



# DOCTOR HONORIS CAUSA

TYTUŁY NADANE W LATACH 2010-2012  
TITLES CONFERRED IN 2010/2012

Kraków 2012

PK

378  
DOCTOR

POLITECHNIKA KRAKOWSKA  
im. Tadeusza Kościuszki

Tadeusz Kościuszko  
CRACOW UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000276625

# DOCTOR HONORIS CAUSA

TYTUŁY NADANE W LATACH 2010-2012  
TITLES CONFERRED IN 2010/2012

---





# DOCTOR HONORIS CAUSA

TYTUŁY NADANE W LATACH 2010-2012  
TITLES CONFERRED IN 2010/2012

---

**POLITECHNIKA KRAKOWSKA**  
im. Tadeusza Kościuszki

Tadeusz Kościuszko  
**CRACOW UNIVERSITY OF TECHNOLOGY**

---

Kraków 2012

PRZEWODNICZĄCY KOLEGIUM REDAKCYJNEGO  
WYDAWNICTWA PK

Jan Kazior

REDAKTOR MERYTORYCZNY

Dariusz Bogdał

PROJEKT OKŁADKI

Magdalena Stasik

*Prof. Wawak*

OPRACOWANIE I KOREKTA

Elżbieta Zagata

SKŁAD I ŁAMANIE

Wydawnictwo PK



FOTOGRAFIE

Jan Zych

II - 340876

© Copyright by Politechnika Krakowska, Kraków 2012

ISBN 978-83-7242-675-8

Wydawnictwo PK, ul. Skarżyńskiego 1, 31-866 Kraków; tel.: 012 628 37 25,  
fax: 012 628 37 60  
e-mail: [wydawnictwo@pk.edu.pl](mailto:wydawnictwo@pk.edu.pl)  [www.wydawnictwo.pk.edu.pl](http://www.wydawnictwo.pk.edu.pl)  
Adres do korespondencji: ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków

---

Druk i oprawa  
Dział Poligrafii PK  
Nakład 250 egz.

5-453/2013

*Ad futuram rei memoriam* (Na przyszłą rzecz pamiętkę)

W latach 2010–2012 Politechnika Krakowska nadała tytuły doktora honoris causa pięciu wybitnym uczonym. Uroczystości nadania tytułów znakomitym osobowościom świata nauki były wydarzeniami, w których uczestniczyli nie tylko przedstawiciele społeczności akademickiej Politechniki Krakowskiej, ale także liczni reprezentanci środowisk akademickich Krakowa, całej Polski, delegaci uczelni zagranicznych oraz przedstawiciele mediów.

Tytuły doctora honoris causa Politechniki Krakowskiej otrzymali:

W dniu 25 listopada 2010 roku Henryk Górecki

Profesor Politechniki Wrocławskiej. Doktor honoris causa Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, wybitny specjalista w zakresie technologii chemicznej nawozów mineralnych i związków fosforowych. Przewód został przeprowadzony na Wydziale Inżynierii Środowiska.

Uczelniami opiniującymi były Politechnika Gdańska i Politechnika Śląska, a funkcję Promotora pełnił profesor Zygmunt Kowalski z Wydziału Inżynierii i Technologii Chemicznej.

W dniu 21 stycznia 2011 roku Antonio Monestiroli

Profesor Politechniki w Mediolanie, w latach 1991–1994 prorektor tej uczelni, a w latach 2000–2008 dziekan Wydziału Architektury, wybitny specjalista w zakresie kompozycji architektonicznej. Przewód przeprowadzony był na Wydziale Architektury, a uczelniami opiniującymi były Politechnika Warszawska i Politechnika Wrocławska. Funkcję promotora Senat powierzył profesorowi Dariuszowi Kozłowskiemu z Wydziału Architektury.

W dniu 11 marca 2011 roku Oskar Josifowicz Kojfman

Rektor Państwowego Uniwersytetu Chemiczno-Technologicznego w Iwanowie, członek Rosyjskiej Akademii Nauk. W uznaniu zasług dla Politechniki Krakowskiej w 2006 roku został uhonorowany godnością profesora honorowego PK. Wybitny specjalista w zakresie związków heterocyklicznych oraz polimerów na ich podstawie. Przewód przeprowadzono na Wydziale Mechanicznym. Uczelniami opiniującymi były Politechnika Łódzka i Politechnika Warszawska, a promotorem przewodu był profesor Józef Nizioł.

W dniu 22 czerwca 2011 roku Kazimierz Flaga

Rektor Politechniki Krakowskiej w latach 1996–2002, od roku 1990 członek Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej Polskiej Akademii Nauk. Znany naukowiec oraz inżynier w dyscyplinie budownictwa i mechaniki, a w szczególności w specjalnościach naukowych: konstrukcje betonowe, budowa mostów i tuneli, technologia betonu i technologia prefabrykacji oraz nieniszczące metody badań materiałów i konstrukcji budowlanych. Przewód przeprowadzono na Wydziale Inżynierii Lądowej. Uczelniami opiniującymi były Politechnika Warszawska i Politechnika Wrocławska. Funkcję promotora pełnił profesor Janusz Kawecki.

W dniu 20 stycznia 2012 roku Stanisław Mrowec

Profesor Akademii Górniczo-Hutniczej, członek rzeczywisty Polskiej Akademii Nauk, członek czynny Polskiej Akademii Umiejętności, doktor honoris causa Université de Bourgogne (Francja). Wybitny specjalista w zakresie fizykochemii ciała stałego i inżynierii materiałowej. Przewód został przeprowadzony na Wydziale Mechanicznym. Uczelniami opiniującymi były Politechnika Warszawska i Politechnika Śląska, a promotorem był profesor Zbigniew Żurek z Wydziału Inżynierii i Technologii Chemicznej.

Niniejszy tom prezentuje w kolejności chronologicznej sylwetki doktorów honoris causa oraz zawiera oryginalne teksty ich wykładów promocyjnych wraz z tłumaczeniem na język polski wykładu profesora Oskara Josefowicza Kojfmana i wykładu profesora Antonio Monestirolego.

Dariusz Bogdał  
Prorektor Politechniki Krakowskiej



Profesor

---

Henryk Górecki



Profesor

---

## Henryk Górecki

Profesor dr hab. inż. Henryk Górecki, profesor zwyczajny Politechniki Wrocławskiej, doktor honoris causa Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, urodził się w 1946 roku w Oleśnicy Śląskiej. W 1964 roku ukończył Liceum Ogólnokształcące w Poznaniu. Na Wydziale Chemicznym Politechniki Wrocławskiej studiował w latach 1964–1970 z roczną przerwą na odbywanie karnej służby wojskowej, po usunięciu z uczelni za organizację studenckich protestów w 1968 roku. W roku 1974 uzyskał stopień doktora nauk technicznych na Wydziale Chemicznym Politechniki Wrocławskiej na podstawie rozprawy *Bezodpadowa metoda wytwarzania kwasu fosforowego z cyrkulacją jonu siarczanowego*, której promotorem był prof. Jerzy Schroeder. Stopień naukowy doktora habilitowanego uzyskał w roku 1980 na podstawie rozprawy „Bezodpadowe metody przetwarzania surowców fosforowych”. Na stanowisko docenta w Politechnice Wrocławskiej został powołany w 1980 roku. Tytuł naukowy profesora otrzymał w roku 1988, a na stanowisko profesora zwyczajnego PWR został powołany w 1995 r.

Profesor Górecki od ponad 40 lat prowadzi pracę naukową w Instytucie Technologii Nieorganicznej i Nawozów Mineralnych Politechniki Wrocławskiej, utworzonym przez wybitnych chemików technologów: prof. Włodzimierza Bobrownickiego, asystenta prof. Ignacego Mościckiego oraz prof. Jerzego Schroedera, przedstawicieli szkoły lwowskiej. Opracował i wdrożył wiele nowych technologii i produktów w przemyśle nawozowym, nieorganicznym, chemii gospodarczej oraz rolnictwie. Są to m.in. oryginalne metody wytwarzania wysokiej czystości kwasu fosforowego, bezpieczne dla zdrowia i środowiska agrochemikalia (ponad 30 produktów wprowadzonych na rynek), produkcja nawozów granulowanych, zawieszinowych, dolistnych, preparaty do zaprawiania nasion, preparaty mikroelementowe, nawozy mineralno-organiczne, preparaty dla dezodoryzacji odchodów

hodowlanych, dodatki paszowe oraz duża grupa środków chemii gospodarczej do czyszczenia i dezynfekcji. Z innych technologii można wymienić bezodpadową metodę przetwarzania surowców fosforowych, w której wykorzystuje się dwutlenek węgla do konwersji fosfogipsu (w chwili obecnej ZCh Police analizują wdrożenie tej metody), metodę odzysku uranu z ekstrakcyjnego kwasu fosforowego, technologię wytwarzania fosforanu mocznika. Efektem Jego badań była także identyfikacja obiegu makro- i mikroelementów w środowisku rolniczym oraz w łańcuchu pokarmowym zwierząt hodowlanych. W utworzonym i kierowanym przez Niego Zakładzie Chemii dla Rolnictwa od kilku lat tematyka została poszerzona o badania ekotoksykologiczne i biotechnologiczne, związane z wykorzystaniem procesów biosorpcji i bioakumulacji do wytwarzania biologicznych dodatków mikroelementowych do pasz gospodarskich.

Opublikował 323 prace naukowe, w tym 63 za granicą. Jest autorem lub współautorem ośmiu książek oraz 135 referatów i komunikatów konferencyjnych. Prace publikuje w czasopiśmie takich jak m.in.: J. Int. Atomic Energy Agency, Chem. Ing. Techn., Talanta, Min. Eng. Sci., Total Environment, Toxicol. Pharmacol., J. Chem. Technol. Biotech, J. Animal Sci., Florida Inst. Proc., World Poultry Sci., Przemysł Chemiczny.

Jest twórcą 61 patentów RP, 12 zgłoszeń patentowych, 20 patentów zagranicznych, współautorem ponad 200 opracowań dla przemysłu. Jest współautorem światowej monografii wyd. M. Dekkera, dotyczącej oddziaływania przemysłu nawozowego na środowisko. W roku 2008 opracował rozdział *Nawozy i Nawożenie* w światowej encyklopedii *Encyclopedia of Life Support Systems* (EOLSS).

Prowadził współpracę z wieloma jednostkami naukowo-badawczymi i dydaktycznymi w USA (International Fertilizer Development Center, National Fertilizer and Environmental Center, TVA) Belgii, Holandii, Portugalii, Bułgarii, a także z kombinatami nawozowymi w Kazachstanie, Jordanii, Syrii. Współpracował z wieloma przedsiębiorstwami (ZCh Police, ZCh Bonarka, ZCh Luboń, ZA Puławy, ZA Tarnów, ZCh Siarkopol, Fosfory Gdańsk, Intermag, Ekotech, Ekoplón, ZCh Alwernia, ZChG Pollena Jawor, Torf Corp.).

Wielokrotnie na zaproszenie wygłaszał referaty plenarne na kongresach i międzynarodowych konferencjach (ACHEMA – Frankfurt, CHISA – Praga, Technical Committee Int. Atomic Energy, European Congress of Fertilizer Association, International Symposium IMPHOS, CEEP – International Conference, Kongresy Technologii Chemicznej). Od roku 2005 pełni funkcję Przewodniczącego Stałego Komitetu Kongresów Technologii Chemicznej. Od 35 lat organizuje konferencje dotyczące problematyki chemii dla rolnictwa. Od 8 lat konferencje tej serii organizowane są jako interdyscyplinarna konferencja międzynarodowa „Chemistry for Agriculture”.

Profesor Górecki w 2005 roku otrzymał nagrodę Senatu Politechniki Wrocławskiej za osiągnięcia dydaktyczne. Wypromował dziewięciu doktorów, czterech członków jego zespołów badawczych uzyskało habilitacje, dwóch z nich jest profesorami Politechniki Wrocławskiej. Recenzował 18 rozpraw doktorskich

i 25 rozpraw habilitacyjnych. Opracował 19 opinii do stopnia naukowego profesora i trzy recenzje doktoratów honorowych.

Był członkiem Komitetu Badań Naukowych, a od 2005 roku przewodniczącym Komisji Badań na Rzecz Rozwoju Gospodarki i wiceprzewodniczącym Rady Nauki. Kierował przez 4 lata Komisją Nagród Ministra Nauki i był członkiem Komisji nagród Prezesa Rady Ministrów. Kierował także zespołami zadaniami rozstrzygającymi konkursy w ramach programów operacyjnych finansowanych ze środków strukturalnych Unii Europejskiej oraz programów Ministra pn. IniTech I i II. Od 2002 roku jest członkiem Centralnej Komisji ds. Tytułu Naukowego i Stopni Naukowych.

Na Politechnice Wrocławskiej był dyrektorem Instytutu (1982–1987), dyrektorem Pionu Nauki PWr (1987–1992). W latach 1997–2003 pełnił funkcję dziekana Wydziału Chemicznego. Był członkiem zarządu Polskiej Izby Przemysłu Chemicznego. W chwili obecnej kieruje Zespołem ekspertów przy prezisie CIECH S.A. Jest przewodniczącym rady naukowej Instytutu Nawozów Sztucznych w Puławach, członkiem rad naukowych instytutów: Metali Nieżelaznych w Gliwicach, Inżynierii Chemicznej PAN w Gliwicach, Chemii i Techniki Jądrowej w Warszawie, Ośrodka Przetwarzania Informacji przy Ministrze Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Profesor Górecki jest członkiem International Union of Pure and Applied Chemistry, Polskiego Towarzystwa Chemicznego, Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Przemysłu Chemicznego, członkiem zwyczajnym Akademii Inżynierów w Polsce.

Uzyskał odznaczenia wielu uczelni, takie jak: „Zasłużony dla Politechniki Szczecińskiej”, medal za zasługi dla Politechniki Łódzkiej, medal za zasługi dla Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Cieszy się dużym autorytetem w przemyśle chemicznym, o czym świadczą odznaczenia: Zasłużony dla Przemysłu Chemicznego, Złota Odznaka Honorowa NOT, Złota Odznaka SITPChem, tytuł Złotego Inżyniera Roku w Plebiscycie Przeglądu Technicznego. Za osiągnięcia technologiczne uzyskał nagrody premiera, ministra nauki i szkolnictwa wyższego, Polskiej Izby Przemysłu Chemicznego oraz FSNT NOT za najlepsze osiągnięcia wdrożeniowe. Jest odznaczony Złotym Krzyżem Zasługi, Medalem Komisji Edukacji Narodowej, Złotą Odznaką z Brylantem Politechniki Wrocławskiej. W 2007 roku otrzymał medal Ignacego Mościckiego za wybitne osiągnięcia w rozwoju technologii chemicznej, a w 2008 medale imienia: Wojciecha Świętosławskiego, Bogusławy Jeżowskiej-Trzebiatowskiej oraz Tadeusza Hoblera. W roku 2008 uzyskał też prestiżową nagrodę naukową im. Profesora Włodzimierza Trzebiatowskiego na macierzystej uczelni.

## **CZY MOŻNA WYŻYWIĆ LUDZKOŚĆ (TERAZ I W PRZYSZŁOŚCI) BEZ STOSOWANIA NAWOZÓW MINERALNYCH?**

W drugiej połowie XX wieku troską społeczności światowej były kurczące się zasoby surowców energetycznych, szybko zmniejszające się zasoby złóż mineralnych, niedostatek żywności przy niezwykle szybkim wzroście populacji. Jednocześnie wystąpiło dramatyczne zanieczyszczenie środowiska, szczególnie w krajach rozwiniętych. Dzięki podjętym działaniom w skali globalnej wiele tych problemów zostało rozwiązanych. Znacznie zmniejszyła się dynamika wzrostu populacji, uzyskano technologiczną zdolność wyżywienia mieszkańców Ziemi. Identyfikowane są natomiast nowe zagrożenia globalne, takie jak: rosnący efekt cieplarniany, destrukcja warstwy ozonowej, powodująca mniejsze pochłanianie promieniowania UV, deficyt wody pitnej, stepowanie wielu regionów, plagi chorób związanych z przedłużeniem życia ludzi. Zjawiska te limitują rozwój procesów życiowych i cywilizacyjnych na naszym globie.

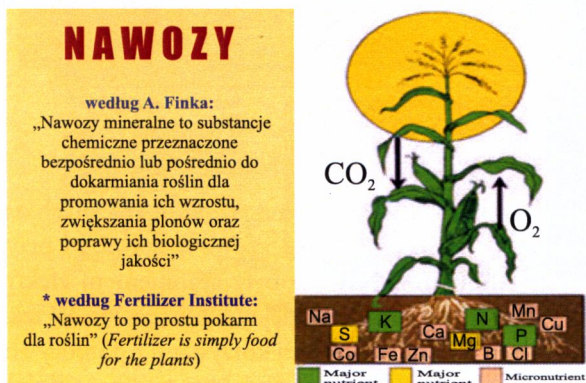
Niezwykłe efekty chemizacji produkcji rolniczej przy jednoczesnym wykorzystaniu osiągnięć „zielonej rewolucji” w latach 80. XX wieku pozwoliły osiągnąć technologiczną zdolność wyżywienia globu. Szczególnie duży wzrost produkcji żywności osiągnięto w dekadzie 1970–1980, uzyskując w tym okresie roczny przyrost produkcji na poziomie 2,3%, a w kolejnej dekadzie 1,8%. Dzięki dynamicznemu rozwojowi przemysłu nawozowego w tym okresie wzrost produkcji żywności znacznie przewyższył wzrost populacji światowej (1,12–1,59%). W tym okresie przy zużyciu nawozów 22–26 kg NPK *per capita*, wytwarzano żywność, która zapewniała realizację dziennego zapotrzebowania mieszkańca globu na poziomie ponad 2000 kcal.

Niedożywienie blisko 800 mln ludzi w Afryce i Azji jest problemem wyłącznie polityczno-społecznym. Według prognoz FAO liczba niedożywionych mieszkańców globu w ciągu kolejnych dwóch dekad niestety zmniejszy się tylko z 11% do 8%.

Wspomaganie produkcji roślinnej, ale również hodowli zwierząt gospodarskich produktami chemicznymi, służy zwiększeniu produkcji rolniczej, poprawie zdrowotności roślin i zwierząt. Nawozy i agrochemikalia zapobiegają chorobom, chronią przed szkodnikami, zmniejszają straty produkcyjne przy przechowywaniu i transporcie pasz i żywności. Dzięki stosowaniu nawozów i agrochemikaliów możliwe jest wyżywienie zwiększającej się populacji światowej, bez zmniejszania ekosystemów naturalnych. Wzrost ilości dostępnej żywności jest ściśle skorelowany z poziomem zużycia najbardziej plonotwórczych czynników, do których zalicza się nawozy mineralne oraz środki pośrednio wspomagające produkcję rolniczą: środki ochrony roślin, dodatki paszowe, preparaty zootechniczne, leki weterynaryjne.

Kluczowe znaczenie dla globalnego bezpieczeństwa żywnościowego mają nawozy mineralne dostarczane rolnictwu od 160 lat, chociaż już znacznie wcześniej zwiększano plonowanie różnymi substancjami, które zawierały składniki pokarmowe roślin. W chwili obecnej nawozy znajdują się na drugim miejscu w światowym rankingu wytwarzanych produktów chemicznych, zaraz po paliwach. Produkcja i zużycie roczne tych produktów *per capita* wynosi około 70 kg (w przeliczeniu na składniki pokarmowe wynosi 20 kg NPK).

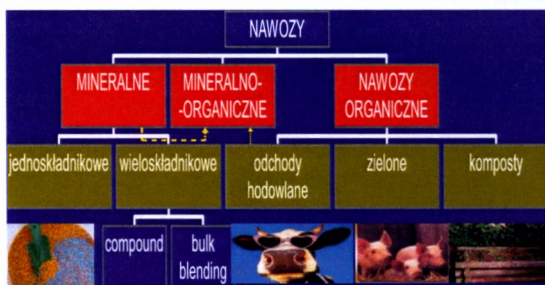
Rozwój przemysłu nawozowego, a także skutecznych i bezpiecznych technik nawożenia wniósł olbrzymi wkład w rozwój nowoczesnego rolnictwa, a także wielu ważnych dyscyplin naukowych. Historia nawożenia jest długa, o czym świadczą słowa Ewangelii według św. Łukasza (13,8) sprzed blisko dwóch tysięcy lat: ***Pewien człowiek miał drzewo figowe zasadzone w swojej winnicy, przyszedł i szukał na nim owoców, ale nie znalazł. Rzekł więc do ogrodnika: „Otoż już trzy lata jak przychodzę i szukam owocu na tym drzewie figowym, a nie znajduję, Wytnij je: po co jeszcze ziemię wyjaławia”. Lecz on Mu odpowiedział: „Panie, jeszcze na ten rok je pozostawię, okopię je i obłożę nawozem, może wyda owoc, a jeśli nie, w przyszłości możesz je wyciąć.*** Rola, jaką te produkty pełnią w uprawie roślin, uprawnia do definicji przedstawionej na rys. 1.



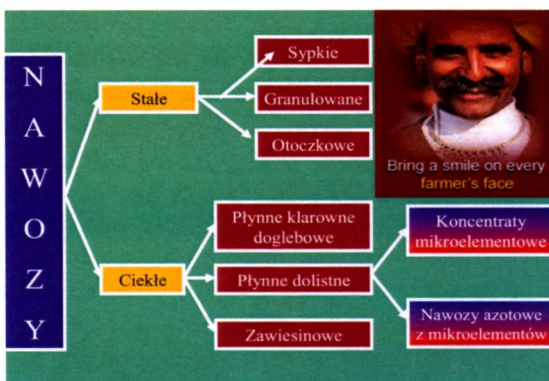
Rys. 1. Definicja nawozów

Nawozy są dostarczane rolnikom przez przemysł (nawozy mineralne), częściowo recyklowane w cyklu produkcji rolniczej jako nawozy, odchody hodowlane oraz jako tzw. nawozy zielone i komposty, wytwarzane są w rolnictwie oraz w gospodarce komunalnej. Na rysunku 2 przedstawiono schemat produkcyjny tej branży.

Niezwykle ważną cechą nawozów jest ich projektowanie dla potrzeb agrochemicznych skład, a także forma umożliwiająca uwzględnienie specyfiki nawożenia różnych gatunków roślin, a także nawożenie w określonych fazach cyklu wegetacyjnego. Asortyment produktowy przedstawiony na rys. 3 jest skonstruowany tak, by spełniał oczekiwania rolników (*Bring a smile on every farmer's face*).



Rys. 2. Schemat produktów branży nawozowej



Rys. 3. Asortyment (formy) produktów nawozowych dostarczanych aktualnie rolnikom

Nawozy mineralne należą do produktów chemicznych o dużym uznaniu i akceptacji społecznej. Na rysunkach 4, 5, 6 przedstawiono przykłady życzliwej atmosfery dla tych produktów. Nawozy były argumentem efektywności ekonomicznej w ostatniej kampanii prezydenckiej w USA (rys. 4). W reklamie nawozów w trakcie uruchamiania branży nawozowej korzystano z pomocy atrakcyjnych modelek (rys. 5), a także wskazywano na wyższą jakość tych produktów niż odchodów hodowlanych. Przy reklamie produktu Agro-culture Liquid Fertilizer, umieszczona na reklamie krowa uznaje wyższość nawozu mineralnego (*They do it better*).

Polska jest prawdopodobnie jedynym krajem, w którym produkty nawozowe i ich stosowanie odbywa się bez aprobaty społecznej. Nawozom przypisuje się rolę szkodzącą środowisku naturalnemu, a także formułuje się propozycję pełnego zastąpienia nawozów mineralnych nawozami organicznymi, jakimi są odchody hodowlane. Opinie te są całkowicie irracjonalne, gdyż masa odchodów hodowlanych zależy od krajowego pogłowia zwierząt gospodarskich, które systematycznie maleje, a także nie bierze się pod uwagę znacznie większej emisji do atmosfery składników nawozowych (związki azotu), a także do wód powierzchniowych składników pokarmowych zawartych w odchodach hodowlanych.



Rys. 4. Efektywność stosowania nawozów jako argument w politycznej kampanii



Rys. 5. Przykład pozytywnej promocji nawozów mineralnych

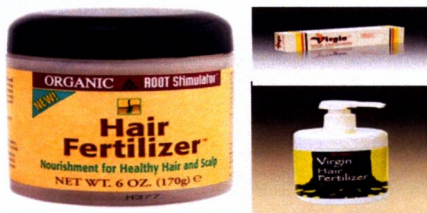
<p>pol. nawozy sztuczne ang. mineral fertilizes, commercial fertilizers ros. удобрения</p>	<p><b>NAWOZY</b></p>
<p>pol. nawozy organiczne ang. manure, husbandry waste</p>	<p><b>ODCHODY HODOWLANE</b></p>
	<p>lac. Fertile – obfity, urodzajny, żyzny Ang. Fertile – żyzny, urodzajny Ros. удобрения – użyźnianie</p>

Rys. 6. Semantyka nazwy „nawozy mineralne”

Pejoratywna opinia o nawozach ma również źródło w nazwie tych produktów. W Polsce produkty te określa się nazwą nawozów sztucznych, natomiast w języku angielskim *mineral fertilizers*. Odchody hodowlane w języku polskim określane są nazwą *nawozów organicznych*, natomiast w języku angielskim jako: *manure, husbandry waste*, a więc jako odchody–odpady. Nazwa *fertilizer* pochodzi od słowa *fertile* – żyzny, urodzajny, podobnie jak w języku łacińskim słowo *fertile* oznacza – obfitość, żyzność, urodzaj. Również w języku rosyjskim nawozom przypisano przychylne określenie – *удобрения* – pochodzące od słowa „użyźnianie”. W latach 60. XX wieku, gdy w Polsce uruchamiano nowoczesny przemysł nawozowy, przymiotnik *sztuczny* w tym okresie oznaczał produkt nowoczesny. Określenie to zastosowane do określania produktów nawozowych nie jest trafne, dlatego że wszystkie surowce przemysłu nawozowego to zasoby naturalne – gaz ziemny, fosforyty, sole potasowe, a kationy i jony zawarte w tych produktach

występują w ekosystemach. Swoistym kłopotem renomowanego, nowoczesnego instytutu badawczego, który powstał w tym właśnie okresie, Instytutu Nawozów Sztucznych, jest użycie w nazwie *nawozów sztucznych*.

Przedstawiona analiza semantyczna dotycząca nazwy nawozów z pewnością ma znaczenie marketingowe. Trudno sobie wyobrazić, by w Polsce preparat na porost włosów był sprzedawany jako *nawóz dla włosów*, tak jak to ma miejsce na rynku amerykańskim (rys. 7).



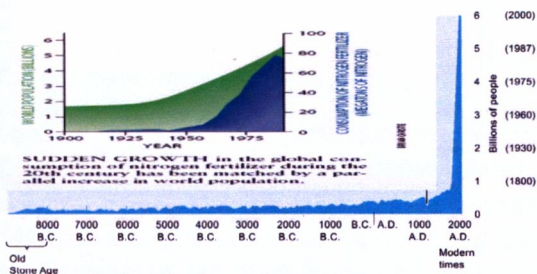
Rys. 7. Przykład użycia nazwy fertilizer (nawóz) do określenia preparatów na porost włosów

W naszym kraju nawozom i nawożeniu towarzyszyła i towarzyszy peyoratywna opinia medialna używająca przeważnie tendencyjnych argumentów i wykazująca brak wiedzy o opisywanych problemach. Dominuje akcent ingerencji chemii w procesy życiowe, a także negatywnego oddziaływania na zdrowie i środowisko. Opinie te są z reguły formułowane w oderwaniu od problemów rozwiązywanych w skali globalnej, prezentując irracjonalne przekonanie o szkodliwości dla zdrowia i środowiska substancji syntetycznych, często tylko niewłaściwie określanych. Pomija się również fakt, że nawozy mineralne to produkty o certyfikowanym składzie, poddawane wieloetapowym badaniom właściwości użytkowych. Nawozy stosuje się w sposób zorganizowany, a ich dawka i okres stosowania określone są procedurami rolniczymi. Ekspozuje się natomiast negatywne efekty wynikające z niewłaściwego ich stosowania. Obrazowo do tego problemu odnosi się International Fertilizer Organisation, twierdząc, „że nie można winić żywności za otyłość”, a także zasadę formułowaną przez Paracelsusa, że każda substancja użyta w niewłaściwej dawce może być szkodliwa.

Analizując rolę nawozów mineralnych w zapewnianiu globalnego bezpieczeństwa żywnościowego, uzasadnione jest wskazanie na istotną statystycznie korelację między zużyciem nawozów a światową populacją. Wśród wielu zjawisk ludnościowych na zachowania demograficzne z pewnością ma duży wpływ powszechna dostępność żywności. Na rysunku 8 przedstawiono zmienność światowej populacji w ciągu 10 tysięcy lat, a także zależność korelacyjną między światową populacją i zużyciem nawozów azotowych w XX wieku.

Analizując przebieg zmienności populacji światowej, należy zwrócić uwagę na stosunkowo stabilny i łagodny przebieg tej zmienności do połowy XIV wieku, do momentu pierwszej pandemii dżumy. W tym długim okresie ziemię zamieszkiwało od 100 do 500 mln mieszkańców, a cykliczne zmiany zaludnienia wiązały się ze zmianami klimatycznymi. Zmiany cywilizacyjne i społeczne, intensywny proces urbanizacyjny, lepsze warunki życia i jego ochrony, a także

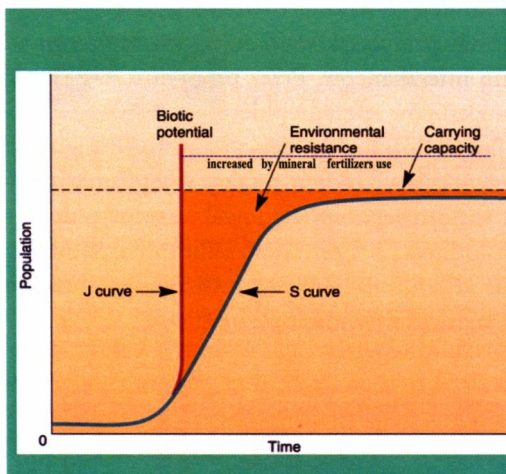
większa produkcja żywności, co było również zasługą nawozów, spowodowały niezwykle szybki wzrost populacji od II połowy XIX wieku. Zakłócenie w monotonicznym przebiegu zmian populacyjnych było efektem „czarnej śmierci” tzw. trzeciej pandemii, natomiast przyczyna, a w zasadzie skala tego globalnego nieszczęścia miała źródło w powszechnym niedostatku żywności. Empiryczne dane potwierdzające tę hipotezę zostały przedstawione dopiero pod koniec ubiegłego wieku, gdy wykonano analizy próbek plonów i gleby, dostarczanych w tym okresie przez farmerów angielskich, które zgromadzono w uniwersytecie w Oxfordzie. Badania te wykazały głęboki deficyt fosforu w glebach w Anglii, który przez stulecia ograniczał produkcję żywności i rozwój tego kraju. W okresie panowania króla Edwarda III Anglię zamieszkiwało około 5 mln mieszkańców. W roku 1351 zmarło 1,5–1,8 mln mieszkańców. Przez pięć wieków ludność tego państwa nie osiągała liczby mieszkańców sprzed epidemii dżumy w XIV wieku. Niedostatek żywności był wynikiem dotkliwego deficytu fosforu w glebach angielskich. Zewnętrzne zasilanie tym pierwiastkiem, a także symptomatyczny, właśnie w Anglii, rozwój przemysłu fosforowego spowodował eksplozję demograficzną – wzrost w trzech stuleciach ludności z 5 mln do 55 mln mieszkańców. W chwili obecnej rolnictwo angielskie, dysponując niewielkim arealem w przeliczeniu na mieszkańca, w 80% spełnia wymogi żywnościowe kraju.



Rys. 8. Zmienność światowej populacji oraz korelacja między światową populacją, a zużyciem w XX wieku

Początek eksplozji demograficznej był okresem formułowania teorii wzrostu populacji, w tym teorii Roberta Malthusa (1766–1834) ogłoszonej w 1825 roku w pracy „An Assai on Principle of Population”. Według tej teorii: „Jeśliby nie kontrolować wzrostu liczebnego ludzkości, będzie on następował w postępie geometrycznym, podczas gdy środki egzystencji wzrastają jedynie w postępie arytmetycznym”. Według R. Maltusa nadmierny wzrost populacji prowadzi do szybkiego zużycia zasobów naturalnych, zanieczyszczenia środowiska, przeludnienia i bezrobocia, czego efektem jest ubóstwo, niedożywienie, plagi społeczne i – przy nawarstwieniu tych problemów – konflikty zbrojne. Podobne konsekwencje społeczno-polityczne przewidywała teoria Karola Marxa (1818–1883), która jednak opierała się na odmiennych zależnościach przyczynowo-skutkowych. Według K. Marksa przyczyną przewidywanych nieszczęść społecznych jest wyzysk, czego konsekwencją jest ubóstwo prowadzące do prze-

ludnienia, nadmiernej eksploatacji zasobów naturalnych i plag społecznych. Na szczęście teorie Malthusa, Marksa i innych demografów nie uwzględniały nieoczekiwanych efektów, będących wynikiem postępu cywilizacyjnego i technologicznego. Do tych nowych, niezwykle efektywnych czynników pozwalających na wzrost populacji w warunkach powszechnej dostępności „środków egzystencji” należy niezwykle wzrost podaży żywności będący wynikiem stosowania nawozów. Efekt ten przedstawia wykres na rys. 9 określający tzw. wzrost do poziomu stabilnej populacji (*growth to a stable population*).



Rys. 9. Wzrost demograficzny do poziomu stabilnej populacji

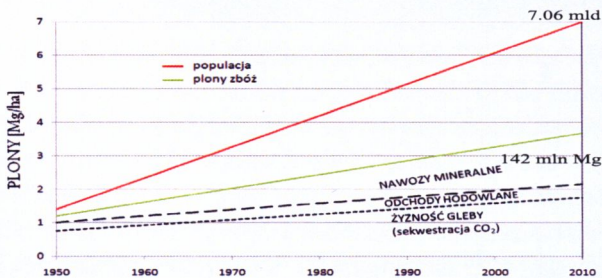
Krzywa *J* przedstawia potencjalnie możliwy eksponentalny wzrost populacji, natomiast krzywa *S* określa wzrost wynikający z ograniczeń w dostępności „środków egzystencji”, w tym dostępność żywności, a także inne czynniki związane z korzystaniem ze środowiska oraz uwarunkowaniami społecznymi, zdrowotnymi, kulturowymi, religijnymi. Według przedstawionego modelu poziom wzrostu populacji nie może przekroczyć poziomu tzw. *carrying capacity*, a więc poziomu zapewniającego zdolność środowiska dla zapewnienia dostatecznych „środków egzystencji”. Na wykresie uwzględniono – potwierdzoną historią demograficzną – możliwość podniesienia poziomu *carrying capacity* poprzez wprowadzenie do światowego rolnictwa nowego czynnika zwiększającego globalne „środki egzystencji”, jakim było zwiększenie plonowania uprawianych roślin w wyniku nawożenia mineralnego.

Epokowe odkrycie naukowe w rolnictwie, jakim była opublikowana przez Justusa von Liebiga w roku 1840 teoria mineralnego odżywiania roślin, przedstawiona w dziele pt. *Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie*, jest modelowym przykładem wdrażania innowacji w systemie *technology demand*, polegającego na podejmowaniu działań innowacyjnych w wyniku odkryć naukowych w innej branży. W tym przypadku odkrycie *prawa mineralnego odży-*

wiania roślin i prawa minimum stanowiło nie tylko podstawę do zapoczątkowania nawożenia, ale również spowodowało powstanie i bardzo dynamiczny rozwój przemysłu nawozowego. Teorie Liebiga stanowiły początek nowoczesnej chemii rolnej, natomiast przyznany w 1842 roku patent Johna Lawesa ujawniający oraz chroniący sposób otrzymywania superfosfatu pojedynczego SSP i uruchomienie pierwszej fabryki superfosfatu w 1848 w Liverpoolu, uznać należy za początek technologii wytwarzania nawozów mineralnych. W Anglii w 1856 roku wytwarzano superfosfat w 12 fabrykach, a w USA, opierając się na odkrytych złożach fosforytów w 1859 roku, pracowało 47 fabryk, a 10 lat później aż 126. Wytwarzane wówczas nawozy fosforowe zlikwidowały deficyt glebowy fosforu i przyczyniły się do niezwykle dużego wzrostu plonowania. Kolejnym etapem rozwoju przemysłu nawozowego, ale również nowoczesnego rolnictwa było opracowanie i wdrożenie w skali przemysłowej katalitycznego procesu wytwarzania amoniaku z azotu atmosferycznego. Było to wyzwanie dla wybitnych chemików i najważniejszych placówek naukowych i ośrodków przemysłowych oraz podstawa do konfrontacji odmiennych hipotez stawianych przez przyszłych laureatów Nagrody Nobla – Waltera Nernsta i Fritza Habera. Finałem tej rywalizacji były podstawy teoretyczne procesów katalitycznych prowadzonych pod wysokim ciśnieniem, co dało podstawę do wdrożenia technologii wytwarzania amoniaku, podstawowego półproduktu nawozowego. Metoda opracowana przez F. Habera z modyfikacjami aparaturowymi Karla Boscha od 100 lat jest stosowana w światowym przemyśle nawozowym produkującym rocznie 130 mln Mg amoniaku (2008). W wielu opiniach proces katalitycznego wytwarzania amoniaku z azotu atmosferycznego był nie tylko rewolucyjną technologią chemiczną, ale również zapewnił warunki do wzrostu populacji. Wdrożenie tej technologii było możliwe po uznaniu tego projektu za priorytetowy przez koncerny światowe i finansowaniu tego zamówienia o nazwie „Nitrogen Fixation process” przez takie koncerny jak BASF, Norks Hydro, Rocky Creek Hydroelectric, Cyanogesellschaft Gmbh, Ampere Electrochemical Company, General Chemicals, American cyanamide.

Na rysunku 8 przedstawiono zużycie nawozów azotowych w XX wieku na tle wzrostu globalnej populacji, natomiast na rys. 10 przedstawiono linię wzrostu populacji oraz średnie światowe plonów w przeliczeniu na 1 ha użytków rolnych. Na wykresie tym pola oznaczone nazwą „nawozy mineralne” i pole „odchody hodowlane” ilustrują zużycie nawozów, natomiast pole „żywność gleby” określa względny wzrost żyzności gleb/zawartość składników pokarmowych.

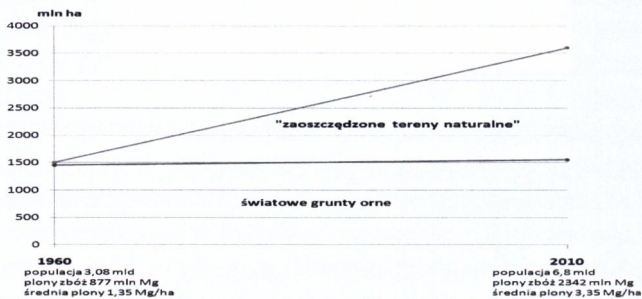
Globalna dynamika wzrostu produkcji żywności jest ściśle skorelowana z poziomem zużycia nawozów i agrochemikaliów. Szacuje się, że około 50% wzrostu plonów jest efektem zwiększonego nawożenia, natomiast stosowanie środków ochrony roślin zwiększa wielkość plonów zbieranych jako produkty paszowe i żywność o około 10–15%, jako warzywa 20–30% i owoce ponad 60%. W wyniku wysokiego poziomu nawożenia, a także stosowania środków ochrony roślin w czterech ostatnich dekadach, dwukrotnie zwiększyła się produkcja żywności, przy wzroście populacji o 80% i powiększeniu uprawianego areалу zaledwie o 6%.



Rys. 10. Zmienność populacji, wielkości plonowania w przeliczeniu na 1 ha oraz zużycia nawozów mineralnych i organicznych

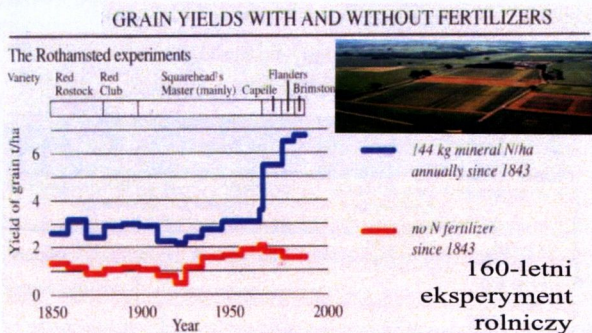
Z danych przedstawianych przez FAO wynika, że średnie światowe plony zbóż z hektara w roku 1968 wynosiły 1,75 Mg, a w roku 2008 – 3,5 Mg.

Na rysunku 11 przedstawiono zmienność globalnego arealu użytków rolnych, która powiększyła się zaledwie o 6% oraz obliczona wielkość koniecznego arealu dla uzyskania równoważnej wielkości plonów. Rezygnacja ze stosowania nawozów wymagałaby likwidacji co najmniej dwukrotnie większej powierzchni terenów naturalnych od obecnego globalnego arealu.



Rys. 11. Wielkość globalnego arealu użytków rolnych oraz „zaoszczędzonych światowych terenów naturalnych” w wyniku stosowania nawozów mineralnych

Do najważniejszych efektów ekonomicznych należy zwiększenie produktywności rolniczej i lepsze wykorzystanie gruntów. Nie ma więc potrzeby likwidacji kolejnych terenów naturalnych i przeznaczania ich na produkcję rolną. Większa efektywność rolnicza w skali globalnej, co można uznać za paradoks, sprzyja utrzymaniu bioróżnorodności (*biodiversity*), dzięki rezygnacji z ingerencji w tereny naturalne, spełniające ważne funkcje przyrodnicze i klimatyczne. Wieloletnie badania połowe wykazują, że bez stosowania nawozów możliwe jest uzyskanie plonów o 70–80% niższych w porównaniu z nawożeniem średnią dawką nawozową. Niezwykle przekonującym dowodem tego efektu są prowadzone w założonej przez sir J. Lawesa i H. Gilberta stacji rolniczej „Rothamstead” w Harpen (Anglia) i systematycznie prowadzone od 165 lat badania nad plonowaniem roślin uprawnych na glebie bez stosowania nawozów oraz glebie nawożonej.



Rys. 12. Plonowanie zbóż na polu kontrolnym bez stosowania nawozów oraz na glebach nawożonych średnią dawką nawozów mineralnych w stacji rolniczej Rothamsted w ciągu 150 lat

Zgodnie z teorią mineralnego odżywiania roślin, prawo minimum, a także uwzględniając wieloletnie doświadczenia chemii rolnej w formie nawozów, należy dostarczać roślinom, doglebowo lub dolistnie, makroskładniki pokarmowe (*macro-primery nutrients*), składniki pokarmowe (*secondary nutrients*), a także mikroelementy (*micronutrients*).

Na rysunku 13 przedstawiono zestawienie składników pokarmowych stosowanych w nawozach i dla porównania składników pokarmowych niezbędnych w hodowli zwierząt, natomiast w tab. 1 przedstawiono wielkości ubytków składników pokarmowych z 1 ha gleby, z której uzyskano plon pszenicy na poziomie 5 Mg/ha.

Naturalnie składniki nawozowe, które zostają pobrane z gleby w formie plonów, a także te, które w sposób niekontrolowany emitują do atmosfery z gleby w wyniku procesów chemicznych i mikrobiologicznych (amoniak, podtlenek azotu, azot, tlenki azotu) są wymywane z gleby do wód gruntowych i powierzchniowych, muszą być uzupełniane dawką nawozową zapewniającą oczekiwane plony. Deficyt nawet jednego ze składników pokarmowych utrudnia pobór innych składnik (prawo minimum Liebiga) i – jak to pokazano na rys. 14 – brak potasu ma duży wpływ na plonowanie kukurydzy.



Rys. 13. Składniki pokarmowe stosowane w nawożeniu i hodowli zwierząt

Ubytek z uprawianej gleby składników nawozowych  
zawartych w 5 Mg ziarna pszenicy

GOSPODARKA SKŁADNIKAMI NAWOZOWYMI		
Makroelementy	Formy pobierane przez rośliny	Składniki ubywające wraz z plonami (pszenica 5t/ha, 20% wilg.) [kg]
azot (N)	$\text{NH}_4^+$ , $\text{NO}_3^-$	105
fosfor (P)	$\text{H}_2\text{PO}_4^-$	18
potas (K)	$\text{K}^+$	15
siarka (S)	$\text{SO}_4^{2-}$	8
magnez (Mg)	$\text{Mg}^{2+}$	6
wapń (Ca)	$\text{Ca}^{2+}$	2
Mikroelementy		
Chlor (Cl)	$\text{Cl}^-$	3
Żelazo (Fe)	$\text{Fe}^{2+}$	0.2
mangan (Mn)	$\text{Mn}^{2+}$	0.2
cynek (Zn)	$\text{Zn}^{2+}$	0.2
miedź (Cu)	$\text{Cu}^{2+}$	0.03
bor (B)	$\text{H}_3\text{BO}_3$	0.02
molibden (Mo)	$\text{MoO}_4^{2-}$	0.005



Rys. 14. Utrata plonów w uprawie kukurydzy na polu z deficytem potasu

Bardzo często popełnia się błędy w diagnozowaniu przyczyn chorób roślin i następnie niewłaściwie podejmowanych zabiegach ochronnych. Okazuje się, że błędy w nawożeniu lub brak wiedzy o zasobności gleb są przyczyną takich objawów, jakie występują przy uprawie pomidorów na glebie z deficytem wapnia (rys. 15).



Rys. 15. Objawy niedoboru wapnia w uprawie pomidorów



Stosowanie nawozów mineralnych prowadzi do zwiększenia plonów, a uprawiane rośliny są zdrowsze i odporniejsze na choroby i stresy klimatyczne. Zabieg ten jest jednak dużą ingerencją chemiczną w środowisku glebowym, gdyż wiąże się z wprowadzeniem do warstwy ornej gleby nawet kilkuset kilogramów soli nieorganicznych na powierzchnię 1 ha. W interesie rolnika jest zastosowanie optymalnej dawki nawozu, która zapewni mu duże plony i jednocześnie niskie straty składników nawozowych. Również produkcja nawozów korzysta ze środowiska, na surowcach nieodnawialnych (gaz ziemny, fosforyty, sól potasowa), prowadząc procesy produkcyjne w instalacjach o dużej zdolności produkcyjnej, a także emitując tzw. gazy cieplarniane: (dinitlenek węgla, podtlenek azotu, tlenki azotu). Zakłady nawozowe wykorzystują instalacje o zdolności produkcyjnej powyżej 500 tys. Mg/r, stosując operacje mielenia, suszenia i granulacji generujące pył, operacje wysokociśnieniowe i wysokotemperaturowe, wytwarzają olbrzymie ilości odpadu fosfogipsowego, z którego składowaniem są coraz większe problemy. Niezwykle ważnym problemem dla przemysłu nawozowego jest racjonalne wykorzystanie surowców energetycznych, w tym zwłaszcza gazu ziemnego, który w bazowym procesie wytwarzania amoniaku jest stosowany jako substrat reakcji i surowiec energetyczny. Przemysł ten poprzez wdrażanie innowacji systematycznie zmniejsza jednostkowe zużycie energii. Działania te ilustrują następujące dane dotyczące zużycia energii na wytworzenie 1 Mg amoniaku:

- Instalacja Habera-Boscha w Oppau (1919 r.) 130GJ.
- Instalacje wykorzystujące wodór z elektrolizy 70 GJ.
- Instalacje bazujące na ropie naftowej 60 GJ.
- Instalacje bazujące na gazie ziemnym (1930) 55 GJ.
- partial oxidation process (1965) 45 GJ.
- steam reforming process (po 1985) 34 GJ zdolność produkcyjna powyżej 1500 Mg NH<sub>3</sub>/dobę.
- Instalacja ZA Kędzierzyn SA 38.6 GJ według licencji Instytutu Nawozów Sztucznych.
- Najlepsza Dostępna Technika 2010 rok 28,0 GJ.

Przemysł nawozowy, a także procesy mikrobiologiczne zachodzące w nawozonej glebie są dużym źródłem emisji gazów cieplarnianych. Według ocen środowiskowych opierających się na badaniach bilansowych emitowane gazy cieplarniane z przemysłu nawozowego wnoszą 1% wkładu w globalną emisję antropogeniczną, natomiast sfera rolnicza wnosi wkład półtoraprocentowy. Przemysł nawozowy emituje 502 Tg CO<sub>2</sub>-eq, w tym: w produkcja amoniaku 465 Tg CO<sub>2</sub>-eq, w obrocie nawozami 37 Tg CO<sub>2</sub>-eq, uprawy rolnicze emitują 739 Tg CO<sub>2</sub>-eq, na co składa się emisja N<sub>2</sub>O – 605 Tg CO<sub>2</sub>-eq., hydroliza mocznika 106 Tg CO<sub>2</sub>-eq, rozkład węglanu amonowego –18 Tg CO<sub>2</sub>-eq i emisja z maszyn rolniczych –10 Tg CO<sub>2</sub>-eq.

Przemysł nawozowy podjął działania nad obniżeniem emisji GHG poprzez wprowadzenie w projektach rozwojowych zasad *the Best Practise Technologies*, w wyniku czego nastąpi redukcja emisji GHG w instalacjach amoniaku

bazujących na gazie ziemnym o 27 Tg CO<sub>2</sub>-eq. Powszechne zastosowanie katalitycznej redukcji podtlenu azotu w instalacjach kwasu azotowego powinno obniżyć emisję o 73 Tg CO<sub>2</sub>-eq. Przewiduje się również obniżenie emisji GHG w pozostałych technologiach nawozowych o 10 Tg CO<sub>2</sub>-eq.

Innowacje środowiskowe w przemyśle nawozowym w ciągu dwóch ostatnich dekad w sposób istotny zmniejszyły oddziaływanie tej branży na środowisko. **Wykonana kompleksowa analiza cyklu życia produktów nawozowego na środowisko metodą Life Cycle Analysis wykazała, że produkcja nawozów wnosi zaledwie 8% udział w tym oddziaływaniu, natomiast nawożenie aż 92%. Wynik tej analizy wytycza kierunek prac badawczo-rozwojowych, wskazując potrzebę wprowadzania innowacji w zakresie nowych produktów nawozowych o projektowanych właściwościach, dostosowanych do potrzeb konkretnych gatunków roślin, o właściwościach uwzględniających potrzeby roślin w trakcie cyklu wegetacyjnego, a także wprowadzenie nowych bezpiecznych dla środowiska technik nawożenia i form nawozów dostosowanych do tych technik.**

Wspomaganie upraw roślin nawozami mineralnymi przynosi: ograniczenie eksploatacji terenów naturalnych, a więc zachowanie różnorodności biologicznej, wzrost plonów, efektywności ekonomicznej, zwiększa zdrowotność roślin (lepszy system korzeniowy), wzrost substancji organicznych w glebie, co stanowi „sekwestrację ditlenku węgla”, wzbogacanie atmosfery w tlen (fotosynteza) uodparnianie roślin na stresy (susza, mrozy, choroby, szkodniki), nadaje roślinom lepszą wartość pokarmową (pasze, żywność). Nawożenie powoduje również powstawanie negatywnych efektów i zagrożeń środowiskowych, do których należy zaliczyć: wzrost strumienia cyrkulujących w przyrodzie związków azotu, emisję podtlenu azotu powstającego procesie mikrobiologicznej denitryfikacji, emisję amoniaku w wyniku hydrolizy mocznika, emisję amoniaku z gnojowicy i obornika. Nawozy, w tym zwłaszcza organiczne, powodują eutrofizację zbiorników wodnych (azotany, fosforany), a także skażenie wody pitnej (azotany). Wiele negatywnych efektów środowiskowych związanych z nawożeniem jest wynikiem błędów i brakiem wiedzy o zasobności gleby. Znacznie większe zagrożenia środowiskowe wynikają ze stosowania nawozów organicznych, szczególnie gnojowicy. Straty nawozowe azotu wynoszą z:

<b>gnojowicy bydłowej</b>	<b>30–40%</b>
hydroliza, emisja amoniaku	20–30%
wymywanie	9–12%
denitryfikacja	1,5–1,7%
<b>nawozu NPK 1:1:1</b>	<b>16–20%</b>
emisja amoniaku	7–8%
wymywanie	8–10%
denitryfikacja	1,5–1,8%

Nowoczesne techniki nawożenia mają na celu zwiększenie poboru składników nawozowych przez uprawiane rośliny, stosując system **the Best Fertilizer Management Practice** uwzględniający tzw. zasadę 4R, a więc stosowanie:

**– odpowiedniego produktu – właściwej dawki – w odpowiednim czasie – w odpowiednim miejscu**

Współczesne rolnictwo wykorzystuje również wiele nowych rozwiązań technicznych i technologicznych, takich jak, przedstawione na rys. 16, tj. nawożenie kropelkowe, pozwalające nawadniać i równocześnie nawozić strefę korzeniową, a jednocześnie nie nawozić chwastów. System ten umożliwia swoiste dokarmianie roślin w okresie największego zapotrzebowania pokarmowego roślin.



*Rys. 16. Przykład nawożenia kropelkowego, stanowiącego równoczesne nawadnianie i nawożenie (system fertigation)*

Efektywnym rozwiązaniem jest przedstawiona na rys. 17 „uprawa dwupoziomowa”, pozwalająca po zbiorze zboża, zaorać rośliny motylkowe rosnące na dolnym poziomie, które mają zdolność biologicznego wiązania azotu, a więc dostarczenia do gleby dodatkowej dawki azotu



*Rys. 17. Dwupoziomowa uprawa, z wykorzystaniem roślin motylkowych do biologicznej produkcji nawozów azotowych*

Metoda biologicznej produkcji nawozów azotowych może być w przyszłości poważnym producentem, nawozów, zwłaszcza że w wytwarzanej globalnej biomasy rośliny wiążące azot produkują około 140 mln Mg azotu rocznie. W uprawach rolniczych można szerzej wykorzystać bakterie symbiotyczne roślin motylkowych, takich jak lucerna, koniczyna, fasola, groch, a także bakterie brodawkowe wiążące azot w uprawie soi (*soya root nodule N-fixing bacteria*). Istnieje również możliwość wykorzystania do produkcji nawozów fotosyntetycznych bakterii typu *Cyanophyta* oraz tzw. *blue green alga*. Niezbędne jest również stosowanie rozwiązań biochemicznych w racjonalnym wykorzystaniu związków fo-

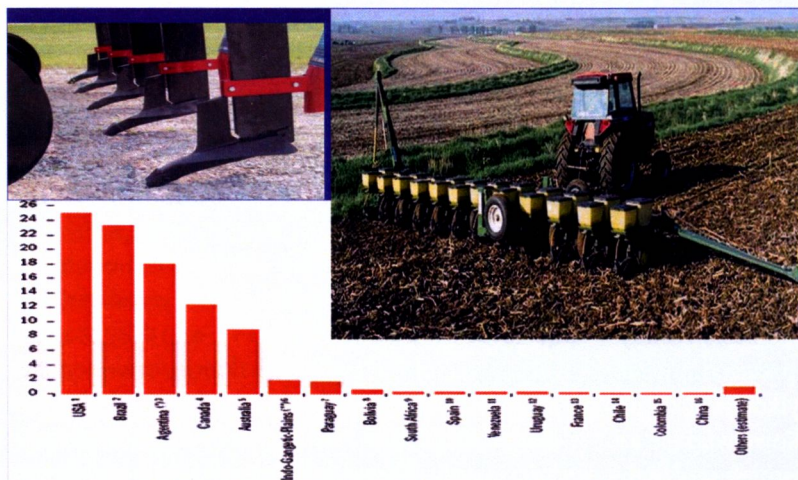
sforu wprowadzonych do gleby w trakcie wieloletniego nawożenia, wykazujących ograniczoną dostępność dla roślin i stanowiących niewykorzystywaną aktualnie rezerwę. Uruchomienie tych rezerw jest możliwe poprzez:

- wykorzystanie bakterii typu PSB (*Phosphate Solubilizing Bacteria*) do rozkładu niedostępnych dla roślin związków fosforu,
- zastosowanie mikroorganizmów wspomagających proces poboru związków fosforu przez rośliny z surowców fosforowych,
- wykorzystanie bakterii rodzaju *Bacillus* i *Pseudomonas* (określane jako *Phosphate Solubilizing Bacteria* PSB) do rozkładu struktury apatytowej dla uruchomienia związków fosforanowych w sferze korzeniowej roślin.

Oprócz działań chemicznych i biochemicznych możliwe jest istotne zmniejszenie negatywnego oddziaływania produkcji rolniczej na środowisko, w tym zwłaszcza na zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych, poprzez zmiany technologiczne uprawy gleby. Takie możliwości daje stosowanie tzw. techniki bezorkowej (*no-tillage agriculture*). Istota tej techniki polega na wprowadzeniu pod powierzchnię gleby nawozu i nasion, bez przeorania i bronowania gleby. Nawozy i nasiona wprowadza się na głębokości 15–20 cm dyszami podłączonym do specjalnej konstrukcji noży. Na rysunku 18 przedstawiono konstrukcję tych elementów oraz maszyną rolniczą wykorzystywaną w tej technice.

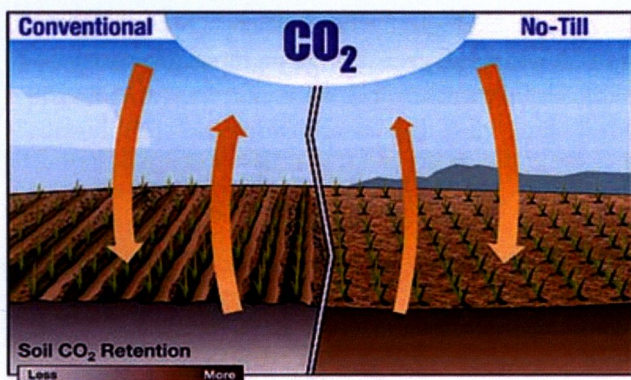
Współczesne rolnictwo wykorzystuje również wiele nowych rozwiązań technicznych i technologicznych, takich jak, przedstawione na rys. 16, tj. nawożenie kropelkowe, pozwalające nawadniać i równocześnie nawozić strefę korzeniową, a jednocześnie nie nawozić chwastów. System ten umożliwia swoiste dokarmianie roślin w okresie największego zapotrzebowania pokarmowego roślin.

Do nowych problemów związanych ze stosowaniem nawozów należy potrzeba recykulacji składników nawozowych z odchodów hodowlanych i odpadów rolniczych z przemysłu rolno-spożywczego. Potrzeba ta z jednej strony wyni-

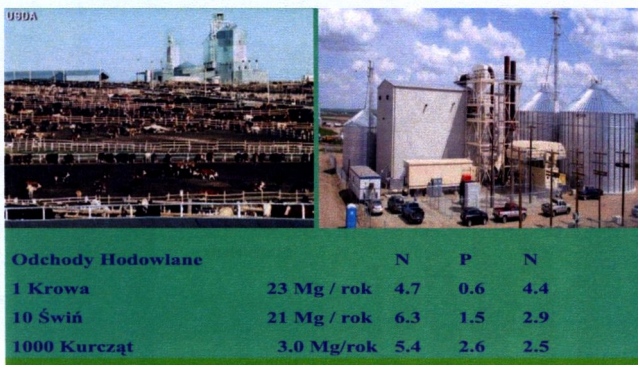


Rys. 18. Innowacyjna technika upraw bezorkowych (*no-tillage agriculture*) stosowana w świecie na blisko 100 mln ha (2007 r.)

ka z kurczących się zasobów nieodnawialnych surowców (fosforyty, gaz ziemny), ich rosnących cen, a z drugiej strony z koncentracji hodowli w dużych fermach, gdzie ich olbrzymia masa wymaga traktowania tych odchodów jako uciążliwych dla środowiska odpadów. Na rysunku 21 przedstawiono skalę tego problemu, którą można ocenić iloczynem wielkości jednostek hodowlanych i liczbą hodowlanych zwierząt. Uzasadnione jest zatem traktowanie tych odchodów jako surowca do wytwarzania nawozów mineralno-organicznych o projektowanym składzie w instalacjach uruchamianych na terenie fermy hodowlanej. Przykład takiego rozwiązania przedstawiono na rys. 21.



Rys. 20. Bilans ditlenku węgla w procesie fotosyntezy i emisji glebowej w uprawie konwencjonalnej (conventional) i bezorkowej (no-tillage agriculture)



Rys. 21. Instalacja do wytwarzania nawozów mineralno-organicznych z odchodów hodowlanej z dużej fermy hodowlanej (USA)

Jako źródła surowcowego fosforu i mocznika nie można lekceważyć moczu ludzkiego, zwłaszcza że w starożytnym Rzymie, ale również w średnio-wieczu, wykorzystywano powszechnie mocz ludzki gromadzony w tzw. *urinale cisterns*, do nawożenia sadów oliwnych i winorośli.

Również obecnie podejmowane są w krajach skandynawskich działania nad gromadzeniem moczu, stosując modyfikację urządzeń sanitarnych do separa-

cji moczu i oddzielnej instalacji do gromadzenia moczu. Rozwiązanie to nie tylko jest źródłem fosforu i mocznika, ale zapewnia duże oszczędności w zużywanej wody pitnej do spłukiwania toalet. W praktyce, także w Polsce montowane są w miejscach publicznych (stacje benzynowe) pisuary spłukiwane cyrklowanym płynem dezynfekcyjnym. Urządzenie takie pozwala oszczędzić około 100 tysięcy litrów pitnej wody rocznie. Warto ten aspekt brać pod uwagę, gdyż w krajach rozwiniętych aż 45% wody pitnej zużywa się na spłukiwanie toalet.

Na rysunkach 22 i 23 przedstawiono rozwiązania stosowane w przeszłości i aktualnie realizowane projekty związane z odzyskiem z moczu ludzkiego związków fosforu i azotu. Przedstawiono rozwiązanie z zakresu inżynierii sanitarnej zastosowane w tzw. ekologicznych wioskach w Szwecji i bardzo prymitywne, wykorzystywane w wiosce afrykańskiej, gdzie mocz gromadzi się w biodegradowalnych woreczkach foliowych.

**Urinale cisterns**

W „rocznym świątym moczem”  
**7 000 000 Mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>**  
 Roczne wydobycie surowców fosforowych  
**42 000 000 Mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>**

Rys. 22. Potencjalna możliwość wykorzystania moczu ludzkiego zawierającego związki fosforu i mocznika

51 apartments

Urine

Holding tanks, 3x30 m<sup>3</sup>

Greywater and faeces enter the Stockholm wastewater system

Rys. 23. Przykłady wykorzystania moczu ludzkiego jako surowca nawozowego

## **Badania własne związane z rozwojem technologii wytwarzania nawozów i nawożenia**

Moja ponadczterdziestoletnia działalność naukowo-badawcza i wdrożeniowa w technologii chemicznej rozpoczęła się pod kierunkiem wybitnego technologa, prof. Jerzego Schroedera, przedstawiciela *chemicznej szkoły lwowskiej*, której założeniem było prowadzenie badań naukowych, jako podstawy zastosowań praktycznych. Pod Jego kierunkiem miałem okazję i szczęście podejmowania wielu badań istotnych dla rozwoju technologii nawozowych. Kierunek ten kontynuowałem we współpracy z zorganizowanym zespołem badawczym, ściśle współpracując z przemysłem i placówkami rolniczymi, poszerzając zakres działalności o badania związane z wykorzystaniem agrochemikaliów w żywieniu zwierząt gospodarskich, utylizacją odpadów i wytwarzaniem produktów chemii gospodarczej. Efektami tej działalności, realizowanej obecnie przez kierowany przeze mnie Zakład Chemii dla Rolnictwa Instytutu Technologii Nieorganicznej i Nawozów Mineralnych Politechniki Wrocławskiej, są:

### **Nowe rozwiązania technologiczne**

1. Nowa generacja mikroelementowych nawozów dolistnych.
2. Nawozy zawieszinowe mineralno-organiczne z wykorzystaniem odnawialnych źródeł fosforu.
3. Nawozy z surowców odnawialnych (pierz – N, popioły – K, kości, mączka kostna – P).
4. Nowa generacja mikroelementowych dodatków paszowych na bazie alg w procesie biosorpcji i bioakumulacji.
5. Preparat stabilizujący i dezodoryzujący przechowywaną gnojowicę (upowszechnianie w Wielkopolsce).
6. Opracowanie metod dezodoryzacji w produkcji nawozów mineralnych.

### **Wdrożone w skali przemysłowej nowe produkty**

1. Preparaty do prania wełny, środki na bazie fosforanu mocznika (ZChG Pollena).
2. Wykorzystanie surowców fosforowych do przetwarzania odpadów z gorzelni, zakładów przemysłu ziemniaczanego, na nawozy mineralno-organiczne (zakłady w woj.opolskim).
3. Wielofunkcyjne nawozy wieloskładnikowe z mikroelementami (Intermag, Bonrol, Ekopl).
4. Nawozy wieloskładnikowe granulowane metodą kompaktowania (ZCH Lu-  
boń SA).

### **Wdrożone w skali przemysłowej nowe rozwiązania „fosforowe”**

1. Obniżenie strat związków fosforu w procesie przemywania odpadowego fosfogipsu (ZCh Police).
2. Zastosowanie siarczanu amonowego do wytwarzania nawozów wieloskładnikowych (ZCH Police).
3. Nowe preparaty chemii gospodarczej (czyszczące, dezynfekcyjne) na bazie fosforanu mocznika.

## Nowe rozwiązania technologiczne zweryfikowane w skali półtechnicznej

1. Bezodpadowa metoda przetwarzania surowców fosforowych na nawóz NPK 15:15:15 i kredę nawozową z całkowitą utylizacją fosfogipsu (Instalacja w ZCh Police).
2. Metoda wytwarzania wysokiej czystości fosforanu mocznika o zastosowaniu paszowym i jako składnika środków czyszczących.
3. Metoda wytwarzania fosforanu paszowego z superfosfatu (instalacja w ZCh Police).
4. Metoda odzyskiwania uranu z ekstrakcyjnego kwasu fosforowego (instalacja w ZCh Police).
5. Paszowy fosforan wapniowy w procesie autotermicznym (bez suszenia) – „FOSFORY” w Gdańsku.

Na rysunku 24 przedstawiono instalację półtechniczną, w której wykonano aplikacyjne partie kredy nawozowej i siarczanu amonowego z odpadowego fosfogipsu, paszowego fosforanu mocznika oraz paszowego fosforanu wapniowego, a na rysunku 25 – instalację półtechniczną do odzyskiwania uranu z ekstrakcyjnego kwasu fosforowego.

Wiele z opracowanych nowych produktów i procesów zostało wdrożonych i wprowadzonych na rynek, a realność technologiczna kilku procesów została zweryfikowana w skali półtechnicznej i stanowi udokumentowaną tymi badaniami ofertę wdrożeniową. Okazuje się, że rozwiązania opracowane w latach 80., w innych warunkach ekonomiczno-środowiskowych, w chwili obecnej mają zdolność wdrożeniową. Takim przykładem jest opracowana wspólnie z ZCh Police technologia bezodpadowa wytwarzania nawozu wieloskładnikowego NPK 15:15:15 i kredy nawozowej. Na rysunku 26 przedstawiono współcześnie stosowane rozwiązanie przetwarzania fosforytów na nawozy z wykorzystaniem produkowanego w ZCh Police SA amoniaku z gazu ziemnego. W produkcji kwasu fosforowego powstaje odpad fosfogipsowi, natomiast w produkcji amoniaku powstaje odpadowy fosfogips.

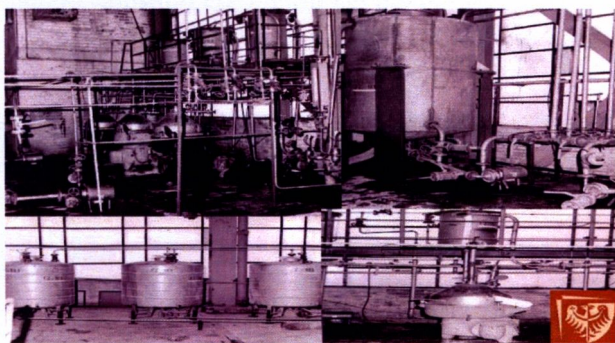


*Rys. 24. Instalacja półtechniczna procesu konwersji fosfogipsu do kredy nawozowej, wytwarzania fosforanu mocznika, wytwarzania fosforanu wapniowego*

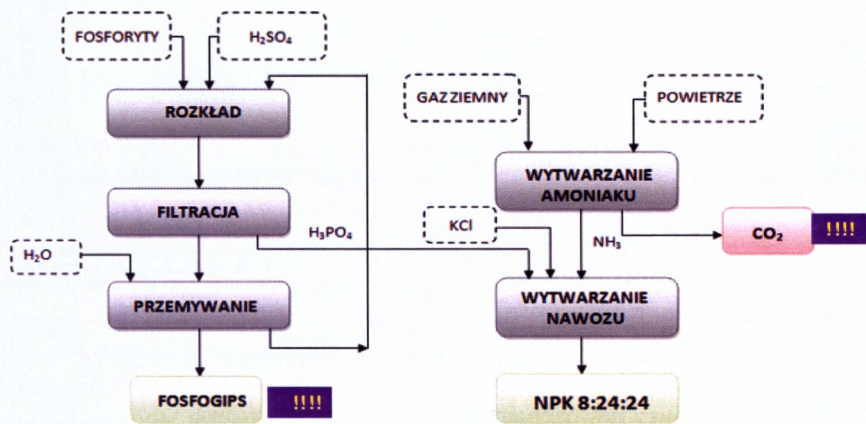


Technologiczne sprzężenie tych dwóch technologii poprzez proces konwersji fosfogipsu amoniakiem i odpadowym ditlenkiem węgla z wytwórni amoniaku pozwala na całkowitą eliminację wytwarzania ciężkiego odpadu fosfogipsowego oraz sekwestrację odpadowego ditlenku węgla. Rozwiązanie zapewnia również racjonalizację bilansu wodnego, gdyż fosfogips przemiany jest przeciwnieprądowo roztworem siarczanu amonowego wytwarzanym w procesie konwersji fosfogipsu. Rozwiązanie to przedstawiono na rys. 27.

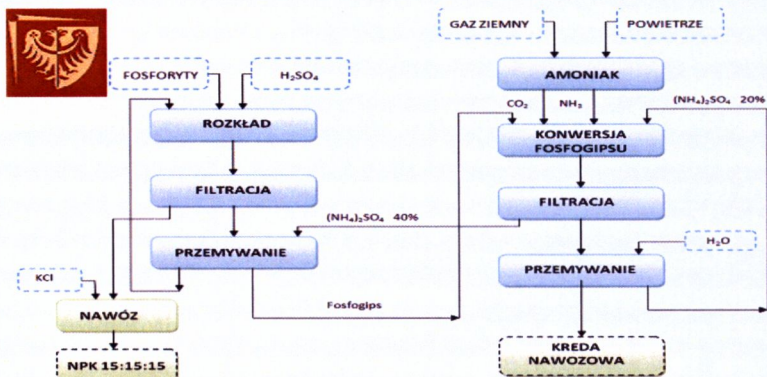
Rosną koszty i problemy techniczne ze składowaniem olbrzymich ilości odpadowego fosfogipsu, a także eliminacja emisji ditlenku węgla da oszczędności w opłatach emisyjnych. Są to więc istotne argumenty za wdrożeniem opracowanej metody. Podkreślenia wymaga fakt sprawdzenia w wielotygodniowych badaniach w instalacji przemysłowej wariantu rozkładu fosforytów mieszaniną kwasu siarkowego i siarczanu amonowego oraz procesu konwersji fosfogipsu w dużej instalacji półtechnicznej. Produkty tej nowej technologii a zatem nawóz i kreda, zostały pozytywnie ocenione w nawozowych badaniach polowych.



Rys. 25. Instalacja do badań w skali półtechnicznej procesu odzyskiwania uranu z ekstrakcyjnego kwasu fosforowego

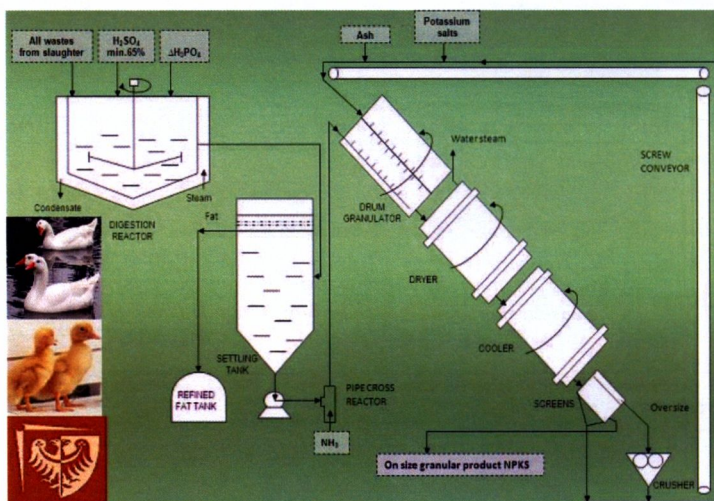


Rys. 26. Schemat technologiczny wytwarzania nawozów NPK i amoniaku w ZCH Police SA



Rys. 28. Bezpodpadowa metoda wytwarzania nawozów NPK typu 15:15:15

Do ważnych rozwiązań wdrażanych w chowie i ubojniach drobiu należy zmniejszenie uciążliwości dla środowiska pomiotu w intensywnym chowie gęsi i utylizacji wyjątkowo uciążliwych dla środowiska odpadów poubojowych. Technologia ta jest wdrażana w firmie AMI w miejscowości Mikstat, w największej krajowej ubojni gęsi. Zasadę metody przedstawiono na rys. 29.

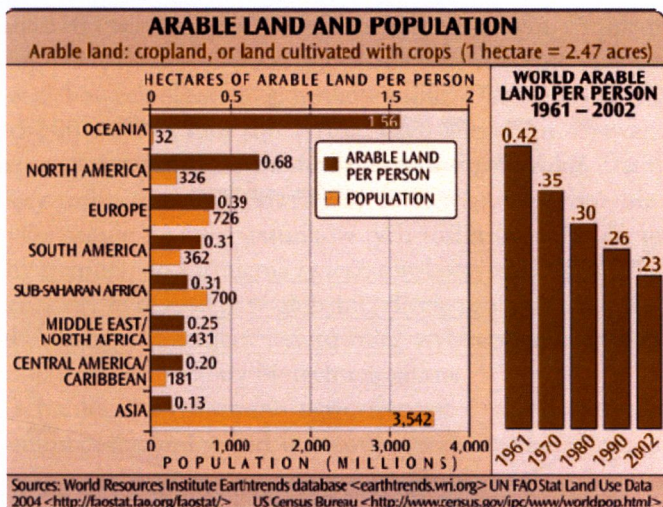


Rys. 29. Schemat metody utylizacji odpadów poubojowych z chowu gęsi na nawozy mineralno-organiczne przeznaczone dla roślin siarkolubnych (np. rzepak)

## Perspektywy nawozów i nawożenia (podsumowanie)

Globalne efekty wzrostu ilości dostępnej żywności są ściśle skorelowane z poziomem zużycia najbardziej plonotwórczego czynnika – nawozów mineralnych. Bez stosowania nawozów możliwe jest uzyskanie plonów o 70–80% niższych w porównaniu z nawożeniem średnią dawką nawozową. Globalna dynamika wzrostu produkcji żywności jest ściśle skorelowana z poziomem zużycia nawozów i agrochemikaliów. Szacuje się, że około 50% wzrostu plonów jest efektem

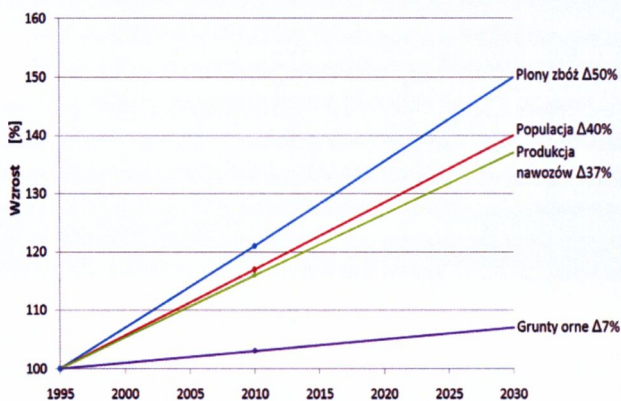
zwiększonego nawożenia, natomiast stosowanie środków ochrony roślin zwiększa wielkość plonów zbieranych jako produkty paszowe i żywność o około 10–15%. W wyniku wysokiego poziomu nawożenia, a także stosowania środków ochrony roślin w czterech ostatnich dekadach, dwukrotnie zwiększyła się produkcja żywności, przy wzroście populacji o 80% i małym powiększeniu uprawianego arealu (6%). Znacznie zmniejsza się więc powierzchnia upraw rolniczych *per capita*. Efekt ten przedstawiono na rys. 30.



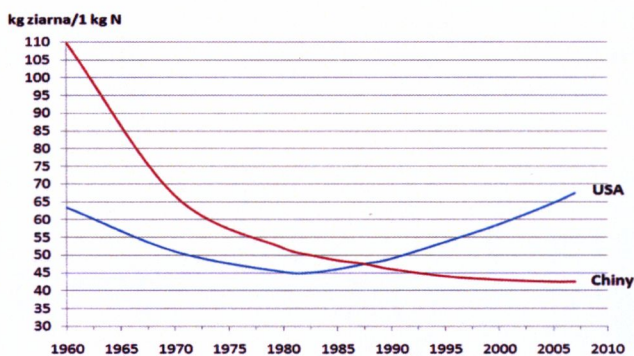
Rys. 30. Powierzchnia upraw rolniczych w regionach świata oraz tendencja zmniejszania się globalnego arealu *per capita*

Z danych przedstawianych przez FAO wynika, że średnie światowe plony zbóż z hektara w roku 1968 wynosiły 1,75 Mg, a w roku 2008 – 3,5 Mg, co uzyskuje się z zużyciem nawozów *per capita* na poziomie 20 kg NPK. Według prognoz demograficznych w roku 2030 nastąpi wzrost populacji do poziomu 8,14 mld (obecnie – 7,0 mld) i plonów zbóż 2,8 mld Mg zbóż/rok (obecnie – 2 mld). Umożliwi to zwiększenie produkcji zwierzęcej o 44%. Według tych prognoz i przy założeniu zużycia nawozów *per capita* na poziomie 20 kg NPK, w roku 2030 zużycie nawozów powinno osiągnąć poziom 179 mln Mg NPK/rok (w 2008 r. – 142,3 mln MG/rok), co wymaga wzrostu rocznej dynamiki produkcji nawozów o około 0,8%. Na rysunku 31 przedstawiono prognozy wzrostu produkcji żywności i zużycia nawozów.

Z zależności przedstawionych na rys. 31 wynika założony wzrost efektywności nawożenia, gdyż planuje się wzrost produkcji roślinnej na poziomie 50%, natomiast nawozów – tylko 37%. W nawożeniu mineralnym największą efektywność uzyskuje się przy niższym poziomie nawożenia. Każda kolejna dawka nawozu wykazuje niższą efektywność. Mimo tej oczywistej zależności w ostatnich latach rolnictwo amerykańskie uzyskało poprzez innowacyjne techniki upraw wzrost efektywności plonowania nawet przy wyższym nawożeniu.



Rys. 31. Prognoza wzrostu plonów zbóż, zużycia nawozów na tle sytuacji demograficznej



Rys. 32. Jednostkowy plon zbóż nawożonych 1 kg azotu w rolnictwie amerykańskim i chińskim w okresie ostatniego półwiecza

Z danych statystycznych wynika, że globalne zużycie nawozów *per capita* wykazuje tendencję malejącą i wynosi obecnie 20 kg NPK (w roku 2000 – 26 kg), co jest wynikiem większej efektywności nawożenia, ale również upraw roślin modyfikowanych genetycznie (soja, kukurydza).

Przed przemysłem nawozowym, jako branżą przemysłową i chemią rolną stoją wyjątkowe wyzwania związane z zapewnieniem dostaw produktów nawozowych mimo kurczących się zasobów surowców nieodnawialnych i ich rosnących cen, a także efektywnego i bezpiecznego dla środowiska nawożenia. Dzisiaj nie ma realnej alternatywy dla tych plonotwórczych produktów, a sugestie zastąpienia nawozów mineralnych nawozami organicznymi (odchodami hodowlanymi) są błędne. Zmiany w technologiach hodowlanych, w tym koncentracja hodowli w dużych fermach, wymaga przetwarzania tych odchodów, które w dużych ilościach traktować należy jako odpady, na nawozy mineralno-organiczne o projektowanym składzie. Należy również wykorzystać odpady z rolnictwa, przemysłu rolno-spożywczego i gospodarki wodno-ściekowej, zawierające składniki nawozowe jako surowce do wytwarzania nawozów.

Niezwykle ważnym zadaniem interdyscyplinarnym jest opanowanie procesów denitryfikacji i nitryfikacji przebiegających w glebie i strefach korzeniowych roślin. Oprócz stosowanych już inhibitorów enzymu ureazy hamującego rozkład mocznika potrzebne są także substancje ograniczające rozkład nawozów do  $N_2O$  i  $N_2$ , co zwiększy efektywność wykorzystania nawozów. Niezbędne jest opracowanie nowych form nawozów o ograniczonej podatności na wymywanie składników nawozowych do wód gruntowych. Celem badań mikrobiologicznych i biochemicznych powinno być ograniczenie emisji  $N_2O$ , gazu ocenianego jako równoważnik 310 cząsteczek  $CO_2$  w efekcie cieplarnianym. Problemy te można w dużym stopniu rozwiązać przez dostarczanie rolnictwu bionawozów w formie inokulantów glebowych dla wielu gatunków roślin. Ocenia się, że roślinność globu wiąże od 100 do 175 mln ton N/rok, czyli więcej niż wytwarza światowy przemysł azotowy nawozów azotowych (110 mln ton N/rok). Znanych jest ponad 13 tysięcy roślin motylkowych zdolnych do wiązania azotu, ale w praktyce rolniczej wykorzystuje się kilka gatunków tych roślin (soja, fasola, groch, soczewica, orzechy ziemne), do karmienia zwierząt wykorzystuje się lucernę, koniczynę i wykę. Ocenia się, że te rośliny w globalnej diecie proteinowej mają 20-procentowy udział. Ważnym zadaniem jest również wykorzystanie glebowych rezerw fosforu, stosując do celu metody biotechnologiczne.

Technologia wytwarzania nawozów jest dyscypliną naukową badawczą, która wniosła olbrzymi wkład w rozwój przemysłu chemicznego, ale przede wszystkim w rozwiązywaniu najważniejszych problemów społecznych. Tak jak początkiem nowoczesnego rolnictwa było opublikowanie teorii mineralnego odżywiania roślin i prawa minimum Justusa von Liebiga, tak dla nowoczesnego przemysłu chemicznego tym początkiem było uruchomienie w skali przemysłowej, katalitycznego procesu wytwarzania amoniaku z azotu atmosferycznego przez Fritza Habera i Karla Boscha. W wielu opiniach proces katalitycznego wytwarzania amoniaku z azotu atmosferycznego był nie tylko rewolucyjną technologią chemiczną, ale także zapewnił warunki do wzrostu populacji. W analizie największych odkryć w XX wieku (V. Smil, Nature 2001) proces ten „detonated the population explosion driving in the world population from 1,6 mld t in 1900 to 6 mld in 2000”.

W przedstawionym wykładzie starałem się odpowiedzieć na postawione w tytule wykładu pytanie: „Czy można wyżywić ludzkość teraz i w przyszłości bez stosowania nawozów mineralnych? Odpowiedzią na to pytanie są niepodważalne efekty nawozów i nawożenia, a problemem jest natomiast lepsze i bezpieczniejsze korzystanie z tego plonotwórczego czynnika. Uważam za słuszną opinię IFA (International Fertilizer Association) „Without fertilizers, human life is unsustainable”.







DOKTORZY HONORIS CAUSA

LEOPOLD ESCOFFER	1965	ARTUR WIECZYŃSKI	2001
WILHELM GOETTEL	1970	JOHN T. ODEN	2001
MARJAN KAMIEŃSKI	1972	WALTER HENN	2002
PETRO G.	1976	ALEKSEJ M. KUTEPOW	2002
MIKŁAJ C.	1980	IANUSZ B. DANILEWICZ	2004
LEON SIWA	1985	JAROSŁAW MIKULEWICZ	2004
KAZIMIERZ	1988	MICHAŁ KLEIBER	2005
SPENCER	1988	TADEUSZ GHRZANOWSKI	2006
HENRIK	1988	ZBIGNIEW ENGEL	2008
		GÜNTER WOZNY	2008
		JÓZEF NIŹOŁ	2010
		HENRYK GÓRECKI	



CENTRUM KONGRESOWE





Profesor

---

Antonio Monestiroli



Profesor

---

## Antonio Monestirolì

Antonio Monestirolì ukończył studia na Politechnice Mediolańskiej w 1965 roku. Karierę dydaktyczną i zawodową związał z tą uczelnią i tutaj naucza kompozycji architektonicznej. Od 1986 r. jest profesorem zwyczajnym Wydziału Architektury Politechniki Mediolańskiej. W latach 1973–1976 nauczał na Wydziale Architektury w Peskarze. Był profesorem w Uniwersyteckim Instytucie Architektury w Wenecji (Istituto Universitario di Architettura di Venezia) 1984–1986, tu także od 1986 r. członek kolegium profesorskiego studiów doktoranckich. W latach 2001–2004 członek kolegium profesorskiego studiów doktoranckich Wydziału Architektury w Mediolanie. W 1979 r. *Visiting Professor* w Syracuse University w Nowym Jorku; w roku 2005 *Visiting Professor* w Instytucie Architektury Delft University of Technology. Profesor honorowy Wydziału Architektury Uniwersytetu w Buenos Aires od 1994 roku.

Dyrektor Instytutu Projektowania Architektonicznego Politechniki Mediolańskiej w latach 1988–1994. Prorektor Politechniki Mediolańskiej 1991–1994. Dziekan Wydziału Architektury Cywilnej na Politechnice Mediolańskiej 2000–2008. Konsultant Assessore all'Urbanistica w Comune di Milano 1991–1992. W latach 1990–1995 kierował wydawnictwem QA (Quaderni di Architettura) Instytutu Projektowania Politechniki Mediolańskiej. W 1995 r. był kuratorem wystawy na Triennale di Milano, *Il Centro Altrove. Periferie e nuove centralità nelle aree metropolitane*. Od roku 2000 jest członkiem Akademii Nazionale di San Luca. W 2002 r. był przewodniczącym jury Międzynarodowego Biennale Architektury w Krakowie.

Najważniejsze książki autorstwa prof. Monestirolìgo: *L'Architettura della realta*, 1979 r., (3 edycja, Turyn 1999 r., także wydanie hiszpańskie i greckie 2009 r.); *Le forme ed il tempo*, redakcja i wprowadzenie do wydania włoskiego dzieła

L. Hilberseimera, *Mies Van der Rohe*, 1984 r.; *L'architettura secondo Gardella*, 1997 r.; *Temi urbani – Urban Themes*, 1997 r.; *Opere, progetti, studi d'architettura*, [Antonio Monestiroli – zbiór dzieł architektonicznych], Electa 2007 r.; *La metopa e il triglifo*, 2002 r., wydanie angielskie, Amsterdam 2005 roku. W roku 2009 w Wydawnictwie Politechniki Krakowskiej ukazała się polska wersja książki *La metopa e il triglifo* pod tytułem *Tryglif i metopa, dziewięć wykładów z architektury*. Publikacje Antonio Monestirolego: pisma, książki, badania, prezentacje projektów – łącznie 328, ukazały się w wiodących czasopismach oraz w najlepszych wydawnictwach.

Najważniejsze projekty i budynki: teatr w Udine, 1974; plac w Anconie, 1978; Ponte dell'Accademia w Wenecji, 1985; dom spokojnej starości w Galliate, Novara, 1982–1989 (realizacja); cmentarz Maggiore w Vogherze, 1995–2000 (realizacja); rozbudowa cmentarza San Michele in Isola w Wenecji, 1998; Pałac Sportu w Limbiate, Mediolan, 1998; kościół w Bergamo, 2000; nowe planetarium w Cosenzy, 2002 (realizacja); biblioteka w Peskarze, 2003 (realizacja); wieżowce w Bresci, 2004; kościół S. Carlo Borromeo w Rzymie, 2005 (realizacja). Antonio Monestiroli jest także autorem licznych projektów urbanistycznych.

Współpraca prof. Monestirolego z Wydziałem Architektury PK wiąże się z kontaktami zapoczątkowanymi w 1995 r. pomiędzy szkołami architektury w Wenecji, Krakowie, Sewilli, we współpracy z profesorami z Neapolu, Mediolanu i Las Palmas – prowadzona przez prof. Gianugo Polesello, Honorowego Profesora PK. Współpraca między tymi uczelniami trwa. Od 2004 r. profesor jest członkiem rad naukowych i uczestnikiem cyklicznej Międzynarodowej Konferencji Naukowej IPA Wydziału Architektury PK – *Definiowanie przestrzeni architektonicznej*. W 2008 roku Antonio Monestiroli przyjął medal Wydziału Architektury Politechniki Krakowskiej, przyznany „wybitnemu architektowi, teoretykowi i dydaktykowi”. Jest także członkiem Rady Naukowej Czasopisma Technicznego, periodyku wydanego przez Politechnikę Krakowską.

---

Antonio Monestiroli graduated from Milan University of Technology in 1965. He has tied his educational and professional career to this university where he teaches Architectural Composition. Since 1986, he has been a full professor at the Faculty of Architecture, Milan University of Technology. From 1973 to 1976 he taught at the Faculty of Architecture in Pescara. He was a professor at the Academic Institute of Architecture in Venice (Istituto Universitario di Architettura di Venezia) from 1984 to 1986. He has been a member of its Professorial College for doctoral studies since 1986. In 2001–2004, he was a member of the Professorial College for doctoral studies at the Faculty of Architecture in Milan. In 1979, he acted as a visiting professor at the Syracuse University in New York; in 2005 – as a visiting professor at the Institute of Architecture, Delft

University of Technology. He has been a honorary professor at the Faculty of Architecture, Buenos Aires University since 1994.

The director of the Institute of Architectural Design at Milan University of Technology 1988–1994. The pro-vice-chancellor of Milan University of Technology 1991–1994. The Dean of the Faculty of Civil Architecture, Milan University of Technology 2000–2008. A consultant Assessore all'Urbanistica at Comune de Milano 1991–1992. From 1990 to 1995, he managed the Publishing House QA “Quadreni di Architettura” at the Institute of Design, Milan University of Technology. In 1995, he was the curator of the exhibition at Triennale di Milano *Il Centro Altrove, Periferie e nuove centralita nelle aree metropolitane*. Since 2000, he has been a member of Akademia Nazionale di San Luca. He was the President of the Jury at the International Biennale of Architecture in Krakow in 2002.

The most important books written by Prof. Antonio Monestiroli: *L'Architettura della realta*, 1979, 3<sup>rd</sup> edition, Turin 1999, also Spanish and Greek editions 2009; *Le forme ed il tempo*, editing and an introduction to the Italian edition of a work by L. Hilberseimer, *Mies Van der Rohe*, 1984; *L'Architettura secondo Gardella*, 1997; *Temi urbani – Urban Themes*, 1997; *Opere, progetti, studi d'architettura* [Antonio Monestiroli – a collection of architectural works], Electa 2007; *La metopa e il triglifo*, 2002, English edition Amsterdam 2005. In 2009, Cracow University of Technology published the Polish version of *La metopa e il triglifo* entitled *Tryglif i metopa, dziewięć wykładów z architektury*. Antonio Monestiroli's publications – books, studies, presentations of designs (total number: 328) – have appeared in the leading magazines and the best publications.

The most important designs and buildings: a theatre in Udine, 1974; a square in Ankona, 1978; Ponte dell'Accademia in Venice, 1985; an assisted living home in Galliate, Novara, 1982–1989 (implementation); Maggiore Cemetery in Voghera, 1995–2000 (implementation); extension of San Michele Cemetery in Isola, Venice 1998; the Palace of Sport in Limbiate, Milan, 1998; a church in Bergamo 2000; a new planetarium in Cosenza, 2002 (implementation); a library in Pescara, 2003 (implementation); high-risers in Brescia, 2004; S. Carlo Borromeo's Church in Rome, 2005 (implementation).

Antonio Monestiroli is also the author of numerous urban designs.

Prof. Monestiroli's cooperation with the Faculty of Architecture, Cracow University of Technology is related to connections between schools of architecture in Venice, Kraków and Seville as well as professors in Naples, Milan and Las Palmas which commenced in 1995 and have been supervised by Prof. Gianugo Polesello, a Honorary Professor of CUT. The collaboration between these universities is in progress. Since 2004 Professor has been a member of the Scientific Councils and a participant in the cyclical International Conference of the Institute of Architectural Design, Faculty of Architecture, CUT – *Defining Architectural Space*. In 2008 Antonio Monestiroli received the medal of the Faculty of Architecture, Cracow University of Technology for “an outstanding architect, theoretician and teacher” Antonio Monestiroli.

## ARCHITEKTURA RZECZYWISTOŚCI

*Architektura rzeczywistości* to tytuł mojej pierwszej książki, wydanej w Mediolanie w 1979 roku. Próbowałem w niej zrozumieć, jakie są podstawy projektu architektonicznego, związku architektury i rzeczywistości – ponieważ moim zdaniem architektura jest pewną formą rzeczywistości, jedną z potencjalnych form, w których przedstawia się rzeczywistość. I odwrotnie, rzeczywistość ma swój kształt, swoją formę, swoją architekturę, poprzez którą poznajemy samych siebie i świat, w którym żyjemy.

Rzeczywistość to wszystko, co z własnego lub innego punktu widzenia możemy zaobserwować, jest ona w znacznej mierze niezależna od nas samych, co więcej – poprzedza nas, nasze myślenie, nasze działanie.

Sądzę, że osiągnięcie dojrzałości wiąże się z umiejętnością dostrzeżenia pewnego dystansu między nami a rzeczywistością, dzięki czemu możemy obserwować rzeczywistość, więc i nas, stanowiących jej część, z pewnej odległości, dostrzec w niej *sekretną magię*. Wystarczy lektura choćby jednej powieści, by nauczyć się patrzeć na własne życie z innego, leżącego gdzieś poza, punktu widzenia.

Jako chłopiec byłem do tego stopnia *pogrążony* w rzeczywistości, że nie byłem w stanie jej poznać. Mogę powiedzieć, że *cierpiałem* na rzeczywistość. Jedyne teatru dawał mi wrażenie, że istnieje rzeczywistość bardziej obiektywna, co dawało mi radość i w jakiś sposób dodawało otuchy. Pamiętam, że będąc chłopcem, uwielbiałem teatr Carlo Goldoniego. Nie tyle Goldoniego od masek, co Goldoniego, który potrafił wprowadzić na scenę życie codzienne, stawiając je w świetle zdolnym, jak sam mówił: „uwiecznić miłośćkę guwernantki”. Wprawiało mnie to w zachwyt: ta zdolność przekształcania czegoś tak ulotnego jak przelotny kaprys w *cechę charakteru* zdawałoby się wieczną i odwieczną. Właśnie z tej możliwości zatrzymywania biegu czasu naszego życia, mojego młodzieńczego życia, w owym czasie tak jeszcze przepelnionego lękami, brała się, jak sądzę, radość, jaką dawał mi ten teatr. Teatr sprawiał, że patrzyłem na swoje życie z *zewnątrz*, że każdy gest widziałem jako część pewnego zdarzenia umiejscowionego w czasie. Moje życie, widziane poprzez teatr, odnajdywało swoje *miejsce w czasie*. Bez tego wszystko przemija, nie zostawiając śladu.

Rzeczywistość to natura – również nasza natura – rzeczywistość to świat zbudowany nie tylko za pomocą architektury. Rzeczywistość to instytucje regulujące nasze życie społeczne. Rzeczywistość to technologia generująca standardy naszego życia, itd. W sumie rzeczywistość to świat, w którym żyjemy, z jego strukturą i historią, jego przeszłością i chwilą obecną. My możemy wymyślić mu przyszłość.

Musimy zadać sobie pytanie, w *jaki sposób* projekt architektoniczny ustanawia swoją relację z rzeczywistością.

Najpierw musimy powiedzieć, *dłaczego* projekt architektoniczny odnosi się do rzeczywistości i czy są dla tej relacji jakieś alternatywy. Nie można zapomnieć, że obecnie niektórzy zajmują inne stanowisko, dopuszczając tworze-



## L'ARCHITETTURA DELLA REALTÀ

*L'Architettura della realtà* è il titolo del mio primo libro, pubblicato a Milano nel 1979. In questo libro ho cercato di capire quali fossero i fondamenti del progetto di architettura, quali fossero i rapporti fra l'architettura e la realtà. Perché io penso che l'architettura sia una forma della realtà, una delle forme possibili in cui la realtà si rappresenta. Viceversa possiamo dire che la realtà ha una sua forma, una sua architettura, attraverso la quale noi conosciamo noi stessi e il mondo in cui viviamo.

La realtà è tutto ciò che noi possiamo osservare, da un punto di vista nostro e di altri, essa è in gran parte indipendente da noi, addirittura è preesistente a noi, al nostro pensare e al nostro agire.

Trovo che riconoscere un certo distacco fra noi e la realtà sia una conquista della maturità che ci consente di osservare la realtà, appunto, e quindi noi stessi che della realtà facciamo parte, da una certa distanza e di riconoscerne una *segreta magia*. Basta aver letto anche un solo romanzo, per imparare a vedere la propria vita da un punto di vista collocato fuori da essa.

Quando ero ragazzo ero talmente immerso nella realtà da non essere in grado di conoscerla. Posso dire che la pativo. Solo il teatro mi dava la sensazione che esistesse una realtà più oggettiva, più conoscibile, e questo mi dava gioia, in qualche modo mi confortava.

Mi ricordo che da ragazzo avevo una passione per il teatro di Carlo Goldoni. Non tanto il Goldoni delle maschere, ma quello che metteva in scena la vita quotidiana, illuminandola di una luce capace, come dice lo stesso Goldoni, di *rendere eterno il capriccio di una governante*. Questo m'incantava: la capacità di trasformare un fatto passeggero come un capriccio, in un *carattere* che pareva esistere da sempre e per sempre. La felicità che mi dava quel tipo di teatro era dovuta, credo, a questa sospensione del tempo della nostra vita, della mia vita di adolescente allora così piena di paure. Era dovuta al fatto che quel teatro mi faceva vedere la mia vita quotidiana *dal di fuori*, mi faceva vedere ogni gesto come parte di una vicenda che aveva una sua durata nel tempo. La mia vita, vista attraverso il teatro, assumeva *una sua durata nel tempo*. Altrimenti tutto passa senza lasciare traccia.

Realtà è la natura, anche la nostra natura, realtà è il mondo costruito, dall'architettura o da altro, realtà sono le istituzioni che regolano la nostra vita civile, realtà è la tecnologia che produce i modi della nostra vita, ecc. Realtà insomma è il mondo in cui viviamo che ha una sua struttura e una sua storia, un suo passato e un suo presente. Noi possiamo immaginarne il futuro.

Dobbiamo domandarci *in che modo* il progetto di architettura stabilisce un rapporto con la realtà.

Prima dobbiamo dire *perché* il progetto di architettura si rapporta alla realtà e se non ha altre possibilità che questa. Bisogna riconoscere che oggi ci

nie architektury jako *ucieczki od rzeczywistości*, jako budowania jednej lub wielu alternatywnych rzeczywistości. Architektury, która powstaje ze swoistego odrzucenia rzeczywistości.

Chcę tu podkreślić, że uwzględnianie rzeczywistości – w projekcie architektonicznym – nie jest warunkiem koniecznym, tylko wyborem. Wyborem sposobu myślenia, który, jak sądzę, łączy się z pewnym nurtem architektury, nurtem architektury klasycznej, która ostatecznie jest architekturą racjonalną.

Oczywiście, by podążyć tą drogą, trzeba przyjąć rzeczywistość jako całość z jej *bogactwem i złożonością*. Trzeba umieć patrzeć na nią za każdym razem tak, jakbyśmy widzieli ją po raz pierwszy, *ze zdumieniem, jakie budzą rzeczy niespodziewane*. Rzeczywistość tym samym to nie rutyna, tylko ciągłe odkrywanie rzeczy na nowo.

To poczucie pozwala nam oglądać świat z zachwytem, dokładnie odwrotnie niż w realizmie rozumianym jako przywiązanie do pozorów. Pojawia się zatem pytanie – jak poznać otaczającą nas rzeczywistość?

Wierzę, że poznanie rzeczywistości jest możliwe poprzez rozróżnienie esencji i pozorów, tego, co stałe i trwałe, i tego, co zmienne i ulotne. Istota rzeczy i ich powierzchowność nie istnieją osobno i nie sposób traktować ich jak alternatyw. Poznanie dokonuje się *poprzez przejście* od powierzchowności rzeczy do ich istoty poprzez zasadę *abstrahowania*, racjonalnego procesu, który dosłownie wydobywa esencję rzeczywistości (esencję, która jest zawsze historyczna, zawsze związana z historycznymi uwarunkowaniami procesu poznania, a zatem nie jest wieczna ani niezmienna).

Mies van der Rohe mówił: „zrozumienie danej epoki oznacza zrozumienie jej istoty, a nie tego wszystkiego, co mamy przed oczami”.

Tym samym związek z rzeczywistością nie oznacza bezkrytycznego stosunku do takich form rzeczywistości, jakie wynikałyby z naszego doświadczenia, oznacza natomiast związek z rzeczywistością będącą rezultatem naszego poznania. Interesuje mnie właśnie ta niezwykła złożoność, która ukazuje się poprzez poznanie, która zmienia stan pasywny (w którym żyłem jako chłopiec) w aktywność ukazującą *walory i znaczenia*.

To pokazuje, że ktoś, kto unika tej drogi i ogranicza się do powierzchownego banału rzeczywistości, próbuje odrzucać rzeczywistość i konstruować dla niej alternatywy. Wielu architektów szuka *alternatywnych światów*, tworząc formy, które oddalają nas od rzeczywistości, rodzaj *architektury ucieczki*, która – paradoksalnie – ostatecznie staje się architekturą komercyjną.

Tymczasem chodzi o przedstawienie, za pomocą form architektonicznych, sensu budynku, tej najgłębszej racji jego istnienia, którą nie zawsze łatwo daje się odkryć. To dążenie reprezentatywne odróżnia architekturę od każdej innej konstrukcji. Budynek można po prostu zbudować, można też zbudować go opierając się na *formach, które przedstawiają rację jego istnienia*.

Ten wybór wiąże nas z rzeczywistością, w którą wpisany jest budynek. Przykładowo: projekt domu, teatru, muzeum itd., jakiegokolwiek aktywności przynależnej do naszego realnego życia, powinien zostać zbudowany z użyciem form

sono anche punti di vista diversi che considerano possibile costruire l'architettura come *evasione dalla realtà*, come costruzione di una o tante realtà alternative. Un'architettura che nasce da un certo rifiuto della realtà.

Lo dico per sottolineare che il tener conto della realtà, nel progetto di architettura, non è una condizione obbligata ma una *scelta*. Una scelta di pensiero che, io credo, appartiene a un certo filone dell'architettura, al filone dell'architettura classica, che poi è l'architettura razionale.

Certo che, per imboccare questa via, è necessario riconoscere che la realtà nel suo insieme ha una sua *ricchezza e complessità*. E' necessario saper guardare ad essa ogni volta come se fosse la prima volta che la si guarda, *con lo stupore che provocano le cose inaspettate*. La realtà dunque non come consuetudine ma come continua scoperta.

Questo è un sentimento che ci permette di guardare il mondo con un senso di meraviglia, esattamente al contrario da chi intende il realismo come assuefazione all'apparenza delle cose.

Dunque il problema diventa come conoscere la realtà che ci circonda.

Io credo che la conoscenza della realtà sia possibile attraverso la distinzione fra essenza e apparenza, fra ciò che è costante e duraturo e ciò che è variabile e fugace.

Fra essenza e apparenza non c'è separazione, né vanno considerate come alternative. La conoscenza si produce *attraverso il passaggio* dall'apparenza delle cose alla loro essenza, attraverso il principio dell'*astrazione*, un processo razionale che porta alla luce, appunto, l'essenza del reale (un'essenza che è sempre storica, che è sempre legata alle condizioni storiche del processo di conoscenza e dunque non è eterna né immutabile).

Mies diceva: *capire un'epoca significa capire la sua essenza e non tutto ciò che ci viene davanti gli occhi*.

Quindi rapporto con la realtà non significa adesione acritica alle forme del reale così come si presentano alla nostra esperienza, ma significa rapporto con una realtà che è il risultato della nostra conoscenza. E' questo che mi interessa: la straordinaria complessità che viene alla luce conoscendola, che trasforma una condizione passiva (che è quella che vivevo da ragazzo) in un'attività rivelatrice dei suoi *valori* e dei suoi *significati*.

Così si capisce come chi non affronta questa ricerca e si ferma all'apparente insignificanza della realtà, tende a rifiutarla e a costruirne continue alternative. Sono tanti gli architetti che cercano *mondi alternativi*, costruendo forme che ci allontanano dalla realtà, una specie di *architettura di evasione* che poi, paradossalmente, diventa architettura commerciale.

Invece l'obiettivo è rappresentare, con le forme dell'architettura, la ragione di un edificio, la ragione più profonda, che non sempre è facile da scoprire.

Questa volontà rappresentativa distingue l'architettura da qualsiasi altra costruzione. Un edificio si può costruire e basta, oppure si può costruire in *forme che sono rappresentative della sua ragione d'essere*.

przedstawiających rzeczywistość domu, teatru, muzeum. Rzeczywistość ta badana jest, jak już mówiłem, nie poprzez trzymanie się konwencjonalnych form tych budynków, lecz poprzez wydobywanie z nich *sensów również nieznanych*, właściwych im obecnie i *ureczywistnianiem ich* za pomocą architektury.

A zatem architektura ureczywistnia sens budynków, sens przynależny rzeczywistości. Nie wymyśla go ani nie ustala ten, kto projektuje. Projektujący, jeżeli jest w stanie, *wydobywa go na światło dzienne*.

Nie wiem, ilu działa dziś w tym kierunku. To pewne, że wiele współczesnych projektów domów, teatrów, muzeów bynajmniej nie uwzględnia sensu budynków, za to *przypisuje* tym budynkom raczej im nie przynależne. Dodajmy jeszcze – *racje komercyjne*.

Chcę powiedzieć, parafrazując Loosa, że nowa architektura, w której wszyscy rozpoznają nową kulturę, narodzi się, gdy wypłynie nowa generacja architektów zdolnych do tworzenia architektury w *zgodzie z wiedzą i rzeczywistością*. Dziś ta, którą określamy mianem *architektury ucieczki* czy architektury komercyjnej, by przetrwać, tworzy formy, które natychmiast się starzeją, ponieważ nie znajdują żadnego odpowiednika w rzeczywistości.

Mówiłem o *głębokim sensie* mając na myśli główne powody przedstawione za pomocą jasnych i prostych form. Przytaczam tu pewną tezę, którą powtarzam niestrudzenie: *prostota* form jest pochodną zrozumienia *złożoności* tego, co przedstawiają, odnalezienia ich tożsamości.

Ta złożoność ujawnia się poprzez formy, przez nie daje się rozpoznać, dzięki czemu z kolei poznajemy samych siebie. To właśnie cel sztuki, jak i nauki to dla mnie ostateczny cel architektury.

Młody Marks, mówiąc w *Rękopisach ekonomiczno-filozoficznych*: „człowiek przegląda się w stworzonym przez siebie świecie”, chciał powiedzieć, że praca musi być rodzajem poznania. To samo można powiedzieć o architekturze. Marks napisał te słowa w 1844 roku. Trzy lata po śmierci Schinkla i trzynaście lat po śmierci Hegla, który napisał niezwykle rzeczy o architekturze.

Hegel uznał dom za wzorzec architektury. Dom to pierwotny przykład architektury jako poznania samego siebie. Zawiera w sobie także cel każdego projektu, czyli poszukiwanie formy reprezentatywnej dla znaczenia tego, co się buduje. Znaczenia, w którym rozpoznajemy samych siebie i naszą kulturę. Dom, zdaniem Hegla, powstaje w celach wynikających z życia ludzkiego. Jego piękno zawiera się w ich spełnieniu i w „przemianie w piękno tego, co zwyczajnie odpowiednie”. Naszym zadaniem jest uczynić tę odpowiedniość rozpoznawalną.

W ciągu tych wszystkich lat nie zdołałem odnaleźć celu bardziej przekonującego i potrzebnego niż ten. Żaden inny dostrzegany w tych wszystkich tendencjach, jakie powstały na przestrzeni czasu, nie wydaje mi się równie interesujący.

Z uporem powtarzam, że cała architektura klasyczna, dawna i nowoczesna, jest architekturą realistyczną. Wychodzi od rzeczywistości, jej problemów, jej sprzeczności, aspiracji i buduje architekturę jako próbę przedstawienia lepszej rzeczywistości, rzeczywistości namacalnie możliwej. Realizm i klasykę zawsze łączył wspólny program.

Questa scelta ci lega alla realtà alla quale l'edificio appartiene. Ad esempio il progetto di una casa, di un teatro, di un museo, ecc. tutte attività che appartengono alla nostra vita reale, deve essere costruito in forme rappresentative della realtà della casa, del teatro, del museo. Questa realtà va indagata, come dicevo, non attenendosi alle forme convenzionali di questi edifici, ma mettendone in luce *ragioni anche sconosciute*, proprie di questi edifici nel presente, e *mettendole in opera* con l'architettura.

L'architettura dunque *mette in opera* la ragione degli edifici, quelle ragioni che appartengono al reale. Non le inventa né tanto meno le impone chi progetta. Chi progetta, se è capace, *le porta alla luce*.

Non so quanti oggi lavorano in questa direzione. E' certo che molti progetti di case, teatri, musei, contemporanei non tengono affatto conto delle ragioni degli edifici che costruiscono, ma *attribuiscono* a quegli edifici ragioni che non appartengono loro. Diciamo ancora *ragioni commerciali*.

Parafrasando Loos voglio dire che quando verrà alla ribalta una generazione di architetti capace di fare architettura *in accordo con la realtà e con la conoscenza*, nascerà una nuova architettura in cui tutti riconosceranno una nuova cultura. Oggi quella che ho chiamato *architettura di evasione* o architettura commerciale, per sopravvivere produce forme che invecchiano rapidamente perché non trovano riscontro nella realtà.

*Ragioni di fondo* dicevo, intendendo le ragioni essenziali che vanno messe in opera con forme semplici e chiare. E qui ripeto un concetto che non mi stanco mai di ripetere: la *semplicità* delle forme è funzionale al riconoscimento della *complessità* di ciò che rappresentano, al riconoscimento della loro identità.

Attraverso le forme tale complessità si rivela, si rende riconoscibile e nel riconoscerla noi conosciamo noi stessi.

Questo è il fine dell'arte come della scienza, questo, per me, è anche il fine ultimo dell'architettura.

Quando il giovane Marx, il filosofo, nei "Manoscritti economico filosofici" dice: *l'uomo contempla se stesso in un mondo creato da sé* intende dire che il lavoro deve essere un modo della conoscenza. Questo vale particolarmente per l'architettura. Marx scrive questa frase nel 1844. Tre anni dopo la morte di Schinkel, tredici anni dopo la morte di Hegel che ha detto cose straordinarie sull'architettura.

Hegel assume come riferimento dell'architettura la casa. La casa è l'esempio primo dell'architettura come conoscenza di sé. E contiene anche l'obiettivo di ogni progetto che è quello di cercare la forma rappresentativa del significato di ciò che si costruisce. Quel significato in cui ci riconosciamo, in cui riconosciamo la nostra cultura.

La casa secondo Hegel è costruita per fini che appartengono alla vita dell'uomo. La sua bellezza consiste nell'essere rispondente a questi fini e nel *trasfigurare a bellezza quel che è semplicemente rispondente*. Il nostro compito è quello di rendere riconoscibile questa rispondenza.

In tutti questi anni non sono riuscito a trovare un obiettivo più convincente e più necessario di questo. Ogni altro che intravedo in tante altre tendenze che si sono succedute nel tempo, mi sembra poco interessante.

Realizm prowadzi do poznania rzeczywistości i *odkrycia jej magii*, jak powiedziała Borges. I to właśnie jest wyjątkową cechą tego sposobu myślenia: przyjmowanie rzeczywistości za niewyczerpane źródło poznania, miejsce niekończących się odkryć.

W tym miejscu trzeba poruszyć kwestię wyobraźni. Wyobraźnia pozwala nam przekraczać granicę powierzchowności rzeczy, ustanawiać analogie pomiędzy światem formalnym i procesami poznawczymi, tworzyć formy analogiczne wobec naszych procesów poznawczych. Bez wyobraźni nie byłoby możliwe działanie indukcyjne, sformułowanie idei, poszukiwanie form stosownych do jej przedstawienia. Wyobraźnia w realizmie jest praktyką konieczną, bez której byłby on zwyczajnie aktem przyzwolenia na banał rzeczywistości, a nie procesem poznawczym.

Trzeba jednak powtórzyć, że wyobraźnię (w realizmie) nakłada się na rzeczywistość po to, by ją poznać, a nie, by od niej uciec. Nie chodzi zatem o wyobrażanie sobie światów niemających nic wspólnego z naszym życiem, lecz wyobrażenie świata, w którym odkryje się znaczenie naszego życia.

Ignazio Gardella, jeden z moich mistrzów – obok Aldo Rossiego i Miesa van der Rohe – przytacza na ten temat pewien piękny przykład. Mówiąc o granicach wyobraźni, powiada: „[wyobraźnia ma] te same ograniczenia, co akrobata, który potrafi wykonać każdy możliwy ruch za wyjątkiem jednej rzeczy: nie rzuci w powietrze własnej ręki. O ile nie jest to sztuczna ręka”. Gardella był architektem realistą we właściwym tego słowa znaczeniu. Wierzył w wyobraźnię, w całkowitą wolność wyobraźni, jak to mówił: „na przekór wszystkim dogmatom”, wierzył w wyobraźnię realnie zorientowaną na poznanie natury ludzkiej i zbudowanego przez nas świata. I tak wróciliśmy do zachwytu, o którym była mowa na początku.

Zachwyt, o którym mówi Borges, cud rzeczy najprostszych. Zachwyt to stan pozwalający dostrzec magię rzeczywistości. Umiejętność nieustającego dziwienia się jest właściwa wszystkim artystom wywodzącym swoją sztukę z rzeczywistości, uważających ją za sposób zrozumienia i przedstawienia rzeczywistości. Architektura jest częścią dzieła rzeczywistości i sceną jej znaczeń. Za pomocą architektury można przywoływać magię ukrytą w naszym życiu, która dzięki architekturze staje się widoczna i trwa w czasie.

Chciałbym zakończyć słowami Kafki: *Bez wątpienia można sobie wyobrazić, że wspaniałość życia, w całej pełni, otacza każdego i zawsze, tylko ukryta przed wzrokiem, w głębinie, niewidzialna, daleka. Ale jest tam i nie jest wroga, oporna, głucha. Jeśli wezwać ją właściwym słowem, właściwym imieniem, przybędzie. To właśnie istota magii, którą się wzywa, a nie tworzy\**.

Insisto a dire che tutta l'architettura classica, antica e moderna, è architettura realista. Parte dalla realtà, dai suoi problemi, dalle sue contraddizioni, dalle sue aspirazioni e costruisce l'architettura come rappresentazione di una realtà migliore, di una realtà concretamente possibile. Realismo e classicità sono sempre stati legati da un programma comune.

Il realismo comporta la conoscenza della realtà e *lo svelamento della sua magia*, direbbe Borges. E questo è l'aspetto straordinario di questa tendenza di pensiero: assumere la realtà come un' inesauribile fonte di conoscenza, come il luogo delle inesauribili scoperte.

Qui entra in gioco l'immaginazione. In questo procedimento l'immaginazione ci consente di andare oltre l'apparenza delle cose, di stabilire analogie fra mondi formali e processi conoscitivi, di costruire forme analoghe ai nostri processi conoscitivi. Senza l'immaginazione sarebbe impossibile qualsiasi procedimento induttivo, la formulazione di un'idea, la ricerca delle forme adatte a rappresentarla. L'immaginazione è una pratica necessaria al realismo, senza di essa il realismo sarebbe semplicemente un atto di adesione alla banalità del reale e non un processo conoscitivo.

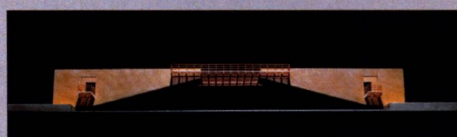
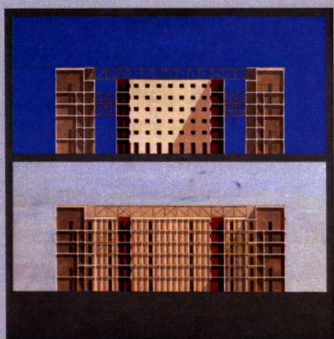
Tuttavia bisogna ripetere che l'immaginazione (nel realismo) si applica alla realtà per conoscerla e non per evaderla. Immaginazione non di mondi estranei alla nostra vita dunque, ma di un mondo in cui, della nostra vita, vengono svelati i significati.

Su questo argomento Ignazio Gardella, uno dei miei maestri insieme ad Aldo Rossi e Mies van der Rohe, fa un esempio bellissimo. A proposito dei limiti dell'immaginazione dice: *sono come quelli di un acrobata che può fare tutti i movimenti possibili tranne uno: lanciare in aria un suo braccio. A meno che non sia un braccio artificiale.*

Gardella era un architetto realista nel senso in cui il termine va inteso. Credeva nell'immaginazione, nella sua totale libertà, *contro ogni dogma* diceva lui, credeva in un'immaginazione concretamente rivolta a conoscere la natura degli uomini e del mondo da loro costruito. Così torniamo allo stupore di cui dicevamo all'inizio.

Lo stupore di cui parla Borges, lo stupore delle cose elementari. Lo stupore è il sentimento che consente di riconoscere la magia del reale. La capacità di stupirsi è propria di tutti gli artisti che traggono la loro arte dalla realtà, che considerano la loro arte come conoscenza e rappresentazione della realtà. L'architettura è messa in opera della realtà e messa in scena dei suoi significati. Con l'architettura è possibile evocare quella magia che è nascosta nella nostra vita che l'architettura rende visibile e duratura nel tempo.

Voglio concludere citando Kafka che dice: *E' senz'altro pensabile che lo splendore della vita circonda chiunque e sempre nella sua intera pienezza, accessibile ma velato, nel profondo, invisibile, molto lontano. Però esso sta lì, non ostile, non riluttante, non sordo. Se si chiama con le parole giuste, con il nome giusto, allora viene. Questa è l'essenza della magia, che non si crea, ma che si chiama. Grazie.*













  
*Quod felix faustum fortunatumque sit*  
Nos  
Rector et Senatus Academicus  
POLYTECHNICAL THADDAEO-KOSCIUSZKIANAE CRACOVIENSIS  
et  
Consilium Facultatis Architectonicae  
in  
virum clarissimum  
**ANTONIUM MONESTIROLI**  
qui professor obstetriciae ac gynaecologiae, lector anatomiae et architecturae  
in proprio magistro Doctor dignatus  
qui vir multa doctria et studio et industria praestanti industria virum, quo pollicetur  
cum magistris academicis labore feliciter consueti  
qui effectus, ut in huiusmodi summae dignitate multa iusticiae apparatus  
veterari doctori architecturae  
qui fortissimam praestititum intellexit et huiusmodi beneficiis donatus est  
qui huiusmodi doctriae et studio et industria in huiusmodi doctria  
magistra et de huiusmodi sua ipsius praestantia et industria  
qui in Facultate Architectonicae Politechnicae Magistrae doctriam  
summa et cum laude ac sapientia multum honoris sustinuit  
qui magister optimus et huiusmodi doctriae et industriae  
Nunc ob hoc huiusmodi doctriae et industriae  
officiis et honoribus

**doctoris honoris causa**

omnes et dignitates, iura et privilegia consuetudine ac in omni re habent, huius  
diploma Politechnicae Cracoviensis sigillis, sando iudicio curavimus.

[Signatures]





Profesor

---

Oskar Josifowicz Kojfman





Profesor

---

## Oskar Josifowicz Kojfman

Profesor Oskar Josifowicz Kojfman urodził się 21 czerwca 1944 roku w Saratowie. W roku 1967 ukończył studia wyższe na Politechnice w Iwanowie, uzyskując stopień naukowy inżyniera w specjalności chemik technolog. W tym samym roku podjął studia aspiranckie (doktoranckie), które ukończył w roku 1970, uzyskując stopień kandydata nauk technicznych (doktor inżynier nauk technicznych). W roku 1983 na podstawie dorobku naukowego (współautorstwo 51 publikacji i czterech wzorów użytkowych) oraz rozprawy *Synteza i koordynacyjne własności porfiryń i ich związków* uzyskał stopień doktora nauk technicznych (odpowiednik polskiej habilitacji). W roku 1984 uzyskał tytuł naukowy profesora.

Od roku 1985 jest kierownikiem Katedry Technologii Chemicznej Mas Plastycznych. Od roku 2001 kierownikiem laboratorium Instytutu Niewodnych Roztworów Rosyjskiej Akademii Nauk. W latach 1991–1998 był prorektorem ds. nauki, a od 1998 roku pełni funkcję rektora Iwanowskiego Państwowego Uniwersytetu Chemiczno-Technologicznego. Jest członkiem korespondentem Akademii Nauk Rosji (od 2007) i członkiem rzeczywistym Akademii Nauk Inżynierskich im. A.M. Prohorowa (od 1998). Od roku 2009 jest członkiem Wyższej Komisji Atestacyjnej w Rosji.

Profesor Oskar Kojfman jest wybitnym specjalistą w obszarze badań podstawowych nad fizyczno-chemicznymi własnościami porfiryń i metaloporfiryń, poszukiwania analogów strukturalnych i związków z cieczami krystalicznymi. Badania te stanowią podstawę, po ich weryfikacji doświadczalnej, do praktycznego wykorzystania w przemyśle i medycynie.

Jest współautorem 20 monografii, ponad 400 publikacji, 60 patentów i wzorów użytkowych, 18 obszernych artykułów przeglądowych (w tym czterech

w języku angielskim i jednego w języku polskim). Był promotorem w 25 przewodach doktorskich i sprawował opiekę nad 10 pracami habilitacyjnymi.

Wiele swych osiągnięć Profesor Oskar Kojfman wdrożył do praktyki przemysłowej; między innymi dla zakładów chemicznych w Grodnie na Białorusi opracował od strony technologicznej i aparaturowej produkcję naturalnych i syntetycznych kompleksów porfiryn, które znalazły zastosowanie jako katalizatory elektrochemicznego utleniania  $\text{SO}_2$  i  $\text{SO}_3$ . Jako pierwszy w świecie opracował i wdrożył do produkcji nowy typ światłoczułych materiałów obrazów holograficznych (patenty w USA, Japonii, Niemczech i Rosji). Jest także twórcą technologii produkcji katalizatorów polimeryzacji akrylanów i styrenu, które już od ponad 15 lat wykorzystują zakłady chemiczne w Rosji i Chinach.

W ramach współpracy z chemikami chińskimi opracował technologię otrzymywania polimerów zawierających pierścienie porfiryny, które pozwalają na dynamiczną terapię nowotworów i usuwanie z krwiobiegu człowieka niektórych niebezpiecznych szczepów wirusów. Za osiągnięcia te otrzymał nagrody Prezydenta i Premiera Rosji.

Profesor Oskar Kojfman jest członkiem prezydium rosyjskiego zespołu im. D.M. Mendelejewa ds. nauczania na kierunku technologia chemiczna i autorem programów dydaktycznych. Jest członkiem dwóch komisji w przewodach habilitacyjnych i komisji oceniającej granty Federacji Rosyjskiej i międzynarodowe.

Był organizatorem ponad 60 międzynarodowych i ogólnokrajowych konferencji naukowych. Jest redaktorem naczelnym miesięcznika Izwiestia WUZ – „Maszinostrojenije”.

Jako prorektor, a następnie rektor aktywnie wspierał i nadal wspiera współpracę Politechniki Krakowskiej z Państwowym Iwanowskim Uniwersytechem Chemiczno-Technologicznym.

W uznaniu zasług profesora Oskara Kojfmana została Mu w roku 2006 nadana godność honorowego profesora Politechniki Krakowskiej.

---

Professor Oscar Iosifovich Koifman was born on June 21st 1944 in Saratov. In 1967 he graduated from Ivanovo Institute of Chemistry and Technology as a chemical engineering technologist. In the same year he began postgraduate (doctoral) studies and he graduated in 1970 as a Candidate of Sciences (Doctor of Engineering). In 1983 he obtained the title of Doctor of Sciences (equivalent to a post-doctoral degree) owing to his scientific achievements (a co-author of fifty-one publications and four utility models) and the dissertation on “Synthesis and Coordination Properties of Porphyrins and their Compounds”. In 1984 he obtained the title of Professor.

Since 1985 he has been the Head of Higher Molecular Compounds Technology Department. He has been in charge of the Laboratory for the Institute of Non-Water Solutions at the Russian Academy of Sciences since 2001. In

the years 1991–1998 he was the Vice-Rector for Science, and since 1998 he has been the Rector of Ivanovo State University of Chemistry and Technology. He is a Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences (since 2007) and a Full Member of A.M. Prohorov Academy of Engineering Sciences (since 1998). Since 2009 he has been the President of the Higher Attestation Commission in Russia.

Professor Oscar Koifman is a noted specialist in the field of basic investigations into physicochemical properties of porphyrins and metalloporphyrins, searching for structural analogues and liquid crystal compounds. After their experimental verification, these studies constitute the grounds for practical applications in industry and medicine.

Professor Koifman is a co-author of twenty monographs, over four hundred publications, sixty patents and utility models, eighteen extensive review articles (including four in English and one in Polish). He was the promoter of twenty five doctoral programmes and supervised ten post-doctoral theses.

Professor Oscar Koifman introduced a lot of his achievements into industrial practice. Among others, for chemical plants in Grodno in Belarus he developed technological and instrumentation aspects of production of natural and synthetic porphyrin complexes that found their applications as catalysts for electrochemical oxidation of SO<sub>2</sub> and SO<sub>3</sub>. As the first in the world, he developed and put into production a new type of photosensitive materials of holographic pictures (patents in the USA, Japan, Germany and Russia). He is also the inventor of the production technology of catalysts for polymerization of acrylates and styrene already being used by chemical plants in Russia and China for over fifteen years.

Within the framework of cooperation with Chinese chemists he developed a technology of obtaining polymers that contain porphyrin rings allowing for a dynamic therapy of tumours as well as elimination of some dangerous viral strains from human bloodstream. For these achievements he was awarded prizes from the President and Prime Minister of the Russian Federation.

Professor Oscar Koifman is a member of the board of D.M. Mendeleev Russian unit for teaching at the specialization of chemical technology and an author of didactic programmes. He is a member of two commissions in post-doctoral studies and a commission evaluating grants from the Russian Federation and abroad.

He organized over sixty international and nationwide scientific conferences. He is the editor-in-chief of the monthly *Izvestia WUZ – “Maszynostroenie”*.

As the Vice-Rector and later Rector he has been actively supporting the cooperation of the Cracow University of Technology with Ivanovo State University of Chemistry and Technology.

In recognition of Professor Oscar Koifman's merits, in 2006 he was granted the title of Honorary Professor of the Cracow University of Technology.

Szanowny Panie Rektorze, Szanowni Członkowie Senatu!

Przed wszystkim chciałbym wyrazić głęboką wdzięczność w związku z przyznaniem mi godności doktora honoris causa Politechniki Krakowskiej. Specjalne podziękowania kieruję do inicjatorów mojej nominacji: prof. Kazimierza Flagi, prof. Józefa Gawlika, prof. Józefa Nizioła, prof. Andrzeja Barańskiego oraz prof. Janusza Magjery. Jestem wdzięczny recenzentom: członkowi PAN prof. Czesławowi Strumiłło oraz prof. Zbigniewowi Florjańczykowi, którzy tak pozytywnie oceniali mój dorobek naukowy. Chciałbym także wyrazić wdzięczność mojemu nauczycielowi prof. Borysowi Berezinowi – założycielowi szkoły porfiry w Rosji, moim uczniom, współpracownikom oraz kolegom, którzy są tu ze mną. Dziękuję mojej rodzinie za wieloletnie wsparcie. Jestem szczęśliwy, że razem dzielimy moją radość.

Jestem dumny, że tu, w Krakowie mogę reprezentować Iwanowski Uniwersytet Technologii Chemicznej, uczelnię z prawie 100-letnią tradycją, choć i rozumiem, jak okres ten jest krótki w porównaniu z wiekiem sali, w której ma miejsce to historyczne dla mnie posiedzenie Senatu. Cieszę się, że w tym roku mija dokładnie 20 lat, kiedy to z inicjatywy Pana Rektora Nizioła i ze wsparciem Pana Rektora Smirnova rozpoczęliśmy współpracę między Krakowską Politechniką i Uniwersytetem Chemicznej Technologii w Iwanowie. Przez te lata nasze kontakty w dziedzinie naukowej i dydaktycznej rozwijały się pomyślnie. Zaowocowały one wymianą praktyk studenckich, grup uczestniczących w konferencjach studenckich kół naukowych oraz dyplomantów. Od 1993 roku organizowane są na przemian w Krakowie i Iwanowie międzynarodowe konferencje „Theoretical and Experimental Backgrounds of New High Performing Chemical Technologies and Equipment” podczas których referaty wygłaszają specjaliści z Polski, Rosji, Niemiec, Czech oraz ze Słowacji. Bronione są prace doktorskie i habilitacyjne, wspólnie publikujemy patenty i artykuły w czasopiśmie naukowych. Dla mnie to wielki zaszczyt, że dzisiaj wydarzenie ma miejsce w roku, który Organizacja Narodów Zjednoczonych, z okazji 100-lecia otrzymania Nagrody Nobla w dziedzinie chemii przez wielką Polkę Marię Skłodowską-Curie, uznała Międzynarodowym Rokiem Chemii.



Wielki rosyjski chemik, twórca układu okresowego pierwiastków, Mendelejew, który był przyjacielem ojca Marii przepowiedział jej wielką karierę jeśli zajmie się chemią i nie pomylił się.

Przez wszystkie lata XIX wieku, liczni rosyjscy chemicy albo studiowali, albo pracowali w polskich uczelniach i instytucjach, zwłaszcza w Warszawie. Najbardziej znanym przykładem jest postać Michała Cwieta, który będąc pracownikiem Uniwersytetu Warszawskiego, opracował do dziś stosowaną w laboratoriach chemicznych chromatograficzną metodę separacji substancji chemicznych i za jej pomocą z zielonych części roślin wydzielił indywidualne chlorofile. Aktywnie zajmował się również procesem fotosyntezy, który przebiega w obecności chlorofilu, a ten – jak wiadomo – jest pochodną porfiry. Właśnie porfiry, ich roli i zastosowaniu poświęcony będzie mój wykład.

Уважаемый пан ректор! Уважаемые члены сената!

Прежде всего, хотелось бы выразить сердечную благодарность ректору Фуртаку и членам сената за честь, оказанную мне в связи с присуждением почетного звания Доктор Honoris Causa Краковской Политехники. Особая благодарность инициаторам моего выдвижения: проф. Флаге и проф. Гавлику, моему промотору проф. Низелу, а также проф. Бараньскому и проф. Кравчику. Я признателен рецензентам – действительному члену ПАН проф. дхн Чеславу Струмилло и проф. дхн Збигневу Флорянчику. Я хотел бы выразить слова благодарности своему учителю проф. Б.Д. Березину – основателю школы по порфиринам и их аналогам, своим ученикам и сотрудникам; коллегам, которые сегодня здесь в зале. Я благодарен своей семье за постоянную поддержку в течение многих лет и счастлив, что сегодня большая ее часть разделяет мою радость.

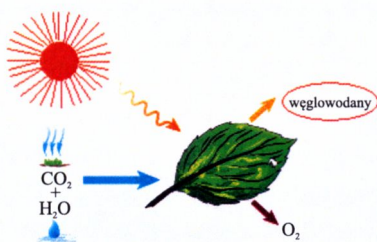
Я горжусь тем, что представляю Ивановский государственный химико-технологический университет, вуз с почти 100-летней историей, хотя и понимаю, насколько этот срок мал по сравнению с возрастом зала, где происходит это историческое для меня заседание. Я рад тому, что в этом году исполняется ровно 20 лет, когда по инициативе ректора Низела и поддержавшего его ректора Р.П. Смирнова началось сотрудничество Краковской Политехники и Ивановского химико-технологического института. За эти годы сотрудничество в научной и дидактической сфере успешно развивалось, защищались диссертации, публиковались статьи, выполнялись дипломные работы и осуществлялся обмен аспирантами и студентами. Для меня большая честь, что это мероприятие проходит в Международный год химии, утвержденный Организацией Объединенных Наций в честь 100-летия получения великой полькой Марией Склодовской-Кюри Нобелевской премии по химии.



Автор Периодического закона и таблицы великий русский химик Д.И. Менделеев, будучи другом отца Марии, предсказал ей большое будущее, если она будет заниматься химией. И он не ошибся. Во все годы, начиная с 19 века, многие русские химики либо учились, либо работали в Польских университетах и институтах, прежде всего в Варшаве. Наиболее ярким представителем является Михаил Семенович Цвет, открывший хроматографию, разделивший с ее помощью хлорофиллы, активно изучавший фотосинтез. Интересно, что все свои первые научные сообщения он делал в Варшавском университете, где проработал почти всю свою жизнь. Именно порфиринам, их роли и применению посвящен сегодняшний мой доклад.

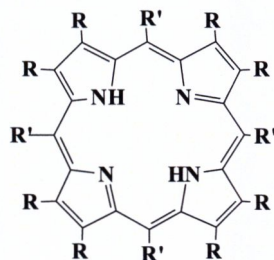
Wielki Francuz Frederic Joliot-Curie, powiedział: „Chociaż wierzę w przyszłość energii jądrowej, to uważam, że prawdziwa rewolucja w sektorze energetycznym nastąpi tylko wtedy, gdy będziemy w stanie przeprowadzić na skalę masową syntezę cząsteczek podobnych do chlorofilu”. Aby osiągnąć ten cel, musimy najpierw szczegółowo poznać tego typu związki, a następnie określić ich rolę w procesie fotosyntezy. Odkrywcą fotosyntezy jest angielski duchowny i przyrodnik Joseph Priestley.

Fizykochemiczną istotę fotosyntezy przedstawiono na rysunku 1. W wielkim skrócie polega ona na tym, że zawierające chlorofil liście roślin, pod wpływem fotonów światła pochłaniają dwutlenek węgla i uwalniają tlen. Właśnie ten proces warunkuje życie na naszej planecie.



Rys. 1. Fizykochemiczna istota fotosyntezy

Proces fotosyntezy uświadomił chemikom, że chlorofil – będący najbardziej znanym przedstawicielem porfiryn może stanowić o ich naukowym i praktycznym znaczeniu. Głównym źródłem naturalnych porfiryn są zielone liście roślin, glony, drobnoustroje, z których uzyskuje się chlorofile *a*, *b*, *c*, ludzka i zwierzęca krew, z pomocą której dokonuje się transport tlenu w organizmie i usuwanie z niego dwutlenku węgla, a także ropa naftowa i asfalt, w których ich zawartość osiąga ogromne rozmiary.



Porfiryny w swej chemicznej istocie są tetrapiolowymi makroheterocyklicznymi związkami, w których pirolowe pierścienie połączone są ze sobą za pomocą metynowych mostków. Mogą być pozyskiwane ze źródeł naturalnych lub otrzymywane w wyniku syntezy chemicznej. Możliwa jest również modyfikacja cząsteczki porfiryny, zarówno na jej peryferiach, jak i w centrum zawierającym grupy zdolne do koordynacji jonów metali.

W ten sposób otrzymywane są analogi porfiryn, takie jak porfirazyny, chloryny, bakteriochloryny, N-podstawione porfiryny etc. To one w zależności od budowy i rodzaju jonu metalu w koordynacyjnym centrum makroheterocyklicznej struktury wykorzystywane są jako katalizatory elektroredukcji tlenu, elektrochemicznego utleniania  $\text{SO}_2$ , utleniania alkanów, a także jako regulatory polimeryzacji estrów kwasu akrylowego, stabilizatory polimerów, barwników, materiałów fotochemicznych, sensybilizatorów oraz jako leki w fotodynamicznej terapii i sterylizacji krwi. Dzisiejszy wykład dotyczyć będzie metod syntezy porfirynowych fotosensybilizatorów oraz tych ich właściwości, które determinują aplikacje w tzw. fotodynamicznej terapii nowotworów oraz zwalczaniu patogennych wirusów. Podam także przykłady innych zastosowań, nad którymi mój zespół pracuje obecnie lub zajmował się w przeszłości.

Великий француз Фредерик Жолио-Кюри сказал: «Хотя я и верю в будущее атомной энергии и убежден в важности этого изобретения, однако я считаю, что настоящий переворот в энергетике наступит только тогда, когда мы сможем осуществить массовый синтез молекул, аналогичных хлорофиллу или даже более высокого качества. Для того чтобы достигнуть этой цели, необходимо прежде всего подробно изучить этот тип молекул и действие фотосинтеза».

Открыватель фотосинтеза – английский священник и естествоиспытатель Jozef Priestly. Суть фотосинтеза, происходящего в природе, представлена на рис. 1 и заключается в том, что зеленые листья растений, содержащие хлорофиллы, под действием кванта света поглощают углекислый газ и выделяют кислород. Именно этот процесс определяет возможность существования жизни на нашей планете.

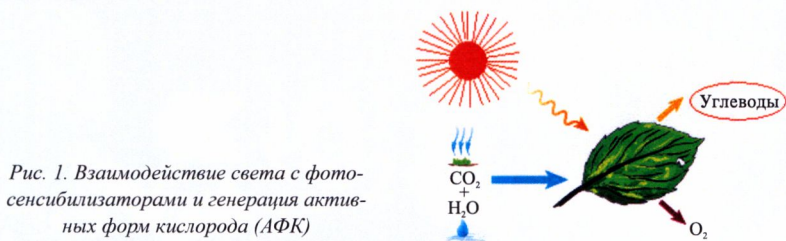
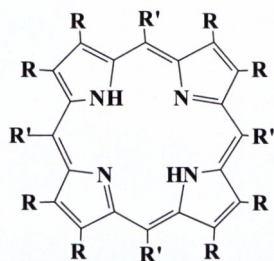


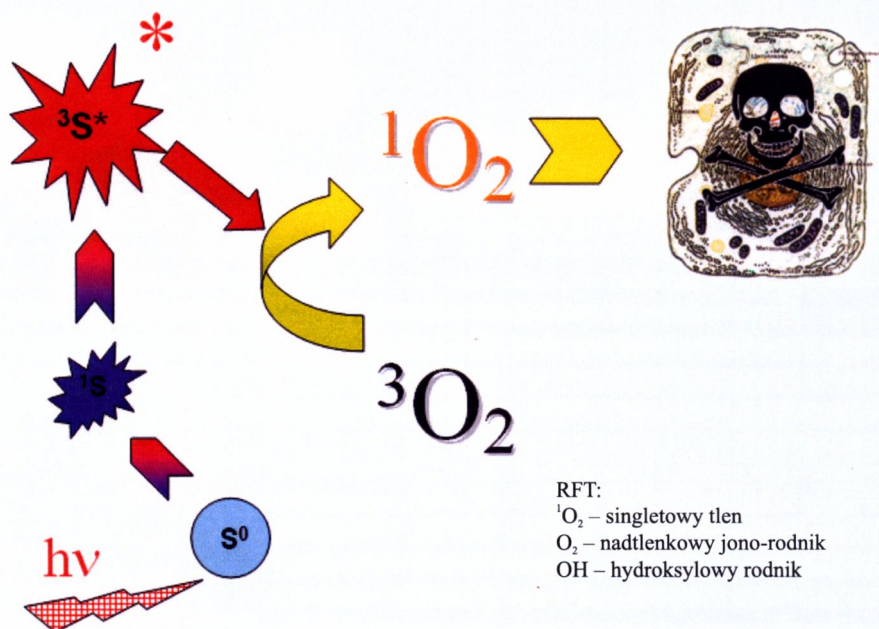
Рис. 1. Взаимодействие света с фотосенсибилизаторами и генерация активных форм кислорода (АФК)

Процесс фотосинтеза подсказал исследователям, что хлорофиллы, являясь одним из наиболее значимых представителей порфиринов, могут обеспечивать научный и практический интерес к этому классу соединений. Основными источниками природных порфиринов являются зеленые листья растений, морские водоросли, микроорганизмы, из которых получают хлорофиллы *a*, *b*, *c*; кровь человека и животных – гем крови, с помощью которого осуществляется перенос кислорода в организме человека и выведение углекислого газа; а также нефти и битумы, суммарное содержание порфиринов в которых достигает громадной величины. Порфирины в своей основе являются тетрапиррольными макрогетероциклическими соединениями, связь между пирролами в них осуществляется метиновой группой  $\text{—HC=}$ . Порфирины могут быть выделены из природных источников и получены методами химического синтеза.

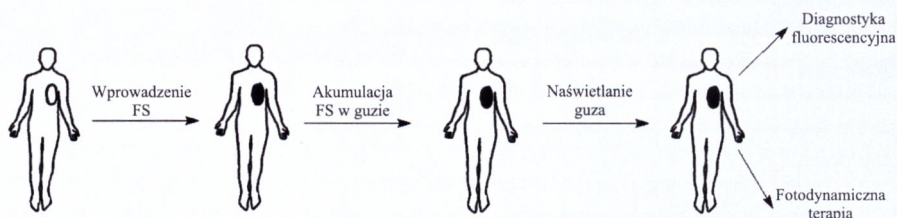


Возможна модификация молекулы порфирина, как на периферии R, так и в координационном центре, состоящем из двух  $>\text{NH}$ - и двух  $=\text{N}$ - групп. Возможно получение многочисленных аналогов порфиринов – порфиразинов, хлоринов, бактериохлоринов, N-замещенных порфиринов и т.д. Именно они, в зависимости от строения и природы иона металла в координационном центре макрогетероцикла, используются в качестве катализаторов при электровосстановлении кислорода, электрохимическом окислении  $\text{SO}_2$ , окислении алканов, регулируемой полимеризации акриловых эфиров, аналитических реагентов, стабилизаторов полимеров, красителей, фотохимических материалов, сенсоров и в качестве медицинских препаратов для фотодинамической терапии и стерилизации крови. В сегодняшнем докладе речь пойдет в том числе и о получении на основе хлорофиллов (это возможно и на основе порфиринов крови) фотосенсибилизаторов, способных осуществлять фотодинамическую терапию онкологических заболеваний.

Odkryty przez Oskara Raaba i Hermanna von Tappeinera w Monachij-skim Instytucie Farmakologii terapeutyczny efekt fotodynamiczny polega na tym, że pod wpływem fotonu barwnik (porfiryna) przechodzi z podstawowego stanu elektronowego  $S^0$  w singletowy wzbudzony stan  $^1S^*$ , a następnie we wzbudzony trypletowy stan  $^3S^*$ , który z kolei reaguje z cząsteczkami otaczającego środowiska, w tym cząsteczkami tlenu w stanie  $^3O_2$  (rys. 2). Tworzący się w tym procesie tlen singletowy  $^1O_2$ , jak również inne reaktywne formy tlenu (RFT) mogą utleniać określone biocząsteczki, co ma miejsce podczas ich ataku na chore komórki organizmu (rys. 3).



Rys. 2. Oddziaływanie światła z fotoczułaczem i wytwarzanie reaktywnych form tlenu (RFT)



Fot. 3. Fluorescencyjna diagnostyka i fotodynamiczna terapia nowotworów złośliwych

Jaką długość powinna posiadać fala promieniowania, aby dotarło ono do nowotworu umiejscowionego w organizmie, nie uszkadzając przy tym zdrowych komórek?



Открытие фотодинамического эффекта в Мюнхенском фармакологическом институте, которое совершил студент Oskar Raab, работавший под руководством профессора Netmann von Tarrainer, заключалось в том, что под действием кванта света краситель (порфирин) переходит из основного электронного состояния  $S^0$  сначала в синглетное возбужденное состояние  $^1S^*$ , а затем в триплетное возбужденное состояние  $^3S^*$ , где реагирует с молекулами окружающей среды, в том числе и с кислородом в основном (триплетном) состоянии  $^3O_2$ . Образующийся при этом синглетный кислород  $^1O_2$ , а также другие активные частицы способны окислять биомолекулы, что и происходит при атаке больных клеток организма (рис. 2). На рис. 3 представлена картина флуоресцентной диагностики и фотодинамической терапии рака, включая механизм этого процесса.

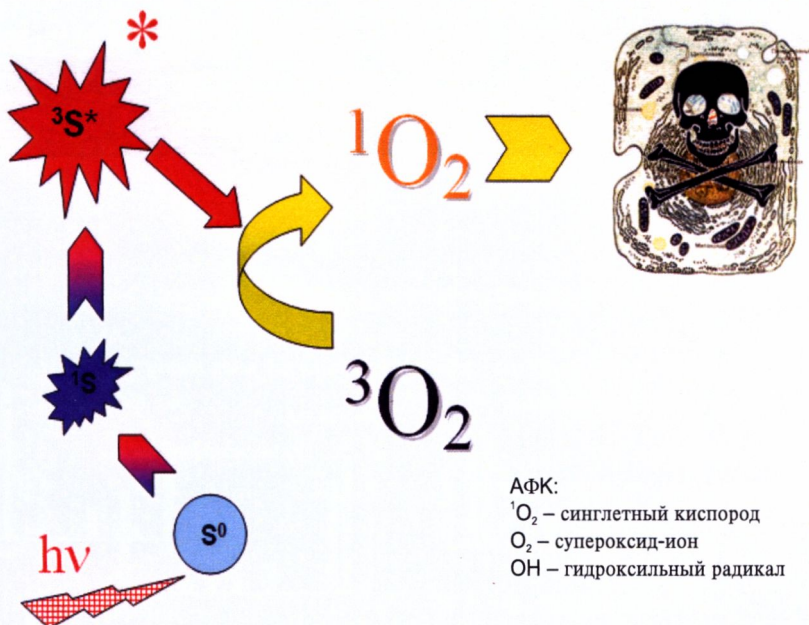


Рис. 2. Флуоресцентная диагностика и фотодинамическая терапия злокачественных новообразований

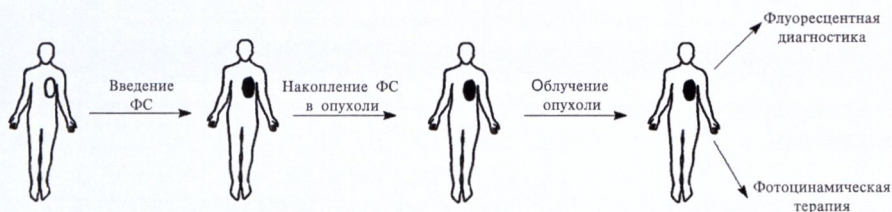
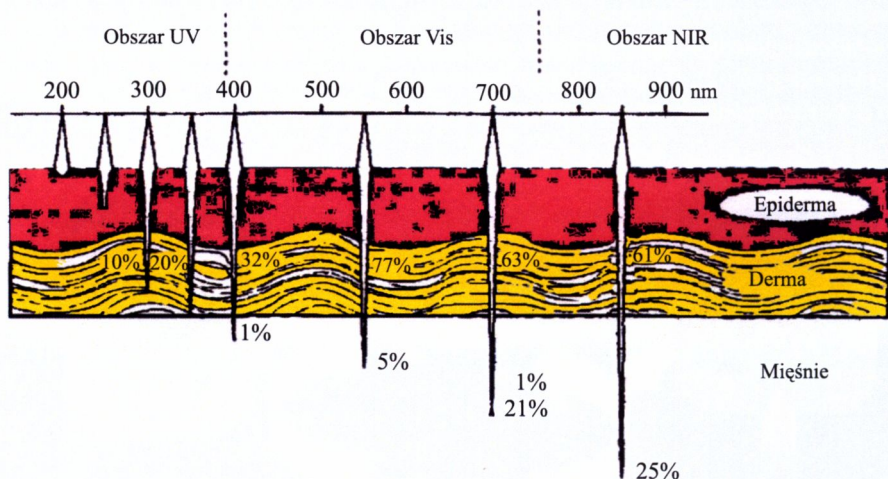


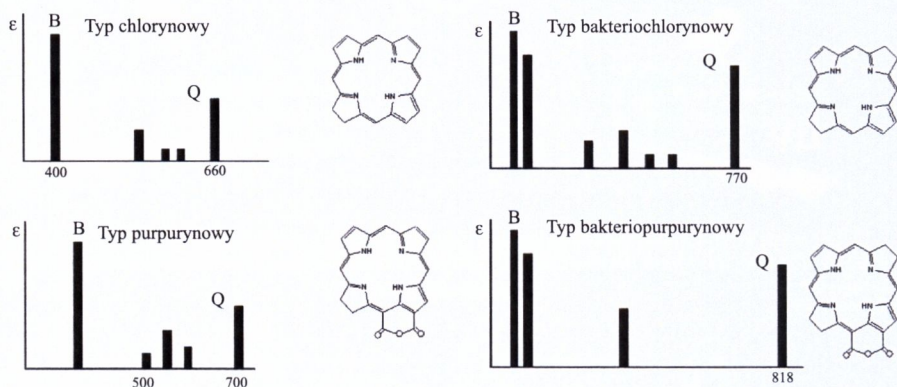
Рис. 3. Прохождение света с различной длиной волны через ткани

Какой же должна быть длина волны облучательного света, чтобы она достигла опухоли в организме, не повреждая при этом здоровые клетки?

Badania wskazują, że najbardziej odpowiednie w tym względzie jest promieniowanie o długości fali 620–850 nm (rys. 4). Taką długość gwarantują nam porfiryny i ich pochodne, które wraz z ich spektralnymi charakterystykami przedstawia rysunek 5. Związki te można uzyskać na drodze syntezy chemicznej, wychodząc ze stosunkowo prostych substancji organicznych lub też modyfikując w odpowiedni sposób związki pochodzenia naturalnego.



Rys. 4. Penetracja światła o różnych długościach fali przez tkankę żywą



Rys. 5. Charakterystyki spektralne porfiryn i ich uwodornionych analogów

Na przykład algi z rodziny *Spirulina* zawierają do 0,7% chlorofilu *a*. To pozwala pozyskać z nich metylofeoforbid, który udało się nam przetransformować w chlorynę  $e_6$  i di-N-metyloglukaminową sól chloryny  $e_6$ . Ta ostatnia została wpisana w Rosji do rejestru leków pod nazwą „Photoditazin”. Na Uniwersytecie Technologii Chemicznej w Iwanowie opracowaliśmy również technologię produkcji prekursora metylofeoforbidu – substancji stosowanej w fotodynamicznej terapii nowotworów. Obecnie tą metodą wytwarzamy do 3 kg tego specyfiku rocznie (rys. 6).

На рис. 4 представлена картина глубины проникновения в ткани и эффективности воздействия света с различной длиной волны, а на рис. 5 – порфирины, отвечающие этим требованиям по своим спектральным характеристикам.

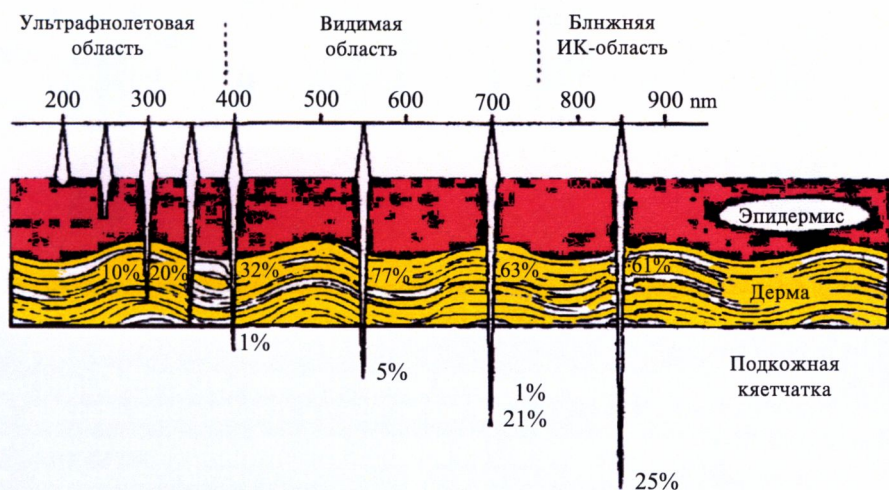


Рис. 4. Прохождение света с различной длиной волны через ткани

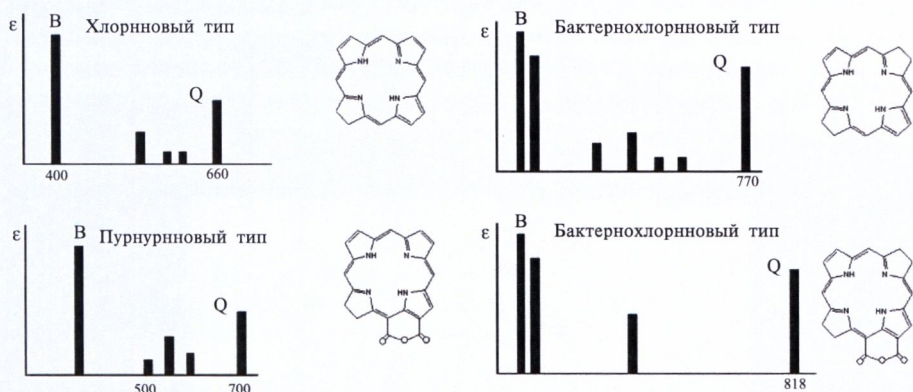
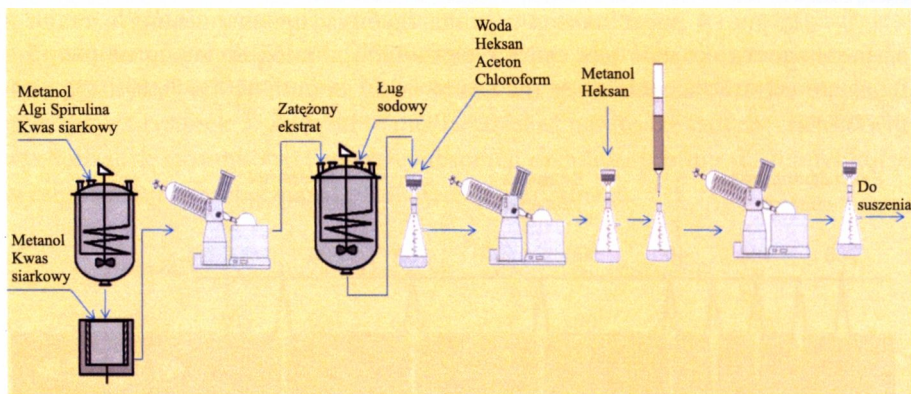


Рис. 5. Спектральные характеристики порфиринов и их гидрированных аналогов

Оказалось, что морские водоросли (*Spirulina*) содержат в своем составе до 0,7% хлорофилла *a*, что позволило использовать их для получения метилфеофорбида *a* с последующим превращением его в хлорин  $e_6$  и ди (ди-N-метилглюкаминую соль) хлорина  $e_6$ , которая была названа «Фотодитазинум» и внесена в реестр лекарственных средств России. Нами была создана и работает в Ивановском государственном химико-технологическом университете технология производства прекурсора (метилфеофорбида) для лекарственной субстанции фотодинамической терапии рака мощностью до 3 кг в год. (рис. 6).

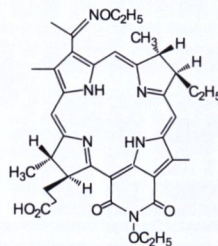
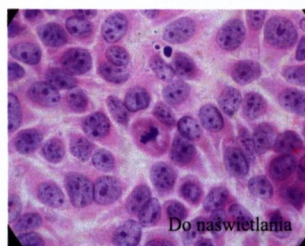


Rys. 6. Schemat technologiczny syntezy prekursorów leków stosowanych w procesie fluorescencyjnej diagnostyki i fotodynamicznej terapii nowotworów

Wymagania stawiane tego typu lekom są bardzo wysokie. Powinny one między innymi posiadać:

- wysoką selektywność w stosunku do komórek nowotworowych,
- niski poziom akumulacji w tkankach zdrowych,
- niską toksyczność oraz dużą szybkość wydalania preparatu z organizmu,
- wysoką luminescencję w ognisku zmiany chorobowej,
- wysoką kwantową wydajność singletowego tlenu,
- maksimum pochłaniania w obszarze 660–820 nm,
- wysoką chemiczną czystość oraz dużą stabilność.

Na rysunku 7 zilustrowano zmiany zachodzące w żywych komórkach pod wpływem naświetlania nowotworu w ciągu 24 godzin.



Rys. 7. Obraz mikroskopowy chorej komórki do naświetlania i po naświetlaniu

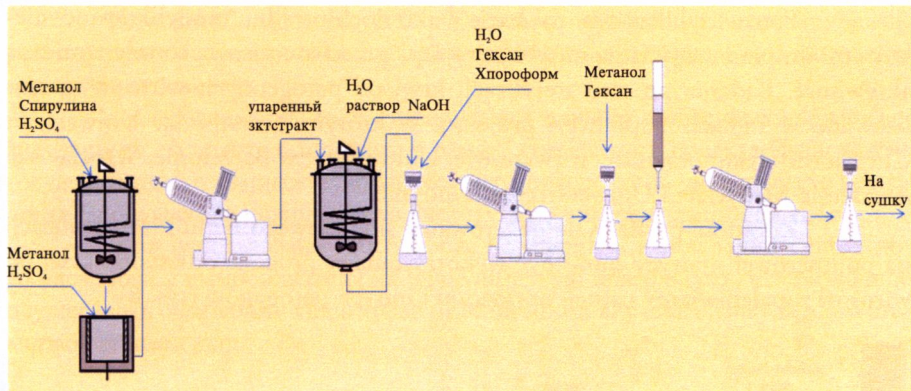


Рис. 6. Технологическая схема прекурсоров для лекарственных форм ФДТ рака производительностью до 3 кг/год

Требования, предъявляемые к фотосенсибилизаторам, следующие:

- высокая селективность к раковым клеткам;
- низкое накопление фотосенсибилизатора в нормальных тканях;
- низкая токсичность и быстрое выведение из организма;
- высокая индуцированная люминесценция в очаге поражения;
- высокий квантовый выход образования синглетного кислорода;
- интенсивный максимум поглощения в области 660–820 нм;
- физико-химическая идентичность и стабильность.

На рис. 7 показаны изменения, происходящие при облучении опухоли в течение 24 часов.

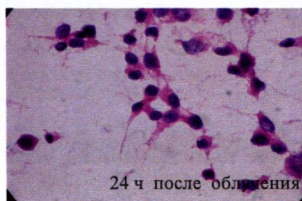
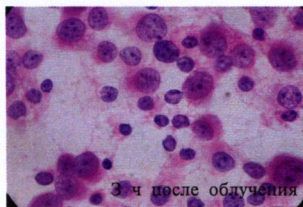
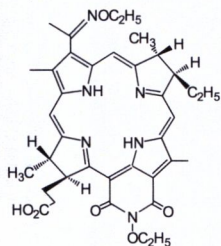
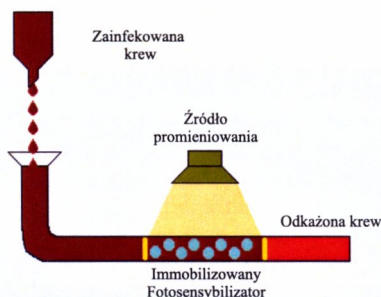


Рис. 7. Световая микроскопия больной клетки до и после облучения

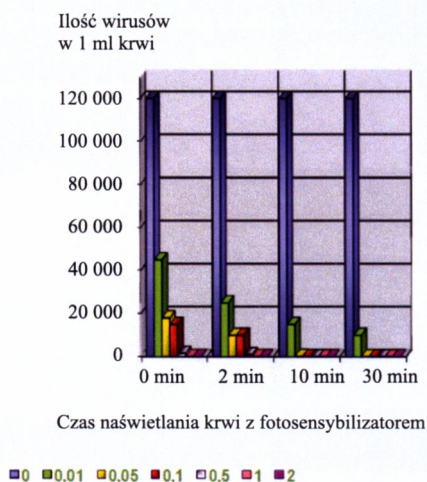
Fotosensybilizatory na bazie bakteriochlorofilu, modyfikowane niektórymi aminami wykazują antybakteryjną i przeciwwirusową fotodynamiczną aktywność. Badania procesu sterylizacji krwi od patogennych wirusów są realizowane w ramach wspólnego projektu, w którym uczestniczą: Uniwersytet Chemiczno-Technologiczny w Iwanowie, Uniwersytet w Barcelonie, Wrocławska Akademia Medyczna i Uniwersytet w Londynie.

Zdolność porfiryn do generowania singletowego tlenu i immobilizacji na polimerowej matrycy może być wykorzystana w procesie odkażania krwi od wirusów zapalenia jamy ustnej, opryszczki i innych patogenów (rys. 8).



Rys. 8. Schemat instalacji do odkażania krwi

Wyniki naszych badań wskazują, że 30-minutowa ekspozycja wystarcza, aby krew skutecznie oczyścić od patogennych wirusów (rys. 9).



Rys. 9. Zawartości pęcherzyków wirusa zapalenia jamy ustnej we krwi w zależności od stężenia fotouczulacza i czasu ekspozycji

Porfiryny wykorzystane są także jako efektywne przenośniki energii. Przenoszenie to może realizować się w sposób kaskadowy, cykliczny oraz dendrymetryczny. Na tej właściwości oparte jest działanie fotoelektrochemicznych baterii słonecznych (rys. 10), nad którymi mój zespół niedawno rozpoczął badania.

Фотосенсибилизаторы на базе бактериохлорофиллов, модифицированные определенными аминами, способны проявлять антимикробную фотодинамическую активность.

Исследования процесса стерилизации крови от патогенных вирусов визикулярного стоматита выполнены в рамках совместного проекта Ивановского государственного химико-технологического университета, университета Барселоны, Вроцлавского медицинского института и университета Лондона.

Была использована способность порфиринов к генерации синглетного кислорода и иммобилизация их на полимерную поверхность, что позволило осуществить обеззараживание крови от патогенных вирусов визикулярного стоматита, герпеса и др.

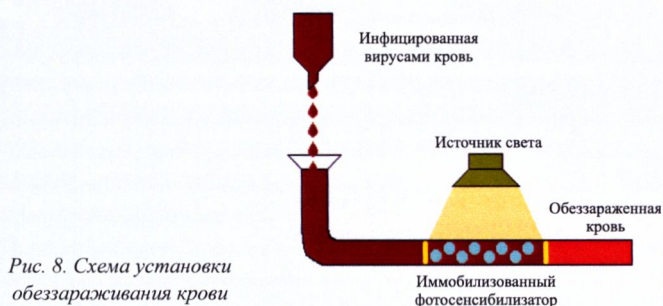


Рис. 8. Схема установки обеззараживания крови

Результаты, приведенные на рис. 9, показывают, что тридцати минут достаточно для эффективного обеззараживания крови и ее компонентов.

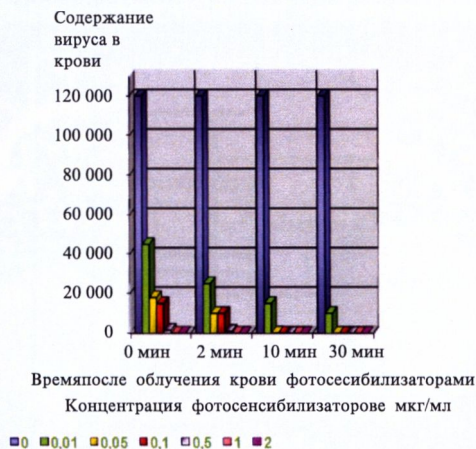
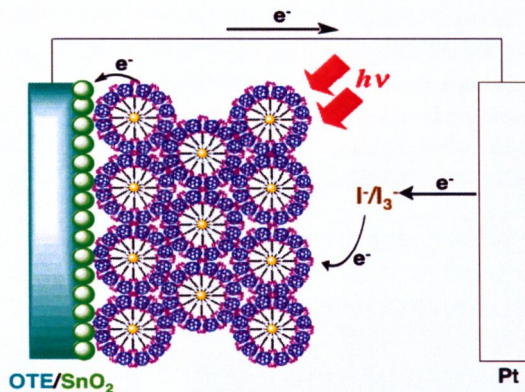


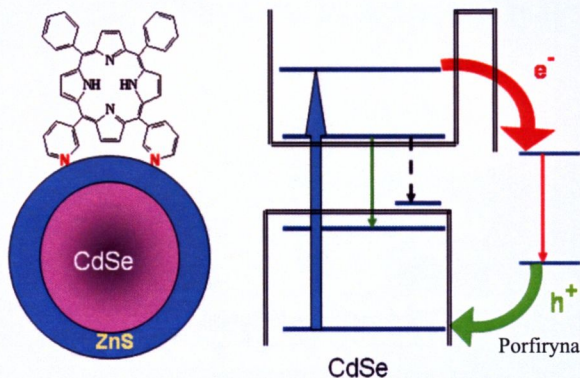
Рис. 9. Снижение уровня вирусов визикулярного стоматита в крови

Порфирины служат эффективными переносчиками энергии, причем перенос энергии осуществляется как линейными каскадными ансамблями, так и циклическими, а также дендримерными. На этом свойстве основан принцип действия фотоэлектрохимической «солнечной батареи», приведенный на рис. 10.



Rys. 10. Zasada działania fotoelektrochemicznej baterii słonecznej

Na podstawie zawierających azot analogów porfiryń oraz fulerenów uzyskano błony Langmuira-Blodgetta typu: mezo-kompozyt oraz stały roztwór, w których dochodzi do uporządkowania mezostruktury lub utworzenia nano-kompozytu typu „ftalocyjanina–fulleren”. Kompozyty te mogą znaleźć zastosowanie w fotodetektorach oraz przetwornikach fotowoltaicznych. Za pomocą niskokątowej mikroskopii Brewstera, polaryzacyjnej spektroskopii optycznej oraz dyfrakcji promieni rentgenowskich potwierdziliśmy także obecność mikro-, mezo- i nanowarstw, o różnym stopniu uporządkowania. Aktualnie prowadzone są badania nad optycznie czynnymi układami, stworzonymi na podstawie koloidalnych kwantowych punktów oraz tetrapiolowych związków, które wykorzystują indukowane procesy relaksacyjne i faktoryzację optoelektronową (rys. 11).



Rys. 11. Fotoindukowana transmisja elektronu półprzewodnik ↔ porfiryń

Wspólnie z chemikami z Politechniki Krakowskiej przeprowadziliśmy immobilizację porfiryń i metyloporfiryń na polimerowej matrycy, a uzyskane w ten sposób połączenia zostały wykorzystane w procesach kompleksowania, katalizie oraz sorpcji (rys. 12).



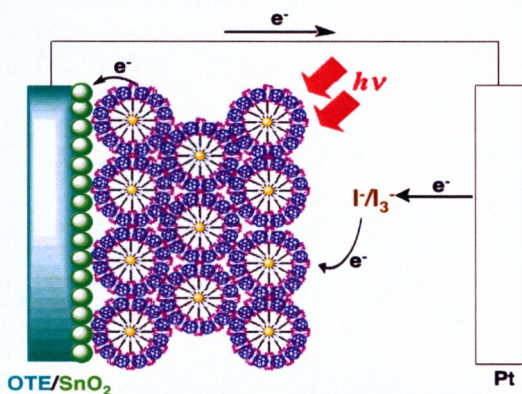


Рис. 10. Принцип действия фотоэлектрохимической «солнечной батареи»

На основе азотсодержащих аналогов порфиринов получены пленки Лэнгмюра-Блоджетт различных типов: «мезокомпозит», «твердый раствор», в которых происходит взаимодействие с фуллереном с упорядочиванием мезоструктуры или образование наноструктурированного композита фталоцианин-фуллерен. Применение этих композитов может быть использовано в фотодетекторных устройствах и фотовольтаических преобразователях. Использование Брюстер-угловой микроскопии плавающих слоев, поляризационной оптической спектроскопии пленок Лэнгмюра-Блоджетт и дифракции рентгеновских лучей показало образование микро-, мезо- и наноуровней с разной степенью упорядочивания образующихся структур. В нанотехнологии могут использоваться оптически активные ансамбли, созданные на основе коллоидных квантовых точек и тетрапиррольных соединений, в которых индуцируются релаксационные процессы и оптоэлектронная функционализация (рис. 11).

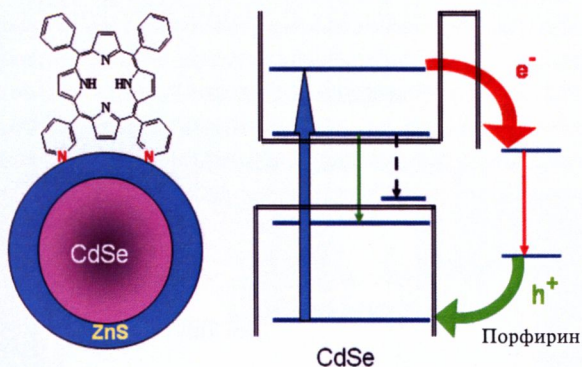
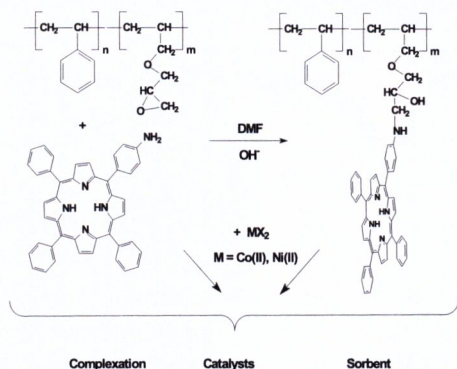
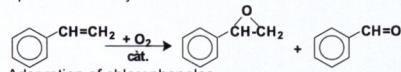


Рис. 11. Направленная фотоиндуцированная инжекция электрона полупроводник ↔ порфирин

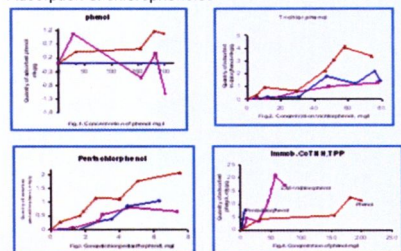
Совместно с Краковской Политехникой проведена иммобилизация порфиринов и металлопорфиринов на полимерной матрице, и эти соединения использованы в процессах комплексообразования, катализе, сорбции (рис. 12).



Epoxidation of styrene



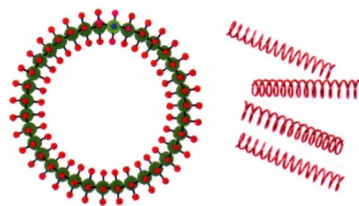
Adsorption of chlorophenoles



Curves of adsorption isotherms

Rys. 12. Immobilizacja porfiryń na polimerowym nośniku

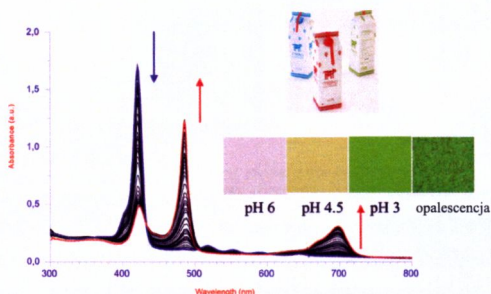
Porfiryńowe nanokształtki oparte na J-układach są przewodnikami protonów i mogą wyglądać tak, jak to zilustrowano na rysunku 13.



Rys. 13. Porfiryńowe nanokształtki oparte na J-układach są przewodnikami protonów

Opierając się na wynikach naszych badań stworzyliśmy nowe optochemosensorowe materiały na bazie błon polimerowych i układów nanoporfirynowych. W szczególności otrzymaliśmy kompozytowy materiał na bazie triacetylocelulozy jako polimerowej matrycy oraz zawierającego grupę  $\text{SO}_3\text{H}$  porfiryńowego układu jako nanonapełniacza. Materiał ten daje proporcjonalną, selektywną i odwracalną optyczną odpowiedź na zmianę aktywności jonów wodorowych w wodnych i niewodnych roztworach, obojętnych w stosunku do triacetylocelulozy.

Otrzymany optochemosensorowy materiał może być używany do przygotowania „inteligentnych” opakowań, umożliwiających kontrolę stanu świeżości produktów mlecznych w realnym czasie bez potrzeby ich otwierania (rys. 14).



Rys. 14. Charakterystyka widmowa kompozytowych optochemosensorowych materiałów opartych na triacetylocelulozie i porfiryńowych J-układach

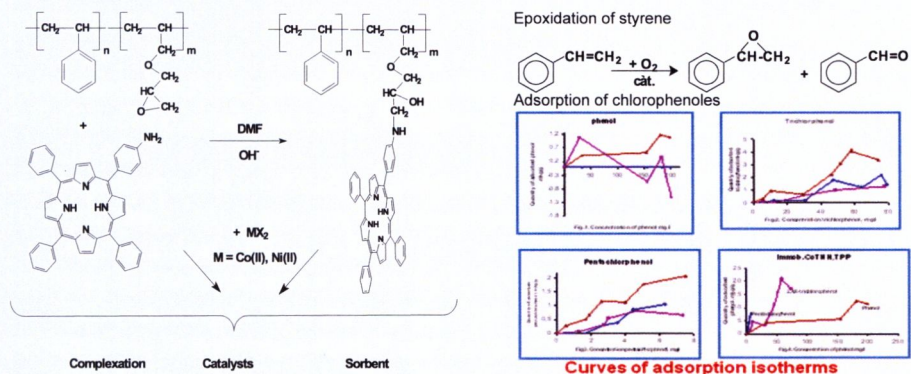


Рис. 12. Имобилизация порфиринов на полимеры-носители

Порфириновые нанотрубки на основе J-агрегатов являются проводниками протонов и выглядят так, как это представлено на рис. 13.

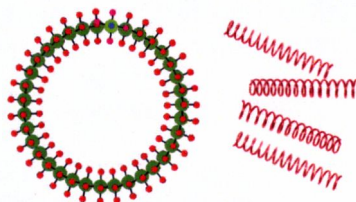


Рис. 13. Порфириновые нанотрубки на основе J-агрегатов являются проводниками протонов

Осуществлена разработка принципиально новых композитных полимерных оптохемосенсорных материалов на основе размерно-селективных полимерных мембран и наноструктурированных порфириновых систем. Был получен композитный оптохемосенсорный материал на основе триацетилцеллюлозы в качестве размерноселективной полимерной матрицы и в качестве наполнителя наноструктурированной порфириновой системы, содержащей сульфогруппы –  $\text{SO}_3\text{H}$ . Полученный материал обладает пропорциональным, селективным и обратимым оптическим откликом на изменение активности ионов водорода в водных и неводных растворах, инертных по отношению к триацетилцеллюлозе.

Композитный оптохемосенсорный материал на основе триацетилцеллюлозы и порфириновых J-агрегатов способен давать оптический отклик в зависимости от pH, создавать «умную» упаковку, позволяющую контролировать качество и сохранность содержимого в режиме реального времени без нарушения целостности упаковки (рис. 14).

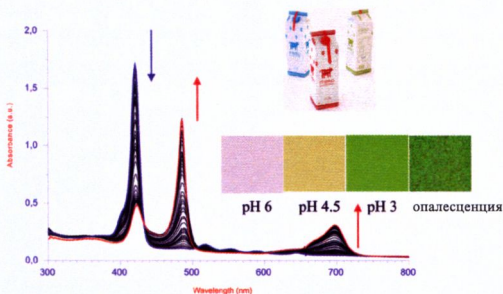
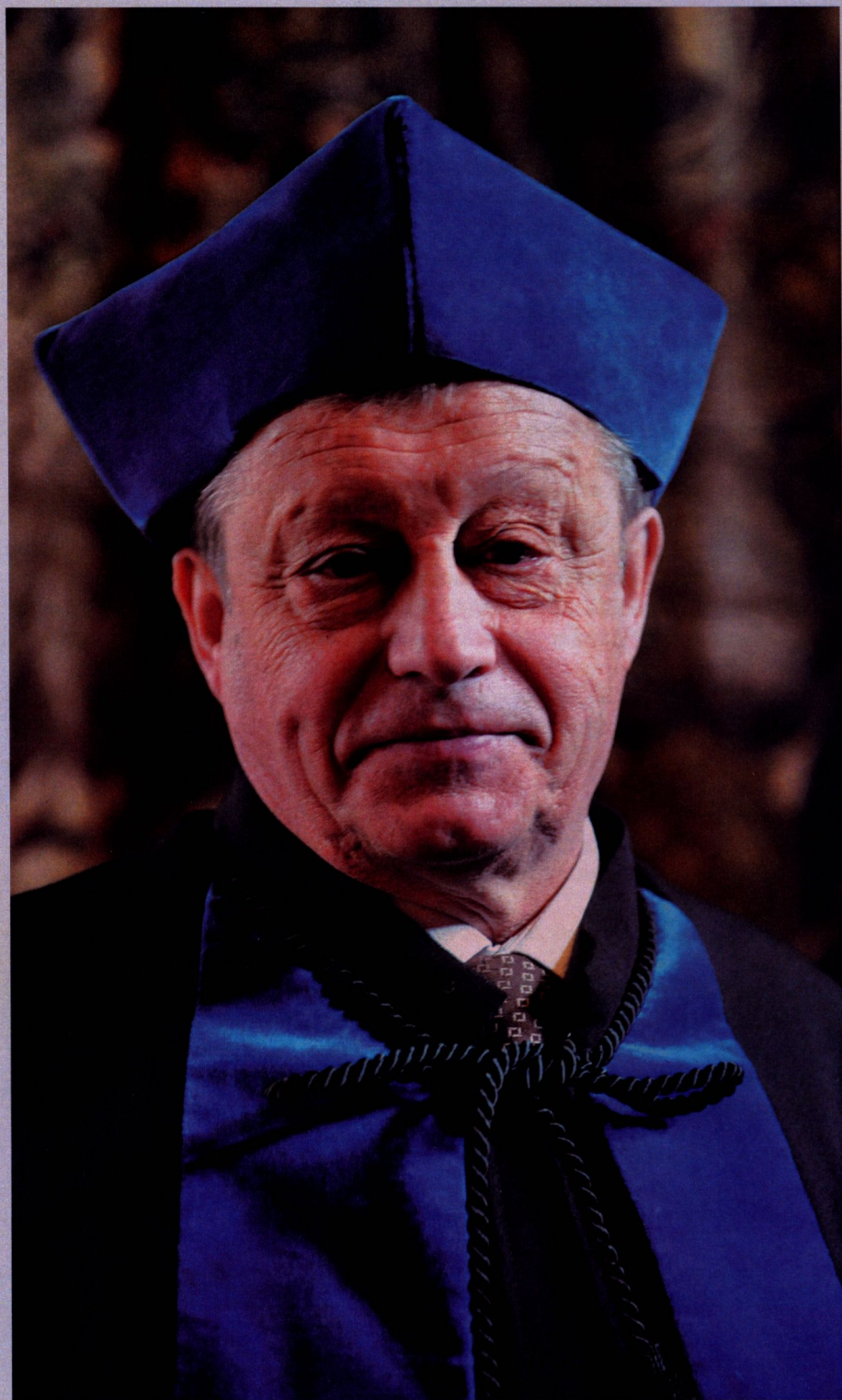


Рис. 14. Композитный оптохемосенсорный материал на основе триацетилцеллюлозы и порфириновых J-агрегатов

## LITERATURA

1. Койфман О.И., Березин Б.Д. и др. В кн.: *Порфирины: структура, свойства, синтез* (под ред. акад. Н.С. Ениколопяна), Москва: Наука, 1985, 175-204; 205-238.
2. Голубчиков О.А., Койфман О.И., Пономарев Г.В. В кн.: *Порфирины: спектроскопия, электрохимия, применение* (под ред. акад. Н.С. Ениколопяна), Москва: Наука, 1987, 214-261.
3. Койфман О.И., Агеева Т.А. В кн.: *Успехи химии порфиринов*, С-Петербург, НИИ Химии СПбГУ, 1997, Т. 1, 6-26.
4. Койфман О.И., Агеева Т.А. В кн.: *Успехи химии порфиринов*, С-Петербург, НИИ Химии СПбГУ, 2001, Т. 3, 260-283;
5. Агеева Т.А., Койфман О.И. В кн.: *Успехи химии порфиринов*, С-Петербург, НИИ Химии СПбГУ, 2004, Т. 4, 200-225.
6. Монаков Ю.Б., Койфман О.И., Агеева Т.А. и др. В кн.: *Успехи химии порфиринов*, С-Петербург, НИИ Химии СПбГУ, 2007, Т. 5. 7-26, 293-314.
7. Семейкин А.С., Койфман О.И. В кн.: *Современный органический синтез*, Москва: Химия, 2003, 361-382.
8. Койфман О.И., Агеева Т.А., *Порфиринполимеры* (под ред. акад. Ю.Б. Монакова), Москва, Изд-во физико-математической литературы, 2006, 194.
9. Мамардашвили Н.Ж., Койфман О.И., Антипин И.С., *Синтетические рецепторы на основе порфиринов и их конъюгатов с калекс[4]аренами* (под ред. акад. А.И. Коновалова), Москва: Наука, 2006, 246.
10. Mamardashvili N.Zh., Borovkov V.V., Mamardashvili G.M., Ynoye I., Koifman O.I., *Chemical Processes with participation of biological and related compounds*, Ed. T.N. Lomova, G.E. Zaikov, Leiden-Boston (Netherland): Brill, 2008, 45-91, 117-168.
11. Islamova R.M., Monakov Yu.B., Syrbu S.A., Koifman O.I., Zaikov G.E., *Kinetics and Thermodynamics for Chemistry and Biochemistry*, Ed. Eli M. Pearce, G.E. Zaikov, G. Kirshenbaum, Nova Science Publishers, Inc. New-York, 2009, V. 2, 295-306.
12. Hasobe T., Fukuzumi S., Kamat P.V., *The Electrochemical Society Interface*, 2006.
13. Kurek S.S., Nikolaeva O.I., Ageeva T.A., Koifman O.I. *Izv. VUZ Khim. and Khim, Tekhnol.*, 2004, **47**, N2, 146.
14. Mironov A.F., Grin M.A., Tsiprovskiy A.G., Titeev R., Nizhnik E., Lonin I., Mendelev Commun., 2004, **5**, 204-207.
15. Решетников А.В., Швец В.И., Пономарев Г.В. В кн.: *Успехи химии порфиринов*, С-Петербург, НИИ Химии СПбГУ, 1999, Т. 2, 70-114.

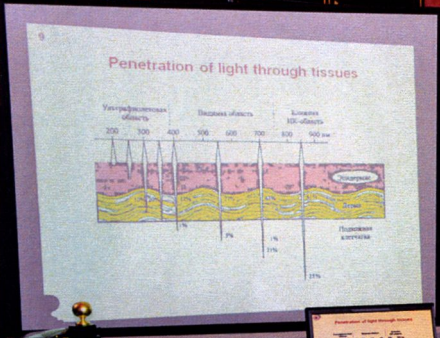
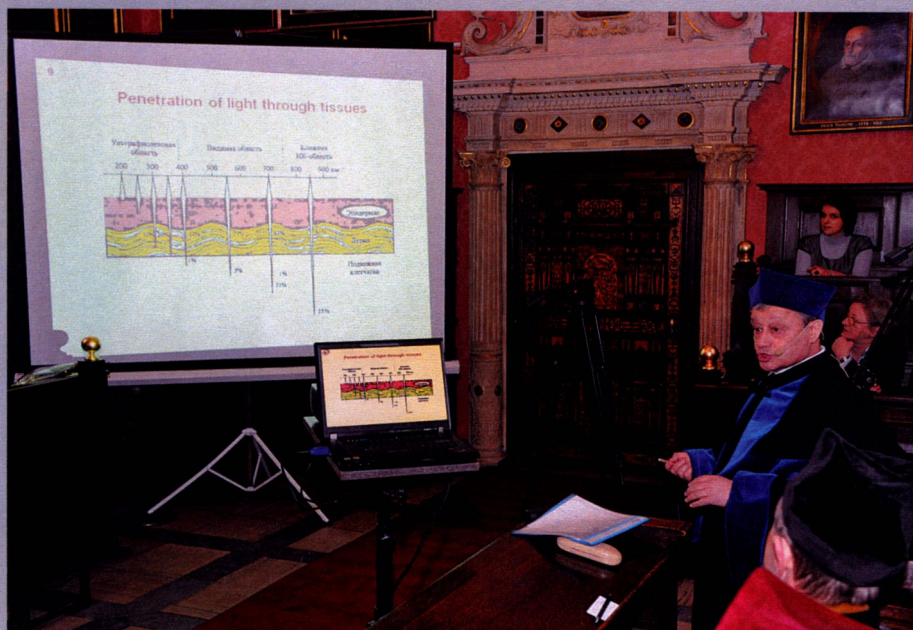
1. Койфман О.И., Березин Б.Д. и др. В кн.: *Порфирины: структура, свойства, синтез* (под ред. акад. Н.С. Ениколопяна), Москва: Наука, 1985, 175-204; 205-238.
2. Голубчиков О.А., Койфман О.И., Пономарев Г.В. В кн.: *Порфирины: спектроскопия, электрохимия, применение* (под ред. акад. Н.С. Ениколопяна), Москва: Наука, 1987, 214-261.
3. Койфман О.И., Агеева Т.А. В кн.: *Успехи химии порфиринов*, С-Петербург, НИИ Химии СПбГУ, 1997, Т. 1, 6-26.
4. Койфман О.И., Агеева Т.А. В кн.: *Успехи химии порфиринов*, С-Петербург, НИИ Химии СПбГУ, 2001, Т. 3, 260-283;
5. Агеева Т.А., Койфман О.И. В кн.: *Успехи химии порфиринов*, С-Петербург, НИИ Химии СПбГУ, 2004, Т. 4, 200-225.
6. Монаков Ю.Б., Койфман О.И., Агеева Т.А. и др. В кн.: *Успехи химии порфиринов*, С-Петербург, НИИ Химии СПбГУ, 2007, Т. 5. 7-26, 293-314.
7. Семейкин А.С., Койфман О.И. В кн.: *Современный органический синтез*, Москва: Химия, 2003, 361-382.
8. Койфман О.И., Агеева Т.А., *Порфиринполимеры* (под ред. акад. Ю.Б. Монакова), Москва, Изд-во физико-математической литературы, 2006, 194.
9. Мамардашвили Н.Ж., Койфман О.И., Антипин И.С., *Синтетические рецепторы на основе порфиринов и их конъюгатов с каликс[4]аренами* (под ред. акад. А.И. Коновалова), Москва: Наука, 2006, 246.
10. Mamardashvili N.Zh., Borovkov V.V., Mamardashvili G.M., Ynoye I., Koifman O.I., *Chemical Processes with participation of biological and related compounds*, Ed. T.N. Lomova, G.E. Zaikov, Leiden-Boston (Netherland): Brill, 2008, 45-91, 117-168.
11. Islamova R.M., Monakov Yu.B., Syrbu S.A., Koifman O.I., Zaikov G.E., *Kinetics and Thermodynamics for Chemistry and Biochemistry*, Ed. Eli M. Pearce, G.E. Zaikov, G. Kirshenbaum, Nova Science Publishers, Inc. New-York, 2009, V. 2, 295-306.
12. Hasobe T., Fukuzumi S., Kamat P.V., *The Electrochemical Society Interface*, 2006.
13. Kurek S.S., Nikolaeva O.I., Ageeva T.A., Koifman O.I. *Izv. VUZ Khim. and Khim, Tekhnol.*, 2004, **47**, N2, 146.
14. Mironov A.F., Grin M.A., Tsiprovskiy A.G., Titeev R., Nizhnik E., Lonin I., Mendelev Comm., 2004, **5**, 204-207.
15. Решетников А.В., Швец В.И., Пономарев Г.В. В кн.: *Успехи химии порфиринов*, С-Петербург, НИИ Химии СПбГУ, 1999, Т. 2, 70-114.













Profesor

---

Kazimierz Flaga



Profesor

---

## Kazimierz Flaga

Profesor dr hab. inż. Kazimierz Flaga, profesor zwyczajny Politechniki Krakowskiej, urodził się 23 stycznia 1939 roku w Sułkowicach, pow. Myślenice. W latach 1956–1961 studiował na Wydziale Budownictwa Lądowego Politechniki Krakowskiej, specjalność konstrukcje budowlane i inżynierskie. Dyplom uzyskał z mostownictwa. Po studiach podjął pracę w Katedrze Budownictwa Żelbetowego Politechniki Krakowskiej, najpierw jako asystent naukowo-techniczny (1961–1967), później starszy asystent naukowo-dydaktyczny (1967–1968). Na Wydziale Budownictwa Lądowego doktoryzował się w 1967 roku (z wyróżnieniem) oraz habilitował w 1971 roku (z wyróżnieniem), osiągając kolejno stanowiska adiunkta (1968–1973), docenta (1973–1984) oraz tytuł naukowy profesora nadzwyczajnego w 1984 roku. Od 1992 roku pracuje na stanowisku profesora zwyczajnego.

Całe swoje życie naukowe, dydaktyczne, zawodowe i organizacyjne związał z Politechniką Krakowską (PK). Od 1968 roku jego miejscem pracy był Zakład Technologii Betonu, a od 1972 roku Zakład Konstrukcji Żelbetowych w Instytucie Budownictwa PK, przemianowanym w 1972 roku na Instytut Materiałów i Konstrukcji Budowlanych. Był tu w latach 1968–1973 kierownikiem Pracowni Badań Fizycznych i Strukturalnych. W 1976 roku został decyzją rektora PK przeniesiony do Instytutu Dróg, Kolei i Mostów, gdzie w latach 1976–1982 pełnił funkcję zastępcy dyrektora ds. naukowo-badawczych, zaś w latach 1979–1992 kierownika Zakładu Budowy Mostów i Tuneli PK (od 1983 r. przeniesionego do Instytutu Materiałów i Konstrukcji Budowlanych). W latach 1992–2009 (do przejścia na emeryturę) był kierownikiem Katedry Budowy Mostów i Tuneli PK. W latach 1992–1996 był dyrektorem największego w Politechnice Krakowskiej Instytutu Materiałów i Konstrukcji Budowlanych, natomiast

w latach 1996–2002 rektorem Politechniki Krakowskiej. Obecnie jest przewodniczącym Kapituły Godności Honorowych PK (od 2006 r.).

Odbył doskonalące staże naukowe: w CISM w Udine (1970 – 5 tygodni), Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tunis ((1979 – 4 tygodnie), w 1983 roku w politechnikach w Rzymie (5 tygodni), Pizie (2 tygodnie) i Palermo (1 tydzień), w Université National Athenés (1990-16 dni), w TU Delf (1993 – 2 tygodnie), w CSTB w Paryżu (1995 – 2 tygodnie). Przebywał także na doskonalących stażach zawodowych: w Paryżu (1972 – 4 miesiące), w Chinach (1988 – 9 dni), w Winterthur (1990 – 5 tygodni), Chinach (2001 – 13 dni), w Brazylii (2002 – 15 dni).

Profesor Kazimierz Flaga jest członkiem zagranicznym Akademii Budownictwa Ukrainy (od 1998), profesorem honorowym Moskiewskiego Państwowego Uniwersytetu Inżynierii Ekologicznej (2002), członkiem IABSE (od 1982), członkiem honorowym PZITB (od 1996), członkiem honorowym Związku Mostowców RP (od 2004), członkiem Społecznego Komitetu Odnowy Zabytków Krakowa (od 2001), członkiem Bractwa Kurkowego w Krakowie (od 2002), członkiem Związku Podhalan (od 2001) i rady naukowej tego Związku (od 2000), kawalerem Zakonu Rycerskiego Grobu Bożego w Jerozolimie (od 2005), przewodniczącym zarządu Fundacji „Prometeusz” – *pro publico bono* (od 2002).

Był członkiem Komitetu RILEM 39 – BH „Winter Concreting” (1977–1985), zastępcą delegata Polski do Komitetu Europejskiego Betonu – CEB (1990–1998), delegatem Polski do Międzynarodowej Federacji Betonu – FIB (1998–2004), delegatem Polski do „Permanent Committee” IABSE (2001–2007), ekspertem Fundacji „Romualdo del Bianco” we Florencji (2001–2007). Był także członkiem pełnym IASS (1977–1980), przewodniczącym Związku Mostowców RP (1996–2001), członkiem prezydium ZG PZITB (1975–1978 i 1990–1993), przewodniczącym krakowskiego oddziału PZITB (1981–1984), przewodniczącym rady zakładowej ZNP na Politechnice Krakowskiej (1976–1980), przewodniczącym Środowiskowej Sekcji Nauki ZNP Szkół Wyższych w Krakowie (1979–1981).

Profesor Kazimierz Flaga jest czwartą kadencją członkiem Centralnej Komisji ds. Stopni i Tytułów (1994–1996, 2003 – dziś), członkiem Komitetu Inżynierii Łądowej i Wodnej PAN (od 1990), członkiem Sekcji Konstrukcji Betonowych (od 1972) oraz Sekcji Inżynierii Komunikacyjnej (od 1984) tego Komitetu, członkiem rady naukowej IBDiM w Warszawie (od 1995), członkiem zarządu ZMRP (od 1991). Był w latach 2003–2008 członkiem rady naukowej ITB w Warszawie, w latach 1992–1996 członkiem Sekcji Budownictwa i Materiałów Budowlanych w KBN (w latach 1994–1996 jej przewodniczącym), w latach 1984–1991 – wiceprzewodniczącym Sekcji Głównej Techniki Mostowej przy ZG SITK.

Jest autorem lub współautorem 290 publikacji naukowych, w tym 15 monografii, 179 studiów i rozpraw, 95 artykułów naukowych i 16 komunikatów naukowych. Opublikowane prace dotyczą: budowy mostów i tuneli (117), konstrukcji betonowych (74), technologii betonu i technologii prefabry-

kacji (44), budownictwa ogólnego (21), nieniszczących metod badań materiałów i konstrukcji (11), zagadnień różnych (23). Wygłosił łącznie 194 referaty na konferencjach, sympozjach i seminariach naukowych, w tym 165 w kraju i 29 za granicą. Ponadto był autorem lub współautorem: 276 prac naukowo-badawczych, zleconych przez instytucje naukowe, naukowo-techniczne lub podmioty gospodarcze, dwóch patentów, 385 opinii i recenzji zleconych przez uczelnie, wydawnictwa, redakcje czasopism lub podmioty gospodarcze.

Wypromował dziesięciu doktorów nauk technicznych, był inspiratorem siedmiu prac habilitacyjnych, recenzentem 55 prac doktorskich (w tym jedenastu dla CK), recenzentem dorobku w 37 przewodach habilitacyjnych (w tym 22 dla CK), opiniodawcą 26 wniosków do tytułu naukowego profesora (w tym 21 dla CK), opiniodawcą ośmiu wniosków na stanowisko profesora nadzwyczajnego i trzech wniosków na stanowisko profesora zwyczajnego, promotorem dwóch doktoratów honoris causa. Można Profesora uznać za twórcę szkoły naukowej w zakresie termodynamiki betonu oraz w zakresie naprężeń własnych – termicznych i skurczowych – w elementach i konstrukcjach z betonu.

Profesor Kazimierz Flaga prowadził i prowadzi rozległą działalność dydaktyczną, obejmującą wykłady z 14 przedmiotów, ćwiczenia audytoryjne, projektowe, laboratoryjne, prace przejściowe, seminaria przeddyplomowe i dyplomowe, a także wykłady na studiach podyplomowych i doktoranckich. Był promotorem 155 prac dyplomowych, w tym 139 stopnia magisterskiego i 16 stopnia inżynierskiego oraz siedmiu prac podyplomowych. W ramach działalności dydaktycznej zorganizował 16 Europejskich Wypraw Mostowych o charakterze naukowo-dydaktyczno-szkoleniowym oraz trzy Wyprawy Światowe (2008 – mosty Azji Południowo-Wschodniej, 2009 – mosty Chin, 2010 – mosty USA). Były to bezprecedensowe wydarzenia w akademickim i inżynierskim życiu środowiska związanego z inżynierią lądową, rozwijające w stopniu nie do przecenienia świadomość inżynierską ich uczestników, w tym studentów PK.

W zakresie działalności zawodowej wykonał samodzielnie lub ze współautorami: 90 projektów konstrukcyjnych, architektoniczno-konstrukcyjnych i technologicznych różnych obiektów budowlanych i inżynierskich (m.in. projekty studialne trzech głównych obiektów olimpijskich na olimpiadę w Montrealu – 1976, Ambasady PRL w New Delhi, Ośrodka Polonijnego UJ w Krakowie, kościołów w Radomiu, Mielcu, Zielonej Górze, Rzeszowie, kładek podwieszonych dla pieszych w Mogilanach i Wałbrzychu), 272 ekspertyzy, orzeczenia i opinie w sprawie stanu technicznego różnych obiektów budowlanych i inżynierskich na terenie Polski. Pełnił także funkcję weryfikatora lub konsultanta naukowo-technicznego przy wznoszeniu lub remoncie wielu znaczących obiektów budowlanych i inżynierskich w Polsce (m.in. most i wiadukt im. Ks. Józefa Poniatowskiego w Warszawie, most autostradowy przez Wisłę w Grabowcu k.Torunia, mosty: kolejowy, Zwierzyniecki i Kotlarski przez Wisłę w Krakowie, płyta „Centrum Komunikacyjnego” w Krakowie, płyta parkingowa oraz estakady wjazdowe i zjazdowe na MPL „Okęcie” w Warszawie, garaż wielopoziomowy na MPL „Okęcie”

w Warszawie, kładka podwieszona przy tunelu DTS w Katowicach, Świątynia Świętej Bożej Opatrności w Warszawie (2004–2011).

Profesor Kazimierz Flaga był (lub jest) przewodniczącym, wiceprzewodniczącym lub członkiem komitetów naukowych wielu konferencji naukowych, krajowych i zagranicznych (m.in. konferencja KILiW PAN i KN PZITB w Krynicy, międzynarodowe konferencje AMCM w Białymstoku, Gliwicach, Wrocławiu, Łodzi i Krakowie, konferencje „Awarie Budowlane” w Międzyzdrojach, konferencje „Mosty Zespolone” w Krakowie, konferencje „Materiały Kompozytowe w Budownictwie Mostowym” w Łodzi, Międzynarodowa Konferencja „Footbridge” we Wrocławiu). Jest członkiem rad redakcyjnych kwartalników: „Archives of Civil Mechanical Engineering”, „Archivolta”, członkiem rad naukowych czasopism: „Mosty” (kwartalnik), „Drogi lądowe – wodne – powietrzne” (miesięcznik), „Obiekty Inżynierskie” (kwartalnik).

Za swoją działalność został odznaczony m.in. Krzyżem Komandorskim OOP (2005), Krzyżem Oficerskim OOP (2000), Krzyżem Kawalerskim OOP (1984), Medalem KEN (1979), złotym medalem Fundacji Badań Materiałowych „For achievements in materials science” im. Jana Czochralskiego (2001), złotym medalem 60-lecia „Polonia Technica” (USA – 2001), złotym medalem 50-lecia PK (1995), złotym medalem „Za zasługi dla obronności Kraju” (2009), medalem „Zasłużony dla Politechniki Krakowskiej” (2002), medalem ZMRP „Za wybitne osiągnięcia w polskim mostownictwie” (2001), medalem PZITB im. Prof. Stefana Kaufmana (2005), odznaką „Zasłużony Działacz Kultury” (1979), honorową odznaką „Zasłużony dla Transportu RP” (2001), odznaką „Honoris Gratia” Prezydenta Miasta Krakowa (2007) i wieloma innymi. Otrzymał Honorową Nagrodę MB i PMB za wybitne osiągnięcia twórcze (1981), nagrody MNiSzW (1968, 1972, 1974, 1977), nagrody MEN (1990, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001 i 2002).



## MOSTY – OBIEKTY INŻYNIERSKIE ROZPIĘTE PONAD PRZESTRZENIĄ I CZASEM

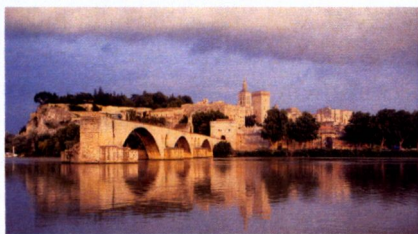


Niedawno, w przerwie obrad konferencji naukowo-technicznej w Krakowie spotkał mnie pewien Pan, który zagadnął: po co wy mostowcy i dziennikarze stale piszecie o mostach, o których przecież wszystko wiadomo. Co tu jeszcze można nowego powiedzieć.

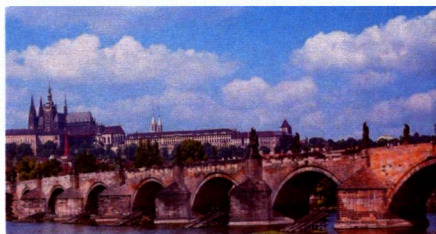
Zdarzyło mi się również coś odwrotnego. Jeden z moich Kolegów, wybitnych mostowców praktyków po przeczytaniu naszej książki *Estetyka konstrukcji mostowych* powiedział do mnie: „Panie Profesorze, jestem związany z mostownictwem od kilkudziesięciu lat, wydawało mi się, że zgłębiłem wszystkie tajniki tego zawodu, a tu nagle swoją książką otworzyliście mi okno, przez które zobaczyłem jeszcze wiele aspektów mostownictwa, dotychczas przeze mnie nie dostrzeganych”.

Gdzie zatem jest prawda, czym naprawdę jest most? Można do tego pytania różnie podejść, jeżeli się zauważy, że most to nie tylko rzeczywistość fizyczna, obiekt który łącząc brzegi umożliwia kontakty ludzkie, przemieszczanie się ludzi, myśli i idei, ale także most ma odniesienie duchowe, jest to coś na kształt tęczy rozpiętej nad przestrzenią i czasem. Most jest i jednym i drugim, ma ważne znaczenie komunikacyjne i transcendentalne. Jest to duch i materia, razem i oddzielnie, tak jak ujął to pięknie filozof niemiecki Martin Heidegger w eseju pt.: *Przewycięzanie metafizyki*, gdzie napisał: „Most skupia na swój sposób przy sobie Ziemię i Niebo, Istoty Boskie i Śmiertelnych”.

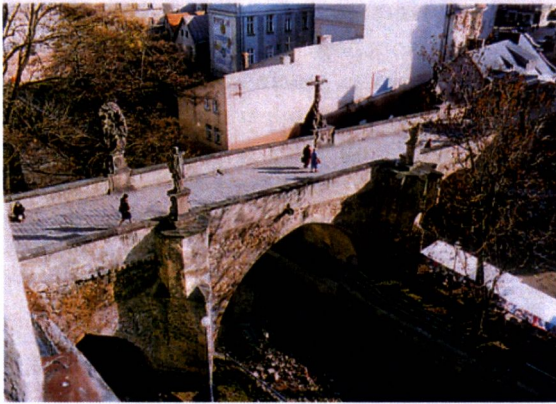
W kulturze motyw mostu pojawia się w różnych kontekstach i ma wielorakie znaczenie. MOST – to metafora łączenia tego, co rozłączone jest w czasie i przestrzeni, połączenie dwóch światów, widzialnego i niewidzialnego, czasem Boga i człowieka; sposób przekraczania nieprzebytych przeszkód; przejście z jednego stanu do drugiego, połączenie poznawalnego z nierozpoznawalnym, od świata zmysłów do nadzmysłowego; przejście od stanu niewiedzy do wtajemniczenia, od spraw przyziemnych do wzniosłych.



Rys. 2. Most Bénézéta przez Rodan w Awinionie, 1178–1188



Rys. 3. Peter Parler, Most Karola przez Wltawę w Pradze, 1357–1503,  $l_{max}$  – 23,4 m



Tak było od zawsze, od czasów najdawniejszych, gdy sztuka budowy mostów była sztuką tajemną dostępną tylko kapłanom. Uważano wówczas, że mostu nie da się zbudować bez ingerencji, bez pomocy sił nadprzyrodzonych. Stąd Collegium Pontificium – nacja budowniczych mostów – było jednym z najważniejszych organów państwa rzymskiego, a cesarz nosił tytuł *Pontifex Maximus* – najwyższy budowniczy mostów. Tytuł ten w średniowieczu przejęli papieże Kościoła rzymskokatolickiego, stąd okres papiestwa naszego Jana Pawła II to pontyfikat (od słowa *ponti* – most), obejmując urząd papieża był On ubrany w szaty pontyfikalne.

W Średniowieczu działał na terenie Europy Zachodniej zakon Braci Mostowych, a jego założyciel i twórca słynnego mostu przez Rodan w Awinionie (rys. 2) Bénézet, został zaliczony w poczet świętych. Wówczas każdy most musiał mieć swojego patrona, na mostach umieszczano kaplice, krzyże i figury świętych (rys. 3, 4), którzy mieli czuwać nad bezpieczeństwem podróżnych. Na moście Benézéta znajduje się kaplica ku czci św. Mikołaja, patrona podróżnych. Niezależnie od tego każdy most był poważnym wyzwaniem technicznym, a ich twórcy – ludzie rozważni i mądrzy – przeszli wielokrotnie do historii.

W wykładzie tym przybliżę sylwetki niektórych z nich.

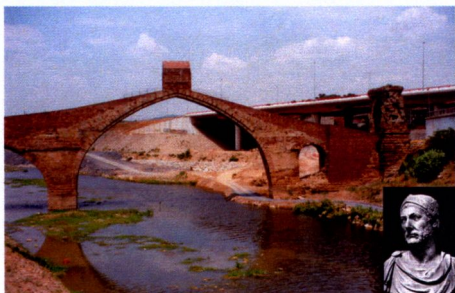
**Mandrokles** z Samos, pierwszy z budowniczych mostów, o których mówi nam historia. Grek w służbie perskiej, który w 512 r. p.n.e. zbudował po-

nad kilometrowy most pontonowy przez Cieśninę Bosfor (rys. 5). Mostem tym Król Królów Dariusz, syn Hystaspesa przeprowadził potężną armię perską na europejski brzeg Bosforu. Dumny ze swego dzieła Mandrokles zamówił sobie wielki obraz przedstawiający budowę mostu, którym ozdobił wielką, sławną na całą Helladę świątynię Hery „Hereion” na Samos [4].



Rys. 5. Mandrokles z Samos, most pontonowy przez Bosfor, 512 w. p.n.e., l – 900 m

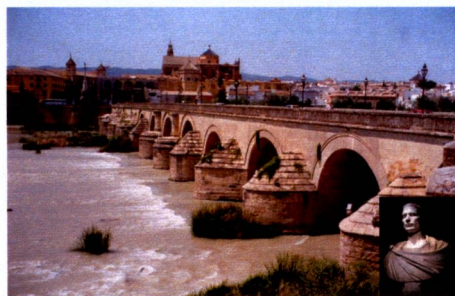
**Hannibal Barkas** wielki wódz Kartaginy, zbudował w 218 r. p.n.e. w trakcie II Wojny Punickiej piękny, kamienny, trójprzęsłowy most łukowy przez rzekę Llobregat w Martorell k. Barcelony. Główne przęsło ma największą rozpiętość spośród konstrukcji łukowych epoki rzymskiej – 36,90 m i jest pierwszym obiektem w formie ostrołuku (rys. 6). Rzymianie budowali przede wszystkim łuki półkoliste. Most ma w najwyższym miejscu – kluczu – kapliczkę poświęconą bogini Księżycy Tanit, bóstwu czczonemu w Kartaginie, a także łuk triumfalny przy wejściu na most dla uczczenia pamięci swego ojca, przywódcy Kartaginy, Hamilkara Barkasa.



Rys. 6. Hanibal Barkas, most łukowy przez Llobregat w Martorell k. Barcelony, 218 r. p.n.e.

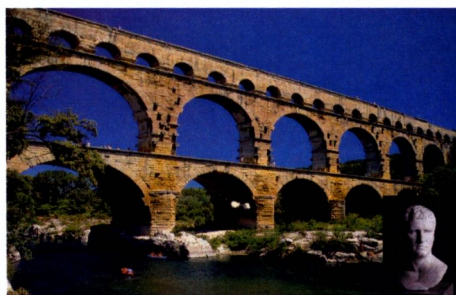
Hannibal Barkas 247–183 w. p.n.e.

**Gajus Julius Cezar** gdy był namiestnikiem Hispania Ulterior, zbudował w 61 r. p.n.e. kamienny, wieloprzęsłowy most łukowy przez rzekę Gwadalkiwir w Kordobie (rys. 7). Dwa przęsła tego mostu są jeszcze oryginalne. Jego cechą charakterystyczną są – podstawowe w mostownictwie imperium rzymskiego sklepienie łuki półkoliste oraz bardzo szerokie podpory pośrednie – filary. Tu stosunek szerokości filara do tzw. światła mostu (rozpiętości łuku w świetle) wynosi 1:1, co świadczy o trudnościach z przeniesieniem rozporu łuku przez podpory w trakcie budowy mostu. W późniejszych konstrukcjach rzymskich stosunek ten, wraz z rozwojem



Rys. 7. Gajus Julius Cezar, wieloprzęsłowy most łukowy przez Gwadalkiwir w Kordobie, 61 r. p.n.e.

Gajus Julius Cezar 100–44 w. p.n.e.



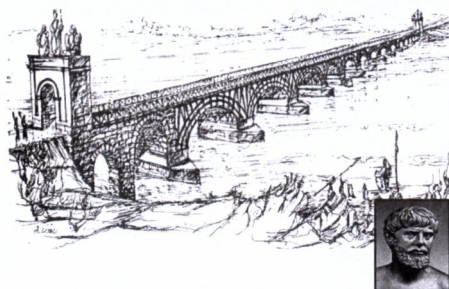
Rys. 8. Marek Vespasianus Agryppa, akwedukt Pont du Gard k. Nimes we Francji, 19–13 r. p.n.e.

Marek V. Agryppa I w. p.n.e. – I w. n.e.



Rys. 9. Gajus Julius Lacer, most Alcántara przez Tag w zachodniej Hiszpanii, 104–106 w. n.e.

Gajus Julius Lacer I–II w. n.e.



Rys. 10. Apollodoros z Damaszku, most Trajana przez Dunaj k. miejscowości Drobetae, 102–104 w. p.n.e.

Apollodoros z Damaszku ok. 60–ok. 130 w. p.n.e.

technik wznoszenia mostów, uległ zmniejszeniu do 1:2÷1:3.

**Marek Agryppa**, zięć cesarza Oktawiana, zarządcą Galii; przeprowadził w latach 19–13 p.n.e. przepiękny akwedukt o łącznej długości 41 km m.in. przez rzekę Gard k. Nimes w dzisiejszej południowej Francji (rys. 8). Obiekt jest trzypiętrowy, wznoszący się 47,7 m nad lustro wody w rzece, zbudowany bez zaprawy z idealnie dopasowanych do siebie ciosów kamiennych z wapienia. Łuki trzeciego poziomu dźwigały kanał wodny „specus” uszczelniony ołowiem, którym płynęła woda z pobliskich gór do miasta, które wówczas liczyło około miliona mieszkańców.

**Gajus Julius Lacer** zbudował w latach 98–106 r. n.e. monumentalny 6-przęsłowy most kamienny Ponte di Traiano przez rzekę Tag w Alcántara w zachodniej części dzisiejszej Hiszpanii (rys. 9). Trajan był pierwszym cesarzem urodzonym poza Rzymem – właśnie w Hiszpanii. Most ten przeszedł do historii dlatego, że jego twórca związał swe imię ze swym dziełem. Na głównej wieży mostu pozostawił napis „Zbudowałem most, który będzie trwał wiecznie”, zaś na lewym brzegu rzeki, w kaplicy wypisał, że ta wielka budowla jest dziełem Lacera „sławego ze swej wiedzy i wróżb”. W ten sposób most nie pozostał bezimienny, a jego budowniczy – pontifex dał dowód swych wysokich aspiracji i umiejętności.

**Apollodoros z Damaszku** zbudował dla cesarza Trajana w latach 102–104 n.e. największy most czasów starożytnych – most przez

Dunaj koło miejscowości Drobetae w północno-wschodnim krańcu cesarstwa, w czasie tzw. wojen dackich. Most miał 21 przęseł o rozpiętościach od 35–45 m wspartych na wysokich kamiennych filarach. Przęsła były to najprawdopodobniej drewniane łukowe kratownice (rys. 10), połączone promienistymi tężnikami i usztywnione kratownicami typu „X”. Most miał długość 1027 m.

Zazdrosny o sławę Trajana, jego młodszy następca Hadrian rozkazał zniszczyć ten most ok. roku 120. Również Apollodoros został zgładzony najpóźniej w roku 119, w wieku ok. 60 lat, podobno za krytykę planów budowlanych Hadriana. Do dziś koło miejscowości Drobeta-Turnu Severin w Rumunii pozostały fragmenty przyczółka tego mostu (rys. 11) oraz ruiny „castrum”, w którym stacjonował legion strzegący mostu, nad którymi dominuje popiersie Apollodorosa (rys. 12).

Przenieśmy się na chwilę w średniowiecze. We wczesnym jego okresie (VI–XI wiek), nie zaznaczył się istotny postęp w sztuce budowania mostów w porównaniu z czasami rzymskimi (rys. 13). Były to czasy wędrówek ludów, długotrwałych wojen, tworzenia się zrębów państw europejskich.

Istotne ożywienie następuje dopiero w wieku XII, gdy zachodzą istotne przemiany cywilizacyjne i gospodarczo-społeczne, na tle których zaznacza się rozwój handlu, miast i rolnictwa. Znajduje to swój wyraz w budowie wspnianych gotyckich katedr oraz wielkich łukowych mostów kamiennych. Należą do nich m.in. mosty przez Łabę w Dreźnie (1119 r. – rys. 14), Men w Würzburgu (1133 r.), Dunaj w Ratzbonie (1135 r. – rys. 15) czy też wspomniany już most św. Bénézeta przez Rodan w Avignon.

W moście tym (rys. 16) mamy już łuki koszowe o zmiennej krzywiznie, w moście Scaligerów



Rys. 11. Pozostałości przyczółka mostu Trajana w miejscowości Drobeta-Turnu Severin w Rumunii



Rys. 12. Popiersie Apollodorosa z Damaszku w okolicy ruin rzymskiego castrum w Drobeta-Turnu Severin



Rys. 13. Most Diabelski Contessy Matildy przez Serchio we Włoszech, XI w.

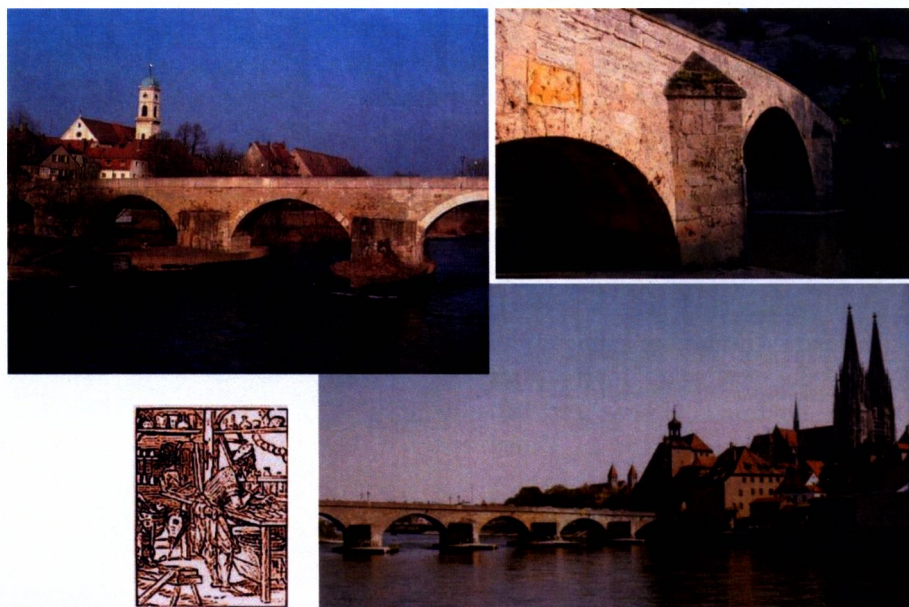
Rys. 14. Stary most przez Łabę w Dreźnie, 1119 rok



przez Adygę w Weronie (1354–1356) projektu mistrza Bevilacqua zastosowano niepełne łuki półkoliste o zmiennej wysokości i zróżnicowanej rozpiętości 24,0 + 28,57 + 48,7 m (rys. 17), zaś w moście Ponte Vecchio przez Arno we Florencji (1345–1354) projektu Taddeo Gaddiego – kamienne sklepienia odcinkowe o strzałce  $f/l = 1/7,5$  i rozpiętościach 27,0 + 30,0 + 27,0 m na wysokich filarach, o stosunku grubości filarów do rozpiętości łuków w świetle równym 1:5 (rys. 18).

Istotny postęp następuje dopiero w epoce Odrodzenia, gdy budowa mostów zaczyna się opierać na podstawach naukowych. Wtedy pojawiają się pierwsze rozważania na temat mechaniki budowli w pracach Leonarda da Vinci (1452–1519), odkryta zostaje perspektywa linearna, która stanowiła o nowej koncepcji postrzegania przestrzeni łączącej sztukę z nauką. Wymieńmy kilku wybitnych twórców tej epoki.

**Andrea Palladio** (1508–1580), wybitny budowniczy i teoretyk architektury opracował nowe przestrzenne układy konstrukcyjne w postaci drewnia-



Rys. 15. Most Steinern Pruckel przez Dunaj w Ratyzbonie, 1135 rok

nych łuków kratowych i belkowych ustrojów wieszarowych. Z jego dzieł wymienimy Ponte del Alpini na górskiej rzece Brenta w Bassano del Grappa (1568 r.) (rys. 19) o drewnianej konstrukcji wieszarowej, gdzie konstrukcję podpór uformował wykorzystując wyniki badań Leonarda da Vinci odnośnie do działania wirów rzecznych na podpory.

**Bartolomeo Ammanati** (1511–1592), architekt, malarz, rzeźbiarz i uczyony, który zrealizował Ponte Santa Trinita przez Arno we Florencji (1566–1569) (rys. 20), gdzie zastosował po raz pierwszy odcinkowe sklepienia koszowe o strzałce  $f/l = 1/7$ , zmniejszając wyraźnie rozpór poziomy działający na filary i przyczółki. Pomost zwieńczony jest piękną kamienną balustradą, która w zworniku połączona jest ze sklepieniem obustronnymi kartuszami, dodatkowo akcentującymi elegancję całej konstrukcji.

**Antonio da Ponte** (1512–1597), który w wieku 75 lat zaprojektował słynny most wenecki Ponte Rialto (1587–1592) nad wielkim Kanałem (rys. 21). Wyniesione nad wodę dla celów żeglugowych łukowe przeszło tego mostu o rozpiętości 29,56 m przekazuje obciążenie na masywne przyczółki (z pięknego wapieniaistryjskiego, podobnie jak sklepienie), z których każdy posadowiony jest na 2 tysiącach pali dębowych, zabitych w grząskie podłoże Wenecji. Most ten jest szeroki na 22,0 m i jak wiele mostów z tego okresu jest zabudowany sklepami, kramami i kantorami wymiany.

Kolejny okres historyczny to Oświecenie. Nie przyniosło wprawdzie znaczącego postępu w budowie mostów – nadal łukowych, formy optymalnej dla materiału kruchego jakim jest kamień, ale przyniosło zasadniczy postęp w rozwoju nauki. Wilhelm Leibnitz



Rys. 16. Św. Bénézet, most przez Rodan w Awinionie, 1178–1188,  $l_{max} = 33,0$  m

Św. Bénézet 1163–1184

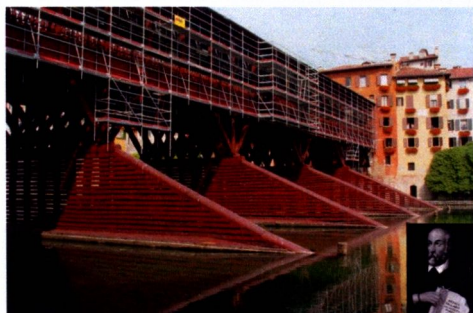


Rys. 17. Guglielmo Bevilacqua, Ponte Scaligero przez Adygę w Weronie, 1354–1356



Rys. 18. Tadeo Gaddi, Ponte Vecchio przez Arno we Florencji, 1345–1354 r.

1300–1366 rok



*Rys. 19. Andrea Palladio, Ponte del Alpini przez Brentę w Bassano del Grappa we Włoszech, 1568 rok*

Andrea Palladio 1508–1580

(1646–1716) i Isaac Newton (1643–1727) tworzą rachunek różniczkowy i całkowy bardzo przydatny w obliczaniu zasadniczych wymiarów budowli. Działają tacy uczeni jak Hook, bracia Bernoulli, Euler, Coulomb, Lagrange, Laplace, Navier, Cauchy, tworząc zasady optymalnego kształtowania konstrukcji. Równocześnie rozwija się matematyka, fizyka i chemia generując powstanie nowych materiałów budowlanych, żelaza i betonu, a także podstaw ich racjonalnego wykorzystania w budownictwie, w tym mostowym. Daje to impuls do tzw. I Rewolucji Przemysłowej, w której zaczyna się odejście w budownictwie od tradycyjnych materiałów kruchych (kamień, cegła) na rzecz materiałów ciągliwych (żelazo, stal) oraz sztucznego kamienia – betonu, łatwego do formowania dowolnych kształtów konstrukcji. Tak rodzą się w mostownictwie ustroje belkowe, ramowe, wiszące, podwieszane, wstęgowe. Powstaje również we Francji w 1747 r. pierwsza szkoła inżynierska *École des Ponts et Chaussée*.



Bartolomeo Ammanati  
1511–1592



*Rys. 20. Bartolomeo Ammanati, Ponte Santa Trinita przez Arno we Florencji, 1566–1569*

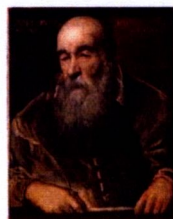


Pierwsza Rewolucja Przemysłowa rozpoczęła się w Anglii w II połowie XVIII wieku i stąd wiodące nazwiska w ówczesnym mostownictwie. Byli to m. in.:

**Abraham Darby III**, który wraz z inżynierem Josephem Wilkinsonem wzniesli w latach 1777–1779 słynny łukowy most żeliwny *Iron Bridge* przez rzekę Severn w Coalbrookdale (rys. 22). Rozpiętość mostu 30,5 m, wysokość prawie półkolistych łuków 13,7 m. Żeliwo, materiał półkruchy o znacznie lepszych właściwościach wytrzymałościowych od kamienia dał piękną, ażurową konstrukcję, zachwycającą do dziś. Łącznikami między wiotkimi łukami i stężającymi je przewiązkami były żeliwne kliny.

**Thomas Telford** (1757–1834), znakomity szkocki samouk, założyciel i pierwszy prezydent istniejącej do dziś w Wielkiej Brytanii Institution of Civil Engineers (ICE). Twórca pięknych mostów z żelaza lanego, a później zgrzewnego, takich jak pełny łuk odcinkowy przez Severn w *Waterloo Bridge* (1815 r.) w Walii, kratowy łuk odcinkowy przez Spey w *Craigellachie Bridge* (1815 r.) w Szkocji (rys. 23), wiszące mosty łańcuchowe *Conway-Castle Bridge* w Walii (1822–1826) i słynny *Menai Straits Bridge* w Walii (1819–1826 (rys. 24), o rekordowej na ówczesne czasy rozpiętości przeszła 176,5 m. Anglicy docenili go płytą nagrobną i pomnikiem w Opactwie Westminsterkim w Londynie.

**Isambard Kingdom Brunel** (1806–1859), brytyjski inżynier budownictwa komunikacyjnego i okrętownictwa, niezwykle zdolny i aktywny. Pozostawił po sobie m. innymi *Clifton Suspension Bridge* (1831–1864), most łańcuchowy ponad wąwozem rzeki Avon w Anglii o rekordowej rozpiętości 214,0 m (rys. 25), który przez ponad sto lat był symbolem Bristolu, tak jak wieża Eiffla Paryża. Budowa mostu się przeciągała, w czym niewątpliwie miał swój udział Thomas Telford – jego główny konkurent w walce o sławę i miejsce w historii mostowni-



Antonio da Ponte  
1512–1595

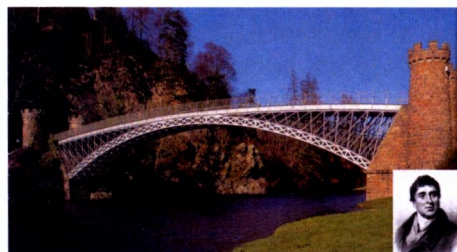


Rys. 21. Antonio da Ponte, Ponte Rialto przez Wielki Kanal w Wenecji, 1587–1592, l – 29,65 m



Rys. 22. Abraham Darby III i Joseph Wilkinson,  
Iron Bridge przez Severn w Coalbrookdale  
w Anglii, 1771–1779,  $l = 30,5$  m

Abraham Darby III 1750–1791



Rys. 23. Thomas Telford, Craigellachie Bridge  
przez Spey w północnej Szkocji, 1815 rok

Thomas Telford 1757–1834

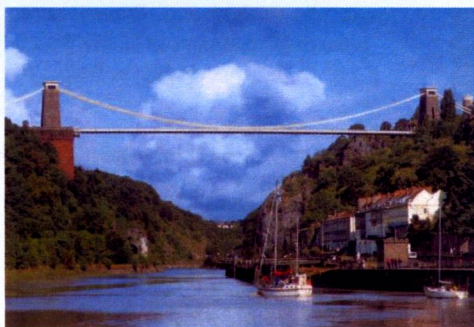


Rys. 24. Thomas Telford, łańcuchowy most wiszący  
przez cieśninę Menai w Walii, 1819–1826,  
 $l_{max} = 176,5$  m

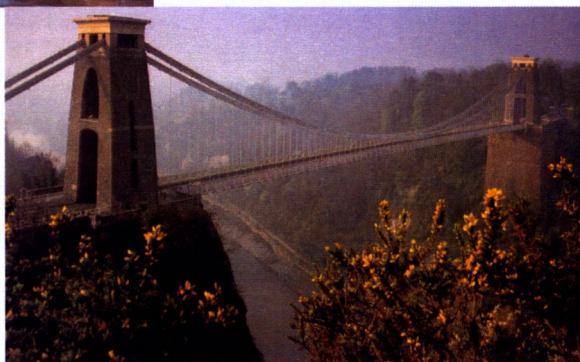
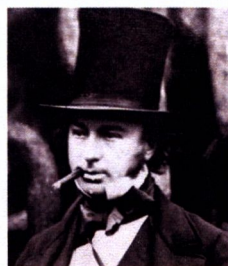
ctwa. W trakcie montażu konstrukcji nośnej Brunel zmarł na atak serca, po katastrofie jego statku „Great Western” na Atlantyku (1859 r.), a jego koledcy z ICE dokończyli budowę. Na uwagę zasługuje także jego belkowy most z żelaza lanego przez Wye w Chepstow w Walii (1816 r. – rys. 26).

**Robert Stephenson** (1803–1859), brytyjski inżynier budownictwa, syn konstruktora pierwszej lokomotywy parowej (1814 r.) Georga Stephensona, zasłynął budową mostów dla szybko rozwijających się kolei brytyjskich. Jednym z jego wielkich dzieł był żelazny most *Britannia Bridge* przez Cieśninę Menai w Walii. Wraz z Williamem Fairbarnem zaprojektowali oni 4-przęsłowy most belkowy (rys. 27) o rozpiętościach środkowych przęseł po 141,73 m. W przekroju poprzecznym most miał konstrukcję złożoną z dwóch zamkniętych skrzyń o szerokości 4,40 m i wysokości 9,10 m, wykonanych z blach o grubości 11–16 mm, do których połączenia użyto 2 mln nitów (rys. 28). Most ten zasługuje na uwagę nie tylko z powodu swojej oryginalnej formy, ale także dlatego, że podczas jego budowy pracowali razem eksperci z różnych dziedzin, a budowę poprzedziły liczne eksperymenty, pomiary i obliczenia, szczególnie zaś próby na zginanie na modelu o długości 20,0 m. Most ten w 1970 r. uległ pożarowi, jego aktualny widok po odbudowie pokazuje rys. 29.

Stosunkowo szybko budowa mostów z żelaza, a później ze stali przenosi się z Anglii na kontynent europejski i amerykański. Powstaje m.in. słynny most łańcuchowy Lanchid przez Dunaj w Budapeszcie (1840–



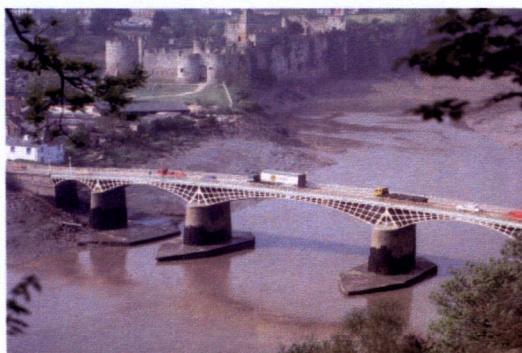
Isambard Brunel  
1806–1859



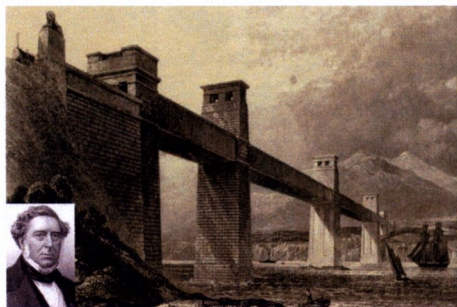
Rys. 25. Isambard Brunel, łańcuchowy most wiszący Clifton przez wąwóz rzeki Avon w płd. Anglii, 1831–1864, l – 214,0 m

1848) (rys. 30), mosty wiszące na liniach stalowych (m.in. we Francji na Rodanie k. Tournon – 1824 r. i w Szwajcarii na Saanie k. Fryburga – 1834 r.). Modne staje się optymalizowanie kształtów konstrukcji przez tzw. kształtowanie wytrzymałościowe, np. na minimum potencjału lub minimum masy. Z działających w II połowie XIX wieku wybitnych konstruktorów wymienimy dwóch.

**Gustav Eiffel** (1832–1923), wybitny konstruktor francuski – autor projektów około 100 mostów i słynnej wieży Eiffla w Paryżu. Na szczególną uwagę zasługuje żelazny wiadukt kolejowy Garabit nad rzeką Truyère (1884 r.) w południowej Francji (rys. 31). Główny kratowy łuk sierpowy ma rozpiętość 165,0 m i wznosi się on ponad poziom wody w rzece na niespotykaną przedtem wysokość 146,0 m.

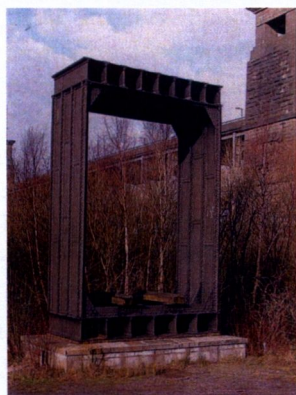
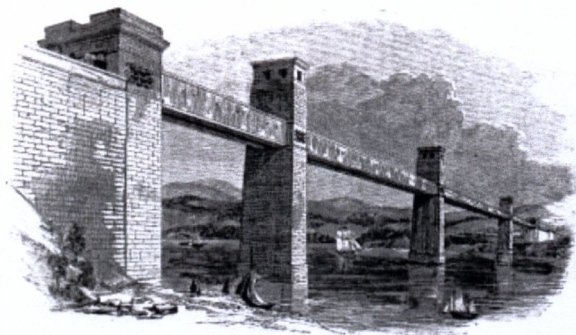


Rys. 26. Isambard Brunel, most żelazny w Chepstow przez Wye w Walii, 1850 rok



Rys. 27. Robert Stephenson, Britannia Bridge przez cieśninę Menaai w Walii, 1850 rok,  $l_{max}$  – 141,73 m Walii, 1850

Robert Stephenson 1803–1859



Rys. 28. Britannia Bridge, element nitowanej belki skrzynkowej przeszłowej [2]

Dużą uwagę poświęcał G. Eiffel siłom natury, takim jak woda i wiatr, projektując odważne konstrukcje wieloprzestrzenne mostów nad rzekami o głębokich korytach w Europie (m.in. wiadukt kolejowy Maria Pia nad Duoro w Porto), Afryce, Indochinach, Ameryce Południowej (wiadukt łukowy w Valparaiso). W swoim laboratorium w Auteuil wybudował tunel powietrzny, stwarzając pod-



Rys. 29. Britannia Bridge, stan obecny, most odbudowany po pożarze

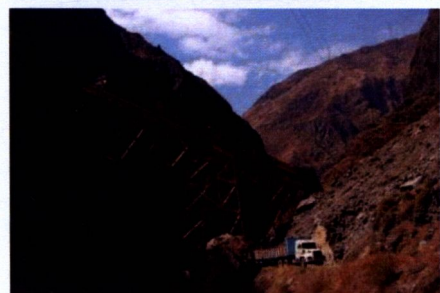
Rys. 30. Tierney Clark i Adam Clark, Most Lanchid przez Dunaj w Budapeszcie, 1840–1848,  $l = 208,0$  m

Tierney Clark 1783–1852



Rys. 31. Gustaw Eiffel, wiadukt Garabit nad rzeką Truyère w pd. Francji, 1880–1884,  $l_{max} = 165,0$  m

Gustaw Eiffel 1832–1923



Rys. 32. Ernest Malinowski, Puente Verrugas na linii kolejowej Lima-Oroya,  $l_{max} = 38,10$  m, widok po odbudowie



Rys. 33. Pomnik ku czci Ernesta Malinowskiego wzniesiony na przełęczu Ticlio (4818 m) w Andach Peruwiańskich

Rys. 34. John i Washington Roeblingowie,  
*Brooklyn Bridge w Nowym Jorku,*  
 1869–1883,  $l_{max} - 486,0\text{ m}$

Washington Roebling 1837–1926



waliny pod badania aerodynamiczne prowadzone na odpowiednich modelach przestrzennych. Wiadukt *Garabit* jest doskonałym przykładem powiązania wizji, obliczeń i eksperymentu.

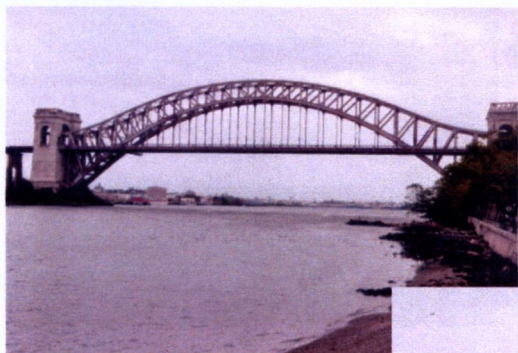
**Ernest Malinowski** (1818–1899), urodzony 5.01.1818 r. w Sewerynach na Wołyniu, w rodzinie szlacheckiej. Inżynier kolejowy i drogowy, uczestnik Powstania Listopadowego, następnie na emigracji we Francji, gdzie ukończył najpierw *École Polytechnique*, a następnie *École des Ponts et Chaussée*. Po 14 latach pracy we Francji, m.in. przy budowie kolei Paryż-Hawr oraz przy budowie dróg, kanałów i regulacji rzek: Mozy, Cher i Loary, w 1852 r. podpisał kontrakt na pracę w Peru, w charakterze inżyniera rządowego. Tam wstąpił się jako bohater narodowy Peru ufortyfikowaniem i obroną portu Callao przed inwazją hiszpańską, był profesorem *Escuela de Ingenieros Civiles y Minas*, ale przede wszystkim projektantem najśłynniejszej i najwyżej położonej w świecie (do 2005 r.) linii kolejowej przez niebotyczne Andy (4784 m), z Limy do górniczego centrum La Oroya (1870–1893). Na trasie tej, o długości 218 km (funkcjonującej do dziś) wykuto w skale 63 tunele o łącznej długości ok. 6000 m, zbudowano 30 mostów i wiaduktów oraz 10 nawrotów. Na większości trasy pochylenie toru sięga do 44%. Kolej ta była prawdziwym cudem XIX-wiecznej techniki. Podziwiano mosty rozpięte niczym pajęczyny nad bezdennymi przepaściami oraz tunele kute w litej skale z niesamowitą precyzją. Były to głównie mosty kratowe systemów Finka, Bollmana, Linvillea i Newillea, których elementy sprowadzano m.in. z przedsiębiorstwa Gustava Eiffla z Francji. Największy z wiaduktów *Puente Verrugas* z kratownic Finka (rys. 32), oparty na filarach o wysokościach 44,50, 54,55 i 76,80 m, miał rozpiętość przęsł  $3 \times 30,48\text{ m} + 38,10\text{ m}$ .

W 1999 r., w stulecie śmierci Ernesta Malinowskiego, dużym wysiłkiem SITK RP odświeżono mu okazały pomnik na przełęczy Ticlio w Andach (4818 m), autorstwa profesora Gustawa Zemły (rys. 34).

Na przełomie XIX i XX wieku mostownictwo stanowiło najtrudniejszą, ale i najbardziej atrakcyjną dziedzinę techniki. W okresie tym dochodzi do wspaniałego rozkwitu przemysłu w Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej. Kraj ten przyciąga wielu twórców, przede wszystkim z Europy, którzy nie mogą się w swoich krajach w pełni zrealizować. W taki oto sposób czołówkę mostowców Ameryki w tym okresie czasu stanowią Niemiec Johann August Roebling, współtwórca słynnego mostu nowojorskiego *Brooklyn Bridge*

Rys. 35. Leon S. Moisseiff, Manhattan Bridge w Nowym Jorku, 1901–1909,  $l_{max} - 451,0 m$

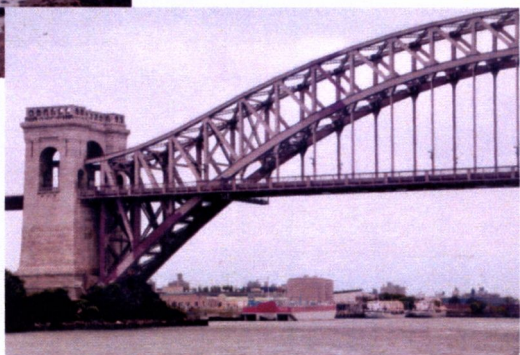
Leon S. Moisseiff 1872–1943



Gustav Lindenthal  
1850–1935

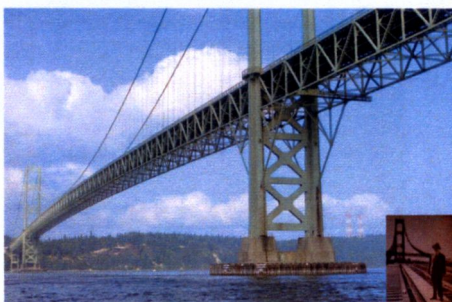


Rys. 36. Gustav Lindenthal, Hell Gate Bridge w Nowym Jorku, 1916 rok,  $l - 298,0 m$



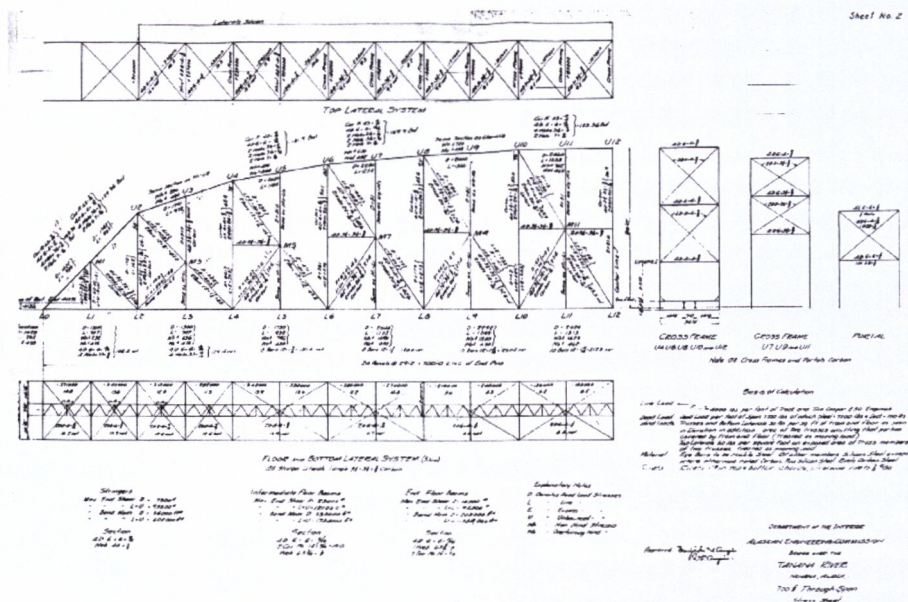
Rys. 37. David B. Steinman, Mackinac Straits Bridge, 1954–1957,  $l_{max} - 1158 m$

David B. Steinman 1886–1960





Rys. 38. Rudolf Modrzejewski, most Tanana na rzece Nenana na Alasce

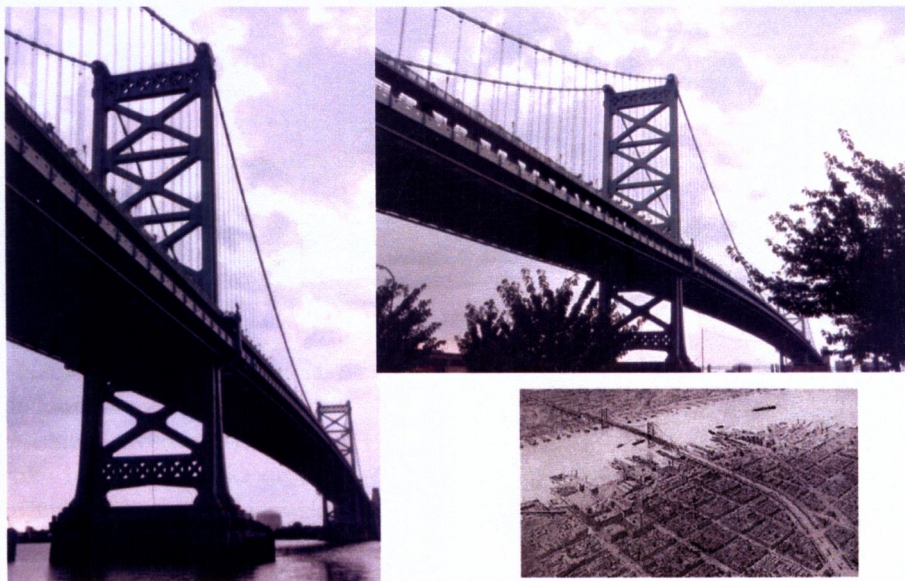


Rys. 39. Kopia oryginalnego projektu mostu Tanana z podpisami Modjeskiego i Angiera



(1869–1883) – rys. 34, Polak Rudolf Modrzejewski, Łotysz Leon S. Moisseiff, projektant mostu nowojorskiego *Manhattan Bridge* (1916 r.) – rys. 35, Morawiak Gustav Lindentahl, twórca mostów nowojorskich *Queensboro Bridge* (1909) i *Hell Gate Bridge* (1916 r.) – rys. 36, a nieco później Szwajcar Othmar Amman. W Ameryce urodzili się i wychowali natomiast Baerman Strauss i wyraźnie młodszy David Steinman – twórca mostu *Mackinac Straits Bridge* (1954–1957) – rys. 37. Z kolei poświęcimy więcej uwagi trzem z tych wybitnych konstruktorów mostów.

**Rudolf Modrzejewski** (1861–1940), syn Heleny Modrzejewskiej, urodzony w Bochni, szkoły podstawowa i średnia w Krakowie, wyjechał w 1876 roku wraz z matką, ojczymem i Henrykiem Sienkiewiczem do USA, gdzie chciał zobaczyć Światową Wystawę Techniki w Filadelfii, a także „zbudować kiedyś Kanał Panamski”. Tam już pozostał na stałe, z przerwą na 3-letnie studia (1882–1885) w słynnej *École des Ponts et Chaussée* w Paryżu. Dyplom zdobył jako prymus, tematem pracy dyplomowej był projekt mostu stalowego przez jedną z wielkich rzek amerykańskich. Tematowi temu pozostał wierny przez całe życie, projektując przez własne biura konstrukcyjne w Pittsburgu i Chicago 42 mosty – głównie stalowe – na wielkich rzekach Ameryki: Missisipi (9), Ohio (6), Columbia (3), Hudson (2), Delaware (2). Swoją działalnością zdobył taką sławę, że w amerykańskiej „Encyklopedii Techniki XX wieku” jest on wymieniony obok takich nazwisk jak Edison czy Marconi. Założona przez niego w 1929 r. firma Modjeski & Masters istnieje do dziś; aktualnie jej szefem jest dr John Kulicki.



Rys. 40. Rudolf Modrzejewski, Benjamin Franklin Bridge przez Delaware, Filadelfia–Camden, 1926 rok,  $l_{max}$  – 533,5 m

Spśród wybitnych dzieł R. Modrzejewskiego przytoczymy pięć.

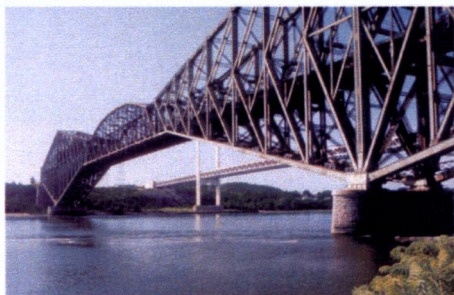
Jako pierwszy – 1-przęsłowy most kratownicowy w miejscowości Nenana na rzece Tanana na Alasce (1922–1923) – rys. 38, o rozpiętości 213,4 m (aktualnie trzecie miejsce w tej klasie mostów). Zastosował tu wiele innowacji technicznych jak wykształcenie 21 przegubów w węzłach, w których mogło dominować zginanie, wykonstruowanie pasa dolnego w środkowej części kratownicy jako ciągła rozciąganego, złożonego z blach płaskich zakończonych uchami z otworami, łączonych w węzłach zasadniczych kraty za pomocą sworzni, zastosowanie na szeroką skalę stali stopowych, niklowej i krzemowej. Na rys. 39 widzimy kopię z oryginalnego projektu R. Modrzejewskiego, którą udało mi się zdobyć w Bibliotece uniwersyteckiej w Fairbanks na Alasce. Most ten był kluczowym na linii kolejowej „Alaska Road”, na jego otwarciu Prezydent USA Warren Harding wbił w element konstrukcji mostu od strony północnej tzw. złoty gwóźdź.

Drugi ważny wkład do mostownictwa wniósł R. Modrzejewski w projektowanie i realizację mostów wiszących. Jego dziełem jest most *B. Franklina* przez Delaware w Filadelfii – Camden (1926) – rys. 40, o rozpiętości głównego przęsła 533,5 m – najdłuższego wówczas w świecie. Jego wysokie na 110 m ażurowe pylony zostały zastosowane w tej formie po raz pierwszy. W 1929 r. był następny rekordowy most wiszący *Ambassador Bridge* nad rzeką Detroit, na granicy USA i Kanady, o rozpiętości głównego przęsła 563,9 m – rys. 41.



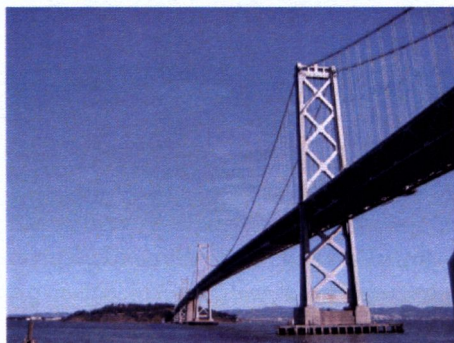
Rys. 41. Rudolf Modrzejewski, most wiszący *Ambassador* przez rzekę Detroit na granicy USA–Kanada, 1929 rok,  $l_{max}$  – 563,9 m

W 1908 r. został R. Modrzejewski powołany do 3-osobowego zespołu ekspertów w celu odbudowy – zawalonego w czasie budowy – mostu przez rzekę św. Wawrzyńca w Quebec, w Kanadzie. Finałem tej sprawy było powierzenie mu stałego nadzoru przy odbudowie mostu i oddanie go do użytku w 1917 r. jako mostu wspornikowego o największej – do dziś – rozpiętości przęsła kratownicowego mostu wspornikowego na świecie – 548,6 m (rys. 42).



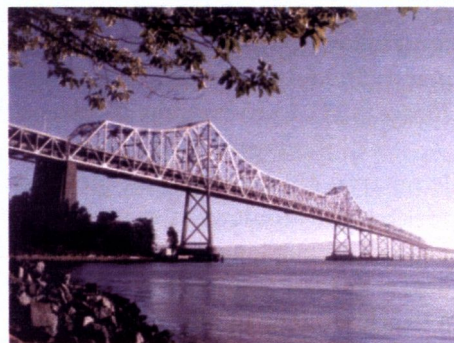
Rys. 42. Most wspornikowy Quebec na rzece Św. Wawrzyńca w Kanadzie, 1917 rok,  $l_{max}$  – 548,6 m

Ważną rolę R. Modrzejewski odegrał także przy budowie mostu *Trans-Bay Bridge* między San Francisco a Oakland (1931–1936) – rys. 43. Był tu przewodniczącym Komisji Ekspertów do budowy tego mostu, rozwiązywał wiele zagadnień technicznych, zwłaszcza w zakresie fundamentowania. Most ten był przez następnych 20 lat najdłuższym mostem świata (13,3 km), z przęsłami wiszącymi w części zachodniej o rozpiętościach  $2 \times 704,1$  m (rys. 44) oraz kratownicowym przęsłem środkowym w części wschodniej (w układzie wspornikowym) o rozpiętości 426,7 m.



Rys. 43. *Trans-bay Bridge* między San Francisco a Oakland – część zachodnia między San Francisco a wyspą Yerba Buena

Rudolf Modrzejewski zawsze czuł się Polakiem, mówił przez całe życie poprawnie po polsku. W 1929 roku, po 20 latach przerwy odwiedził Polskę, gdzie na Powszechnej Krajowej Wystawie Przemysłu i Nauki w Poznaniu otrzymał Nagrodę Honorową rządu Rzeczypospolitej Polskiej i stosowny medal. W 1930 roku najstarsza polska uczelnia techniczna Politechnika Lwowska nadała Mu stopień doktora honoris causa za zasługi na polu nauk technicznych, a w szczególności budowy mostów. W 1931 r. uzyskał w USA Nagrodę



Rys. 44 *Trans-bay Bridge* między San Francisco a Oakland – część wschodnia między wyspą Yerba Buena a Oakland

Rys. 45. Tablica upamiętniająca Rudolfa Modrzejewskiego przy wjeździe na most Fordoński przez Wisłę w Bydgoszczy



im. Jerzego Waszyngtona – najwyższe wyróżnienie jakie może otrzymać technik w Stanach Zjednoczonych „za osiągnięcia szczególne, których celem jest szczęście i dobrobyt ludzkości”.

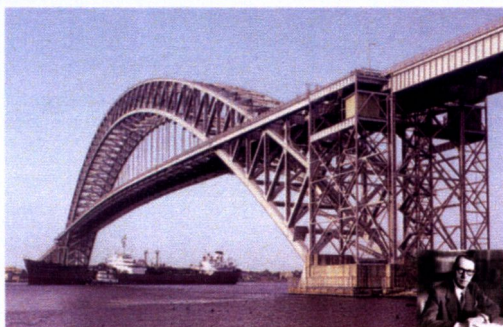
W Polsce Modrzejewski nie może wciąż uzyskać należytego uznania. Dopiero w 2007 r. Rada Miasta Bydgoszczy postanowiła go uhonorować tablicą pamiątkową na *Moście Fordońskim* przez Wisłę (rys. 45), głównie za to, że był również pianistą, rywalizującym nawet przez pewien czas z Ignacym Paderewskim. Dotychczasowe próby nazwania któregoś z mostów Krakowa jego imieniem czy znalezienia funduszy na film fabularny o jego niezrównanym życiu i twórczości – nie przyniosły powodzenia.

**Othmar Amman** (1879–1965), absolwent słynnej Politechniki ETH w Zürichu, w 1904 r. przeniósł się do Nowego Jorku i tam już pozostał na zawsze. Przez kilkanaście lat współpracował w biurze konstrukcyjnym z Gustavem Lindenthaelem, słynnym już wówczas twórcą mostów *Queensboro Bridge* i *Hell Gate Bridge*, co zaowocowało później jego wspaniałymi dziełami, takimi jak kratowy most łukowy *Bayonne Bridge* (1928–1931), o rekordowej przez 46 lat rozpiętości przeszła 503,60 m – rys. 46, ale przede wszystkim mostami wiszącymi: *Washington Bridge* (1931 r.) i *Verazzano Narrows Bridge* (1964).

*Washington Bridge* przez rzekę Hudson między Nowym Jorkiem a New Jersey (rys. 47) ma rozpiętość głównego przęsła 1067 m, a więc prawie dwa razy większą od rekordowych mostów R. Modrzejewskiego *Filadelfia-Camden* i *Ambassador*, wzniesionych przecież dopiero pięć i dwa lata wcześniej. Był to na ówczesne czasy cud techniki, na wysokich na 194 m pylonach zawieszono na 4 linach mostowych o średnicy prawie 1,0 m, pomost o wysokości tylko 3,5 m, do którego w 1962 r. – dla zwiększenia przepustowości ruchu – dobudowano drugi pomost i kratownicę usztywniającą. Przez 2 pomosty tego mostu przejeżdża rocznie 60 milionów pojazdów.

Rys. 46. Othmar Ammann, most przez Kill van Kull między Newark i State Island, 1928–1931, l – 503,6 m

Othmar Ammann 1879–1965

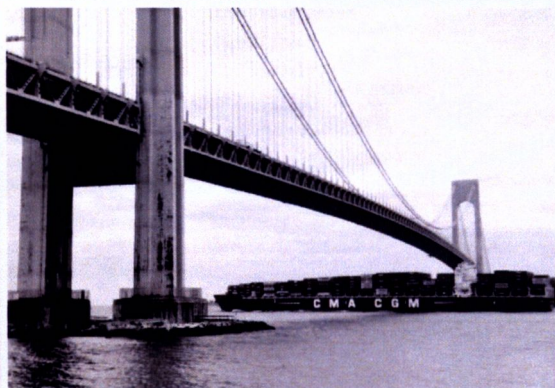
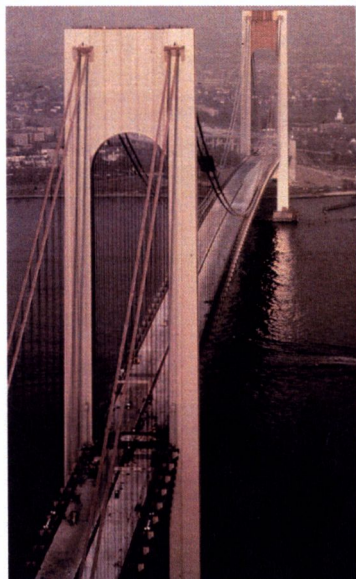


Rys. 47. Othmar Ammann, Washington Bridge przez Hudson między Nowym Jorkiem i New Jersey, 1927–1931, 1067,0 m



Na tym dziele jednak O. Amman nie spoczął. W latach 1959–1964 stał się twórcą największego dotychczas mostu wiszącego Ameryki – *Verrazano-Narrows Bridge*, na brzegu cieśniny łączącej rzekę Hudson z Atlantykiem. Most ten (rys. 48) ma rozpiętość głównego przęsła 1298 m, strzeliste pylony ramowe o wysokości 207 m oraz dwupomostową kratownicową belkę usztywniającą. Drugi pomost włączono do ruchu dopiero niedawno, gdy przepustowość górnego pomostu okazała się niewystarczająca.

**Joseph Baerman Strauss** (1870–1938), założyciel w 1904 r. firmy Strauss Bascula Bridge Company specjalizującej się głównie w projektowaniu i realizacji mostów ruchomych: przesuwanych, podnoszonych, obrotowych, kłapowych, w latach 1899–1902 pracował jako projektant i główny asystent Rudolfa Modrzejewskiego. Później Strauss i Modrzejewski stali się głównymi konkurentami. Firma Straussa miała na swym koncie 500 mostów ruchomych i tylko jeden stały: przez następne pół wieku największy na świecie most wiszący *Golden Gate Bridge* (1933–1937). Ten most przyniósł Straussowi, choć o niskim wzroście (1,62 m) wysoką pozycję i niezwykłą sławę. W 1921 r. J. Strauss wystąpił z projektem i preliminarzem kosztów budowy mostu przez przepiękną zatokę „Złote Wrota”. 8 lat trwały przygotowania prawne do rozpoczęcia budowy, a także stała walka z komitetem obywatelskim przeciwników budowy. Dopiero w 1929 r. J. Strauss został mianowany głównym inżynierem budowy. Do zespołu dołączył wybitnych mostowców O. Ammana, L. Moisseiffa i C. Derletha, konsultantami architektonicznymi zostali Irving i Gertruda Morrow.



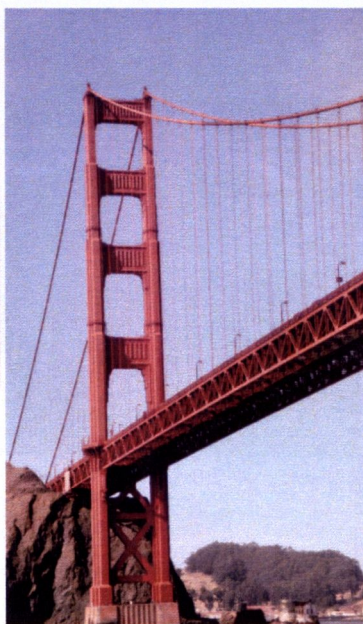
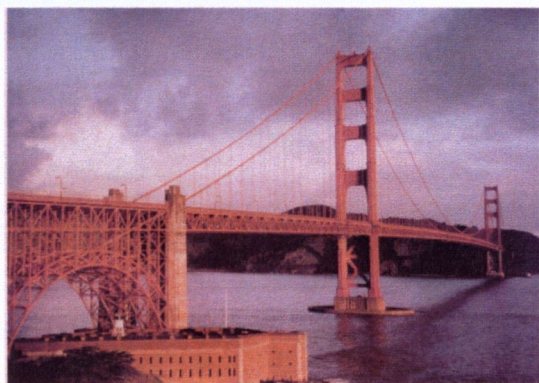
Rys. 48. Othmar Ammann, Verrazano Narrows Bridge, 1959–1964 (górny pomost), 1969 (dolny pomost),  $l_{max}$  – 1298,0 m

W ciągu czterech lat powstało wspaniałe dzieło – most wiszący o rozpiętości głównego przęsła 1280 m, z pomostem o szerokości 18,0 m dla samochodów i chodnikami dla pieszych o szerokości 3,0 m po obu stronach mostu (rys. 49). Pylony o wysokości 227 m (z uwagi na skrajnię żeglugową min. 67,0 m), konstrukcji ramowej mają horyzontalne i przekątniowe wiązania, widoczne pod jezdnią. Kratownicowa, przestrzenna belka usztywniająca wisi na 4 linach o średnicy 0,92 m. Oprócz walorów technicznych most jest także obiektem dominującego w tamtym okresie nurtu w sztuce, stanowiąc największą na świecie rzeźbę Art Deco. W tym celu mamy m.in. odpowiednie stopniowanie przekroju poprzecznego nóg pylonu i rygli poziomych, zamkniętych pionowymi falowanymi blachami, co ma podkreślać strzelistość wież przy zmianie kąta padania promieni słonecznych.

*Golden Gate Bridge* od 64 lat jest najbardziej znanym, zwiedzanym i fotografowanym mostem świata. Stanowi też nieustanną inspirację twórczą dla artystów, piosenkarzy, malarzy i filmowców. Niestety J. Strauss (rys. 50) zaangażował w budowę tego mostu tak wiele sił, że po oddaniu go do użytku nie przeżył nawet roku. Spełniła się znana od starożytności zasada, że „most wymaga życia”.

W tym czasie, gdy w bogatych Stanach Zjednoczonych AP działali Modrzejewski, Amman czy Strauss, Polska w okresie 20-lecia międzywojennego, gdy po 124 latach starała się zorganizować wolne państwo, powoli wychodziła z biedy. Wówczas na firmamencie polskiej nauki i inżynierii zajaśniała postać profesora Stefana Bryły, wybitnego naukowca, mostowca i konstruktora budowlanego.

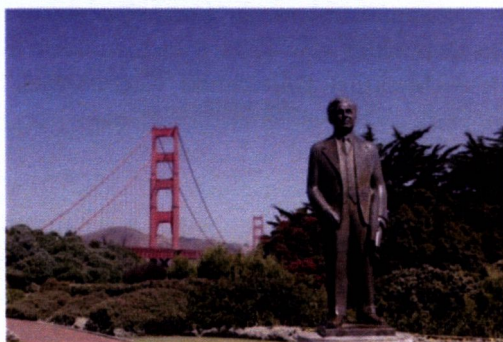
**Stefan Władysław Bryła** (rys. 51) urodził się w 1886 r. w Krakowie; po ukończeniu szkoły realnej w Stanisławowie studiował na Wydziale Inżynierii



Joseph B. Strauss  
1879–1965

Rys. 49. Joseph B. Strauss, most Golden Gate, 1933–1937,  $l_{max} = 1280$  m

Politechniki Lwowskiej, który ukończył w 1908 r. jako „znaniniecie uzdolniony”. W roku 1909 jest już doktorem nauk technicznych, a w roku 1910 habilituje się na docenta statyki konstrukcji budowlanych. W tymże roku uzyskuje na wniosek Politechniki Lwowskiej stypendium Akademii Umiejętności w Krakowie, które umożliwia Mu studia uzupełniające na Politechnice w Berlinie (Charlottenburg), w École des Ponts et Chaussée w Paryżu oraz w University of London. Następnie w 1912 roku wyjeżdża do Kanady i Stanów Zjednoczonych, gdzie zdobywa praktykę na różnych budowach, m.in. na budowie wysokościowca Woolworth Building w Nowym Jorku (250 m), następnie w Chicago i Detroit. Na budowie mostu *Quebec* w Kanadzie spotyka się z jego projektantem, o 25 lat starszym, Rudolfem Modrzejewskim, będąc pod wrażeniem jego romantyzmu konstruowania i wielkich konstrukcji tam wznoszonych.



Rys. 50. Pomnik Josepha B. Straussa  
w Golden Gate Park



Rys. 51. Stefan Bryła  
1886–1943



Rys. 52. Stefan Bryła, stalowy most spawany na Śludwi pod Łowiczem, 1926–1928, l – 27,0 m

Nie pozostaje jednak Stefan Bryła w Ameryce, wraca do kraju, gdzie przechodzi różne koleje losu. W roku 1921 zostaje profesorem zwyczajnym i kierownikiem Katedry Budowy Mostów II na Wydziale Inżynierii Politechniki Lwowskiej, a w 1934 r. kierownikiem Katedry Budownictwa II na Wydziale Architektury Politechniki Warszawskiej. Stefan Bryła był tytanem pracy, a ze wszystkich rodzajów konstrukcji najwięcej uwagi poświęcał mostom oraz wysokim budynkom ze stalowym szkieletem. Od 1931 roku był członkiem Międzynarodowego Stowarzyszenia Mostów i Konstrukcji (IABSE) z siedzibą w Zürichu i przewodniczącym Sekcji Polskiej tego Stowarzyszenia. W 1937 roku został w Paryżu wybrany wiceprezesem IABSE, a w 1939 roku powierzono Mu funkcję przewodniczącego Komitetu Organizacyjnego kolejnego Kongresu IABSE, który miał się odbyć w 1940 r. w Warszawie.

Najcenniejszym jego osiągnięciem zawodowym był projekt i realizacja (1926–1928) stalowego mostu drogowego na rzece Śludwi pod Łowiczem (rys. 52); był to pierwszy w Europie całkowicie spawany most drogowy, o rozpiętości 27,0 m (istniejący do dzisiaj), który spowodował przełom w wytwarzaniu konstrukcji stalowych. To polskie osiągnięcie techniczne znalazło się w ścisłej czołówce światowej i było szeroko opisywane w prasie technicznej świata (w tym i niemieckiej). Profesor Stefan Bryła został rozstrzelany w Warszawie jako zakładnik w dniu 3 grudnia 1943 roku przez hitlerowców.

W ten sposób, proszę Państwa, chciałbym zmierzać do zakończenia wykładu o mostach oraz dzielnych, odważnych i mądrych budowniczych, którzy je tworzyli. Lecz tematu niestety nie wyczerpałem. Nie wspomniałem o takich znakomitych twórcach dzieł mostowych z betonu jak Robert Maillart (rys. 53), Eugéné Freyssinet (rys. 54), Christian Menn (rys. 55). A gdzie epoka postindustrialna, która zawładnęła naszym życiem po II wojnie światowej, przynosząc



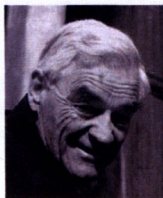
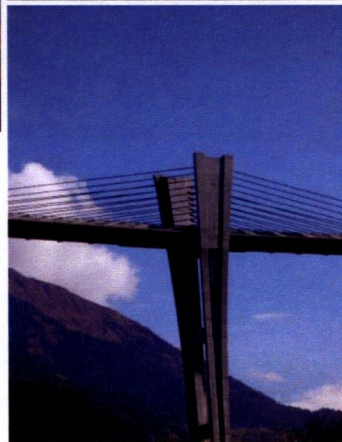
Rys. 53. Robert Maillart, Salginatobel  
 Brücke w Schiers nad Salginą  
 w Szwajcarii, 1930 rok,  $l = 90,0$  m

Robert Maillart 1872–1940



Rys. 54. Eugéné Freyssinet, żelbetowy most  
 łukowy przez Elorn k. Plugastel  
 w zachodniej Francji, 1926–1929,  
 $l_{max} = 186,4$  m

Eugéné Freyssinet 1879–1962

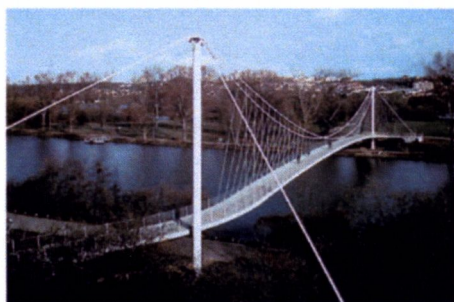


Christian Menn  
 ur. 1927

Rys. 55. Christian Menn, most extradosed typu Sunniberg k. Klosters, 1980 rok,  $l_{max} = 140,0$  m



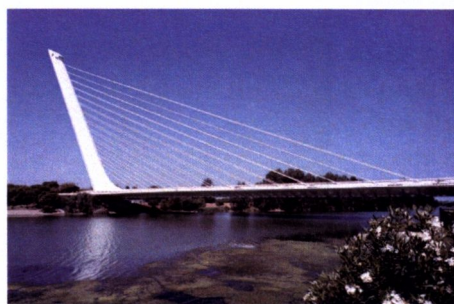
Rys. 56. Fritz Leonhardt, Podwieszony most  
Kniebrücke przez Ren w Düsseldorfie, 1969  
rok,  $l_{max}$  – 320 m



Rys. 57. Jörg Schaich, wisząca kładka  
dla pieszych w Esslingen

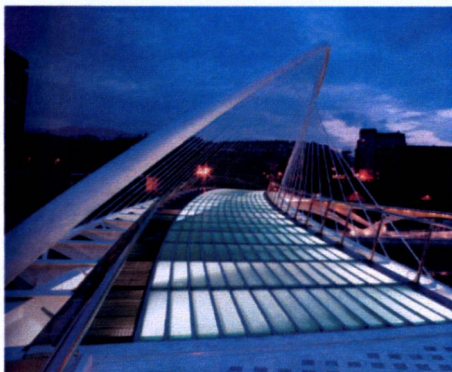


Rys. 58. Michel Virlogeux, podwieszony most  
Normandie przez estuarium Sekwany  
k. Hawru, 1989–1994,  $l_{max}$  – 856,0 m



Rys. 59. Santiago Calatrava, most podwieszony  
Alamillo w Sewilli, 1990–1992,  
 $l_{max}$  – 200,0 m

Rys. 60. Santiago Calatrava, most dla pieszych  
Campo Volantin przez Nervion w Bilbao,  
1990–1997,  $l_{max} - 71,0 m$



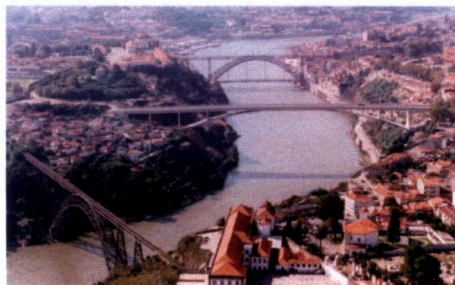
Rys. 61. Julio Martinez Calzon, most del  
Arenal o podwójnym zespoleniu przez  
Guadalquivir w Cordobie, 1993,  
 $l_{max} - 110,0 m$

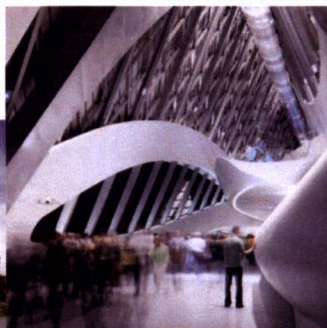


Rys. 62. Norman Foster, Millenium Bridge  
przez Tamizę w Londynie, 2000 rok,  
 $l_{max} - 144,0 m$



Rys. 63. Antonio Adao da Fonseca, most  
Inflante Dom Henrique przez Douro z betonu  
sprężonego w Porto, 2003 rok,  $l - 280,0 m$

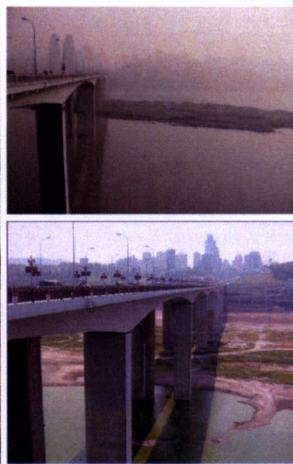




Rys. 64. Zaha Hadid, most-Pawilon przez Ebro „Expo” 2008 w Saragossie, 2006–2008 –  
pow. całkowita mostu – pawilonu 6415 m<sup>2</sup>, pow. wystawowa 3915 m<sup>2</sup>



Rys. 65. Zaha Hadid.  
Łukowy most Szejka Zayed  
w Abu Dhabi, 1998–2010,  
 $l_{max} - 150\text{ m}$

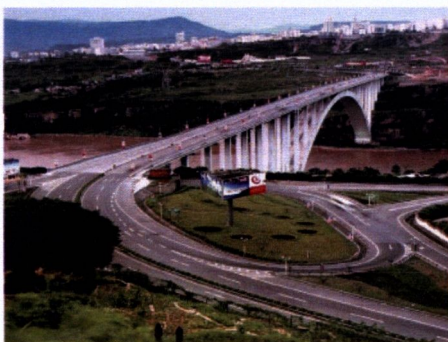


Rys. 66. Shibano przez Jangcy – najdłuższe przęsło mostu belkowego na świecie, 2005 rok,  
 $l_{max} - 330,0\text{ m}$

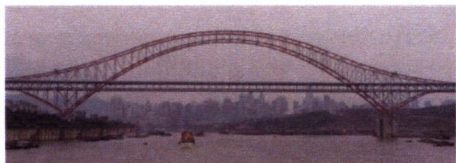
powszechną komputeryzację, internet, nadmiar informacji, przestrzenie wirtualne, szybko przeobrażając nasze życie. Należy tu wspomnieć o takich wspaniałych konstruktorach czy architektach jak Fritz Leonhardt (rys. 56), Jörg Schlaich (rys. 57), Michel Virlogeux (rys. 58), Santiago Calatrava (rys. 59, 60), Julio Martinez Calzon (rys. 61), sir Norman Foster (rys. 62), Antonio Adao da Fonseca (rys. 63) czy Zaha Hadid (rys. 64, 65). Ograniczyłem się tylko do tzw. świata cywilizacji Zachodu. A gdzie twórcy największych dziś obiektów mostowych świata: Japończycy i Chińczycy ze swoimi rekordowymi osiągnięciami:

- *Shibanpo* przez Jangcy – najdłuższe przęsło mostu belkowego na świecie (2005) –  $l_{\max} = 330,0$  m (rys. 66),
- *Wanxian* przez Jangcy – najdłuższe przęsło betonowego mostu łukowego na świecie (1997) –  $l_{\max} = 420,0$  m (rys. 67),
- *Chaotianmen* przez Jangcy – najdłuższe przęsło stalowego mostu łukowego na świecie (2008) –  $l_{\max} = 552,0$  m (rys. 68),
- *Sutong* przez Jangcy – najdłuższe przęsło mostu podwieszonoego na świecie (2008) –  $l_{\max} = 1088,0$  m (rys. 69),
- *Akashi Kaykio* między wyspami Honsiu i Shikoku – najdłuższe przęsło mostu wiszącego na świecie (1997) –  $l_{\max} = 1990,8$  m (rys. 70).

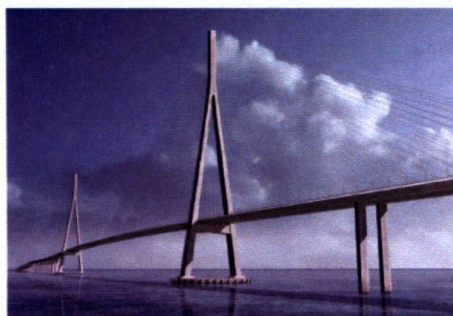
A gdzie nasi znakomici polscy twórcy, którzy dbali o rozwój polskiego mostownictwa w okresie II Rzeczypospolitej: prof. Stefan Bryła, prof. Adam Kuryłło, prof. Stanisław Brzozowski, prof. Stefan Kaufman, prof. Andrzej Pszenicki, prof. Dobrosław Stróżecki czy w okresie PRL: prof. Zbigniew Wasiułyński, prof. Stanisław Hempel, prof. Franciszek Szelągowski, prof. Eugeniusz Hildebrandt, prof. Stanisław Błaszkwia, prof. Henryk Czudek, prof. Kazimierz Wysiatycki, prof. Mieczysław



Rys. 67. *Wanxian* przez Jangcy – najdłuższe przęsło betonowego mostu łukowego na świecie, 1997 rok,  $l_{\max} = 420,0$  m



Rys. 68. *Chaotianmen* przez Jangcy – najdłuższe przęsło stalowego mostu łukowego na świecie, 2008 rok,  $l_{\max} = 552,0$  m



Rys. 69. *Sutong* przez Jangcy – najdłuższe przęsło mostu podwieszonoego na świecie, 2008 rok,  $l_{\max} = 1088,0$  m



Rys. 70. Akashi Kaykio między wyspami Honsiu i Shikoku – najdłuższe przęsło mostu wiszącego na świecie, 1997 rok,  $l_{max} - 1990,8$  m

Rybak, prof. Jan Kmita, prof. Józef Głomb, prof. Andrzej Ryżyński, prof. Andrzej Jarominiak, prof. Stanisław Andruszewicz, prof. Juliusz Korelski.

Dziś mamy, po transformacji ustrojowej w 1990 r., sprzyjające warunki do rozwoju polskiego mostownictwa. Nasze dzieła szybko osiągną standard europejski czy też światowy. Wierzę, że pozostawimy po sobie także wiekopomne dzieła, które będą świadczyć o naszym czynnym uczestnictwie w tworzeniu dorobku kultury i cywilizacji świata.

Zakończę ten wykład cytatem z książki pt. *Most na Drinie* napisanej przez Ivo Andricia – laureata Literackiej Nagrody Nobla:

„Ze wszystkiego, co człowiek wybudował i wzniósł, popychany instynktem życia, nic mym oczom nie wyda się lepszym i cenniejszym od mostów. Są one ważniejsze od domów, świętsze od kościołów, ponieważ w większym stopniu stanowią wspólną własność. Należące do wszystkich i wszystkim w równej mierze przydatne, wzniesione są sensownie zawsze na tym miejscu, gdzie najczęściej krzyżują się ludzkie potrzeby. Mosty trwają dłużej niż inne budowle i nie służą żadnym ukrytym lub złym celom”.

## LITERATURA

- [1] Dowgier A., *Poetycki urok mostów*, maszynopis, 2011.
- [2] Flaga K., Januszkiewicz K., Hrabiec A., Cichy-Pazder E., *Estetyka konstrukcji mostowych*, Wydawnictwo PK, Kraków 2005.
- [3] Flaga K., Zbiory własne.
- [4] Głomb J., *Pontifex Maximus. Ponad przestrzenią i czasem*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2009.
- [5] Feigel-Młodkowska X., *Mosty nad przestrzenią i czasem. Od starożytności do I Rewolucji Przemysłowej*, maszynopis, I, 2011.
- [6] Internet
- [7] Brown D.J., *Mosty. Trzy tysiące lat zmagania z naturą*, Arkady, Warszawa 2005.
- [8] SITK O. Kraków: Inżynierowi Ernestowi Malinowskiemu w setną rocznicę śmierci. Zeszyty Naukowo-Techniczne Oddziału SITK w Krakowie; seria: Monografie, Kraków 1999.
- [9] Kalendarz 2009: Bridges of New York. 2008 East End Greetings.
- [10] Flaga K., *Współczesne betonowe mosty łukowe z jazdą górą*.
- [11] Flaga K., Pańtak M., *Mosty podwójnie zespolone*.
- [12] Flaga K., Januszkiewicz K., *Most a przyjemność patrzenia. Ekspresja formy i ekspresja konstrukcji*.
- [13] Flaga K., Flaga Ł., *O wielkich łukowych mostach w Chinach*.
- [14] Flaga K., Kumaniecka A., Rudnicki A., Sołowczuk B., *Mosty w Chinach. II Światowa Wyprawa Mostowa „Chiny 2009”*, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2010.













Profesor

---

Stanisław Mrowec



Profesor

---

## Stanisław Mrowec

Urodził się w Krakowie 29 lipca 1928 roku. W listopadzie 1942 roku został wywieziony w głąb Rzeszy na roboty przymusowe, gdzie przebywał do końca wojny. Szkołę średnią ukończył na kursach dla dorosłych w roku 1947, a studia wyższe na Wydziale Matematyki, Fizyki i Chemii Uniwersytetu Jagiellońskiego w roku 1952. Od tego czasu pracował nieprzerwanie aż do emerytury, w Akademii Górniczo-Hutniczej, kolejno w charakterze asystenta (1952–1953), starszego asystenta (1953–1956), adiunkta (1956–59), docenta (1959–1969), profesora nadzwyczajnego (1969–1973) i profesora zwyczajnego (1973–2001). Po przejściu na emeryturę prowadzi nadal, w ramach prac zleconych, wykłady dla studentów i doktorantów oraz badania naukowe wraz z wychowankami, finansowane przez KBN.

Od początku kariery akademickiej Jego działalność badawcza koncentrowała się na dwóch, ściśle ze sobą związanych nurtach nauki o materiałach i inżynierii materiałowej: (a) mechanizmie wysokotemperaturowej korozji metali i rozwijaniu teorii tych zjawisk oraz projektowaniu nowych materiałów żaroodpornych; (b) strukturze i termodynamice defektów oraz własnościach transportowych tlenków i siarczków tworzących zgorzeliny na metalach i stopach. W obrębie tej problematyki doktoryzował się w roku 1958 i habilitował w roku 1962. Członkiem korespondentem Polskiej Akademii Nauk wybrany został w roku 1976, a członkiem rzeczywistym w roku 1986. Wreszcie w roku 1990 wybrany został członkiem czynnym (rzeczywistym) Polskiej Akademii Umiejętności.

W latach 1968–1973 pełnił kolejno obowiązki prodziekana i dziekana Wydziału Inżynierii Materiałowej i Ceramiki AGH, a w latach 1971–1991 obowiązki dyrektora stworzonego przez siebie Instytutu Inżynierii Materiałowej na tym Wydziale. Po reorganizacji uczelni w roku 1991 i wyodrębnieniu z tego Instytutu Katedry Fizykochemii Ciała Stałego kierował tą katedrą aż do emerytury.

W ramach stworzonej przeze siebie grupy badawczej, określanej w międzynarodowej literaturze naukowej nazwą szkoły krakowskiej, wychował 24 doktorów, z których ośmiu posiada tytuł naukowy profesora, a dalszych czterech stopień doktora habilitowanego. Dorobek naukowy Profesora obejmuje z górą 400 publikacji, z których 250 ogłoszonych zostało w czasopismach zagranicznych o cyrkulacji międzynarodowej, dalszych 80 w materiałach konferencji międzynarodowych (w tym 15 referatów plenarnych), zaś pozostałe prace opublikowane zostały w języku polskim w czasopismach krajowych. Prócz tego jest autorem ośmiu książek (monografii) z zakresu teorii korozji gazowej metali i projektowania nowoczesnych materiałów żaroodpornych oraz teorii dyfuzji w ciałach stałych. Trzy spośród tych opracowań wydane zostały w językach angielskim i rosyjskim, kolejno na zamówienie National Bureau of Standards w Waszyngtonie (*Gas Corrosion of Metals*, 1978; *An Introduction to the Theory of Metal Oxidation*, 1982; „Modern Scaling Resistant Materials” 1983, oraz na zamówienie Wydawnictwa Mir w Moskwie „Gazowaja Korozja Miettałłow” 1981 i „Żarostoikoje Materiały” 1983. Kolejna, czwarta monografia wydana została w Amsterdamie na zamówienie Wydawnictwa Elsevier, *Defects and Diffusion in Solids*, 1980.

Był organizatorem lub współorganizatorem konferencji międzynarodowych oraz jest członkiem rad redakcyjnych pięciu następujących czasopism międzynarodowych: *Journal of the Oxidation of Metals*; *Solid State Ionics*; *Journal of the Inorganic and Solid State Chemistry*; *Journal of High Temperature Materials and Processes*, oraz *Annales de Chimie, Science des Materiaux*. Osiągnięcia naukowe Profesora były wielokrotnie nagradzane w kraju i za granicą. Między innymi w roku 1967 uzyskał nagrodę Państwowej Rady ds. Pokojowego Wykorzystania Energii Jądrowej za cykl „pionierskich prac przy użyciu promieniotwórczych izotopów”. W roku 1973 otrzymał najwyższą nagrodę im. Marii Skłodowskiej-Curie Polskiej Akademii Nauk za „opracowanie teorii powstawania wielowarstwowych zgorzelin na metalach” i w roku 1996 nagrodę Prezesa Rady Ministrów za „wybitne osiągnięcia naukowe”. Z kolei, w roku 1996 otrzymał najwyższą nagrodę, jaką może uzyskać uczony pracujący w dziedzinie nauki o korozji metali, nagrodę Ulicka R. Evansa za: *Outstanding Work in the Field of Corrosion*, nadaną Mu przez międzynarodowy Instytut Korozji w Wielkiej Brytanii i w tym samym roku uhonorowany został członkostwem tego Instytutu (Honorary Fellow of the Institute of Corrosion). W roku 1993 uzyskał również nagrodę *American Association for the Advancement of Science Award* i wreszcie, w roku 2003 został zaszczycony doktoratem honoris causa przez jeden z dwóch największych uniwersytetów francuskich, Université de Bourgogne, a w roku 2009 otrzymał godność Profesora Honorowego AGH.

Na podkreślenie zasługuje także fakt uzyskania przez Profesora w 2001 tytułu laureata Nagrody Stołecznego Królewskiego Miasta Krakowa za „wybitne osiągnięcia w dziedzinie inżynierii materiałowej i zasługi w kształceniu kadry naukowej oraz godne reprezentowanie nauki krakowskiej w Polsce poza jej granicami”.

Na zakończenie należy wspomnieć, że z Science Citation Index wynika, iż do chwili obecnej prace Profesora są już ponad trzy tysiące razy cytowa-



ne w literaturze światowej. Z rankingu polskich uczonych, przeprowadzonego 6 lat temu przez PAN wynika, że ostre kryteria tego rankingu spełniało wówczas 241 polskich uczonych, a Profesor znalazł się na piątym miejscu jako drugi w dziedzinie inżynierii materiałowej po profesorze Zenonie Mrozie z Instytutu Podstawowych Problemów Techniki PAN.

Jego Magnificencjo Panie Rektorze, Panie i Panowie Senatorowie,  
Szanowni Państwo,

Jestem przytłoczony ogromem pochwał moich osiągnięć naukowych, wyrażonych w przemówieniu mojego Promotora i zarazem przyjaciela, Profesora Zbigniewa Żurka. Serdecznie Ci za to, Zbyszku, dziękuję. Pragnę również podziękować Panu Dziekanowi i kierowanej przez Niego Radzie Wydziału Mechanicznego za wszczęcie i przeprowadzenie postępowania mojego przewodu doktorskiego na wniosek Panów Profesorów Józefa Nizioła, Józefa Gawlika, Jana Kaziora, Andrzeja Stokłosy i Zbigniewa Żurka. Przede wszystkim jednak pragnę wyrazić moją głęboką wdzięczność Panu Rektorowi i Wysokiemu Senatowi Politechniki Krakowskiej za podjęcie decyzji uhonorowania mnie tak wielkim i zaszczytnym wyróżnieniem. Moje wzruszenie jest tym większe, że nadanie mi zaszczytnego tytułu doktora honoris causa odbywa się w murach uczelni, w której studiowałem i w której w roku 1952 uzyskałem tytuł magistra filozofii z zakresu chemii.

Całe moje późniejsze życie zawodowe związałem z Akademią Górniczo-Hutniczą. Wracając myślami do początków mojej długoletniej kariery akademickiej, dochodzę do nieodpartego wniosku, iż to, co udało mi się osiągnąć w pracy badawczej, zawdzięczam w znacznej mierze łutowi szczęścia, który towarzyszył mi nieprzerwanie zarówno w wyborze tematyki badawczej, jak i przede wszystkim w doborze współpracowników, którzy bez wyjątku okazali się wspaniałymi ludźmi.

Ten łut szczęścia sprawił, że na samym początku mojej pracy w Akademii Górniczo-Hutniczej zetknąłem się z moimi Kolegami z ławy uniwersyteckiej: Jerzym Haberem i Jerzym Dereniem, którzy właśnie rozpoczynali swoje kariery akademickie w Katedrze Chemii Nieorganicznej tej uczelni pod kierunkiem Profesora Adama Bielańskiego. Dołączyłem do tego zespołu i w ten sposób rozpoczęła się moja przygoda z nauką. Owocem tej współpracy były dwie pierwsze w mojej karierze publikacje, które spośród czterystu dotychczas popełnionych cenię sobie najbardziej, gdyż ukierunkowały mnie na fizykochemię ciała stałego, której to problematyce pozostałem wierny do dnia dzisiejszego. W okresie późniejszym drogi nasze stopniowo się rozeszły, gdyż Koledzy Haber i Dereń skoncentrowali się w swych badaniach na katalizie heterogenicznej, ja zaś zająłem się problematyką reakcji wysokotemperaturowych, a w szczególności mechanizmem wysokotemperaturowej korozji metali i teorią tych zjawisk oraz kinetyką i termodynamiką defektów w tlenkach i siarczkach metali przejściowych. W ramach tej problematyki przygotowałem pod koniec lat 50 rozprawę doktorską, opisującą wyniki badań kinetyki i mechanizmu siarkowania miedzi. Na podstawie wyników tych badań przyjąłem, iż w zgodności z ogólnie panującymi wówczas w literaturze poglądami, dwuwarstwowa budowa zgorzeliny na tym metalu jest wynikiem dwukierunkowej dyfuzji obu reagentów. Zwarta warstwa zewnętrzna mianowicie powstaje dzięki odrdeniowej dyfuzji metalu, a porowata warstwa wewnętrzna w wyniku dor-

dzeniowej dyfuzji siarki, podobnie jak to ma miejsce w przypadku powstawania dwuwarstwowych zgorzelin tlenkowych i siarczkowych na wielu innych metalach. Tak więc, poza nowymi wynikami badań eksperymentalnych, moja rozprawa nie wносиła *de facto* niczego nowego do teorii korozji gazowej metali. Tak się jednak złożyło, iż – znów dzięki łutowi szczęścia – tuż przed złożeniem do recenzji mojej rozprawy doktorskiej natknąłem się na dwóch dawno niewidzianych znajomych fizyków, wówczas już doktorów, Strońskiego i Mikulskiego, zajmujących się w Instytucie Fizyki Jądrowej zastosowaniem promieniotwórczych izotopów w badaniach naukowych. W owym czasie były to jeszcze pionierskie badania, w związku z czym postanowiłem skorzystać z nadarzającej się sposobności i uzyskać pierwszy bezpośredni dowód eksperymentalny na istnienie dyfuzji obu reagentów w procesie powstawania dwuwarstwowych zgorzelin na metalach. Moi znajomi fizycy byli bowiem w posiadaniu promieniotwórczego izotopu siarki i chętnie zgodzili się na przeprowadzenie wspólnie ze mną cyklu odpowiednich badań mechanizmu siarkowania miedzi z użyciem tego izotopu promieniotwórczego. Chodziło w istocie rzeczy jedynie o przysłowiowy kwiatek do kożucha, to znaczy o uzyskanie spektakularnego dowodu, potwierdzającego ostatecznie ogólnie panujący w tym czasie pogląd w literaturze światowej, zgodnie z którym dwuwarstwowa budowa jednofazowych zgorzelin na metalach jest, jak już wcześniej wspomniałem, wynikiem dwukierunkowej dyfuzji obu reagentów. Ku mojemu zaskoczeniu i następującym po nim przerażeniu, wyniki naszych badań radioizotopowych nie potwierdziły tego poglądu. Okazało się bowiem, iż dordzeniowa dyfuzja siarki nie bierze w ogóle udziału w procesie powstawania dwuwarstwowej zgorzeliny siarczkowej na miedzi, która narasta wyłącznie dzięki odrdzeniowej dyfuzji metalu. Wielokrotne powtarzanie tych badań w funkcji temperatury i czasu reakcji również na wielu innych metalach prowadziło nieubłaganie do tego samego wniosku. Był to dla mnie potężny wstrząs, gdyż wyniki tych badań obalały jedną z głównych tez mojej rozprawy doktorskiej. Rozważając ten problem, doszedłem w końcu do wniosku, iż w formie hipotezy roboczej należy przyjąć, iż powstawanie porowatej warstwy wewnętrznej nie ma charakteru pierwotnego, lecz jest zjawiskiem wtórnym, spowodowanym zaburzeniami lokalnej równowagi termodynamicznej na granicy faz metal–zgorzelina. Powstająca bowiem na tej granicy faz strefa ubytku metalu pociąga za sobą termiczny rozkład pierwotnej, zwartej warstwy zgorzeliny i powstawanie w obrębie tej strefy produktu reakcji tworzącego porowatą warstwę wewnętrzną. Wprowadziłem więc odpowiednie zmiany w treści mojej rozprawy doktorskiej, publikując jednocześnie wyniki wspomnianych badań radioizotopowych wraz z hipotezą ich interpretacji. Praca ta wzbudziła natychmiast uwagę twórcy chemii ciała stałego i teorii utleniania metali, Profesora Carla Wagnera, który był w tym czasie dyrektorem Instytutu Chemii Fizycznej imienia Maxa Plancka w Getyndze. Rezultatem tego zainteresowania było zaproszenie mnie na roczny staż postdoktorski w kierowanym przez niego Instytucie. Pobyt w laboratorium Wagnera umocnił ostatecznie mój związek z problematyką korozji gazowej metali i stopów oraz ze ściśle związaną z tą dziedziną wiedzy termodynamiką i kinetyką defektów w kryształach jonowych.

Po powrocie do kraju kontynuowałem wraz z moim serdecznym przyjacielem, wtedy jeszcze doktorem, Andrzejem Bruckmannem, szeroko zakrojone badania z użyciem promieniotwórczych i trwałych izotopów, zmierzające do pełnego wyjaśnienia mechanizmu powstawania zgorzelin na metalach i stopach. Teoria tych zjawisk, opublikowana w latach 70, uzyskała w literaturze światowej nazwę *dissociative growth theory* i uznana została za zwrot w ugruntowanych poglądach na mechanizm korozji gazowej.

Warto przy tym przypomnieć, że powstanie tej teorii było konsekwencją szczęśliwego zbiegu okoliczności – przypadkowego spotkania przeze mnie dwóch znajomych fizyków, posiadających w swym laboratorium promieniotwórczy izotop siarki. Decydującą rolę odegrał zatem przypadek, co nie jest w nauce zjawiskiem odosobnionym. Na przykład, Wilhelm Röntgen, badając zjawisko luminescencji, odkrył przez przypadek promieniowanie X, a Henri Becquerel również zupełnie przypadkowo odkrył zjawisko promieniotwórczości, badając procesy fosforoscencji. Jest rzeczą oczywistą, iż moje skromne osiągnięcie nie może w żadnym razie być porównywane ze wspomnianymi odkryciami naukowymi, jednakże z zachowaniem wszystkich proporcji – *toutes proportions gardee* – łączy je przypadkowość, tak pięknie opisana w fascynującej publikacji Profesora Andrzeja Kajetana Wróblewskiego w jednym z ostatnich numerów miesięcznika Akademia.

Badania w naszym zespole, określonym w literaturze nazwą Szkoły Krakowskiej, nie ograniczają się tylko do korozji metali i projektowania nowych materiałów żaroodpornych, lecz koncentrują się również na strukturze i termodynamice defektów oraz dyfuzji w ciałach stałych, a zwłaszcza w tlenkach i siarczkach metali przejściowych. W tym zakresie twórczy wkład do nauki światowej wniosły głównie wyniki badań moich Wychowanków, a w szczególności profesorów: Marka Danielewskiego, Jolanty Gilewicz-Wolter, Andrzeja Stokłosa i Zbigniewa Grzesika. W dziedzinie korozji wysokotemperaturowej metali i stopów natomiast istotny wkład do nauki wniosły wyniki badań profesorów: Zbigniewa Żurka, Aleksandra Gila i Kazimierza Przybylskiego. Prace tych uczonych weszły już na trwałe do nauki światowej.

Moje powiązania z Politechniką Krakowską istnieją od późnych lat 60, kiedy to na zaproszenie kierownictwa Wydziału noszącego wówczas nazwę Budownictwa Lądowego i Wodnego, prowadziłem przez okres kilku lat wykłady z chemii dla studentów pierwszego roku tego Wydziału. Związki te nie ograniczały się jednak tylko do dydaktyki, gdyż na Wydziale Inżynierii i Technologii Chemicznej Politechniki pracują moi przyjaciele – Wychowankowie Szkoły Krakowskiej – Profesorowie Zbigniew Żurek i Andrzej Stokłosa, z którymi pozostaję nie tylko w przyjaźni, lecz również w stałej współpracy naukowej.

Co się tyczy jeszcze moich współpracowników, to trudno nie wspomnieć, że w zespole naszym są wybitne indywidualności, charakteryzujące się – poza gruntowną wiedzą i uznanym w świecie dorobkiem naukowym jakże ważnymi również w nauce: wyobraźnią i umiejętnością racjonalnego przewidywania.

Na zakończenie warto wspomnieć, że ta moja przygoda z nauką, trwająca z górą 50 lat, miała różne odcienie, niekiedy także o charakterze anegdo-

tycznym. Wspomnę tylko jedno zdarzenie, które miało miejsce podczas podróży z moim przyjacielem, Profesorem Romanem Pampuchem, i kilkoma naszymi współpracownikami na międzynarodową konferencję do Francji.

Konferencja ta odbywała się na południu Francji, a więc, aby tam dotrzeć, musieliśmy przenieść się z lotniska w Paryżu na Dworzec Lyoński, oczywiście za pomocą metra. Jest to stosunkowo długi odcinek drogi, wymagający przesiadki. Dojeżdżając do tego przystanku, oznajmiłem, zresztą zupełnie niepotrzebnie, że przesiadamy się na stacji „Rojal”. W tym momencie Roman Pampuch, mówiący biegle czterema językami, popatrzył na mnie ze źle ukrywanym politowaniem i powiedział: „Nie «Rojal» lecz «Ruajal»”, co wywołało ironiczne uśmiechy naszych młodszych kolegów. Zrobiło mi się gorąco i podjąłem w duchu decyzję, iż muszę się nauczyć przynajmniej prawidłowego wymawiania słów w języku francuskim.

I tak dzięki Romanowi zaczęła się moja nauka języka francuskiego, co po wielu latach bardzo mi się przydało podczas uroczystości nadawania mi tytułu doktora honoris causa na Uniwersytecie Burgundzkim we Francji. Tak więc z zachowaniem różnych odcieni, moja przygoda z nauką była zawsze fascynująca i taka pozostała do dnia dzisiejszego.

Kończąc, raz jeszcze pragnę wyrazić głęboką wdzięczność wszystkim, którzy swoimi działaniami i zaangażowaniem doprowadzili do nadania mi tak zaszczytnego tytułu, a w szczególności mojemu Promotorowi, Profesorowi Zbigniewowi Żurkowi. Dziękuję również wszystkim Państwu, którzy zaszczytili swoją obecnością dzisiejszą uroczystość.





















Biblioteka Politechniki Krakowskiej



II-340876

Inf. Nauk.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000276625

ISBN 978-83-7274-675-8