂SH do 0,96 mmol/g grup -SH dla kopolimeru 2,3-NAF.DM-St-CH₂SH.

Rys. 9 Mikrosfery BES.DM-St-CH₂SH

Zaproponowany przez mnie nowy wymiennicz jonowy został z powodzeniem zastosowany do usuwania jonów Cu(II) z roztworów wodnych. Do opisu danych doświadczalnych wykorzystałam modele adsorpcji Langmuira i Freundlicha. Analizując

otrzymane dane można zauważyć, że w przypadku kopolimeru ST-DVB-CH₂SH oba równania izoterm wykazywały dobre dopasowanie do danych eksperymentalnych, natomiast w przypadku kopolimerów 2,3-NAF.DM-St-CH₂SH i BES.DM-St-CH₂SH model adsorpcji Freundlicha lepiej opisywał dane doświadczalne.

Szczegółowe badania aplikacyjne otrzymanych wymiennicy jonowych z grupami metylenotiolowymi na powierzchni są w dalszym ciągu przedmiotem badań. Te nowe materiały użyte zostały w procesie sorpcji toksycznych jonów metali ciężkich m.in. Cd(II), Pb(II) czy Zn(II) z roztworów wodnych.

Badania sorpcji jonów metali ciężkich nie byłyby możliwe bez współpracy z *Prof. dr hab. Zbigniewem Hubickim i dr hab. Dorotą Kołodyńską prof. UMCS z Zakładu Chemii Nieorganicznej*. Wspólne badania dotyczyły m.in. wpływu budowy monomerów, przeprowadzonych modyfikacji, charakteru powierzchni i struktury porowatej na pojemnością sorpcyjną i selektywność procesu sorpcji.

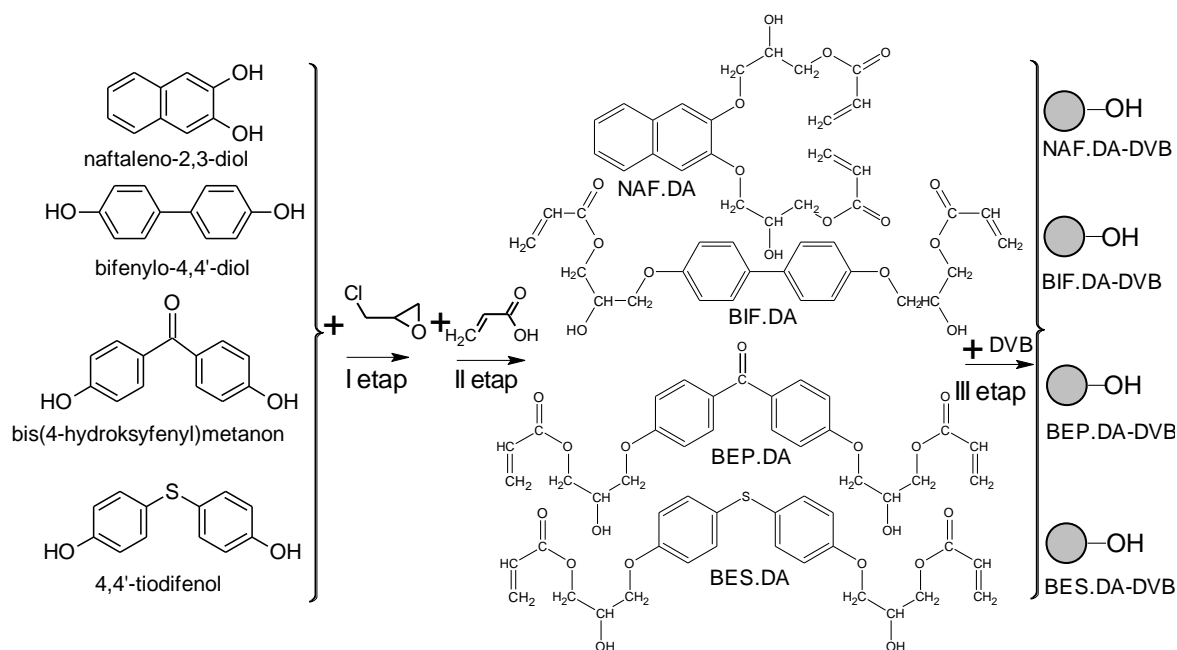
Część prezentowanych badań wykonywałam również w ramach projektu UE pt. „*Hybrid Nanocomposites and Their Applications (Acronym - COMPOSITUM)* PIRSES-GA-2008-230790, Research Executive Agency Marie Curie Actions, w którym byłam jednym z wykonawców.

Kolejny temat moich badań koncentrował się na ocenie właściwości fizykochemicznych (w szczególności termicznych) **usieciowanych polimerów**.

Badania właściwości termicznych pozwalają na uzyskanie informacji na temat szczegółowego przebiegu i mechanizmu degradacji polimeru zarówno w atmosferze obojętnej, jak i utleniającej. Charakterystyka przemian fizycznych i reakcji chemicznych zachodzących w badanych polimerach pod wpływem temperatury w warunkach dynamicznych jest bardzo istotna i pozwala na ocenę właściwości wytrzymałościowych otrzymanych kopolimerów.^{50,51,52,53,54,55,56,57,58,59} Jest to szczególnie ważne, gdy otrzymany materiał musi być stabilny w różnych warunkach m.in. wysokiej temperatury, ciśnienia czy rozpuszczalników organicznych. Te cechy są bardzo istotne w przypadku zastosowania otrzymanych sorbentów np. w chromatografii gazowej czy technice SPE (*solid phase extraction*).⁶⁰

Do syntezy usieciowanych kopolimerów zastosowałam czterofunkcyjne **diakrylowe pochodne** naftaleno-2,3-diolu, bifenylo-4,4'-diol, bis(4-hydroksyfenyl)metanon i 4,4'-tiodifenol (Rys. 10). Do oceny ich właściwości termicznych wykorzystałam analizę termogravimetryczną (TG), a do oceny efektów endo- lub egzo- termicznych zachodzących w próbce -skaningową kolorymetrię różnicową (DSC) [H8].

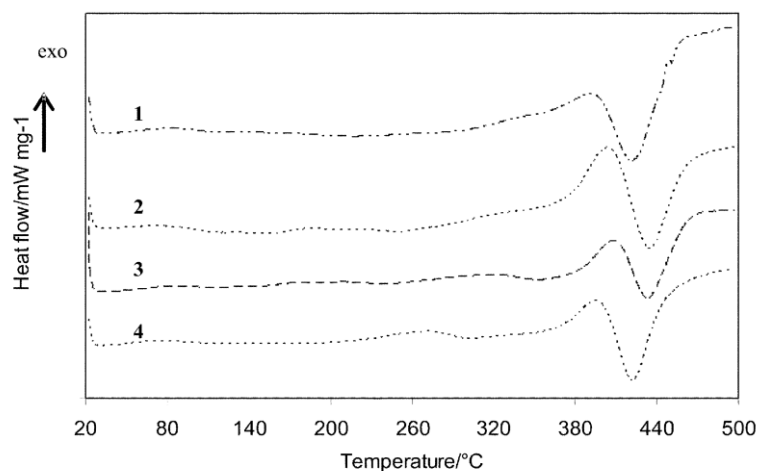
Otrzymane wyniki analizy TG potwierdzają wysoką odporność termiczną otrzymanych mikrosfer, temperatura początku rozkładu dla wszystkich kopolimerów jest w granicach od 250 do 310 °C, a końcowa temperatura rozkładu wynosi od 780 do 940 °C.



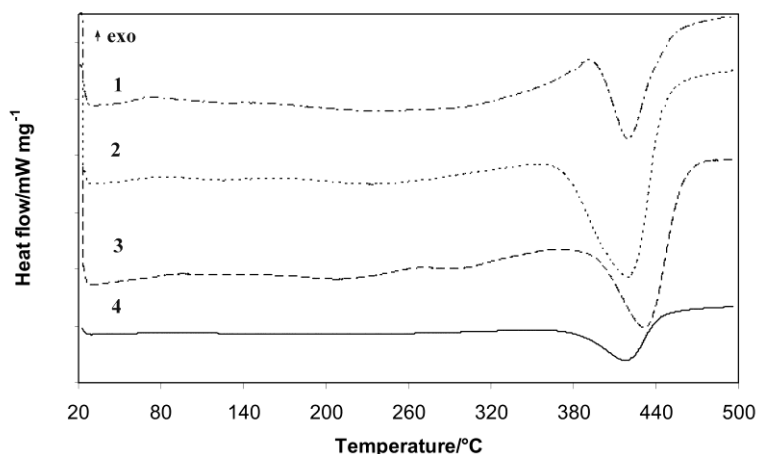
Rys. 10 Schemat otrzymywania polimerowych mikrosfer

Badania właściwości termicznych były kontynuowane dla **dimetakrylowych kopolimerów** [H9]. Otrzymane mikrosfery były pochodnymi naftaleno-2,3-diolu, naftaleno-2,7-diolu, bis(4-hydroksyfenyl)metanonu, i 4,4'-tiodifenolu. Metakrylowe pochodne w porównaniu z akrylowymi charakteryzowały się bardziej rozwiniętą strukturą porowatą i wyższymi współczynnikami podatności na pęcznienie.^{61,62} Odporności termiczne otrzymanych pochodnych były natomiast nieco niższe niż ich akrylowych odpowiedników. Różnice te można tłumaczyć najprawdopodobniej mniej sztywną strukturą sieci polimerowej metakrylowych pochodnych, związaną z obecnością grupy metylowej w ich budowie. Na Rys. 11 przedstawiono krzywe DSC, widoczny jest na nich jeden endotermiczny pik związany z rozkładem polimerów.

Temperatura rozkładu dla akrylowych pochodnych jest w granicach od 421,5 do 434 °C, natomiast dla metakrylowych przedział jest nieznacznie niższy wynosi 419-431 °C.



a) Akrylowe pochodne: 1-NAF.A-DVB, 2-BIF.A-DVB, 3-BEP.A-DVB i 4-BES.A-DVB



b) Pochodne metakrylowe: 1-2,7-NAF.DM-DVB, 2-2,3-NAF.DM-DVB, 3-BEP.DM-DVB, 4-BES.DM-DVB

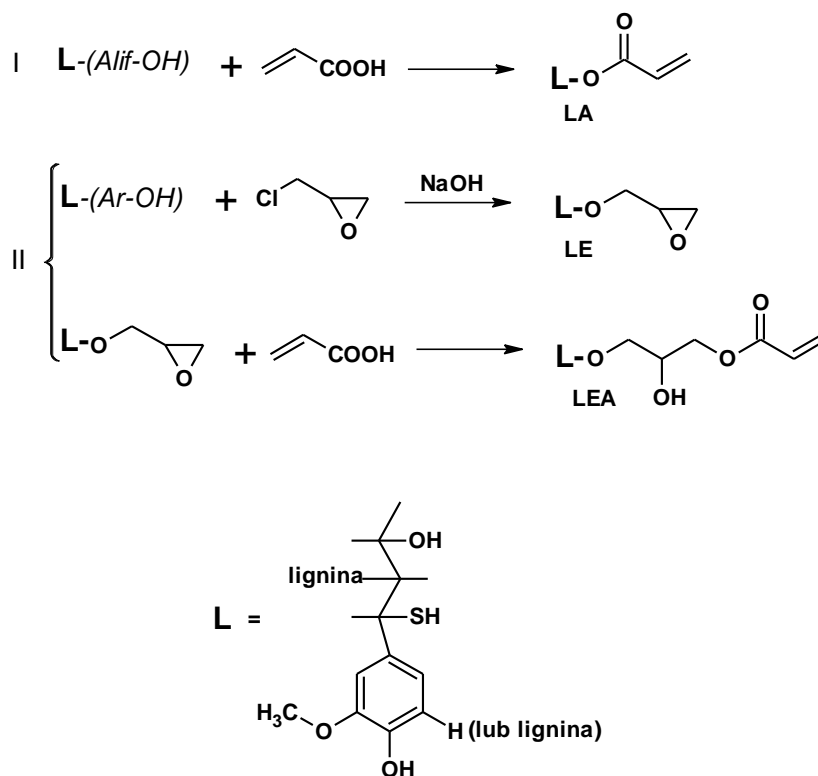
Rys. 11 Analiza DSC

Kolejny, istotny temat moich badań dotyczył syntezy nowych, polimerowych sorbentów akrylowych pochodnych *ligniny*. Temat badań narodził się w wyniku współpracy z dr Oleną Sevastyanovą z Królewskiego Instytutu Technologicznego, (KTH, Department of Fibre and Polymer Technology), Sztokholm (Szwecja). Podjęty problem badawczy dotyczył modyfikacji chemicznej ligniny w celu wprowadzenia do jej struktury grup winylowych zdolnych do polimeryzacji. Zaproponowane przeze mnie badania koncentrowały się na wykorzystaniu grup hydroksylowych i fenolowych obecnych w ligninie na drodze opisanych wcześniej modyfikacji z 2-(chlorometylo)oksiranem i kwasem akrylowym.

Lignina należy do grupy naturalnych polimerów, obok celulozy i chemicelulozy jest jednym z trzech składników drewna⁶³. Jest ona łatwo dostępna ponieważ otrzymuje się ją na skalę przemysłową (jako produkt uboczny) w procesie wytwarzania masy celulozowej.⁶⁴ Obecność w strukturze ligniny licznych grup funkcyjnych tj. alifatycznych i aromatycznych grup hydroksylowych, karbonylowych, metoksyłowych jak również pierścieni aromatycznych, pozwala na szerokie wykorzystanie tego naturalnego polimeru jako substratu do modyfikacji.^{65,66,67,68,69,70,71}

Moje badania nad modyfikacją ligniny polegały na modyfikacji grup -OH (aromatycznych i alifatycznych) obecnych w strukturze ligniny (Rys. 12). Zaproponowane reakcje wprowadziły do struktury ligniny grupy winylowe zdolne do polimeryzacji [H10].

Budowa wszystkich nowo otrzymanych pochodnych ligniny została potwierdzona metodami analizy elementarnej i ATR-FTIR. Następnie przeprowadziłam reakcję polimeryzacji suspensyjno-emulsyjnej modyfikowanej ligniny ze styrenem i diwinylobenzenem jako środkiem sieciującym. W wyniku tej reakcji otrzymałam polimerowe mikrosfery zawierające fragmenty ligniny w swojej budowie.



Rys. 12 Schemat modyfikacji ligniny

Zastosowanie rozpuszczalników porotwórczych umożliwiło otrzymanie rozwiniętej struktury porowatej, a obecność aromatycznych fragmentów w budowie monomerów - odporność termiczną. Następnie polimerowe mikrosfery zostały przebadane pod kątem zastosowania ich jako specyficznych sorbentów do usuwania toksycznych związków organicznych (m.in. fenoli) z wody za pomocą techniki SPE.

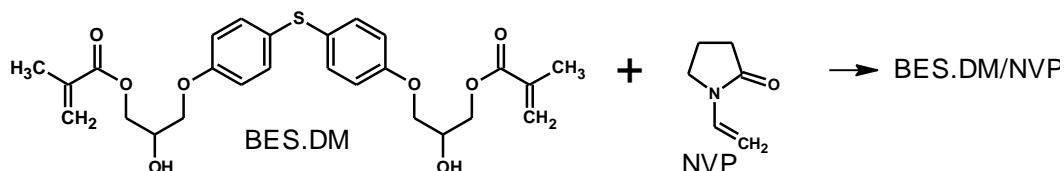
Badania okazały się na tyle interesujące, że oprócz długoterminowej współpracy (z dr O. Sevastyanovą) zaowocowały również uczestnictwem w programie UE „COST Action FP 1105” nt. „*Understanding wood cell wall structure, biopolymer interaction and composition: implications for current products and new material innovation*”. Dzięki temu programowi mogłam uczestniczyć dwukrotnie w spotkaniach COST ACTION FP 1105 w Coimbra (Portugalia, 7-10.05.2014) oraz Donostia-San Sebastian (Hiszpania, 25-28.05.2015) gdzie prezentowałam swoje wyniki szerokiemu gronu specjalistów z dziedziny biopolimerów w formie wystąpień ustnych.

Dodatkowo, odbyłam staż 17-30.08.2014 r. (STSM, Short Term Scientific Mission) sfinansowany przez program COST ACTION 1105 w Królewskim Instytucie Technologicznym (KTH, Department of Fibre and Polymer Technology), Sztokholm (Szwecja). Wymiernym efektem współpracy jest nie tylko wymiana doświadczeń, ale również wspólne postery i publikacje.

Inny ważny kierunek moich badań dotyczył polimeryzacji *inicjowanej fotochemicznie*. W tej technice di(met)akrylany dzięki swojej dużej reaktywności odgrywają ważną rolę.^{72,73,74,75, 76,77} Kopolimery otrzymane na drodze fotopolimeryzacji wykazują bardzo dobrą wytrzymałość mechaniczną, odporność termiczną, wysoką temperaturę zeszklenia oraz bardzo dobrą odporność na działanie czynników chemicznych. Dzięki tym właściwościom znalazły szerokie zastosowanie, m.in. jako materiały do wypełnień dentystycznych.^{78,79,80} Z kolei powłoki z poli(akrylanów) i poli(metakrylanów) cechuje doskonała odporność na hydrolizę i korozję w całym zakresie pH. Poli(akrylany) charakteryzują się większą twardością i mniejszą elastycznością od poli(metakrylanów). Zastosowanie mieszanych kopolimerów akrylowo-metakrylowych pozwala na polepszenie ich właściwości fizyko-chemicznych.^{1,81}

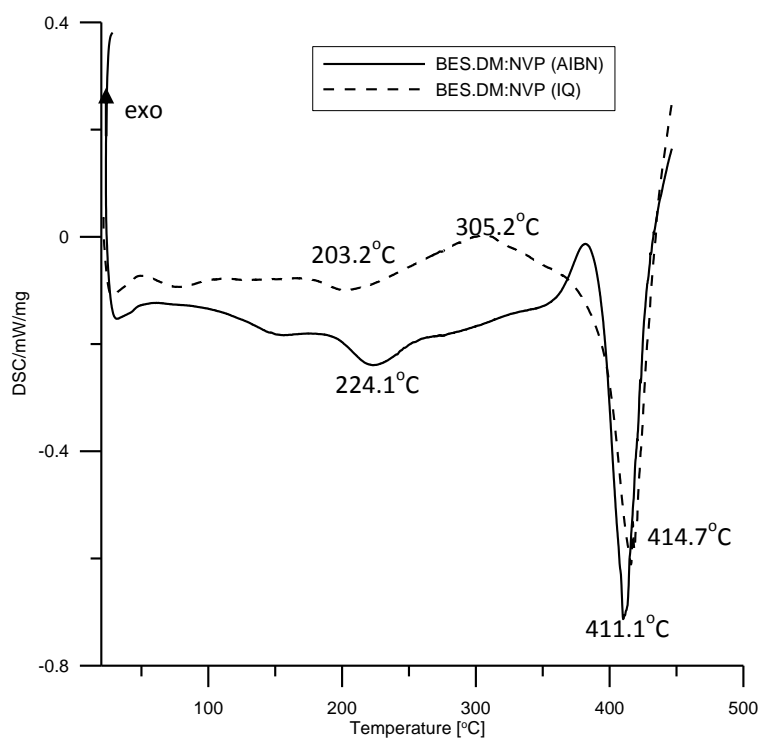
W swoich badaniach użyłam wspomniany wcześniej monomer, bis[4-(2-hydroksy-3-metakryloyloksypropoksy)fenylo]sulfid (BES.DM), który poddałam reakcji

kopolimeryzacji blokowej z N-winylo-2-pirrolidonem (NVP) (Rys. 13) przy zastosowaniu zmiennego stosunku wagowego BES.DM do NVP od 0.5 do 3 [H11]. W charakterze inicjatorów polimeryzacji zastosowałam Irqacure 651 i α,α' -azoizodibutyronitryl.



Rys. 13 Schemat kopolimeryzacji BES.DM/NVP

Uzyskane kopolimery poddałam wszechstronnym badaniom mechanicznym i termicznym, w szczególności charakteryzując następujące cechy nowo otrzymanych materiałów: sprężystość, wytrzymałość na zerwanie, wydłużenie względne, twardość, właściwości cieplne. Dodatkowo, otrzymane kopolimery poddane zostały badaniom przy użyciu dynamicznego mechanicznego analizatora termicznego (DMA). Badania te umożliwiły określenie właściwości lepko-sprężystych materiałów poddanych działaniu siły dynamicznej (liniowy narost temperatury).



Rys. 14 Analiza DSC

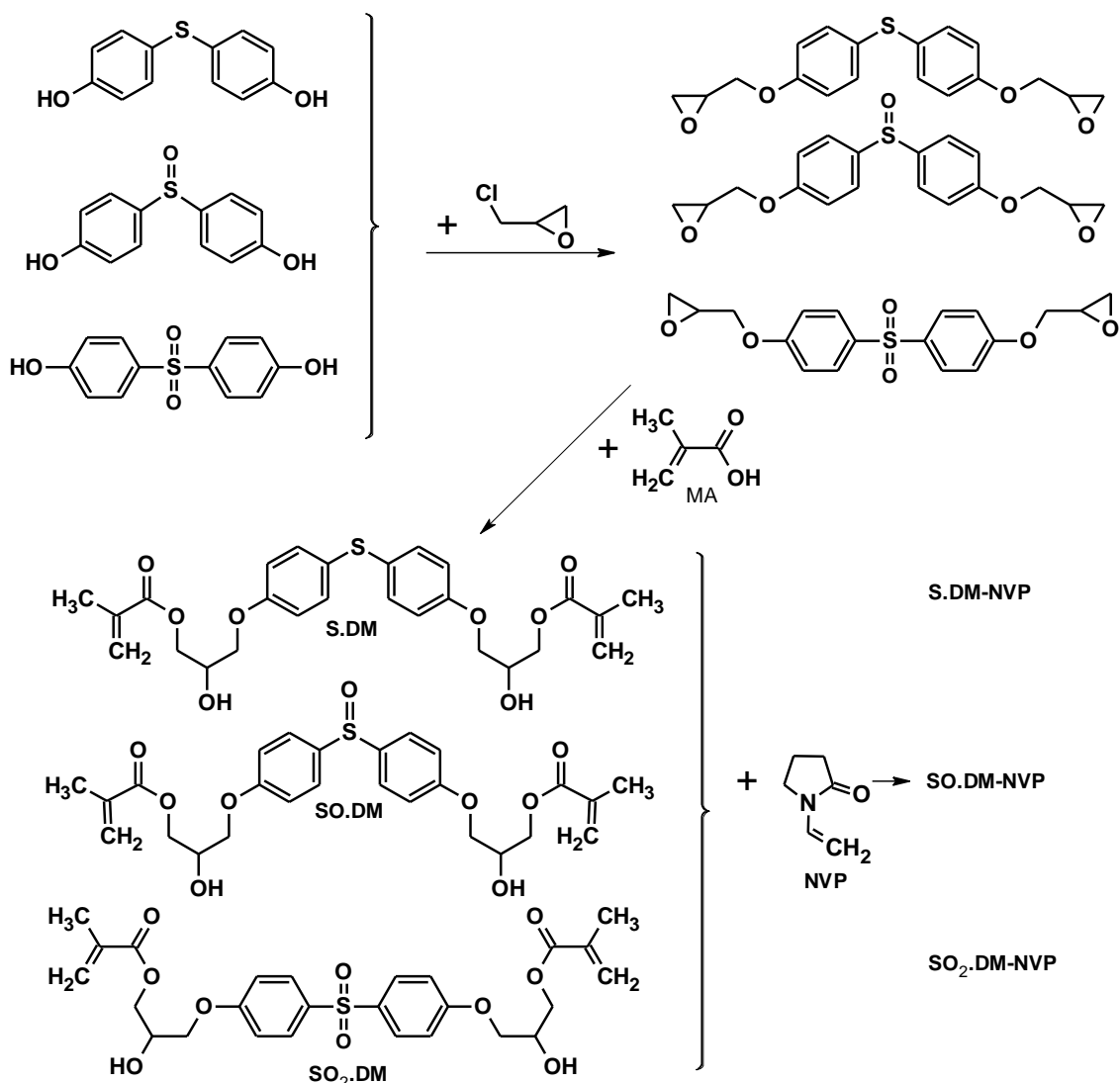
Na Rysunku 14 przedstawiono krzywe DSC dla kopolimerów BES.DM i NVP otrzymane przy użyciu różnych inicjatorów: termicznego AIBN (α,α' -azoizodibutyronitrylu) oraz fotoinicjatora Irqacure 651. Na krzywych widoczne są dwa endotermiczne efekty, możemy zatem wnioskować, że otrzymane kompozycje są heterogeniczne. Rozkład liniowych fragmentów NVP ma miejsce ok. 203.2 i 224.0 °C, z kolei maksimum rozkładu dla kopolimerów wynosi odpowiednio 411.1 i 414.7 °C. Otrzymane wyniki potwierdzają również badania DMA.

Tematem moich kolejnych badań była synteza i kopolimeryzacja dimetakrylowych pochodnych węglowodorów aromatycznych, zawierających w swojej budowie siarkę na różnym stopniu utlenienia oraz określenie właściwości fizykochemicznych i termicznych otrzymanych kopolimerów w zależności od budowy monomerów **[H12]**.

Polimery zawierające siarkę stanowią bardzo ważną grupą materiałów polimerowych i znajdują liczne zastosowania. Polimery rozpuszczalne w wodzie stosowane są jako emulgatory, flokulanty, polimery przewodzące czy środki zagęszczające, natomiast polimery nierozpuszczalne w wodzie m.in. jako jonowymienne membrany.^{82,83,84,85,86}

Badania, które wykonywałam miały kilka etapów. W pierwszym etapie, przeprowadziłam syntezę 4,4'-sulfinyłodifenolu (związek ten nie jest dostępny handlowo) z 4,4'-tiodifenolu, a następnie reakcje otrzymania diepoksy pochodnych z 4,4'-tiodifenolu (S), 4,4'-sulfinyłodifenolu (SO) oraz 4,4'-sulfonyłodifenolu (SO₂) w reakcji z 2-(chlorometylo)oksiranem. W drugim etapie przeprowadziłam reakcje otwierania pierścieni epoksydowych kwasem metakrylowym i otrzymałam wyjściowe dimetakrylany (Rys. 15).

Następnie sporządziłam szereg kompozycji, które składały się z N-winylo-2-pirolidonu oraz dimetakrylowych monomerów posiadających w swojej strukturze grupy tiolowe, sulfinyłowe i sulfonowe. Kompozycje różniły się ilością monomerów i fotoinicjatora. Przeprowadziłam optymalizację warunków syntezy fotopolimeryzacji stosując m.in. różny czas oraz intensywność naświetleń oraz różny stosunek molowy rozcieńczalnika aktywnego (N-winylo-2-pirolidonu).



Rys. 15 Schemat syntezy i kopolimeryzacji z NVP

W ostatnim etapie badań z otrzymanych kopolimerów przygotowałam odpowiednie kształtki, które poddałam badaniom fizykochemicznym, m.in. termicznym lub termomechanicznym (DSC, TG/DTG, DMA). Zbadałam także ich właściwości mechaniczne w warunkach statycznego rozciągania na zrywarce Zwick/Roell ZO (Niemcy).

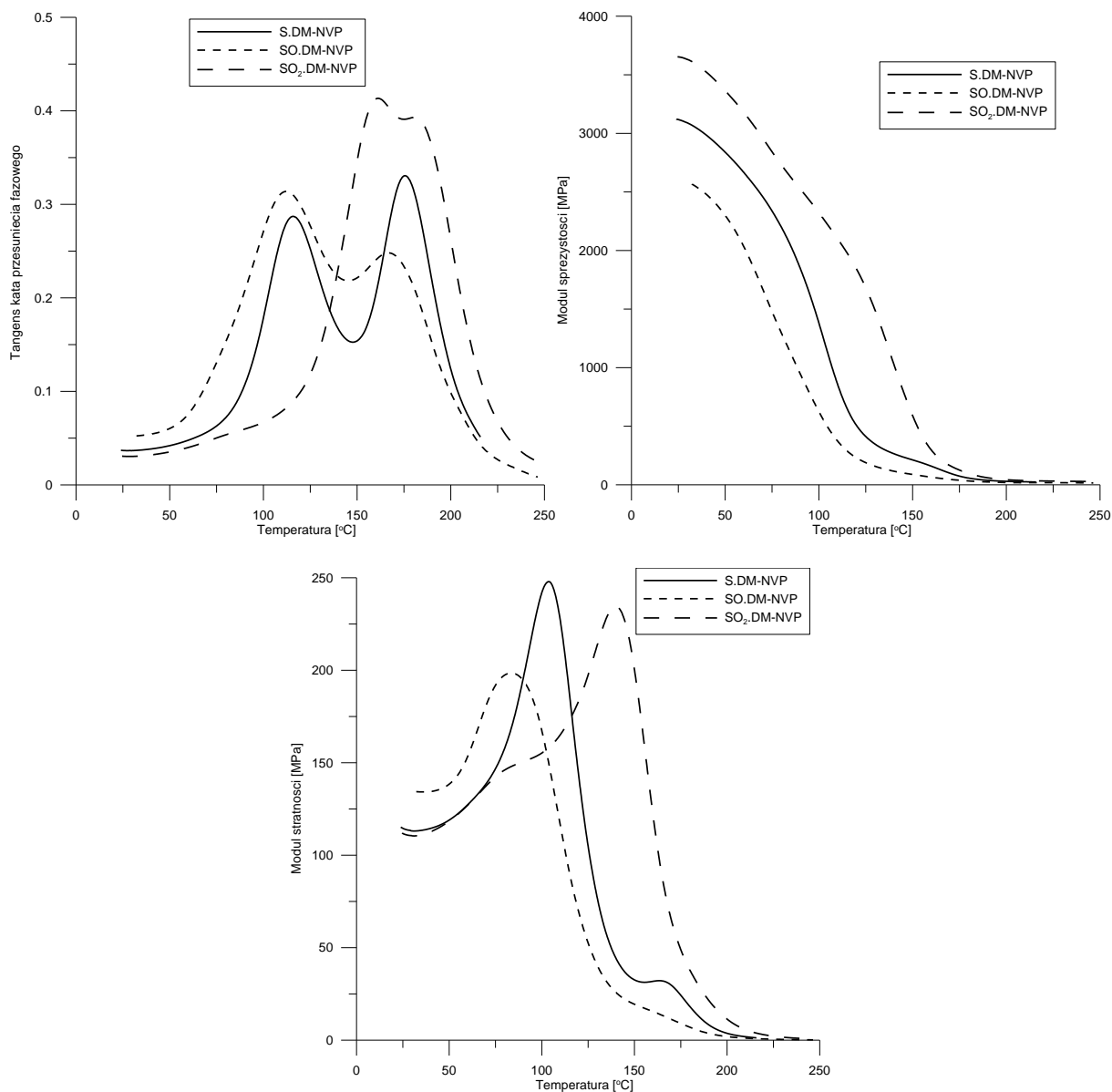
Uzyskane wyniki potwierdzają, że właściwości mechaniczne kopolimerów zmieniają się w zależności od stopnia utlenienia siarki zawartej w monomerze. Najlepszymi parametrami charakteryzuje się kopolimer otrzymany przy zastosowaniu monomeru, w którym siarka występuje na najwyższym stopniu utlenienia. Z kolei wyniki badań termicznych (TG/DTG) dla sulfinylowej pochodnej (-SO-) wskazują, że najprawdopodobniej dochodzi do jednoczesnej reakcji utleniania i redukcji grupy

sulfinylowej do grupy tiolowej i sulfonowej. Przeprowadzone badania pozwalają na stwierdzenie, iż odporność termiczna kopolimerów wzrasta wraz ze wzrostem stopnia utlenienia siarki obecnej w monomerze.

Na Rysunku 16 przedstawiono krzywe DMA. Badania wykonano przy użyciu dynamicznego mechanicznego analizatora termicznego DMA, (TA Instruments). Próbki poddano zginaniu przy użyciu szczęki Dual Cantilever w zakresie temperatur 20-200°C z szybkością narostu temperatury 4°/min oraz częstotliwością 10 Hz. Na podstawie analizy DMA wyznaczono: moduł sprężystości (E'), tangens przesunięcia fazowego (tgδ) oraz moduł stratności (E'') (Tabela 1). Wyniki uzyskane dla kopolimerów inicjowanych Irqacure 651 dla tangensa kąta przesunięcia fazowego wskazują, iż uzyskane kompozycje są heterogeniczne, co wyjaśnia obecność dwóch maksimum na wykresach. Uzyskane wyniki potwierdzają iż najlepszymi parametrami charakteryzuje się kopolimer SO₂-DM.NVP.

Tabela 1 Dynamiczna analiza termiczna (DMA)

Kopolimer	Moduł sprężystości [MPa] w temp. 30 °C	T _{max} dla modułu stratności [°C]	T _{max} dla tg kąta przesunięcia fazowego [°C]
S-DM.NVP (1:1)	3130	99,9	164,9
SO-DM.NVP (1:1)	2565	83,0	111,8/166,8
SO ₂ -DM.NVP (1:1)	3554	141,2	162,2/182,7



Rys. 16 Analiza DMA

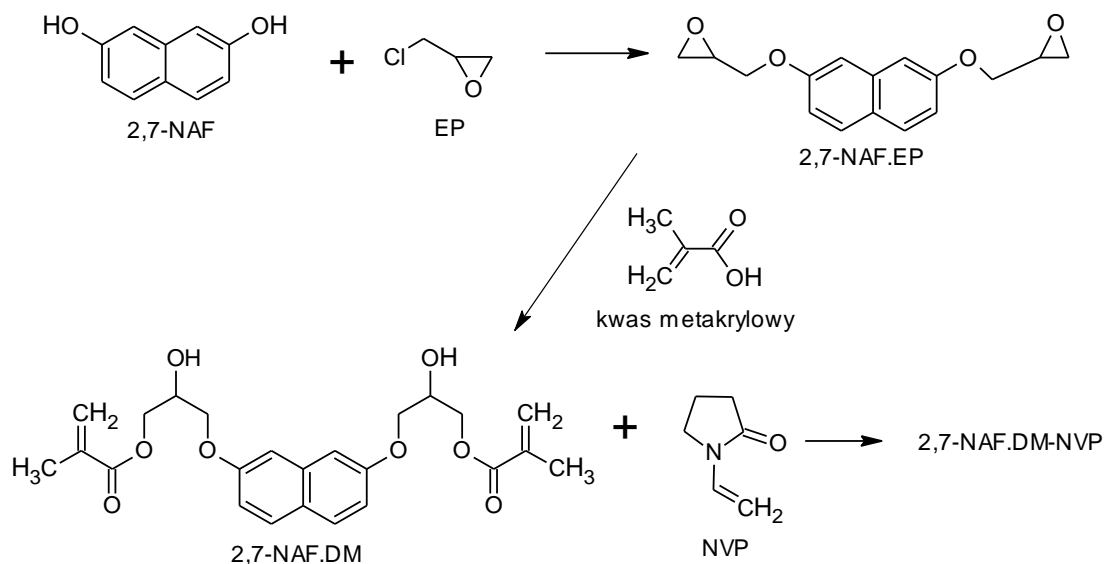
Prezentowane badania realizowane były w 2010 roku w ramach indywidualnego grantu Prorektora UMCS ds. Badań Naukowych i Współpracy Międzynarodowej pt. „Fotoinicjowana polimeryzacja metakrylowych monomerów zawierających w swojej budowie siarkę”.

Do jednych z najważniejszych moich osiągnięć naukowych niewątpliwie zaliczyć należy syntezę nowych *fotoluminescencyjnych monomerów i kopolimerów* na bazie naftaleno-2,7-diolu.

Materiały do tej pory stosowane w fotoluminescencji m.in. siarczek cynku z domieszką miedzi i kobaltu czy nieorganiczne związki glinu z domieszkami głównie pierwiastków ziem rzadkich zastępuje się znacznie tańszymi i nie wykazującymi szkodliwego promieniowania związkami organicznymi, a w szczególności monomerami lub polimerami.^{87,88,89,90,91,92,93,94,95}

Z literatury znanych jest wiele doniesień o związkach wykazujących właściwości fotoluminescencyjne, jednak są one zbudowane zazwyczaj z wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych i bardzo często zawierają heteroatomy w swojej budowie.^{96,97,98,99,100,101} Zarówno ich synteza, jak i kopolimeryzacja jest bardzo pracochłonna, toksyczna i często wymaga stosowania ekstremalnych warunków syntezy lub specyficznych reagentów jak np. katalizatory palladowe.¹⁰²

Zaproponowany przez mnie związek, 2,7-(2-hydroksy-3-metakryloyloksypropoksy)-naftalen (2,7-NAF.DM), wykazujący zjawisko fotoluminescencji, jest monomerem o unikatowych właściwościach a jego potencjalne zastosowania są bardzo duże. Wynika to z faktu, że jest związkiem o dosyć prostej budowie, posiadającym w swojej strukturze wiązanie winylowe zdolne do polimeryzacji.



Rys. 17 Schemat otrzymywania 2,7-NAF.DM-NVP

Moje pierwsze badania, dotyczące syntezy fotoluminescencyjnych kopolimerów koncentrowały się na reakcji kopolimeryzacji dimetakrylowej pochodnej naftaleno-2,7-diolu (2,7-NAF.DM) z N-winylo-2-pirolidonem **[H13]**. Monomer ten, (zsyntezowany

przeze mnie po raz pierwszy) został otrzymany według opisanej wcześniej metody. Najpierw w reakcji 2,7-NAF z 2-(chlorometylo)oksiranem otrzymałam diepoksy pochodną, a następnie w wyniku otwarcia pierścienia epoksydowego diester metakrylowy (Rys. 17). W kolejnym etapie przeprowadzona została kopolimeryzacja blokowa 2,7-NAF.DM z NVP. Otrzymane kopolimery charakteryzowały się wysoką odpornością termiczną, a po wzbudzeniu promieniowaniem UV emitowały żółto-zielone promieniowanie (Rys. 18).

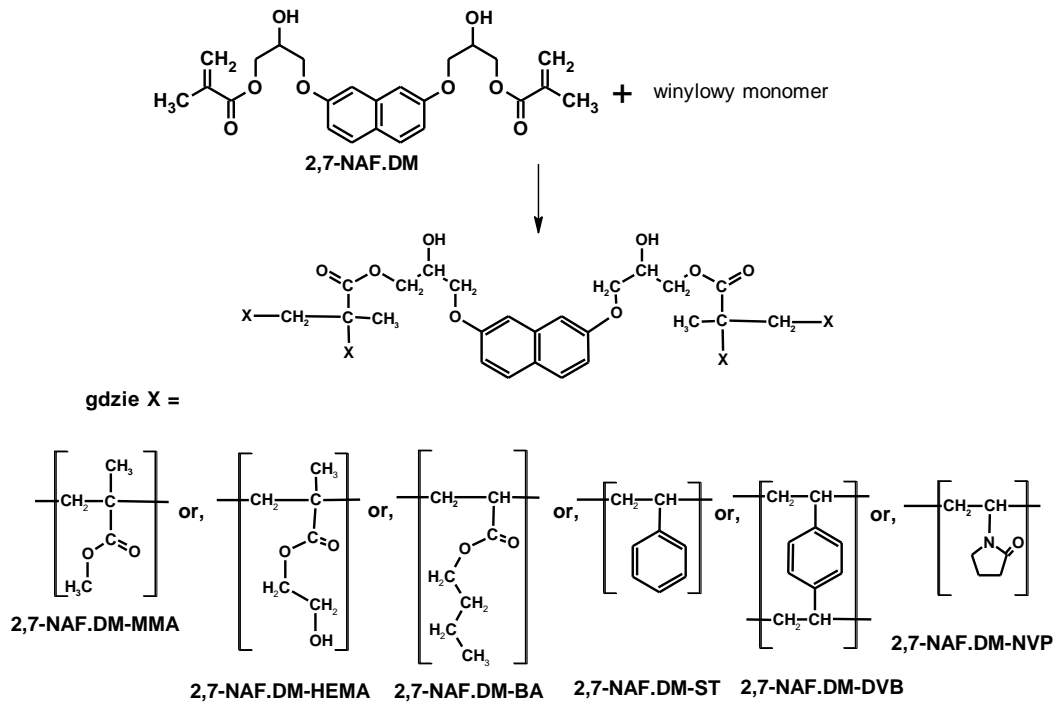


Rys. 18 Zdjęcie kopolimerów poddanych promieniowaniu UV (B) lub brak naświetlania (A)

Ze względu na fakt, iż zaproponowane badania są nowe i posiadają duży potencjał aplikacyjny, zostały zgłoszone do Urzędu Patentowego (11.02.2013). Tytuł zgłoszenia brzmi: „Sposób otrzymywania fotoluminescencyjnych kopolimerów” [P12].

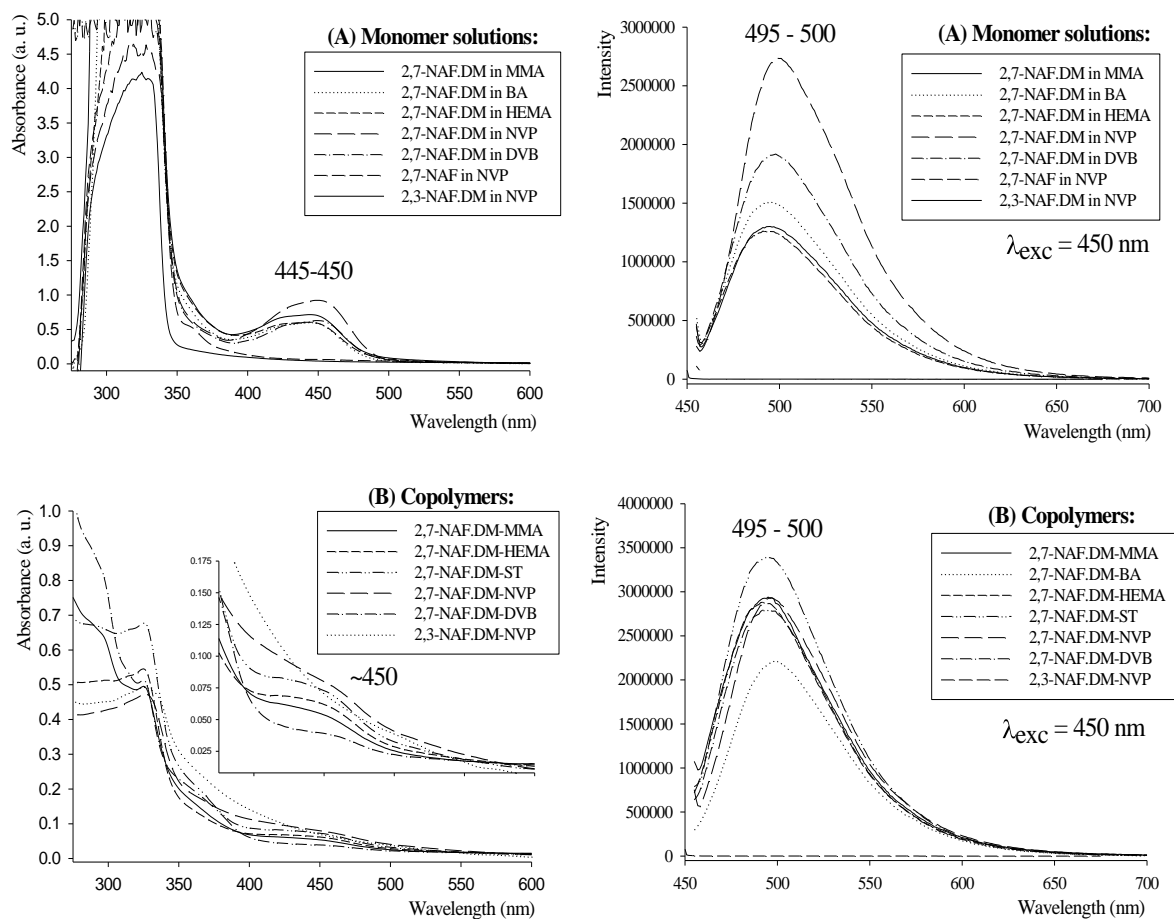
Kolejne badania rozszerzone zostały o zastosowanie innych monomerów winylowych i kompleksowe badania zjawiska fotoluminescencji występującego w monomerze 2,7-NAF.DM [H14].

Badania te miały na celu określenie wpływu budowy komonomerów na proces kopolimeryzacji, a przede wszystkim na właściwości fotoluminescencyjne produktów. W wyniku reakcji kopolimeryzacji blokowej 2,7-NAF.DM z metakrylanem metylu (MMA), metakrylanem butylu (BA), metakrylanem 2-hydroksyetylu (HEMA), styrenem (ST) i diwinylobenzenem (DVB) otrzymałam nowe kopolimery o właściwościach fotoluminescencyjnych (Rys. 19).



Rys. 19 Wzory strukturalne zastosowanych monomerów i kopolimerów

Otrzymane kopolimery wykazywały silną absorpcję promieniowania UV przy ok. 350 nm związaną z pierścieniem naftalenowym oraz przy 450 nm związaną z podstawnikami di(metakryloepoksydowymi) w położeniu 2,7 w naftalenie. Po wzbudzeniu kopolimery emitowały promieniowanie o długości fali ok. 497 nm, co jest widoczne w postaci żółto-zielonego promieniowania (Rys. 20). Jak wykazały badania promieniowanie to nie zależy od użytego komonomeru, a na jego intensywność ma głównie wpływ stężenie 2,7-NAF.DM. Wyznaczona również została wydajność kwantowa fotoluminescencji, a otrzymane wartości były w granicach od 51,9 % dla 2,7-NAF.DM-NVP do **90,8 %** dla 2,7-NAF.DM-ST.

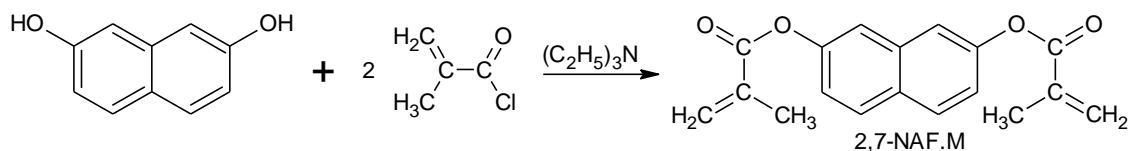


Rys. 20 Widma absorpcji i emisji dla roztworów i kopolimerów 2,7-NAF.DM

Ocena i potwierdzenie tych unikatowych właściwości nie byłoby możliwe bez współpracy z *prof. dr hab. Markiem Majdanem* i *mgr Agnieszką Lipke* z Zakładu Chemii Nieorganicznej, (UMCS, Lublin).

Moje kolejne badania koncentrowały się na syntezie i poszukiwaniu innych dimetakrylowych pochodnych naftaleno-2,7-diolu o potencjalnych właściwościach fotoluminescencyjnych. W tym celu przeprowadziłam reakcję naftaleno-2,7-diolu z chlorkiem metakryloilu (Rys. 21) otrzymując nowy monomer 2,7-di(metakryloiloxy)naftalen (2,7-NAF.M) **[H15]**. Budowę monomeru potwierdziłam badaniami spektroskopowymi m.in. ^1H NMR, ^{13}C NMR, ATR-FTIR and GC-MS. Zgodnie z przewidywaniami, otrzymany nowy monomer wykazuje właściwości

fotoluminescencyjne. Maksimum emisji dla 2,7-NAF.M mieści się przy ok. 570 nm, a po wzbudzeniu promieniowaniem UV monomer emituje żółte promieniowanie.



Rys. 21 Schemat otrzymywania 2,7-NAF.M

Z uwagi na występowanie właściwości fotoluminescencyjnych w pochodnych naftalenu, podjęłam próby wykorzystania ich w technologii światłowodów polimerowych w ramach współpracy naukowej z dr Pawłem Mergo i dr Małgorzatą Gil z Pracowni Technologii Światłowodów, (UMCS, Lublin), gdzie od wielu lat prowadzone są badania nad zastosowaniem polimerów do wytwarzania światłowodów, w szczególności światłowodów specjalnych. Jednym z wymiernych wyników współpracy był wspólny wniosek do NCN pt. „Nowe, fotoluminescencyjne pochodne naftaleno-2,7-diolu, kompatybilne z monomerami optycznymi”.

W ramach badań nad syntezą światłowodów polimerowych uczestniczę również w międzynarodowym projekcie pt. *Training & Research Involving Polymer Optical Devices* (TRIPOD) FP7/People/2013-INT - Marie Curie Actions, Project's Marie Curie Grant Agreement Number: 608382; 1.10.2013-30.09.2017. W ramach tego projektu biorę udział w badaniach nad syntezą nowych monomerów do światłowodów polimerowych, pełniąc również opiekę nad zatrudnionym w ramach projektu mgr G. Demirci z Turcji.

Podsumowanie

Przedstawione rozważania dotyczące syntezy, modyfikacji i badania właściwości fizykochemicznych nowych monomerów i kopolimerów, di(met)akrylowych pochodnych węglowodorów aromatycznych wraz z uwzględnieniem szerszego opisu znajdującego się w 14 publikacjach naukowych oraz 1 patencie, które wchodzi w skład prezentowanej rozprawy habilitacyjnej, pozwalają wyciągnąć szereg interesujących i oryginalnych wniosków. Podsumowanie najważniejszych badań przedstawione jest poniżej:

- 1.** W wyniku przeprowadzonych syntez otrzymałam dwa nowe monomery dimetakrylowe pochodne naftaleno-2,7-diolu i 4,4'-sulfinylo-difenolu w dwuetapowej reakcji najpierw z 2-(chlorometylo)oksiranem a następnie z kwasem metakrylowym. Do identyfikacji i potwierdzenia budowy wszystkich nowo otrzymanych związków stosowałam metody spektroskopowe m.in. FTIR, ¹H NMR, ¹³C NMR, GC-MS.
- 2.** W wyniku polimeryzacji suspensyjno-emulsyjnej otrzymałam porowate polimerowe mikrosfery (2,7-NAF.DM-DVB). Dokonałam oceny wpływu rozpuszczalników porotwórczych na strukturę porowatą otrzymanych mikrosfer metodą niskotemperaturowej adsorpcji azotu, a ich objętość porów wyznaczyłam metodą odwróconej chromatografii wykluczania (EC).
- 3.** Zaproponowałam nowy sposób modyfikacji dla czterofunkcyjnych dimetakrylowych pochodnych: ketonu bis(p-hydroksyfenylu), naftaleno-2,3-diolu, bifenylo-4,4'-diolu i 4,4'-tiodifenolu z metakrylanem glicydyłu (GMA). Zastosowany związek (GMA) pełnił jednocześnie rolę monomeru i czynnika modyfikującego powierzchnię mikrosfer. To oryginalne rozwiązanie zostało zastrzeżone w patencie.
- 4.** Zaproponowałam nowe polimerowe mikrosfery kopolimery metakrylanu glicydyłu i 2,3-(2-hydroksy-3-metakryloyloksypropoksy)naftalenu (2,3-NAF.DM) z 1,4-diwinylbenzenem, które są bardzo dobrymi sorbentami toksycznych związków organicznych (m.in. fenoli oraz ich chlorowych pochodnych), co zostało potwierdzone techniką ekstrakcji do fazy stałej (SPE).
- 5.** Otrzymałam polimerowe mikrosfery na bazie metakrylanu glicydyłu i bis[4-(2-hydroksy-3-metakryloyloksypropoksy)fenylo]sulfidu (BES.DM) które są efektywnymi nośnikami w procesie immobilizacji wybranych enzymów.

- 6.** Otrzymałam polimerowe wymiennicze jonowe z grupami aminowymi i metylenotiolowymi na powierzchni, z powodzeniem zastosowane do sorpcji jonów metali ciężkich z roztworów wodnych. Zaproponowane wymiennicze miały charakter zarówno słabo usieciowanych żeli, jak i dobrze usieciowanych polimerowych mikrosfer.
- 7.** Zastosowałam zsyntezowane przez mnie czterofunkcyjne monomery di(met)akrylowe pochodne węglowodorów aromatycznych do syntezy polimerów blokowych przy użyciu termo, jak i fotoinicjatorów.
- 8.** Dokonałam oceny właściwości termicznych i termo-mechanicznych otrzymanych polimerów zauważając, iż powyższe właściwości ściśle zależą od budowy chemicznej użytych monomerów.
- 9.** Określiłam wpływ stopnia utlenienia siarki obecnej w monomerach na właściwości termiczne i wytrzymałościowe otrzymanych z nich kopolimerów. Zaproponowane dimetakrylowe monomery posiadały w swojej strukturze ugrupowania: -S-, -SO- lub -SO₂- pomiędzy pierścieniami aromatycznymi. Spośród otrzymanych kopolimerów najlepszymi parametrami charakteryzowały się kopolimery otrzymane przy zastosowaniu sulfonowej pochodnej, posiadającej siarkę na najwyższym stopniu utlenienia.
- 10.** Przeprowadziłam udane modyfikacje ligniny, wprowadzające do jej struktury grupy winylowe zdolne do reakcji kopolimeryzacji. Zastosowałam dwa typy modyfikacji, pierwszy dotyczył reakcji grup hydroksylowych ligniny z kwasem akrylowym, drugi natomiast modyfikacji grup fenolowych za pomocą 2-(chlorometylo)oksiranemu i kwasu akrylowego. Następnie, otrzymałam polimerowe mikrosfery w wyniku reakcji polimeryzacji suspensyjno-emulsyjnej styrenu, 1,4-diwinylbenzenu i modyfikowanej ligniny, które zostały przetestowane jako sorbenty w technice SPE.
- 11.** Otrzymałam monomery i kopolimery o właściwościach fotoluminescencyjnych. Te unikatowe związki to dimetakrylowe pochodne naftaleno-2,7-diolu. Otrzymane kopolimery charakteryzują się wysoką odpornością termiczną, a po wzbudzeniu promieniowaniem UV emitują żółte (2,7-NAF.M) lub żółto-zielone (2,7-NAF.DM) promieniowanie. Ze względu na duży potencjał tych materiałów podjęte zostały próby wykorzystania ich w technologii światłowodów o specjalnych zastosowaniach.

Literatura:

- ¹ Z. Brojer, Z. Hertz, P. Penczek, Żywice epoksydowe, WNT, Warszawa 1982
- ² W. Erich, M.J. Bodnar, J. Appl. Polym. Sci., 1960, 11(9), 296.
- ³ L. Shechter, J. Wynstra, Ind. Eng. Chem., 1956, 48, 86.
- ⁴ Pat. USA 3,298,998 (1967)
- ⁵ Pat. USA 37,90,602 (1972)
- ⁶ Polymer Chemistry ed. Charles E. Carreher, Jr. Fourth Edition, Dekker, New York, 1996
- ⁷ F.B. Alvey, J. Polym. Sci., 1969, 7, 2117.
- ⁸ H. Kakiushi, Y. Tanaka, J. Org. Chem., 1966, 31, 1559.
- ⁹ A. Bukowska, W. Bukowski, H. Galina, Wiadomości Chemiczne 1997, 51, 217.
- ¹⁰ A. Bukowska, A.K. Guskov, M.G. Makarov, E. Rokaszewski, V. F. Shvets, J. Chem. Tech. Biotechnol., 1995, 63, 374.
- ¹¹ T. Nishikubo, M. Imaura, T. Mizuko, T. Takaoka, J. Appl. Polym. Sci., 1974, 18, 3445.
- ¹² B. Gawdzik, T. Matynia, Polimery, 1996, 41, 440.
- ¹³ B. Gawdzik, A. Patrykiewicz, J. Chromator., 1988, 488, 233.
- ¹⁴ B. Gawdzik, J. Gawdzik, U. Czewińska-Bil, Chromatographia, 1988, 26, 399.
- ¹⁵ B. Gawdzik, J. Chromatogr., 1991, 31, 41.
- ¹⁶ B. Gawdzik, J. Chromatogr., 1991, 549, 77.
- ¹⁷ B. Gawdzik, J. Osypiuk, Chromatographia, 2001, 54, 595.
- ¹⁸ B. Gawdzik, M. Maciejewska, J. Polym. Sci., 2002, 40, 3079.
- ¹⁹ J.G. Park, J.W. Kim, K.D. Suh, Colloid Polym. Sci., 2001, 279, 638.
- ²⁰ K. D. Safa, M. H. Nasirtabrizi, Polym. Bull., 2006, 57, 293.
- ²¹ A. Trzeciak, E. Mieczynska, J. Ziółkowski, W. Bukowski, A. Bukowska, J. Noworól, J. Okal, New J. Chem. 2008, 32, 1124.
- ²² D. Horák, E. Pollert, H. Macková, J. Mater. Sci., 2008, 43, 5845.
- ²³ T. Caykara, Ş.Ş. Alaskan, M. Gürü, H. Bodugöz, O. Güven, Radiat. Phys. Chem., 2007, 76, 1569.
- ²⁴ Polymer Handbook, Fourth Edition, Ed. J. Brandrup, E.H Immergut, E.A. Grulke, Wiley-Interscience, New Jersey USA 1999.
- ²⁵ F. C. Paula, M. L. Cazetta, R. Monti, J. Contiero, Food Chemistry, 2008, 111, 691.
- ²⁶ T. Nakamura, Y. Ogata, A. Shitara, A. Nakamura, K. Ohta, J. Ferment. Bioeng., 1995, 80(2), 164.
- ²⁷ A. Pandey, C.R. Soccol, P. Selvakumar, V.T. Soccol, N. Krieger, J.D. Fontana, Appl. Biochem. Biotechnol., 1999 81, 35.
- ²⁸ J.W. Yun, J.P. Park, C.H. Song, C.Y. Lee, J.H. Kim, S.K. Song, Bioprocess Eng., 2000, 22, 189.
- ²⁹ Praca zbiorowa „Podstawy wybranych procesów biotechnologicznych”, red. Fiedurek J., Wydawnictwo UMCS, Lublin, 2004.
- ³⁰ M. Skowronek, J. Fiedurek, Food Technol. Biotechnol., 2006, 44(1), 53.
- ³¹ T. Inoue, G. Chen, K. Nakamae, A.S. Hoffman, J. Controlled Release, 1997, 49, 167.
- ³² J. Wang, W. Wu, Eur. Polym. J., 2005, 41(5), 1143.
- ³³ Y. Qiu, K. Park, Adv. Drug Deliver Rev., 2001, 53, 321.
- ³⁴ G. Lin, S. Chang, C-H. Kuo, J. Magda, F. Solzbacherabc, Sensors Actuat B: Chem., 2009, 136(1), 186.
- ³⁵ G.S. Chauhan, S. Chauhan, U. Sen, D. Garg, Desalination, 2009, 243(1-3), 95.
- ³⁶ C. Chang, B. Duan, J. Cai, L. Zhang Eur. Polym. J., 2010, 46(1), 92.
- ³⁷ B. Tyliczszak, K. Pielichowski, Przemysł Chemiczny, 2011, 90/7, 1396.
- ³⁸ B. Tyliczszak, K. Pielichowski, Czasopismo Techniczne. Chemia, 2007, 159-169.
- ³⁹ A. Dąbrowski, Z. Hubicki, P. Podkościelny, E. Robens, Chemosphere, 2004, 56, 91.
- ⁴⁰ D. Kołodyńska, Chem. Eng. J. 2009, 150, 280.
- ⁴¹ B. Salih, A. Denizli, C. Kavaklı, R. Say, E. Pişkin, Talanta, 1998, 46, 1205.
- ⁴² E.K. Yetimoglu, M.V. Kahraman, O. Ercan, Z.S. Akdemir, N.K. Apohan, React. Funct. Polym., 2007, 67, 451.
- ⁴³ B. Podkościelna, Sep. Sci. Tech., 2013, 48 (11), 1699.
- ⁴⁴ B. Podkościelna, A. Bartnicki, P. Podkościelny, Sep. Sci. Tech., 2014, 49(11), 1672.
- ⁴⁵ E.F.S. Vieira, J.D. Simoni, C. Airoidi, J. Mater. Chem. 1997, 7, 2249.
- ⁴⁶ R.M. Izatt, J.S. Bradshaw, R.L. Bruening, Pure Appl. Chem., 1996, 68, 1237.
- ⁴⁷ L. Mercier, C. Detellier, Environ. Sci. Technol. 1995, 29, 1318.
- ⁴⁸ R. Anwander, I. Nagl, M. Widenmeyer, J. Phys. Chem. B, 2000, 104, 3532.
- ⁴⁹ R. Tank, U. Pathak, A. Singh, A. Gupta, D.C. Gupta, React. Funct. Polym. 2009, 69, 224.

- ⁵⁰ J. Hradil, M. Wojaczyńska, F. Svec, B.N. Kolarz, *React. Polym.*, 1986, 4, 277.
- ⁵¹ V. Smigol and F. Svec, *J. Appl. Polym. Sci.*, 1993, 48, 2033.
- ⁵² V.V. Azanova and J. Hradil, *React. Funct. Polym.*, 1999, 41, 163.
- ⁵³ B. Gawdzik, J. Osypiuk, *J. Chromatogr. A*, 2000, 898, 13.
- ⁵⁴ B. Gawdzik, B. Podkościelna, *Annales UMCS*, 2005, LX, 282.
- ⁵⁵ A. Bukowska, W. Bukowski, H. Galina and A. Sztycharz, *Polimer*, 2000, 45, 109.
- ⁵⁶ A.W. Trochimczuk, M. Streat, N. Kolarz, *React. Funct. Polym.*, 2001, 46, 259.
- ⁵⁷ J. Jagur-Grodzinski, *Polym. Adv. Technol.*, 2006, 17, 395.
- ⁵⁸ M. Piłśniak, A.W. Trochimczuk, *React. Funct. Polym.*, 2007, 67, 1570.
- ⁵⁹ B. Gao, Y. Chen, Q. Lei, *Polym. Adv. Technol.*, 2012, 23, 491.
- ⁶⁰ I. Rodriguez, M.P. Llompert, R. Cela, *J. Chromatogr. A*, 2000, 885, 291.
- ⁶¹ A. Tuncel, E. Pişkin, *J. Appl. Polym. Sci.*, 1996, 62, 789.
- ⁶² K. Kesenci, A. Tuncel, E. Pişkin, *React. Funct. Polym.*, 1996, 31, 137.
- ⁶³ H. Hatakeyama, T. Hatakeyama, *Adv. Polym. Sci.*, 2010, 232, 1.
- ⁶⁴ V.K. Thakur, A.K. Thakur, P. Raghavan, M.R. Kessler, *ACS Sustain. Chem. Eng.* 2014, 2, 1072.
- ⁶⁵ P. Dournel, E. Randrianalimanana, A. Deffieux, M. Fontanille, *Eur. Polym. J.*, 1988, 24, 843.
- ⁶⁶ Z.X. Guo, A. Gandini, *Eur. Polym. J.*, 1991, 27, 1177.
- ⁶⁷ Z.X. Guo, A. Gandini, *F. Pla, Polym. Int.* 1992, 27, 17.
- ⁶⁸ S. Laurichesse, L. Avérous, *Prog. Polym. Sci.*, 2014, 39, 1266.
- ⁶⁹ G. Sivasankarapillai, A.G. McDonald, (2011) *Biomass Bioenergy.*, 2011, 35, 919.
- ⁷⁰ O. Sevastyanova, B. Podkościelna, B. Gawdzik, M. Sobiesiak, B. Bartnicki, O. Poddubnaya, E.M. Lindström, A. Puziy, *Proceedings of EWLP 2014*, 759.
- ⁷¹ D. Stewart, *Ind. Crops Prod.* 2008, 27, 202.
- ⁷² J. F. Rabek, "Współczesna wiedza o polimerach" PWN, Warszawa, 2009
- ⁷³ E. Andrzejewska, E. Socha, M. Andrzejewski, *Polymer* 2006, 47, 6513.
- ⁷⁴ M. Podgórski, *J. Appl. Polym. Sci.*, 2009, 112, 2942.
- ⁷⁵ N. Moszner, U.K. Fischer, B. Ganster, R. Liska, V. Rheinberger, *Dent. Mater.*, 2008, 24, 901.
- ⁷⁶ D. Leung, D.A. Spratt, J. Pratten, K. Gulabivala, N.J. Mordan, A.M. Young, *Biomaterials*, 2005, 26, 7145.
- ⁷⁷ W. Podkościelny, A. Bartnicki, *Mol. Cryst. Liq. Cryst.*, 2000, 354, 623.
- ⁷⁸ K. Minoru, *Dent. Mater. J.*, 1988, 7, 174.
- ⁷⁹ V. Narayanan, A.B. Scranton, *Trends in Polymer Science*, 1997, 5, 415.
- ⁸⁰ L.-L. Linden, *Polymeric Materials Encyclopedia*; vol. 3 Ed. J.C. Salamone, CRC Press, Boca Raton, New York, 1996.
- ⁸¹ D. Leung, D.A. Spratt, J. Pratten, K. Gulabivala, N.J. Mordan, A.M. Young, *Biomaterials*, 2005, 26, 7145.
- ⁸² A. Kultys, *Sulfur-Containing Polymers: Encyclopedia of Polymer Science and Technology*, John Wiley & Sons, Inc, 4 Edition, 2010,
- ⁸³ Y-S Gal, J-H Park, S-H Jin, K-T Lim, C-J Lee, J-W Park, W-C Lee, S-Y Kim, *Curr. Appl. Phys.*, 2007, 7, 480-484.
- ⁸⁴ M. Lanzi, L. Paganin, *React. Funct. Polym.*, 2010, 70, 346.
- ⁸⁵ A. Kaledkowski, A.W. Trochimczuk, *React. Funct. Polym.*, 2006, 66, 957.
- ⁸⁶ B. Podkościelna, *Adsorp. Sci. Technol.*, 2012, 30(2), 105.
- ⁸⁷ Y. Hu, Y. Zhang, J. Gao, *Adv. Mater.*, 2006, 18, 2880.
- ⁸⁸ J.M. Hong, H.N. Cho, D.Y. Kim, C.Y. Kim, *Synthetic Met.*, 1999, 102, 933.
- ⁸⁹ D. Vollath, D.V. Szabo, S. Schlabach, *J. Nanopart. Res.*, 2004, 6, 181.
- ⁹⁰ S.H. Chen, M. Ando, N. Murase, *Mater. Lett.*, 2011, 65, 3146.
- ⁹¹ J. Tang, Y. Wang, D. Yu, Z. Zhou, C. Wang, B. Yang, *Mater. Lett.*, 2001, 50, 371.
- ⁹² C. Zhang, J. Lin, *Chem. Soc. Rev.*, 2012, 41(23), 7938.
- ⁹³ L. Museur, P. Gorbovyi, M. Traore, A. Kanaev, L. Rozes, C. Sanchez, *J. Lumin.*, 2012, 132, 1192.
- ⁹⁴ C. Zhanga, J. Lin, *Chem. Soc. Rev.*, 2012, 41, 7938.
- ⁹⁵ H-J Jiang, J-L Zhang, J. Sun, W. Huang, *Eur. Polym. J.* 2008, 44, 2608.
- ⁹⁶ H-J Jiang, J-L Zhang, J. Sun, W. Huang, *Polymer*, 2012, 53, 5684,
- ⁹⁷ J.A. Mikroyannidis, *Polymer*, 2000, 41, 8193,
- ⁹⁸ L.Y. Yang, L.Q. Li, C. Wang, F.J. Zhu, Y. Lu, S. Janietz, A. Wedel, Y.L. Hua, S.G. Yin, *J. Lumin.*, 2007, 122, 714.
- ⁹⁹ H. Rost, B.S. Chuah, D-H. Hwang, S.C. Moratti, A.B. Holmes, J. Wilson, J. Morgadoc, J.M. Hal, J.C. De Mello, R.H. Friend, *Synthetic Met.*, 1999, 102, 937.
- ¹⁰⁰ T. Muroga, T. Sakaguchi, T. Hashimoto, *Polymer*, 2012, 53, 4380.

¹⁰¹ T. Zhang, R. Wang, H. Ren, Z. Chen, J. Li, *Polymer*, 2012, 53, 1529.

¹⁰² S. Yamada, S. Park, S. Song, M. Heo, J.Y. Shim, Y. Jin, I. Kim, H. Lee, K. Lee, K. Yoshinaga, J.Y. Kim, H. Suh, *Polymer*, 2010, 51, 6174.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo - badawczych.

Mój dorobek obejmuje łącznie **48** artykułów naukowych z czego **28** zostało opublikowanych w czasopismach z *impact factor* według listy Journal Citation Reports (JCR), **20** w innych czasopismach, **1** patent, **1** zgłoszenie patentowe, ok. 65 prezentacji w formie posterów oraz 9 wystąpień ustnych (3 jako współautor) na konferencjach krajowych i zagranicznych.

Łączny *impact factor* moich publikacji wynosi **43,860**

Wykaz innych (nie wchodzących w skład osiągnięcia naukowego wymienionego w pkt. 4) opublikowanych prac naukowych:

5a) Publikacje naukowe w czasopismach znajdujących się w bazie *Journal Citation Reports (JRC)*:

-przed uzyskaniem stopnia doktora:

P1. T. Jabłońska-Pikus, W. Charmas, **B. Podkościelna**, B. Gawdzik,
Synthesis, Structure and Characterization of Polymeric Stationary Phase Derivatived from (R,R)- Tartramide and Bisphenol-S, J. Appl. Polym. Sci., 2001, 82, 3409-3417.
IF₂₀₀₁=0,992

P2. T. Jabłońska-Pikus, W. Charmas, **B. Podkościelna**, B. Gawdzik,
Polymeric stationary phase based on (R,R)-tartramide and bisphenol-S of potential chiral properties, J. Polym. Sci: Part A: Polymer Chem., 2004, 42, 2566-2574. **IF₂₀₀₄=2,773**

P3. B. Gawdzik, W. Majewski, T. Jabłońska-Pikus, J. Osypiuk, W. Charmas, **B. Podkościelna**

Characterization of the Porous Structure of an HPLC Packing Based on di(p-acrylicphenyl)sulfone and DVB, Adsorpt. Sci. Technol., 2006, 24, 159-166. IF₂₀₀₆=0,676

P4. B. Gawdzik, B. Podkościelna, A. Bartnicki

Synthesis, structure and properties of new methacrylic derivatives of naphthalene-2,3-diol J. Appl. Polym. Sci., 2006, 102, 1886-1895. IF₂₀₀₆=1,306

P5. B. Podkościelna, B. Gawdzik, A. Bartnicki

Use of a new methacrylic monomer, 4,4'-di(2-hydroxy-3-methacryloxypropoxy)-benzophenone, in the synthesis of porous microspheres J. Polym. Sci: Part A: Polymer Chem., 2006, 44, 7014-7026. IF₂₀₀₆=3,405

P6. B. Podkościelna, A. Bartnicki, B. Gawdzik

Porous microspheres, copolymers of bis[4-(2-hydroxy-3-methacryloyloxypropoxy)phenyl]-sulfide and divinylbenzene as stationary phase for HPLC, J. Appl. Polym. Sci., 2009, 111, 1257-1267. IF₂₀₀₉=1,203

-po uzyskaniu stopnia doktora:

P7. B. Podkościelna, M. Maciejewska, A. Bartnicki

Synthesis and physicochemical properties of new bis[4-(2-hydroxy-3-methacryloyloxypropoxy)phenyl]sulfide terpolymers, J. Appl. Polym. Sci. 2012, 123, 59-65. IF₂₀₁₂=1,395

P8. B. Podkościelna

The properties and porous structures of sulphur-containing copolymers, Adsorp. Sci. Technol., 2012, 30(2), 105-115. IF₂₀₁₂=0,559

P9. M. Gil, B. Gawdzik, B. Podkościelna

Photoinitiated polymerization of bisphenol A epoxy diacrylates with bis[4(2-hydroxy-3-acryloxypropoxy)phenyl]sulphide, J. Appl. Polym. Sci. 2012, 125(4), 2839-2845. IF₂₀₁₂=1,395

P10. B. Podkościelna, A. Bartnicki, B. Gawdzik

Synthesis of new copolymers 4,4'-sulfinylbisphenol derivative with N-vinyl-2-pyrrolidone - photopolymerization and thermo-mechanical studies, e-Polymers, 2012, art. no. 051. IF₂₀₁₂=0,400

P11. B. Podkościelna

The use of bis[4(2-hydroxy-3-methacryloyloxypropoxy)phenyl]sulfide in preparation of microspheres with pendant amine groups as a heavy metal sorbent, Sep. Sci. Tech., 2013, 48 (11), 1699-1708. IF₂₀₁₃=1,200

P12. B. Podkościelna

„Sposób otrzymywania fotoluminescencyjnych kopolimerów”

P.402734 (zgłoszenie patentowe z dnia 11.02.2013 r.) **IF=brak**

P13. B. Podkościelna, A. Bartnicki, P. Podkościelny,

New ion exchangers based on copolymers: 2,3-(2-hydroxy-3-methacryloyloxypropoxy)naphthalene – styrene, Sep. Sci. Tech., 2014, 49(11), 1672-1678. IF₂₀₁₄=1,171

P14. M. Sobiesiak, B. Podkościelna,

SPE of phenols on new amine - based copolymers, *Key Eng Mat*, 2014, 605, 173-176.

IF₂₀₁₄=0,190

P15. B. Podkościelna, M. Lutomski

*Study of porous and thermal properties of luminescent polymeric microspheres derivatives of naphthalene-2,7-diol, Adsorpt. Sci. Technol., 2015, 33, 531-537. *IF₂₀₁₄=0,669*

*najnowszy dostępny IF

5b) Artykuły naukowe opublikowane w czasopismach nie wymienionych w JRC:

1. T. Jabłońska-Pikus, B. Podkościelna, W. Charmas

Synteza, struktura i charakterystyka polimerowej stacjonarnej fazy pochodnej kwasu (R,R) winowego, Prace Naukowe Instytutu Technologii Organicznej i Tworzyw Sztucznych Politechniki Wrocławskiej Seria: Konferencje nr. 23; 2001, 50, 408-11.

2. T. Jabłońska-Pikus, B. Podkościelna, W. Charmas, W. Majewski, B. Gawdzik, J. Osypiuk,

Synteza i charakterystyka porowatej polimerowej fazy stacjonarnej pochodnej bisfenolu-S, Prace Naukowe Instytutu Technologii Organicznej i Tworzyw Sztucznych Politechniki Wrocławskiej Seria: Konferencje nr. 25; 2003, 52, 307-10.

3. B. Gawdzik, B. Podkościelna, T. Jabłońska-Pikus, W. Charmas

Porous copolymers based on bisphenol-S as an HPLC packing, Ann. Polish Chem. Soc., 2003, 2, 214-17.

4. B. Gawdzik, B. Podkościelna, A. Bartnicki

Synteza, struktura i właściwości nowych, polimerowych mikrosfer do HPLC opartych na naftaleno-2,3-diolu, Modyfikacja Polimerów” Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Ed.: D. Żuchowska, R. Steller, Wrocław 2005, str. 91-4.

5. B. Gawdzik, B. Podkościelna

Optimization of synthesis conditions of porous copolymers based on 4,4'-dihydroxybiphenyl and divinylbenzene, Annales UMCS, 2005, vol. LX, 282-295.

6. B. Podkościelna, M. Maciejewska, B. Gawdzik, J. Osypiuk

Studies on influence of diluent compositions on the porous structure of 2,3-epoxypropyl methacrylate-divinylbenzene copolymers, Ann. Polish Chem. Soc., 2005, vol.1, 430-33.

7. M. Maciejewska, Ł. Szajnecki, J. Osypiuk, B. Gawdzik, **B. Podkościelna**

Application of inverse gas chromatography to investigation of polarity and selectivity polymeric adsorbents, Ann. Polish Chem. Soc., 2005, vol.1, 425-28.

8. B. Podkościelna, M. Maciejewska, B. Gawdzik, A. Bartnicki

Synthesis of porous microspheres of 4,4'-di(2-hydroxy-3-methacryloyloxypropoxy)-benzophenone – divinylbenzene for potential HPLC purposes, Ann. Polish Chem. Soc., 2007, 5, 435-38.

9. B. Podkościelna, B. Gawdzik, A. Bartnicki, M. Grochowicz

Badania struktury porowatej polimerowych mikrosfer akrylowych [in] Modyfikacja Polimerów. Stan i perspektywy w roku 2007, Ed.: D. Żuchowska, R. Steller, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2007, str. 496-99.

10. A. Kultys, A. Puszka, **B. Podkościelna**

Nowe termoplastyczne elastomery poliuretanowe modyfikowane DMPA- synteza i charakterystyka, Modyfikacja Polimerów. Stan i perspektywy w roku 2009, Ed.: R. Steller, D. Żuchowska, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2009, str.65-68.

11. M. Rogulska, A. Kultys, A. Puszka, **B. Podkościelna**

Synteza i charakterystyka nowych termoplastycznych elastomerów poli(astro-uretanowych) pochodnych HDI i MDI, Modyfikacja Polimerów. Stan i perspektywy w roku 2009, Ed.: R. Steller, D. Żuchowska, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2009, str.105-8.

12. B. Podkościelna

Termo- i fotoinicjowana polimeryzacja metakrylowych monomerów pochodnych naftaleno-2,7-diolu, Modyfikacja Polimerów. Stan i perspektywy w roku 2009, Ed.: R. Steller, D. Żuchowska, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2009, str.351-54.

13. B. Podkościelna, B. Gawdzik, A. Bartnicki, J. Osypiuk-Tomasik, W. Majewski

Nowe monomery (met)akrylowe- synteza i spektralna analiza struktury, in: Nauka i przemysł – metody spektroskopowe w praktyce. Nowe wyzwania i możliwości (Z. Hubicki, Ed.), UMCS Lublin, 2011, str.477-80.

14. J. Osypiuk-Tomasik, M. Grochowicz, M. Maciejewska, **B. Podkościelna**, Ł. Szajnecki, B. Tarasiuk, M. Osypiuk,

Identyfikacja wybranych substancji oraz porównanie właściwości rozdzielczych kolumn do HPLC, in: Nauka i przemysł – metody spektroskopowe w praktyce. Nowe wyzwania i możliwości (Z. Hubicki, Ed.), UMCS Lublin 2011, str.489-92.

15. B. Podkościelna, A. Bartnicki,

Multifunkcjonalne terpolimery – synteza i charakterystyka właściwości fizyko-chemicznych, Modyfikacja Polimerów. Stan i perspektywy w roku 2011, Praca zbiorowa pod red R. Stellera, Wrocław **2011**, str.175-78.

16. B. Podkościelna, A. Bartnicki, B. Gawdzik,

Modyfikacja chemiczna mikrosfer z ugrupowaniami oksiranowymi przy użyciu amin (EDA, DETA, TETA), in: Nauka i przemysł – metody spektroskopowe w praktyce. Nowe wyzwania i możliwości (Z. Hubicki, Ed.), UMCS Lublin 2013, str. 687-90.

17. B. Podkościelna, B. Gawdzik, A. Bartnicki,

Synteza i badanie właściwości fotoluminescencyjnych kopolimerów pochodnych naftaleno-2,7-diolu i NVP, in: Nauka i przemysł – metody spektroskopowe w praktyce. Nowe wyzwania i możliwości (Z. Hubicki, Ed.), UMCS Lublin **2014**, str. 505-8.

18. O. Sevastyanova, **B. Podkościelna**, B. Gawdzik, M. Sobiesiak, B. Bartnicki, O. Poddubnaya, E.M. Lindström, A. Puziy,

Sorbents from kraft lignin: impact of the chemical modification on the thermal stability and porous structure, Proceedings of EWLP **2014**, p.759-62.

19. J. Pawlas, M. Gęca, D. Kołodyńska, **B. Podkościelna**, A. Bartnicki, B. Gawdzik, Z. Hubicki,

Wykorzystanie jonitów o tiolowych grupach funkcyjnych w procesie sorpcji jonów metali ciężkich, in: Nauka i przemysł – metody spektroskopowe w praktyce. Nowe wyzwania i możliwości (Z. Hubicki, Ed.), UMCS Lublin **2015**, str. 892-95.

20. P. Kotlińska, M. Gęca, D. Kołodyńska, **B. Podkościelna**, A. Bartnicki, B. Gawdzik, Z. Hubicki,

Zastosowanie jonitów tiolowych do usuwania jonów rtęci, in: Nauka i przemysł – metody spektroskopowe w praktyce. Nowe wyzwania i możliwości (Z. Hubicki, Ed.), UMCS Lublin **2015**, str. 895-8.

Moja praca na Wydziale Chemii UMCS rozpoczęła się w roku 1998 od momentu zatrudnienia mnie na stanowisku inżynierjno-technicznym w Zakładzie Chemii i Technologii Organicznej. Od początku moje naukowe zainteresowania związane były z syntezą nowych monomerów oraz różnymi technikami ich polimeryzacji. W roku 2001 rozpoczęłam pracę w Zakładzie Chemii i Technologii Polimerów (obecnie Zakładzie Chemii Polimerów), przechodząc w 2003 roku na stanowisko asystenta naukowo-dydaktycznego. Od tego czasu moje badania koncentrowały się zasadniczo na syntezie polimerowych mikrosfer czyli tematyce zapoczątkowanej i realizowanej przez *prof. dr hab. Barbarę Gawdzik*. Podsumowaniem kilkuletnich badań była **rozprawa doktorska**, której temat dotyczył syntezy i oceny właściwości polimerowych wypełnień do HPLC.

Realizowane badania koncentrowały się przede wszystkim na syntezie nowych monomerów, ich kopolimeryzacji suspensyjno-emulsyjnej oraz ocenie ich właściwości fizyko-chemicznych. Otrzymałam związki nieopisane dotychczas w literaturze, diakrylowe i dimetakrylowe pochodne aromatycznych bifenoli tj.: naftaleno-2,3-diol, bifenylo-4,4'-diol, 4,4'-tiodifenol i bis(4-hydroksyfenylo)metanon, a następnie prowadziłam badania polegające na zastosowaniu wyżej wymienionych materiałów jako wypełnienia kolumn w HPLC.

Od 1 października 2009 roku do chwili obecnej pracuję na stanowisku adiunkta w Zakładzie Chemii Polimerów, UMCS.

Problemy jakie podejmowałam w swoich badaniach po uzyskaniu *stopnia doktora* można podzielić na *dwa główne tematy*. Pierwszy z nich dotyczył syntezy polimerowych mikrosfer a następnie modyfikacji ich powierzchni w celu otrzymania specyficznych sorbentów. Moja uwaga skupiła się zwłaszcza na kopolimerach styrenu i 1,4-diwinylbenzenu z otrzymanymi przeze mnie di(met)akrylowymi pochodnymi węglowodorów aromatycznych. Następnie, usieciowane mikrosfery zostały wykorzystane jako sorbenty m.in. do usuwania toksycznych związków organicznych (np. fenoli) czy jonów metali ciężkich z roztworów wodnych.

Drugi z tematów koncentrował się na otrzymaniu termicznie odpornych, blokowych kopolimerów z wspomnianymi wcześniej di(met)akrylowymi pochodnymi węglowodorów aromatycznych przy użyciu rozcieńczalników aktywnych m.in. N-winylo-2-pirolidonu, metakrylanu metylu, metakrylanu butylu, styrenu czy metakrylanu 2-hydroksyetylu. Otrzymane nowe kopolimery charakteryzowały się dobrymi lub bardzo dobrymi właściwościami termicznymi, twardością czy luminescencją.

Oprócz działalności związanej ściśle z badaniami naukowymi staram się aktywnie uczestniczyć w różnych projektach badawczych. Byłam kierownikiem grantu indywidualnego Prorektora UMCS ds. Badań Naukowych i Współpracy Międzynarodowej w 2010 roku. Brałam także udział w projektach UE *“Hybrid Nanocomposites and Their Applications* (Acronym - COMPOSITUM) PIRSES-GA-2008-230790 oraz *Nanoscale control of the reinforcement of advanced composite matrices cured by electron beam actication*, Fundation EADS Astrium, University in Reims (France), (EL PSP PM-03-046-B). Uczestniczę również obecnie w 3 projektach finansowanych przez EU: **•TRIPOD**, FP7/People/2013-INT - Marie Curie Actions;

•**COST Action** FP1105 oraz •**NANOBIOMAT**, Nanostructured Biocompatible/Bioactive Materials, No. PIRSES-GA-2013-612484.

Brałam aktywny udział w spotkaniach związanych z realizacją w/w projektów oraz wymianą wspólnych doświadczeń m.in. **8-17.05.2012** Universite de Reims Champagne-Ardenne Reims, Reims (France); **TRIPOD: 3-6.11.2013, 18-20.02.2014** Aston Institute of Photonic Technologies, Birmingham (England); **2-6.02.2015** The Charles III University of Madrid, Madrid (Spain); **15-17.06.2015** Mid-Term Review, European Commission, Brussels (Belgium); **UE COST FP 1105: 7-9.05.2014** Department of Chemical Engineering, University of Coimbra, Coimbra (Portugal); **25-28.05.2015** University of the Basque Country, Donostia-San Sebastian (Spain).

Wyniki swoich badań przedstawiałam także na konferencjach naukowych, brałam aktywny udział w 21 konferencjach (10 krajowych, 11 zagranicznych) gdzie zaprezentowałam ok. 65 posterów oraz 9 wystąpień ustnych (3 jako współautor) wśród których wyróżnić można 1 wykład pt. *Badanie właściwości usieciowanych kopolimerów zawierających w swojej strukturze ugrupowania siarczkowe, sulfinyłowe i sulfonowe*, in: Nauka i przemysł – metody spektroskopowe w praktyce. Nowe wyzwania i możliwości (Z. Hubicki, Ed.), UMCS Lublin 2013 oraz komunikaty na konferencjach Interfacial Phenomena and Their Technological Applications, September, 9-13, 2014, Zakopane, oraz spotkaniach Cost Action 1105 w Coimbra, Portugalia (8-9.05.2014) i Donostia-San Sebastian, Hiszpania, (25-28.05.2015).

Odbyłam trzy staże w Instytucie Chemii Powierzchni, Ukraińskiej Akademii Nauk w Kijowie: 1.10-30.10.2010, 16.10-15.11.2012, 06.10-05.11.2014 oraz wspomniany wcześniej 2-tygodniowy staż (17.08-30.08.2014) w Królewskim Instytucie Technologicznym w Sztokholmie (Szwecja).

Od początku mojej pracy jestem bardzo otwarta na współpracę i cały czas staram się nawiązywać nowe kontakty. Oprócz wymienionej wcześniej współpracy na wyróżnienie zasługują także badania z *Prof. Alexanderem M. Puziym* z Institute of Sorption and Problems of Endoecology, i *dr Yuliy Bolbukh* z Chuiko Institute of Surface Chemistry, Ukrainian National Academy of Sciences, Kiev, (Ukraina), a także współpraca z koleżankami i kolegami z mojego macierzystego Zakładu Chemii Polimerów UMCS, w

kolejności alfabetycznej: dr A. Bartnicki, prof. dr hab. B. Gawdzik, dr M. Maciejewska, dr J. Osypiuk-Tomasik, dr M. Sobiesiak, dr hab. M. Worzakowska.

Obecnie moje obowiązki dydaktyczne obejmują prowadzenie następujących zajęć: •Ćwiczenia laboratoryjne z *Chemii organicznej* dla studentów *Chemii* sp. Chemia Podstawowa i Stosowana oraz Analityka Chemiczna; •Ćwiczenia laboratoryjne z *Chemii polimerów* dla studentów *Chemii* sp. Chemia Podstawowa i Stosowana; •Ćwiczenia laboratoryjne z *Chemii organicznej* dla studentów Biologii i Biotechnologii; •seminarium specjalizacyjne, •pracownia dyplomowa i magisterska dla różnych specjalności kierunku *Chemia*.

Jestem promotorem 4 prac magisterskich, 10 prac dyplomowych oraz pełniłam opiekę nad 12 magistrantami i dyplomantami.

Od 1.10.2015 r. prowadzę wykład z *Chemii organicznej* dla studentów II roku Chemii technicznej (studia niestacjonarne) Wydział Zamiejscowy UMCS w Puławach.

Opracowałam program ćwiczeń oraz przeprowadziłam w roku akademickim 2009/2010: **50** godz. ćwiczeń laboratoryjnych oraz **10** godz. seminarium, 2010/2011 - **20** godz. ćwiczeń lab. oraz **10** godz. seminarium z przedmiotu „*Technologia polimerów*” dla studentów kierunku: *Techniki dentystyczne* z Uniwersytetu Medycznego w Lublinie.

W semestrze zimowym 2012/13 byłam opiekunem naukowym studenta Gokhana Demirci z Mugla University w Turcji, który przebywał na Wydziale Chemii UMCS w ramach programu *Erasmus*. W ramach tego samego programu studentka wykonująca pracę magisterską pod moim kierunkiem (semestr letni 2014/2015, p. Sylwia Filipiuk) prowadziła badania w zespole Prof. Xavier Coqueret z Universite de Reims Champagne-Ardenne Reims, Francja.

Wielokrotnie recenzowałam prace w czasopismach z IF, m.in. Journal Thermal Analysis and Calorimetry: 8 recenzji, Journal of Sulfur Chemistry: 1 recenzja, Polymer Engineering & Science: 1 recenzja, Journal of Applied Polymer Science: 2 recenzje, Journal of Hazardous Materials: 1 recenzja, Separation Science and Technology: 1 recenzja i Polymers for Advanced Technologies: 2 recenzje.

Jestem członkiem Rady Wydziału Chemii UMCS (przedstawiciel asystentów, adiunktów i st. wykładowców) na kadencje: 2008-2012 i 2012-2016, a także członkiem Komisji Skrutacyjnej Rady Wydziału Chemii na kadencje: 2008-2012 i 2012-2016.

Układam plany dydaktyczne, imienną obsadę zajęć oraz zestawienia osobowych obciążeń godzinowych dla Zakładu Chemii Polimerów.

Biorę czynny udział w promocji Wydziału, byłam m.in. uczestnikiem spotkania z Dziekanem Prof. Mikaelem Lindströmem oraz pracownikami School of Chemical Science and Engineering, Royal Institute of Technology, KTH, Stockholm, (Szwecja) w dniach 8-9.04.2014, którego celem była prezentacja Wydziału i Uniwersytetu oraz nawiązanie współpracy. Biorę także udział w *Dniach Otwartych* organizowanych na Wydziale Chemii.

Otrzymałam wyróżnienie w konkursie organizowanym przez Dziekana Wydziału Chemii UMCS na *Najlepszą pracę doktorską obronioną w 2008 roku*.

Od 2009 roku jestem członkiem Polskiego Towarzystwa Chemicznego.

Podkościelna Beata
5.10.2015r.