

Autoreferat

Krzysztof Karakulski

Rozprawa habilitacyjna

**Badania nad oczyszczaniem zaolejonych ścieków z zastosowaniem
procesów membranowych**

Dokumentacja do wniosku o wszczęcie postępowania habilitacyjnego

1. *Imię i nazwisko.*

Krzysztof Karakulski

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

1981 - doktor nauk chemicznych

Dziedzina – nauki techniczne

Specjalność – technologia chemiczna

Politechnika Szczecińska, Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej

Promotor: doc. dr inż. Henryk Wojcikiewicz

Tytuł pracy: Synteza, właściwości i zastosowanie poliamidobenzhydrazydów

1975 - magister inżynier

Politechnika Szczecińska, Wydział Technologii Chemicznej

Promotor: doc. dr inż. H. Wojcikiewicz i dr inż. H. Zarzycka

Tytuł pracy: Wpływ warunków formowania na własności mechaniczne wysokoelastycznych włókien poliuretanowych w procesie formowania mokrego.

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

1993-

adiunkt: Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie.

1992-1993

adiunkt naukowy: Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej, Politechnika Szczecińska

1989-1992

adiunkt naukowo-dydaktyczny: Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej, Politechnika Szczecińska

1987-1990

kierownik Laboratorium Technologii Membranowej: Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej, Politechnika Szczecińska

1984-1988

adiunkt naukowy: Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej, Politechnika Szczecińska

1979-1984

starszy asystent: Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej, Politechnika Szczecińska

1975 – 1979

Studia doktoranckie chemii i technologii organicznej: Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej, Politechnika Szczecińska

4. Wskazanie osiągnięcia* wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy 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/artystycznego,

Cykl publikacji na temat:

Badania nad oczyszczaniem zaolejonych ścieków z zastosowaniem procesów membranowych.

b) (autor/autorzy, tytuł/tytuły publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa),

[H-1]. **K. Karakulski, A. Kozłowski, A.W. Morawski,**

*Purification of oily wastewater by ultrafiltration, **Separations Technology**, 5 (1995) 197-205.*

[H-2]. **K. Karakulski, W.A. Morawski, J. Grzechulska,**

*Purification of bilge water by hybrid ultrafiltration and photocatalytic processes, **Separation and Purification Technology**, 14 (1998) 163-173.*

[H-3]. **M. Gryta, K. Karakulski,**

*The application of membrane distillation for the concentration of oil-water emulsions, **Desalination** 121 (1999) 23-29.*

[H-4]. **K. Karakulski, W.A. Morawski,**

*Purification of copper wire drawing emulsion by application of UF and RO, **Desalination** 131(2000) 87-95.*

[H-5]. **M. Gryta, K. Karakulski, A.W. Morawski,**

*Purification of oily wastewater by hybrid UF/MD, **Water Research**, 35 (2001) 3665-3669.*

[H-6]. **K. Karakulski, A.W. Morawski,**

*Treatment of spent emulsion from a cable factory by an integrated UF/NF membrane system, **Desalination**, 149 (2002) 163-167.*

[H-7]. **K. Karakulski, A.W. Morawski,**

*Treatment of wastewater from car washes by ultrafiltration, **Fresenius Environmental Bulletin**, 12 (2003) 343-348.*

- [H-8]. M. Tomaszewska, A. Orecki, K. Karakulski,
Treatment of bilge water using a combination of ultrafiltration and reverse osmosis,
Desalination, 185 (2005) 203-212.
- [H-9]. K. Karakulski, M. Gryta, M. Sasim,
Production of process water using integrated membrane processes, **Chemical Papers**, 60 (2006) 416-421.
- [H-10]. A. Orecki, M. Tomaszewska, **K. Karakulski,**
Removal of oil from model oily wastewater using the UF/NF hybrid process, **Polish Journal of Environmental Studies**, 15 (2006) 173-177,
- [H-11]. **K. Karakulski,** A.W. Morawski,
Application of ultrafiltration process for treatment of water phase separated from slop oil, **Oils and Fuels for Sustainable Development**, pod redakcją J. Hupka, R. Aranowski, , Ch. Jungnickel, A. Tonderski str. 116-124, nr ISBN 987-83-925754-7-4, 2008 Gdańsk University of Technology.
- [H-12]. K. Karakulski, M. Gryta, A.W. Morawski,
Membrane processes used for separation of effluents from wire productions,
Chemical Papers, 63 (2009) 205-211.
- [H-13]. K. Karakulski, A.W. Morawski,
Recovery of process water from spent emulsions generated in copper cable factory,
Journal of Hazardous Materials, 186 (2011) 1667-1671.
- [H-14]. **K. Karakulski,** M. Gryta, A. Morawski, S. Mozia,
Oczyszczanie wód z procesu wydobywania gazu zwanego łupkowym, **Przemysł Chemiczny**, 91/10 (2012) 1667-1671.

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

Coraz szybszy rozwój cywilizacyjny, rozwój nauki i technologii przynosząc niezaprzeczalne korzyści, stworzył równocześnie bardzo trudny dla ludzkości problem ochrony środowiska naturalnego przed szkodliwymi następstwami dokonującego się postępu. Ingerencja człowieka w środowisko naturalne jest praktycznie niemożliwa do uniknięcia, a jej negatywne skutki są często trudne do natychmiastowego wykrycia i oszacowania. Zagadnienie ochrony przed zanieczyszczeniami wód mórz i oceanów, które zajmują ponad 75% powierzchni całego globu ziemskiego nabrało istotnego znaczenia. Główne zagrożenie dla ekosystemów morskich stanowią substancje ropopochodne, pochodzące ze źródeł lądowych oraz ze statków w wyniku wylewania wód zęzowych, wody balastowej, awarii zbiornikowców i innych statków, pęknięć przewodów podczas rozładowywania ropy naftowej lub bunkrowania oraz wycieku oleju z smarowanych elementów ruchomych mających kontakt z wodą. Napełnianie zbiorników ładunkowych wodą w celu dobalastowania statku w rejsie powrotnym lub mycie ładowni wodą w celu przygotowania jej do przyjęcia innego ładunku stanowią najpoważniejsze źródło zanieczyszczenia substancjami ropopochodnymi środowiska morskiego przez statki. W wodach zęzowych przeciętnego statku gromadzi się dziennie od 25 do 70 kg oleju, dlatego tylko z tego źródła może pochodzić ponad 0,5 mln ton substancji ropopochodnych w ciągu roku [1]. Wody zęzowe powstające w maszynowni każdego statku stanowią mieszaninę wody morskiej, wody słodkiej, wody z układów chłodzenia, przecieków paliwa i oleju smarnego. Dodatkowo zawierają one różnego typu środki powierzchniowo czynne (anionowe, kationowe, niejonowe i amfoteryczne) stosowane podczas mycia urządzeń w maszynowni, środki antykorozyjne dodawane do układów chłodzenia, a także różnego typu dodatki do uzdatniania wody kotłowej oraz ścieki z umywalni mieszczących się w pomieszczeniach maszynowni. Wody zęzowe mogą zawierać znaczne ilości olejów pływających i grubodyspergowanych, a ilość zemulgowanych olejów wynosi zwykle nieco powyżej 300 mg/dm^3 , dlatego wód tych nie można usuwać bezpośrednio do morza. Typowe odolejaczki okrętowe, działające na zasadzie separacji grawitacyjnej lub koalescencji, w przypadku występowania w wodach oleju w postaci emulsji, nie są w stanie oczyścić tych wód do obowiązującego standardu 15 ppm zawartości oleju [2]. Poważne zagrożenie dla środowiska naturalnego stanowią również zużyte ciecze i emulsje obróbkowe, które po określonym czasie użytkowania muszą być wymienione na świeże, ponieważ ich właściwości użytkowe ulegają stałemu pogorszeniu na skutek

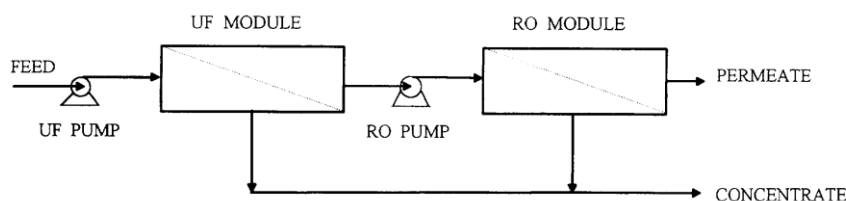
zachodzących procesów starzenia, rozwoju mikroorganizmów, zanieczyszczenia produktami obróbki, oraz ubytku różnych dodatków uszlachetniających. Wszystkie te czynniki powodują nieuchronną utratę właściwości eksploatacyjnych cieczy obróbkowych i konieczność ich wymiany. Unieszkodliwianie i utylizacja tego typu zużytych emulsji niesie ze sobą poważne problemy nie tylko natury ekologicznej, ale również ekonomicznej i technicznej. Przyczyn tego stanu rzeczy należy upatrywać w trudnościach technologicznych rozdzielania stabilnych emulsji, wysokich kosztach neutralizacji oraz ze względu na trudności organizacyjne wynikające z dużego rozproszenia terytorialnego źródeł emisji, braku efektywnego systemu zbiórki i utylizacji. Stosowane metody unieszkodliwiania zużytych emulsji obróbkowych zależą przede wszystkim od stopnia zdyspergowania oleju. Unieszkodliwianie i rozbijanie zużytych emulsji olejowo-wodnych dokonuje się na ogół metodami chemicznymi stosując organiczne flokulanty albo sole lub kwasy nieorganiczne, metodą elektrochemiczną, lub przez fizyczno-mechaniczne wydzielanie oleju za pomocą koalescencji, adsorpcji, elektroflotacji lub flokulacji. Wszystkie znane metody unieszkodliwiania zużytych emulsji posiadają szereg wad jak wprowadzanie środków chemicznych i konieczność dodatkowego oczyszczania wody poemulsyjnej, duża ilość powstających szlamów, wysokie koszty eksploatacji niezbędnych urządzeń i materiałów, duża energochłonność, a przede wszystkim nie w pełni gwarantowane redukcje zanieczyszczeń w ściekach do granic dopuszczalnych ustawodawczo. Dlatego podjęto badania w celu skutecznego osiągnięcia podstawowych celów neutralizacji tego typu ścieków zaolejonych stosując metody oparte na zastosowaniu procesów membranowych jak ultrafiltracja [3], nanofiltracja [4], odwrócona osmoza [5] i destylacja membranowa [6] z możliwością uzyskania zerowej zawartości oleju w oczyszczanych ściekach zaolejonych.

Instytut Technologii Chemicznej Nieorganicznej i Inżynierii Środowiska Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie może poszczycić się dużym doświadczeniem w stosowaniu procesów membranowych: ultrafiltracji (UF), nanofiltracji (NF), odwróconej osmozy (RO) i destylacji membranowej (MD) do odsalania wód i oczyszczania ścieków przemysłowych z użyciem modułów rurowych i spiralnych.

Omówienie najważniejszych osiągnięć zawartych w pracach przedstawionych do habilitacji

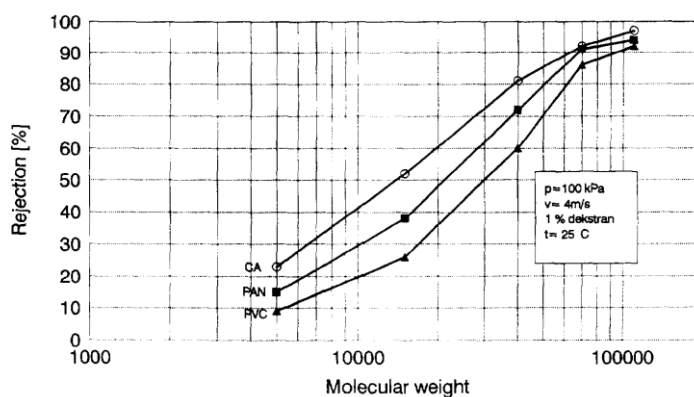
W początkowej fazie badań zajęto się oczyszczaniem wód zęzowych w procesie ultrafiltracji z zastosowaniem modułów rurowych własnej konstrukcji z membranami formowanymi metodą inwersji faz z następujących polimerów: PCV, PAN i 2,5 octan celulozy (CA). Efektem tego było **opracowanie nowatorskiej metody oczyszczania wód**

zęzowych do zerowej zawartości oleju z zastosowaniem zintegrowanych procesów membranowych (rys. 1): procesu UF - uzyskany permeat UF spełniał wymagania konwencji MARPOL i procesu RO w celu całkowitego usunięcia oleju. Opracowany sposób obróbki wstępnej nadawy do procesu RO okazał się najskuteczniejszym ze wszystkich proponowanych metod [H-1], a artykuł był cytowany aż 41 razy. Opracowany układ procesów zintegrowanych UF/RO z zastosowaniem modułów spiralnymi w procesie RO był wielokrotnie stosowany w późniejszych badaniach dotyczących otrzymywania wody procesowej i oczyszczania wód zęzowych [H-8], a artykuł był cytowany 20 razy.



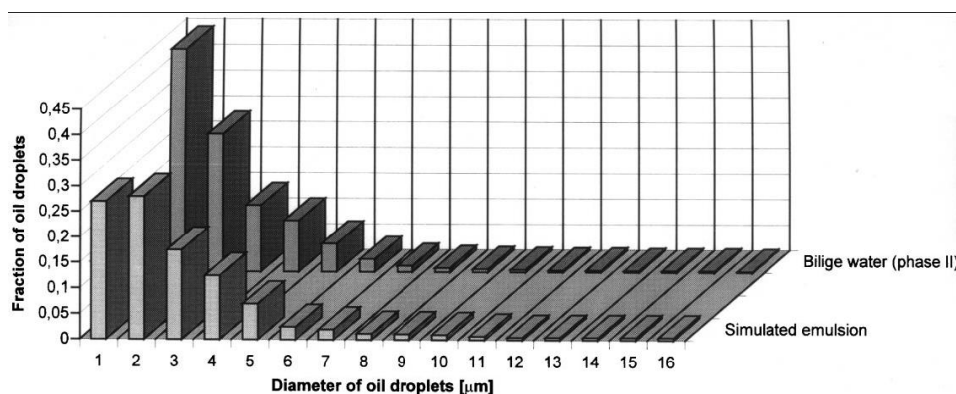
Rys.1. Schemat zintegrowanych procesów membranowych UF/RO do oczyszczania wód zęzowych [H-1].

Wyznaczone charakterystyki membran UF (rys. 2) własnej produkcji o różnej wartości granicznej rozdzielczości (MWCO) wykazały, że do oczyszczania wód zęzowych można stosować membrany o wyższej wartości MWCO (70 kDa) niż podawano w literaturze [3].



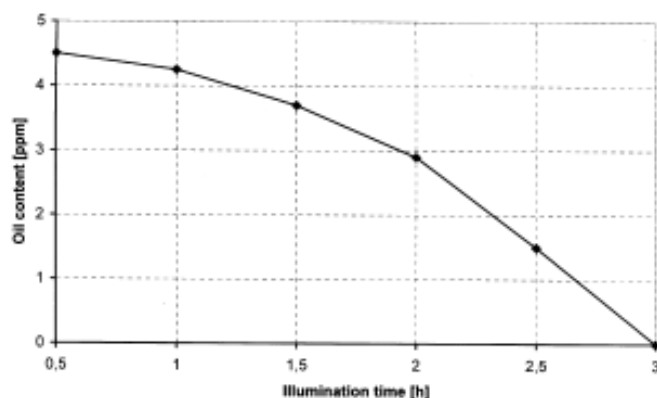
Rys.2. Wyznaczanie granicznej rozdzielczości membran UF [H-1].

Wykorzystując metodę mikroskopową badania ilościowego rozkładu wielkości kropelek, oznaczono rozkład wielkości kropelek oleju dla wody zęzowej o zawartości oleju 362 ppm i symulowanej emulsji (rys. 3) z zawartością oleju 5000ppm [H-2]. Stwierdzono, że zastosowanie membran UF z PVDF o wartości MWCO 100kDa pozwala uzyskać wyższe strumienie permeatu niż w przypadku membran z PVC i PAN podczas procesu UF wód zęzowych odpowiednio 42, 31 i 29 l/m² h po 50 h procesu przy ciśnieniu transmembranowym 200 kPa.



Rys.3. Rozkład wielkości kropelek oleju dla wody zęzowej i modelowej emulsji [H-2].

Badania wykazały, że podczas oczyszczanie wody zęzowej o zawartości oleju 362 ppm w procesie UF, uzyskano permeaty UF z zawartością oleju 8, 10 i 14 ppm odpowiednio dla membrany z PVC, PAN i PVDF. W drugim etapie oczyszczania uzyskanych permeatów UF zastosowano proces fotokatalizy w celu uzyskania zerowej zawartości oleju [H-2]. W procesie fotokatalizy zastosowano fotokatalizator K-TiO₂ w celu uzyskania rozkładu resztkowego oleju w permeatach UF z oczyszczania wód zęzowych. Badano wpływ czasu naświetlania (rys. 4), stężenia fotokatalizatora oraz temperatury kalcynowania fotokatalizatora na przebieg rozkładu fotokatalitycznego resztkowego oleju. Badania wykazały, że całkowity rozkład oleju uzyskano już po 3h naświetlania przy stężeniu fotokatalizatora 0.8 g/l .

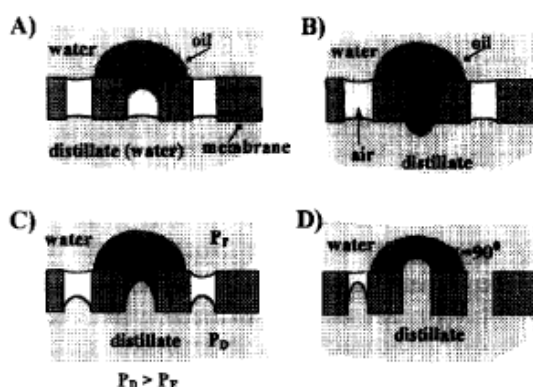


Rys.4. Przebieg fotokatalitycznego rozkładu resztkowego oleju w zależności od czasu naświetlania [H-2].

Określono zależność między temperaturą kalcynowania i rodzajem użytego metalu w fotokatalizatorze a aktywnością badanych fotokatalizatorów w procesie rozkładu oleju. Najlepszy okazał się układ KOH/TiO₂ i prowadzenie kalcynowania fotokatalizatora w temperaturze 550°C. Na podstawie otrzymanych wyników stwierdzono, że zerową zawartość

oleju w oczyszczanych wodach zęzowych można również uzyskać stosując nowatorski układ hybrydowy UF/fotokataliza [H-2], a **artykuł był cytowany aż 32 razy**.

W celu zbadania możliwości zatężania emulsji olejowo-wodnych i określenia wpływu stężenia oleju w nadawie na przebieg procesu destylacji membranowej (MD) oraz zawartość oleju w destylacie przeprowadzono badania z zastosowaniem membran kapilarnych o maksymalnej średnicy porów $0,62\ \mu\text{m}$ [H-3]. Większość membran do procesu MD charakteryzuje rozkład wielkości porów w zakresie $0.1-1\ \mu\text{m}$, a wyznaczone rozkłady średniego rozmiaru kropelek oleju w wodach zęzowych wskazują, że kropelki oleju są większe od średnicy porów dla membrany MD.

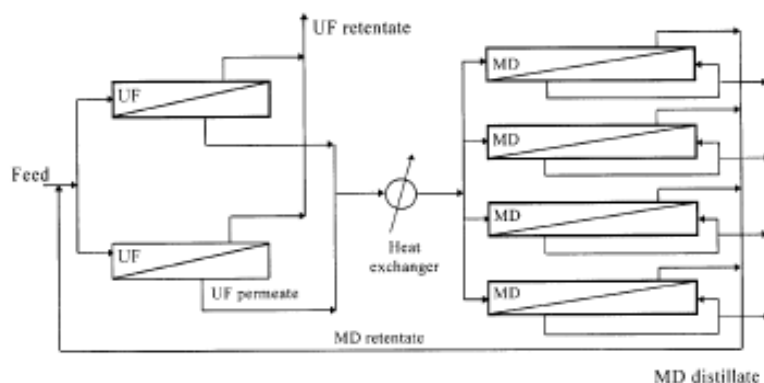


Rys.4. Mechanizm transportu kropelek oleju przez membranę MD A, zwilżanie membrany, B, przenikanie przez pory, C, zapobieganie przenikaniu oleju, D, ciśnienie przebicia [H-3].

Badania wykazały, że podczas zatężania emulsji olejowo-wodnej w temperaturze 333 K ze wzrostem stężenia oleju w nadawie następuję szybki spadek szybkości permeacji. Zjawisko spadku strumienia permeatu można częściowo ograniczyć stosując wyższą temperaturę nadawy. Jednak w przypadku stosowanie wyższych temperatur nadawy zaobserwowano obecność oleju w destylacie. Badania destylacji membranowej przeprowadzone z 1 % roztworem NaCl wykazały, że prowadzenie procesu zatężania emulsji olejowo-wodnych nie zmienia właściwości separacyjnych membrany MD, dlatego mechanizm transportu oleju przez membranę MD następuję w wyniku odparowania fazy olejowej emulsji (rys. 4). Badania przebiegu zatężania emulsji olejowo-wodnej w procesie MD wykazały, że w praktycznie nie występuje blokowanie porów membrany kapilarnej z polipropylenu przez fazę olejową.

Przeprowadzone badania zatężania emulsji olejowo-wodnej wykazały, że proces destylacji membranowej można zastosować do o zatężania emulsji olejowo-wodnej [H-3], a **artykuł był cytowany 26 razy**. Uzyskane wyniki stanowiły podstawę do opracowania nowatorskiego

układu hybrydowego UF/MD do oczyszczania wód zęzowych w celu uzyskania zerowej zawartości oleju [H-5], a artykuł był cytowany aż 52 razy. Schemat opracowanego układu hybrydowego przedstawiono na rys. 5. W procesie UF zastosowano przemysłowy moduł rurowy z membraną PVDF z wyznaczoną wartością MWCO 100 kDa mając na uwadze możliwość praktycznego zastosowania tego układu hybrydowego w oczyszczalni ścieków pochodzących ze statków.



Rys.5. Schemat układu hybrydowego UF/MD do oczyszczania wód zęzowych [H-5].

Jakość permeatów uzyskiwana podczas oczyszczania wód zęzowych w procesie UF, w układach zintegrowanych UF/NF i UF/RO oraz w układzie hybrydowym UF/MD przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1 . Jakość permeatów z oczyszczania wód zęzowych [H-9].

Properties	Feed	Permeate from			
		UF	UF—NF	UF—RO	UF—MD
Electrical conductivity/ $(\mu\text{S cm}^{-1})$	1600	1370	392	82.1	1.50
Turbidity/ (NTU)	210	0.65	0.1	0.12	0.05
Pollutant concentration/ (mg L^{-1})					
Oil	120	5.9	0	0	0
TOC	1900	1450	981	487	1.90
TDS	1130	960	263	52.7	1.10
Mg	26.5	24.2	1.4	0.35	0.01
Ca	92	76	5.0	1.90	0.03
Na	198	173.3	38.1	4.37	0.10

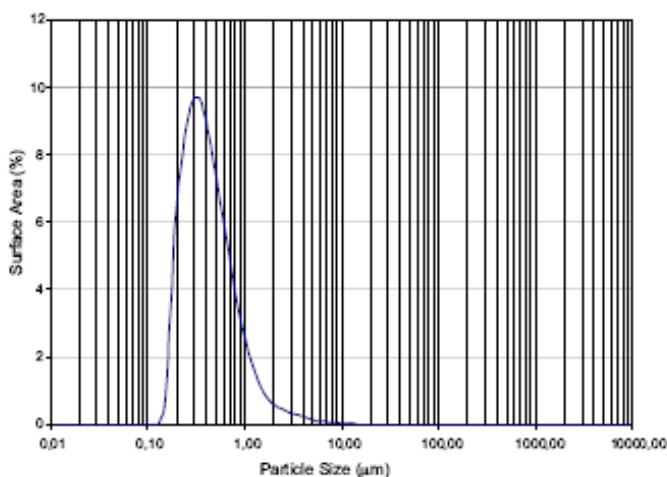
Wyniki badań dotyczące możliwości oczyszczania wód zęzowych do zerowej zawartości oleju wskazują, że procesy hybrydowe UF/fotokataliza i UF/MD oraz procesy zintegrowane UF/RO i UF/NF uzyskane z zastosowaniem modułów przemysłowych mogą znaleźć praktyczne zastosowanie zwłaszcza w przypadku dalszego zaostrożenia norm dotyczących zawartości substancji ropopochodnych, co już miało miejsce w nowo budowanych statkach.

Ścieki zaolejone zawierające metale ciężkie są szczególnie uciążliwe dla środowiska naturalne i jednocześnie bardzo trudne do oczyszczania, gdyż metody skuteczne w usuwaniu oleju nie są przydatne w usuwaniu metali ciężkich. Przykładem takich ścieków są zużyte emulsje z fabryki kabli, których przeciętny skład przedstawiono w tabeli 2, a rozkład wielkości kropelek oleju w zużytych emulsjach na rys. 6.

Tabela 2. Charakterystyka ścieków z fabryki kabli [H-13].

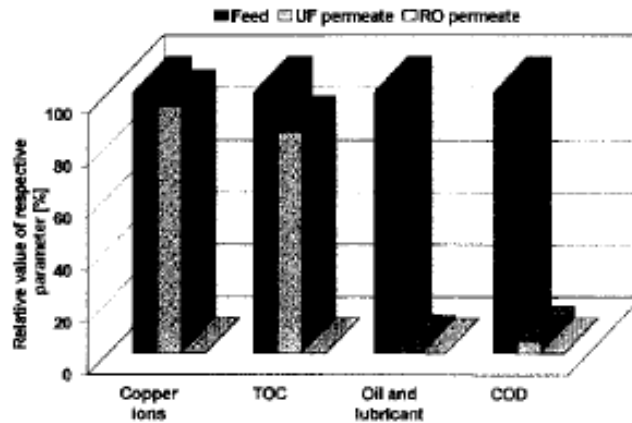
Characteristics of original waste emulsions from cable factory.

Parameter	Waste emulsions	
	DRAWLUB	WIROL 5000
Content of oil and lubricants (mg/dm ³)	257	147
Concentration of Cu ²⁺ ions (mg/dm ³)	988	1587
TOC (mg/dm ³)	1832	1173
TDS (mg/dm ³)	2123	2874
Electrical conductivity (μS/cm)	3076	3987
NTU	5145	8108
Suspended solids (mg/dm ³)	64	57
Average oil droplets size (μm)	0.4	0.1
pH	7.35	7.65

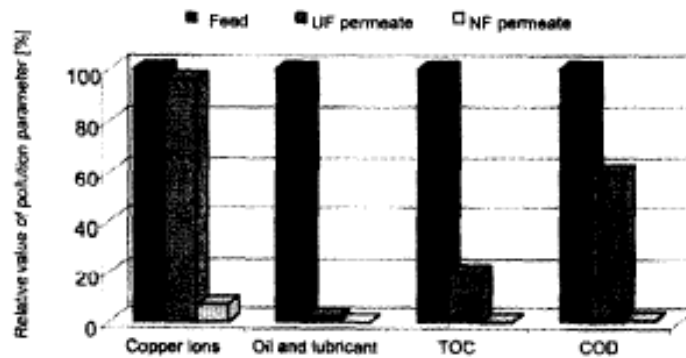


Rys.6. Rozkład wielkości kropelek w zużytej emulsji z fabryki kabli [H-13].

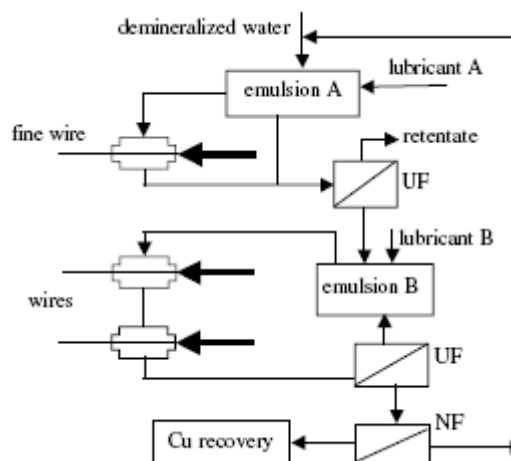
Cechą charakterystyczną tych ścieków jest przeciętna wielkość kropelek poniżej 1 μm, a więc o rząd wielkości mniejsza niż np. dla wód zęzowych, a ponadto wysokie stężenie jonów miedzi. W przypadku zastosowania układów zintegrowanych do oczyszczania ścieków o takiej charakterystyce uzyskano zerową zawartość oleju dla układu UF/RO [H-4] i UF/NF [H-6] i bardzo wysokie oddzielnie TOC, COD, a oddzielnie jonów miedzi wynosiło 99,75% dla RO, natomiast 92% dla procesu NF (rys. 7 i 8). Permeaty RO oraz NF były czystsze niż woda zastosowana do przygotowania emulsji (water reclamation).



Rys.7. Redukcja parametrów zanieczyszczeń z zużytej emulsji z fabryki kabli – układ zintegrowany UF/RO [H-4].



Rys.8. Redukcja parametrów zanieczyszczeń z zużytej emulsji z fabryki kabli – układ zintegrowany UF/NF [H-6].



Rys.9. Schemat układu zintegrowanego hybrydowego UF/NF do oczyszczania zużytej emulsji z fabryki kabli z odzyskiem miedzi [H-12].

Opracowane układy procesów zintegrowanych do oczyszczania zużytych emulsji z fabryki kabli z możliwością odzysku miedzi przedstawiono na rys. 9. Metody te zostały

również opatentowane [*Zał.3 IIC poz. 3*]. Istota sposobu, według wynalazku, polega na tym, że ścieki z poszczególnych operacji technologicznych wyciągania drutu miedzianego są oczyszczane w wybranym procesie membranowym i ponownie zawracane do obiegu technologicznego, a retentat NF może być wykorzystany do odzysku miedzi.

Opracowano również układy procesów zintegrowanych UF/NF do uzyskania zerowej zawartości oleju w ściekach zaolejonych [**H-10**], w fazie wodnej powstałej z uszlachetniania olejów słopowych [**H-11**], w ściekach z myjni samochodów [**H-7**] oraz z wody produkcyjnej z procesu szczelinowania hydraulicznego [**H-14**]. Przygotowanie otworu do wydobywania gazu łupkowego metodą szczelinowania hydraulicznego wymaga użycia znacznych ilości wody do przygotowania cieczy do szczelinowania oraz zastosowania dodatków w postaci propantu (zazwyczaj piasku) i wielu związków chemicznych [7]. Do przygotowania jednego otworu średnio używa się ok. 15000 m³ wody pobranej z lokalnych zasobów wód powierzchniowych. Po zakończeniu operacji szczelinowania powstają tzw. wody produkcyjne wypływające na powierzchnię odwiertu, które zawierają rozpuszczone sole w ilości 4–25%, zawiesiny, substancje ropopochodne oraz dodatki stosowane do przygotowania cieczy do szczelinowania. Ze względu na złożony skład ścieków ze szczelinowania hydraulicznego, należy zastosować oczyszczanie tych ścieków w celu spełnienia wymogów ochrony środowiska oraz możliwości ponownego użycia części oczyszczonych ścieków do kolejnej operacji szczelinowania. Oczyszczanie ścieków zaolejonych jest zagadnieniem złożonym. Wynika to z różnych właściwości olejów, stopnia ich dyspersji, charakter emulsji i wielu innych czynników. Dlatego nie ma uniwersalnych systemów odolejających i zastosowane metody oraz urządzenia dobiera się do ściśle określonych warunków. Proces UF w układach zintegrowanych odgrywa rolę obróbki wstępnej nadawy, co umożliwia zastosowanie modułów spiralnych do separacji w procesie NF. Główną zaletą zastosowania takiego układu jest otrzymanie permeatu NF całkowicie pozbawionego substancji ropopochodnych, co pozwala na praktyczną realizację zasady nowoczesnych procesów odolejania, tzn. zero oleju w ściekach.

Podsumowanie – elementy nowości naukowej.

Wyniki uzyskane podczas badań nad oczyszczaniem wód zęzowych, zaolejonych ścieków z zawartością miedzi z fabryki kabli, fazy wodnej pochodzącej z uszlachetniania olejów słopowych oraz ścieków z myjni samochodowej, pozwalają na sformułowanie poniższych wniosków:

1. Wody zęzowe oczyszczono do zerowej zawartości oleju stosując opracowane układy procesów zintegrowanych UF/RO oraz UF/NF.
2. Wody zęzowe oczyszczano do zerowej zawartości oleju stosując opracowane układy procesów hybrydowych: UF/fotokataliza oraz UF/MD.
3. Określono wartość granicznej rozdzielczości (MWCO) 70 kDa oraz 100 kDa dla membran UF w celu uzyskania zawartości substancji ropopochodnych poniżej 10 mg/dm³ w permeacie UF - spełniających wymagania rezolucji MARPOL 73/78.
4. Opracowane układy zintegrowane bazują na modułach rurowych w procesie ultrafiltracji, który jednocześnie pełni rolę najskuteczniejszego sposobu obróbki wstępnej nadawy do procesu RO lub NF z użyciem modułów spiralnych. W opracowanej metodzie wody zęzowe oczyszczano bez obróbki wstępnej.
5. Opracowano metodę oczyszczania zużytych emulsji z fabryki kabli do zerowej zawartości oleju stosując układy zintegrowane: UF/RO oraz UF/NF.
6. Opracowano metodę uzyskania wody procesowej z zużytych ścieków z fabryki kabli stosując układ zintegrowany UF/RO oraz układ hybrydowy UF/MD.
7. Opracowano metodę oczyszczania fazy wodnej z uszlachetniania olejów słopowych do zerowej zawartości oleju stosując układ zintegrowany UF/NF.



Literatura

- [1]. K. Magnusson, B. Forsman, Transportation of oils In the Baltic Sea Area. Helsinki Commission, 1996, Report 7596-1.
- [2]. Rezolucja IMO MEPC 107/49 konwencja MARPOL 73/78 PRS 2005.
- [3]. *Ultrafiltration and Microfiltration Handbook* (M. Cheryan, Editor) Technomic Publishing Company, Lancaster, 1998.
- [4]. *Nanofiltration – Principle and Application* (A.I. Schafer, A.G. Fane, T.D. Wait, Editors), Elsevier, Kidlington, 2005.
- [5]. *Reverse Osmosis* (Z. Amjad, Editor), Van Nostrand Reinhold, New York, 1993.
- [6]. M.S. El-Bourawi, Z. Ding, M. Khayet, *Journal of Membrane Science* 285 (2006) 4-29.
- [7] U. S. Department of Energy, Office of Fossil Energy. *Modern Shale Gas Development in the United States: A Primer*, Oklahoma, April 2009.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo - badawczych (~~artystycznych~~).

W roku 1970 rozpocząłem studia magisterskie na Wydziale Technologii Chemicznej Politechniki Szczecińskiej. Dyplom magistra inżyniera uzyskałem w roku 1975 na podstawie pracy „Wpływ warunków formowania na własności mechaniczne wysokoelastycznych włókien poliuretanowych w procesie formowania mokrego” wykonanej pod kierunkiem doc. dr inż. H. Wojcikiewicza i dr inż. H. Zarzyckiej.

W październiku 1975 roku rozpocząłem naukę na studiach doktoranckich z chemii i technologii organicznej Wydziale Technologii i Inżynierii Chemicznej Politechniki Szczecińskiej, które ukończyłem w marcu 1979 roku.

1 kwietnia 1979 roku zostałem zatrudniony na stanowisko starszego asystenta w Instytucie Technologii Nieorganicznej tego samego wydziału w Zakładzie Technologii Wody i Ochrony Powietrza w laboratorium przemysłowym mieszczącym się na terenie Papierni Skolwin. Wraz z rozpoczęciem pracy na stanowisku starszego asystenta powierzona mi została opieka nad instalacją pilotową do badania procesu odwróconej osmozy (RO) z modułem rurowym B1 firmy PCI, którą do dzisiaj obsługuję. W 1995 roku uruchomiłem na tej instalacji moduł spiralny firmy BW30-2540 firmy FilmTec do badania procesu odsalania wód słonawych (brackish water) charakteryzujących się całkowitą zawartością substancji rozpuszczonych (ang. total dissolved solids – TDS) w zakresie od 1000 do 10000 mg/dm³ prowadząc również badania możliwości odsalania wód słonawych z Morza Bałtyckiego (TDS ok. 7000 mg/dm³). Po modyfikacji instalacji pilotowej, którą przeprowadziłem w 1999 roku, na tejże instalacji uruchomiłem proces nanofiltracji (NF) początkowo z modułami rurowymi, a następnie również z modułami spiralnym jako jeden z nielicznych w Polsce w tamtym okresie. Możliwość prowadzenia procesu zarówno nanofiltracji jak i odwróconej osmozy z modułami spiralnymi wiązała się z koniecznością określania indeksu koloidalnego (ang. Silt Density Index - SDI) dla nadawy, dlatego uruchomiłem zestaw badawczy do oznaczania parametru SDI, powszechnie podawanego przez producenta modułów spiralnych do procesu zarówno nanofiltracji jak i odwróconej osmozy w specyfikacji fabrycznej modułów spiralnych (SDI <3). Ze względu na zjawisko foulingu membran RO i NF, przyjmuje się, że nadawa w procesie nanofiltracji i odwróconej osmozy może być oczyszczana z użyciem modułów spiralnych pod warunkiem, że wartość parametru SDI₁₅ jest poniżej 5, a najkorzystniej, gdy wartość SDI₁₅ nie przekracza poziomu 3. Jestem odpowiedzialny za badanie procesu nanofiltracji i odwróconej osmozy wykonywanych na tej instalacji pilotowej,

zarówno w ramach prac badawczych wykonywanych w Naszym Instytucie, jak i w ramach współpracy z przemysłem: Zakłady Chemiczne „ALWERNIA” S.A. – proces NF (1999), oczyszczalnia ścieków „OSTRÓW GRABOWSKI” w Szczecinie – oleje słopowe (2005) [Zal.2. poz. 8] oraz oczyszczanie fazy wodnej z uszlachetniania olejów słopowych - proces UF i NF (2007-2009), Fabryka Kabli w Załomiu – ścieki zaolejone z produkcji kabli - proces UF, NF i RO (2000-2007), Zakłady Chemiczne Stilon w Gorzowie - ścieki z produkcji kaprolaktamu – proces RO (2007), oraz innymi ośrodkami badawczymi jak Politechnika Łódzka – zateżanie soku ziemniaczanego w procesie ultrafiltracji (1995), Wyższa Szkoła Morska w Szczecinie – oczyszczanie wód zęzowych w procesie ultrafiltracji (1997), Uniwersytet im. A. Mickiewicza w Poznaniu – ścieki z pralni przemysłowych – proces nanofiltracji (2012). Aktualnie prowadzę badania rozdzielania kwasów karboksylowych i 1,3-propanodilu z brzezki fermentacyjnej w procesie nanofiltracji i odwróconej osmozy z zastosowaniem modułów rurowych i spiralnych wykonywane w ramach projektu pt.: „Biotechnologiczna konwersja glicerolu do polioli i kwasów dikarboksylowych” o akronimie „ZIELONA CHEMIA” – Projekt PO IG 01.01.02-00-07/09 współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego – INNOWACYJNA GOSPODARKA.

Moja aktywność naukowa związana była od początku z badaniem procesów membranowych: początkowo odwróconej osmozy i ultrafiltracji, a w okresie późniejszym również procesu nanofiltracji, a ściślej - z badaniem wpływu warunków formowania na właściwości separacyjne i transportowe membran płaskich, rurowych i kapilarnych z różnych polimerów: 2,5 octanu celulozy i poliamidy aromatyczne otrzywane we własnym zakresie (praktyczne zastosowanie wyników badań mojej pracy doktorskiej na syntezą poliamodobenzhydrazydów) – membrany do odwróconej osmozy, natomiast poliuretany, PCV, poliakrylonitryl (PAN) i 2,5 octanu celulozy – do formowania membran do procesu ultrafiltracji głównie pod kątem zastosowania w przemyśle mleczarskim, ziemniaczanym do zateżania soku ziemniaczanego, papierniczym – oczyszczanie ścieków z korowalni i wody białej, w porcie Szczecin – oczyszczanie wód zęzowych oraz w przemyśle motoryzacyjnym do odzysku farby anaforetycznej (farba wodorozcieńczalna niezawierająca ołowiu ani innych metali ciężkich) stosowanej do malowania w systemie anaforetycznym (przedmiot malowany jest anodą) karoserii samochodów ciężarowych marki „Żuk” w Lublinie. Największym moim osiągnięciem w tamtym okresie była konstrukcja i wykonanie automatycznej instalacji do formowania membran rurowych do procesu ultrafiltracji z różnych dostępnych wówczas

polimerów produkcji krajowej: poliuretany, PCV, poliakrylonitryl (PAN) i importowanych - 2,5 octanu celulozy oraz opracowanie i wykonanie konstrukcji modułu rurowego do procesu ultrafiltracji. Ponadto zaprojektowałem i zbudowałem instalację pilotową do badania procesu ultrafiltracji z modułami rurowymi własnej konstrukcji, w której zastosowano nowatorski sposób mycia membran rurowych z użyciem gąbczastych kul. Po reorganizacji Laboratorium Technologii Membranowej i przeniesieniu laboratorium z terenu Papierni Skolwin do obecnej lokalizacji, instalacje pilotowe zostały zdemontowane ze względu na znaczne rozmiary, nie pozwalające na ich użytkowanie w obecnej lokalizacji. Spowodowało to konieczność budowy nowej instalacji pilotowej w celu kontynuacji badań procesu UF z modułami rurowymi w oczyszczaniu ścieków zaolejonych oraz w dalszej kolejności zastosowanie w badaniach również przemysłowego modułu rurowego firmy PCI z membranami z PVDF mając na uwadze możliwość budowy instalacji przemysłowej do oczyszczania wód zęzowych w porcie Szczecin lub na terenie oczyszczalni ścieków Ostrów Grabowski, gdzie podczas uszlachetniania olejów słopowych powstawała faza wodna, z zawartością substancji ropopochodnych, a badania przeprowadzone przeze mnie wykazały, że można uzyskać zerową zawartość oleju po procesie UF. W ostatnich latach zmodyfikowałem instalację pilotową UF w celu wykonywania badań również z modułem spiralnym do oczyszczania ścieków zaolejonych. Stanowisko badawcze uzupełniłem nowoczesną aparaturą analityczną do określania zawartości oleju w ściekach i permeatach UF firmy HORIBA – analizator zawartości oleju OCMA310, a następnie uruchomiłem o zestaw do regeneracji rozpuszczalnika S-316. Tematyka mojej pracy doktorskiej „Synteza, właściwości i zastosowanie poliamidobenzhydrazydów”, której promotorem był doc. dr inż. Henryk Wojcikiewicz, dotyczyła poszukiwań nowych polimerów (poliamidy aromatyczne), które miały być zastosowane do formowania membran płaskich do odwróconej osmozy w celu ich zastosowania do odsalania wód kopalnianych. Takie właśnie poliamidy aromatyczne typu NomexTM i KevlarTM na bazie chlorków kwasu tereftalowego lub izoftalowego i aromatycznych diamin wówczas wytwarzał koncern Du Pont, USA, które zastosowano w słynnym na całym świecie module PermasepTM B9 z włóknami kapilarnymi (ang. hollow fibre) do odsalania wód morskich i oceanicznych. Najistotniejszym elementem w syntezie poliamidów aromatycznych była możliwość zastąpienia diamin odpowiednimi aminohydrazydami lub dihydrazydami aromatycznych kwasów dikarboksylowych, które można otrzymywać z surowców dostępnych w Polsce (lata osiemdziesiąte ubiegłego stulecia), a syntezę aramidów prowadzić różnymi metodami wykorzystując różnicę w reaktywności między aromatyczną grupą aminową a hydrazydową, tym samym wychodząc z

tych samych surowców otrzymać szereg polimerów różniących się budową własnościami. Wyroby formowane z poszczególnych poliamidobenzhydrazydów w postaci folii lub włókien można poddawać dodatkowo obróbce termicznej, co prowadzi przede wszystkim do podwyższenia odporności cieplnej wyjściowych polimerów. W swojej pracy zdecydowałem się na syntezę poliamidobenzhydrazydów na bazie p-aminobenzhydrazidu otrzymywanego we własnym zakresie i chlorku tereftaloilu lub izoftaloilu lub ich mieszaniny w odpowiednich stosunkach otrzymując polimery o budowie częściowo uporządkowanej (w sensie regularności rozmieszczenia jednostek strukturalnych wzdłuż łańcucha polimeru, tj. uporządkowania chemicznego). Otrzymane przeze mnie poliamidobenzhydrazydy zastosowałem do formowania membran płaskich wg metody Loeba-Sourirajana do procesu odwróconej osmozy. Membrany takie miały strukturę asymetryczną, a własności użytkowe tych membran zależały od składu roztworu do formowania membran, warunków częściowego odparowania rozpuszczalnika, żelowania i obróbki końcowej (wygrzewanie). Stopień doktora nauk chemicznych w dziedzinie nauki techniczne, specjalność technologia chemiczna uzyskałem 25 czerwca 1981 roku. Wyniki pracy opublikowane zostały w serii artykułów w *Polimery - Tworzywa Wielkocząsteczkowe [Zał.3 pkt. IIA przed dokt. poz.1]* oraz *[Zał.3 pkt. IIA po dokt. poz.1-3]* i przedstawione na konferencjach krajowych w formie komunikatów.

Z dniem 1 października 1984 roku, zatrudniony zostałem na etacie adiunkta w Instytucie Technologii Nieorganicznej, po zmianach organizacyjnych dokonanych 01.04.2000 i 01.01.2009 - w Instytucie Technologii Chemicznej Nieorganicznej i Inżynierii Środowiska Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie.

W październiku 1998 roku w dniach 14-31 w ramach programu SOCRATES: HIGHER EDUCATION (ERASMUS) wyjechałem na Universitat de Barcelona (Hiszpania) i Universidade de Aveiro (Portugalia) w celu przygotowania i podpisania umowy **Bilateral Agreement for the Academic Year 1999/2000** na wymianę studentów i doktorantów naszego Wydziału Technologii i Inżynierii Chemicznej Politechniki Szczecińskiej *[Zał.2. poz. 1]*. Moje zaangażowanie w realizacji programu SOCRATES dotyczące wymiany studentów i doktorantów zostało docenione przez dziekana Facultat de Quimica, Universitat de Barcelona Prof. Dr. Fidel Cunill, który przedłużył umowę na wymianę studentów i doktorantów - **Bilateral Agreement for the Academic Year 2006/2007 [Zał.2 pkt. poz. 2]**.

Oprócz rozwijania własnych zainteresowań badawczych, w trakcie całej mojej pracy zawodowej biorę czynny udział w projektach badawczych realizowanych w macierzystym

Instytucie. Dotychczas byłem wykonawcą 7 projektów badawczych finansowanych przez KBN lub MNiSW oraz w projekcie specjalnym SINGAPUR/40/2006 „**Oczyszczanie wody metodą bezpośredniej kontaktowej destylacji membranowej**”, 11.2006 – 11.2009, Politechnika Szczecińska i **Projekt PO IG 01.01.02-00-074/09** współfinansowany ze **środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego „Biotechnologiczna konwersja glicerolu do polioili i kwasów dikarboksyłowych” – realizowany obecnie [Zał.2. poz. 3]**. Byłem kierownikiem trzech grantów tematycznie związanych z rozprawą habilitacyjną.

Za pracę naukową zostałem 4 razy uhonorowany nagrodami indywidualnymi Rektora Politechniki Szczecińskiej, nagrodą zespołową III stopnia Ministra Edukacji Narodowej z tytułu osiągnięć naukowych i postępu naukowo-technicznego, nagrodą zespołową II stopnia Rektora Politechniki Szczecińskiej za osiągnięcia dydaktyczno-naukowe, nagrodą jubileuszową Rektora Politechniki Szczecińskiej za 25 lat pracy i za 30 lat pracy, nagrodami indywidualnymi, II i III stopnia Rektora Politechniki Szczecińskiej za twórcze osiągnięcia naukowe, nagrodą jubileuszową Rektora Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie (wcześniej Politechniki Szczecińskiej) za 35 lat pracy.

Znaczną część swojego czasu poświęcam pracy dydaktycznej. Obecnie prowadzę wykłady z kluczowych przedmiotów na kierunku studiów „Ochrona Środowiska” – „**Wymogi prawa UE wobec zagrożeń środowiska**” oraz na kierunku studiów „Technologia Chemiczna” - „**Zarządzanie jakością i bezpieczeństwem w przemyśle chemicznym w UE**” oraz zajęcia audytoryjne z przedmiotu „**Angielska terminologia w ochronie środowiska**” kierunku studiów „Ochrona Środowiska”, „**Angielska terminologia techniczna i nanotechnologiczna**” i „**Projekt nanotechnologiczny**” na kierunku studiów „Nanotechnologia”, ćwiczenia audytoryjne z przedmiotów „**Operacje rozdzielania mieszanin**” i „**Zarządzanie zasobami ludzkimi i projektami**” na kierunku studiów „Technologia Chemiczna”, zajęcia laboratoryjne z „**Uzdatnianie wody**” na kierunku studiów „Ochrona Środowiska”, z „**Technologie chemiczne – procesy przemysłowe syntezy chemicznej**” na kierunku studiów „Technologia Chemiczna” oraz z „**Chemia budowlana**” na kierunku studiów „Budownictwo lądowe”.

Byłem **opiekunem 23 prac magisterskich**. Prace te związane były bezpośrednio z prowadzonymi przeze mnie badaniami. Od kilku lat jestem odpowiedzialny za przygotowanie wizyty dla studentów w oczyszczalni ścieków „OSTRÓW GRABOWSKI” w Szczecinie w

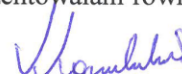
ramach przedmiotu „Uzdatnianie wody” na kierunku studiów „Ochrona Środowiska”, co umożliwi mi stały kontakt z przemysłem. Zajęcia odbywają się na terenie zakładów zajmujących się oczyszczaniem ścieków pochodzących ze statków oraz portu w Szczecinie. Studenci bardzo cenią sobie te zajęcia, ponieważ są one cennym uzupełnieniem wiedzy teoretycznej zdobytej podczas wykładów.

Moje doświadczenie naukowe znalazło również uznanie w międzynarodowym środowisku naukowym, o czym świadczy wyróżnienie na międzynarodowej konferencji **EUROMEMBRANE '97** [Załącznik 2, poz. 4], szereg zaproszeń do wykonania recenzji publikacji w takich prestiżowych czasopismach jak *Journal of Membrane Science* [Załącznik 2, poz. 5], *Desalination*, *Journal of Hazardous Materials*, *Chemical Engineering Journal*, *Polish Journal of Chemical Technology*.

Znaczenie moich publikacji z zakresu oczyszczania zaolejonych ścieków przemysłowych ścieków podkreśla fakt, że niektóre z nich zostały włączone do **bazy danych CSA**, a mianowicie do **Pollution Abstracts from CSA Environmental Science Collection** [Załącznik 2, poz. 6] oraz do bazy **the Aqualine database from CSA** [Załącznik 2, poz. 7].

Od kilku lat czynnie uczestniczę w dniach otwartych organizowanych przez Naszą uczelnię [Załącznik 2, poz. 9]. Zachęcam młodych ludzi do studiowania na Naszym Wydziale, poprzez prezentację Naszego Instytutu [Załącznik 2, poz. 10]. Prowadziłem również wykłady na **Letniej Szkole Membranowej** [Załącznik 2, poz. 11]. Przez wiele lat byłem opiekunem grup studenckich odbywających praktyki przemysłowe w papierni „Skolwin” w Szczecinie. Opiekowałem się także studentami z wymiany zagranicznej: studentki ze Szwajcarii i Francji oraz student ze Szwajcarii. Od początku powstania w roku 1999 naszego czasopisma **Polish Journal of Chemical Technology** należałem do **EDITORIAL BOARD** [Załącznik 2, poz. 12]. Ponadto byłem odpowiedzialny za prowadzenie korespondencji z **PHILADELPHIA INSTITUTE** w celu uzyskania **Impact Factor (IF)** dla tego czasopisma zakończona pomyślnie w roku 2011 gdyż czasopismo uzyskało **IF=0,333**.

Mój dorobek naukowy po uzyskaniu stopnia doktora obejmuje **38** publikacji (łącznie **IF(2012)=62,829**, **IF z roku publikacji=26,367 według JCR**) w tym **26** publikacje w czasopismach z listy filadelfijskiej oraz **12** w innych, **4** patenty i oraz **2** zgłoszenia patentowe. Według *Web of Science* **liczba cytowań** wszystkich artykułów to **396** (bez **autocytowań 366**), **indeks Hirscha** wynosi **12**. Wyniki swojej pracy naukowej prezentowałam również na **16** konferencjach międzynarodowych i **4** konferencjach krajowych.



Załącznik 2. poz. 1



UNIVERSITAT DE BARCELONA



**SOCRATES Programme: HIGHER EDUCATION (ERASMUS)
Bilateral Agreement for the Academic Year 1999/2000**

between	Universitat de Barcelona E BARCELO01
contact person (name-address-phone-fax)	Dr. Fidel Cunill Martí i Franquès 1-11; 08028 Barcelona (Spain) tel: +34934021304; Fax: +34934111492; e-mail: cunill@angel.ub.es
and	Politechnika Szczecińska PL SZCZECI02
contact person (name-address-phone-fax)	Dr. Krzysztof Karakulski ul. Pulaskiego 10; 70-322 Szczecin (Poland) tel:+48914494730;fax:+48914330352;e-mail: peteatp1@mailbox.tuniv.szecin.pl

The above mentioned parties agree to cooperate in the following activities within the SOCRATES Programme. Both parties agree to adhere to the principles and conditions as stated in the SOCRATES guideline 1998, the Application Forms and, in case of approval, the contract. Both parties will endeavor to carry out the agreement as best possible, even if funds granted from EU Commission should be lower than expected, and will make efforts to seek complementary funding.

OMS: Student Mobility

Subject Area		Level			Country		Total number	
Code	Name	Under-graduate	Post-graduate	Doctoral	From	To	Students	Students months (=sum)
13.3	Chemistry	x			ES	PL	2	10
13.3	Chemistry	x			PL	ES	2	10
13.3	Chemistry		x		ES	PL	1	6
13.3	Chemistry		x		PL	ES	1	6

TS: Teaching staff mobility of short duration (1-8 week)

Subject Area Code	Topic(s) taught	Name of staff member	Home country	Host country	Duration in number of weeks	Number of teaching hours per week

ETF: ERASMUS Teaching Fellowship of medium duration (2-6 months)

Subject Area Code	Topic(s) taught	Name of staff member	Home country	Host country	Duration in number of weeks	Number of teaching hours per week

PV: Preparatory visits

Name of the staff member	ERASMUS activity in which future cooperation will be established (OMS,TS,EM etc.)	Subject Area Code	Home country	Host country	Visit duration in number of days

Curricular Projects (CDI,CDA,EM,ILC)

Project title:	Project type
Name and ERASMUS ID code of the coordinating institution:	

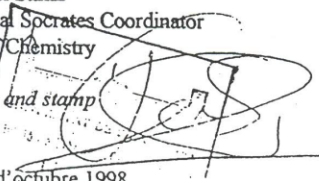

Should the two institutions cooperate in more than one project, please make copies of this table or follow its layout.

IP. Intensive Programmes

IP title
Name and ERASMUS ID code of the coordinating institution:

Should the two institutions cooperate in more than one project, please make copies of this table or follow its layout.

Signature of the authorised representatives of both institutions:

<p><i>Name of Institution:</i> Universitat de Barcelona</p> <p><i>Name and status of representative:</i> Dr. Daniel Sainz Institutional Socrates Coordinator Faculty of Chemistry</p> <p><i>Signature and stamp</i> </p> <p><i>Date:</i> 20 d'octubre 1998</p>	<p><i>Name of Institution:</i> Politechnika Szczecińska</p> <p><i>Name and status of representative:</i> Dr. Krzysztof Karakulski Commissioner of Dean</p> <p><i>Signature and stamp</i>  POLITECHNIKA SZCZECIŃSKA Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej 71-065 SZCZECIN, Al. Piastów 42 tel. 34-30-86, 49-49-64</p> <p><i>Date:</i> 20 october 1998</p>
---	---

Załącznik 2. poz. 2



UNIVERSITAT DE BARCELONA



SOCRATES Programme: HIGHER EDUCATION (ERASMUS)
Bilateral Agreement for the Academic Years 2006/2007

between	Universitat de Barcelona E BARCELO 01
Institutional contact person (name-address-phone-fax-e-mail)	Prof. Dr. Carme Sans Oficina de Relacions Internacionals, Facultat de Química C/Martí i Franquès 1, 08028 Barcelona Tel: +34 93 402 1313 ; Fax: +34 93 411 1492 ; e-mail: carmesans@ub.edu
Academic contact (name-address-phone-fax-e-mail)	Prof. Dr. Fidel Cunill Departament d'Enginyeria Química i Metal·lúrgica, Facultat de Química C/Martí i Franquès 1, 08028 Barcelona Tel: +34 93 402 1304 ; Fax: +34 93 402 1291 ; e-mail: cunill@angel.qui.ub.es
and	Politechnika Szczecińska PL SZCZECI 02
Institutional contact person (name-address-phone-fax-e-mail)	Dr Krzysztof Karakulski ul. Pulaskiego 10 70-322 Szczecin Tel: +48 91 449 4730; Fax: +48 91 433 0352; e-mail: petaatp1@mailbox.tuniv.szecin.pl
Academic contact (name-address-phone-fax-e-mail)	

The above mentioned parties agree to cooperate in the following activities within the SOCRATES Programme. Both parties agree to adhere to the principles and conditions as stated in the SOCRATES guidelines and the Institutional Contract. Both parties will endeavour to carry out the agreement as best possible, even if funds granted from EU Commission should be lower than expected, and will make efforts to seek complementary funding.

OMS: Student Mobility

Subject Area		Level			Country		Total number	
Code	Name	Under-graduate	Post-graduate	Doctoral	From	To	Students	Students months (=sum)
13.3	Chemistry	X			ES	PL	2	10
13.3	Chemistry	X			PL	ES	2	10
13.3	Chemistry		X		ES	PL	1	6
13.3	Chemistry		X		PL	ES	1	6

Zał.2. poz. 3



Szczecin, 29.05.2013r.

ZAŚWIADCZENIE

Pani dr inż. Krzysztof Karakulski, od stycznia 2011r. wykonuje prace badawcze (ekspert ds. technik membranowych używanych w skali przemysłowej) w ramach projektu PO IG 01.01.02-00-074/09 „Biotechnologiczna konwersja glicerolu do polioli i kwasów dikarboksyłowych” o akronimie „ZIELONA CHEMIA” w Zachodniopomorskim Uniwersytecie Technologicznym w Instytucie Technologii chemicznej Nieorganicznej i Inżynierii Środowiska pod kierunkiem dr hab. inż. Marka Gryty, prof. ZUT.

Zakres dodatkowych obowiązków wykonywanych przez p. dr inż. Krzysztofa Karakulskiego w projekcie:

- Dobór materiału membranowego i przygotowanie stanowisk badawczych
- Badania charakterystyki modułów membranowych wyznaczenie strumienia maksymalnego wpływ ciśnienia procesowego
- Badania separacji kwasów organicznych, jak cytrynowy i octowy
- Badanie separacji glicerolu
- Badania separacji alkoholi – 1,2-propanodiol, 2,3-butanodiol,
- Badania separacji w układach zintegrowanych
- Badania wpływu obecności jednych substancji na rozdział drugich
- Badania wpływu pH roztworu na rozdział
- Badania długoterminowe – rozwój foulingu, zmiana stopnia separacji
- Badania możliwości regeneracji wydajności modułów poprzez operację ich mycia
- Badania separacji komórek – mętność i SDI, analiza wielkości cząstek
- Badania odwadniania roztworów pofermentacyjnych
- Badania separacji mieszaniny kwasów jedno- i dwukarboksyłowych w małych stężeniach oraz glicerolu i soli mineralnych

Z poważaniem

KIEROWNIK PROJEKTU

 dr hab. inż. Marek Gryta
 Prof. ZUT

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

Biurowisko Partnera Projektu ZIELONA CHEMIA
 70-322 Szczecin, ul. Pułaskiego 10 (p. 18 B)
 tel. (091) 449 4244 fax (091) 449 4686
 zielonachemia@zut.edu.pl



Zachodniopomorski
 Uniwersytet
 Technologiczny
 w Szczecinie



Zał.2. poz. 4



EUROMEMBRANE '97
 "Progress in Membrane Science and Technology"



June 23 - June 27, 1997
 University of Twente, The Netherlands

Technical University of Szczecin
 Institute of Inorganic Chemical Technology
 Dr. K. Karakulski
 Ul. Pulaskiego 10
 PL-70322 SZCZECIN
 Poland

your reference		phone	++31 (0)53 489 2951/2950
our reference	970386/CT45/vrt	fax	++31 (0)53 489 4611
date	21 July 1997	e-mail	h.strathmann@ct.utwente.nl
subject	Euromembrane'97		

Dear Mr. Karakulski,

On behalf of everyone involved in Euromembrane'97 we would like to thank you for your presentation at this symposium.

When you are interested in publication in the Journal of Separation and Purification Technology, please send your manuscript, one original and three copies, before September 1, 1997 to:

Mrs. M.I. van der Voort - Kamminga
 University of Twente
 Dept. of Chemical Technology
 P.O. Box 217
 7500 AE Enschede
 The Netherlands

Yours sincerely,


 Prof.dr. H. Strathmann


 Dr.ir. Th. van den Boomgaard

Symposium Secretariat

University of Twente, P.O. Box 217, NL-7500 AE Enschede, The Netherlands

Zał.2. poz. 5

Journal of Membrane Science

Published by
ELSEVIER SCIENCE PUBLISHERS

Department of Chemical Engineering
University of Texas at Austin
Austin, Texas 78712-1062
Phone (512) 471-5866 Fax (512) 471-9643

William J. Koros, *Editor-in-Chief*

August 7, 1997

Dr. K. Karakulski
Technical University of Szczecin
Institute of Inorganic Chemical Technology
Ul. Pulaskiego 10
PL-70322 SZCZECIN, Poland

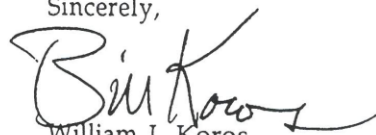
Dear Dr. Karakulski:

Occasionally our journal receives manuscripts that I believe fall within your area of expertise. We would like to have your help in evaluating these manuscripts.

The success of the peer review system depends on sending each manuscript to appropriate and interested experts in the field. We maintain a file on each reviewer which includes information on expertise that helps us properly match reviewers with manuscripts. With your permission, we would like to include such information about you. Would you please complete the enclosed expertise questionnaire and return it to me? Written comments about your interests would be especially helpful to our editors.

We try not to impose unduly on our reviewers, and in no case would we send more than 3 or 4 manuscripts a year. Generally, you would expect less. I hope you will agree to help us in this important function.

Sincerely,


William J. Koros
Editor-in-Chief

Enclosure

Załącznik 2. poz. 6**Krzysztof Karakulski**

Od: "authorrelations@csa.com" <authorrelations@CSA.COM>
Do: <peteatp1@MAILBOX.TUNIV.SZCZECIN.PL>
Wysłano: 30 sierpnia 2002 16:00
Temat: Your Article Has Been Abstracted in a CSA Database
 Dear Dr. "Karakulski, K."

I wanted to inform you that abstract and index information for your publication referenced below has been included, at no cost to you, as part of Pollution Abstracts from CSA. This database is the basis for our journal Pollution Abstracts and the CSA Environmental Sciences Collection.

Title: Purification of copper wire drawing emulsion by application of UF and RO
 Journal: Desalination
 ISSN/ISBN: 0011-9164
 Source: Vol 131 Iss 1-3 Page: 87-95

More than 4000 institutions worldwide subscribe to databases through CSA's Internet Database Service. Last year, more than 100,000 users performed more than 2,000,000 searches using our databases. We not only make it easier for people to find out about your research, but we also provide special links to electronic fulltext and links to commercial document delivery services to help them get the actual documents.

If you would like more information about Pollution Abstracts database or the CSA Environmental Sciences Collection, please access www.csa.com/authors.

If your institution does not subscribe to Pollution Abstracts or the CSA Environmental Sciences Collection, we will be happy to offer complimentary trial access at the request of your library. Please have them access www.csa.com/csa/ids/trialsub.shtml

CSA is dedicated to uniting researchers with research. We are very pleased to have information about your work in our database.

Best regards,

Emily Fair
 Author Relations
www.csa.com

 We sent you this message because we thought you would be interested that we have indexed your research. Please reply with "Remove Author" in the subject line if you do not wish to receive further messages of this kind.

Załącznik 2. poz. 7

Krzysztof Karakulski

Od: "CSA" <enews@csa.com>
Do: <peteatp1@mailbox.tuniv.szczecin.pl>
Wysłano: 19 sierpnia 2006 00:08
Temat: Your Abstract is Published on CSA Illumina



Dear K Karakulski:

We wish to inform you that abstract and index information for your publication referenced below has been provided to you at no cost to you as part of the *Aqualine* database from CSA.

Title: Treatment of wastewater from car washes by ultrafiltration

Journal: Fresenius Environmental Bulletin

Link: [Click here to obtain a copy of your CSA-published abstract.](#)

More than 4,000 institutions worldwide subscribe to databases through CSA Illumina. Last year, a total of 20 million sign-ups and more than 230 million queries. We not only make it easier for other scholars to find out about your work, we also provide links to electronic full-text as well as commercial document delivery services in order to provide the actual documents.

If your institution does not subscribe to *Aqualine* from CSA, we are happy to offer complimentary access to your library. Kindly recommend that your librarian contact sales@csa.com for more information.

CSA's mission is to provide information services that take full advantage of technology to aid research for discovery. We are very pleased to include information about your work in our database.

Best regards,

CSA

[About Us](#) | [Privacy Policy](#) | [Unsubscribe](#)

CSA* 7200 Wisconsin Ave, Suite #6

Zał.2. poz. 8

SPÓŁKA WODNA**„MIĘDZYODRZE”**

Spółka Wodna „Międzyodrze”, ul. Przejazd 14, 70-607 Szczecin, tel./fax: +48 91 46 23 965, 46 23 966, 46 23 967

Członek Krajowego
Forum Spółek Wodnych

Szczecin, dn. 03.02.2005 r.

MI/5/2005

Politechnika Szczecińska Instytut
Technologii Chemicznej Nieorganicznej
i Inżynierii Środowiska
ul. Pułaskiego 10
70-322 Szczecin**2002**
L I D E R
P O L S K I E J
E K O L O G I IDotyczy: współpracy w badaniach nad nową technologią uszlachetnienia olejów
słopowych ze statków

Spółka Wodna „Międzyodrze” w Szczecinie pragnie podziękować Panu prof. dr hab. Antoniemu Morawskiemu oraz dr inż. Krzysztofowi Karakulskiemu za wykonany I etap pracy badawczo-rozwojowych nad badaniem olejów słopowych, który umożliwia nam rozpoczęcie prób na skalę półtechniczną i opracowanie wspólnie nowej technologii uszlachetniania tych olejów. Firma nasza jest żywotnie zainteresowana stałą współpracą z Panem profesorem oraz dr inż. Krzysztofem Karakulskim w celu dokończenia rozpoczętych prac i oferuje pomoc po przez przekazywanie w użytkowanie niezbędnej aparatury badawczej do tego celu. Również dr inż. Krzysztof Karakulski naszym zdaniem winien brać udział w próbach technologicznych na zainstalowanych urządzeniach z firmy Flottweg z Niemiec i pobierać próbki uzyskanego oleju do dalszych badań fizyko-chemicznych na Politechnice.

Sądzymy, że wspólna działalność przyniesie spodziewane efekty gospodarcze w odzysku surowców wtórnych ze statków w porcie szczecińskim. Dalsze zlecenia w/w prac omówimy na spotkaniu z Panem profesorem w terminie do 16.02.2005 r.

Konta:

B.O.Ś. O/Szczecin
86 1540 1085 2001
5310 2616 0002BANK PEKAO S.A.
III O/Szczecin
77 1240 3826 1111
0000 4410 7655NIP: 852-000-21-85
REGON: 810550009E-mail:
info@miedzyodrze.pl
swmiedz@sz.home.pl

www.miedzyodrze.pl

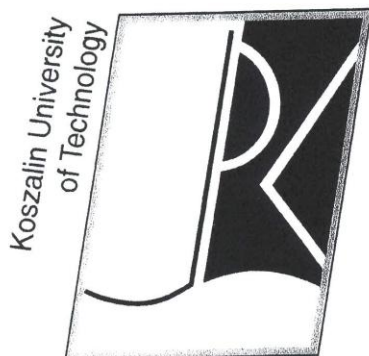
OCZYSZCZALNIA
ŚCIEKÓW
„Ostrów Grabowski”ul. Przejazd 14
70-607 Szczecintel. +48 91 46 23 491
fax +48 91 46 23 545

Z poważaniem

Inżynier Projektu Rozbudowy
Oczyszczalni Ścieków
„OSTRÓW GRABOWSKI” w Szczecinie

mgr inż. Zdzisław Stankiewicz

Załącznik 2, poz. 9



CERTYFIKAT

dla

dr. inż. Krzysztofa Karakulskiego
z Politechniki Szczecińskiej

potwierdzający udział

w V Zachodniopomorskim Festiwalu Nauki w Koszalinie
zorganizowanym w Politechnice Koszalińskiej
w dniach od 22 do 23 września 2005 r.

W imieniu społeczności akademickiej Politechniki Koszalińskiej
życzymy dalszych sukcesów naukowych i dydaktycznych.

PROREKTOR

ds. Nauki i Współpracy z Gospodarką


prof. dr hab. inż. Tomasz Heese

Koszalin, wrzesień 2005 r.

Załącznik 2. poz. 10

Zespół Szkół Ogólnokształcących
im. Jana Pawła II
ul. Kościuszki 1
72-248 POBIEROWO
tel/fax (091) 38 64 200

PODZIĘKOWANIE
DLA
dr KRZYSZTOFA KARAKULSKIEGO

za

- przeprowadzenie wyjątkowo ciekawych zajęć dotyczących nanofiltracji,
- uaktywnienie uczniów w zajęciach badania twardości wody ,
- uczestnictwo w produkcji wody oraz jej degustacji,
- prezentacji multimedialnej oraz za nieodpłatne przekazanie sprzętu i szkła laboratoryjnego.

Zespół Szkół Ogólnokształcących im. Jana Pawła II w Pobierowie dziękuje za możliwość korzystania z profesjonalnego laboratorium. Taka forma zajęć pozwala uczniom porównać standard tych zajęć, pozwala wyrównać szanse edukacyjne i uatrakcyjnia lekcje.

z wyrazami wdzięczności

Dyrektor Szkoły

DYREKTOR SZKOŁY
w Pobierowie
Jolanta Pytlas

opiekun grupy

i uczniowie

Załącznik 2, poz. 11



INSTYTUT TECHNOLOGII CHEMICZNEJ
NIEORGANICZNEJ I INŻYNIERII ŚRODOWISKA
POLITECHNIKI SZCZECIŃSKIEJ
ORAZ

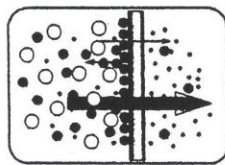


SEKcja MEMBRAN POLSKIEGO TOWARZYSTWA CHEMICZNEGO

V LETNIA SZKOŁA MEMBRANOWA

„Membrany i techniki membranowe
w technologii chemicznej i inżynierii środowiska”

Szczecin – Kołobrzeg, 27 – 30 kwietnia 2003 r.



W imieniu Komitetu Organizacyjnego
oraz

Sekcji Membran Polskiego Towarzystwa Chemicznego
składamy serdeczne podziękowania

Panu dr inż. *Krzysztofowi Karakulskiemu*

za przygotowanie i wygłoszenie wykładu pt.

„Moduły membranowe i instalacje”

Przewodniczący Komitetu

prof. dr hab. inż. Kazimierz Kałucki

Organizator Szkoły

dr hab. inż. Maria Tomaszewska, prof. PS

Zał.2. poz. 12

POLISH JOURNAL of CHEMICAL TECHNOLOGY

EXECUTIVE EDITORIAL BOARD

EDITOR-in-Chief:

RYSZARD JÓZEF KALEŃCZUK

e-mail: rk@ps.pl

DEP. EDITOR-in-Chief:

MARIA URSZULA TOMASZEWSKA

e-mail: maria.tomaszewska@ps.pl

*Institute of Chemical and Environment Engineering,
Szczecin University of Technology, 70-322, Szczecin, Poland*
Phone: (+48 91) 44 94 694

EDITORIAL BOARD

Jan Dudeczak

Alina Doroch

Zdzisław Jaworski

Krzysztof Karakulski

Antoni Waldemar Morawski

Andrzej W. Pacek

Tadeusz Spychaj

ADVISORY BOARD

*(Members of The Permanent Committee
of the Congresses of Chemical Technology):*

Marian Taniewski (Chairman)

Roman Dziembaj

Henryk Górecki

Edward Grzywa

Jacek Kijeński

Jerzy Kropiwnicki

Wojciech Lubiewa-Wieleżyński

Jerzy Majchrzak

Mirosław Malinowski

Henryk Nierebiński

Tadeusz Paryjczak

Juliusz Pernak

Marian Zaborski

Kazimierz Zagózda

Jan Zawadiak

Polish Journal of Chemical Technology

is a quarterly publication which reports industrial and academic research in the broad fields chemical technology with special focus on fundamentals, processes, and products. Papers may be based on work that is experimental or theoretical, mathematical or descriptive, chemical or physical. In addition to fundamental research (in such areas as thermodynamics, transport phenomena, chemical reaction kinetics and engineering, catalysis, separations, interfacial phenomena, and materials), papers may deal with process design and development (for example, synthesis and design methods, systems analysis, process control, schemes for data correlation, modeling and scale-up procedures, etc.) and product research and development involving chemical and engineering aspects. Papers are accepted on the basis of judgement of their quality and probable lasting value and must reflect conclusions of general significance rather than simply the reporting of data or calculations. Clarity and conciseness of presentation are key considerations in selection of papers.

Acknowledgements

The editors would like to thank Prof. Zdzisław Jaworski for his cooperation during the preparation of the issue.

**The issued publication is subsidized
by Ministry of Science and
Information Society Technologies.**

SUBSCRIPTION INFORMATION 2006

Prices are available from the publishers upon request. Subscriptions are accepted on a prepaid basis only. Issues are sent by mail.

Published by
Szczecin University of Technology
Publishing House

ISSN 1509-8117

ZAPOL Sp. jawna
Printed in POLAND