

## Czym się zajmujemy?

**Chemia supramolekularna** to „chemia ponad cząsteczką”, czyli chemia struktur powstających z cząsteczek i jonów dzięki oddziaływaniom niekowalencyjnym. Takie struktury odgrywają ważną rolę w wielu dziedzinach nauki, od biologii po chemię materiałową i nanotechnologię.

**Główne nurty badawcze** realizowane w naszym laboratorium to:

- Transport leków przez dwuwarstwy lipidowe *Drug transport across lipid bilayers*
- Przełączalne transportery ważnych biologicznie anionów *Stimuli-responsive transporters of biologically relevant anions*
- Nanomaszyny do transportu anionów przez dwuwarstwy lipidowe *Artificial nanomachines for anion transport*
- Katenany jako transportery anionów *Catenane-based transporters*
- Transportery anionów bazujące na nieklasycznych wiązaniach wodorowych *Non-classical interactions for selective anion transport*
- Aktywność antybakteryjna i antynowotworowa diamidokarbazoli *Anticancer and antibacterial activity of diamidocarbazoles*

## Kim jesteśmy?

**LIDER ZESPOŁU:**  
**Prof. Michał Chmielewski**

dr Krystyna Masłowska-Jarżyna  
mgr inż. Olga Kisiel  
mgr Maria Korczak  
mgr Bartłomiej Zawada  
mgr Ronedy Naorem  
lic. Maciej Szpak  
Szymon Wójciak

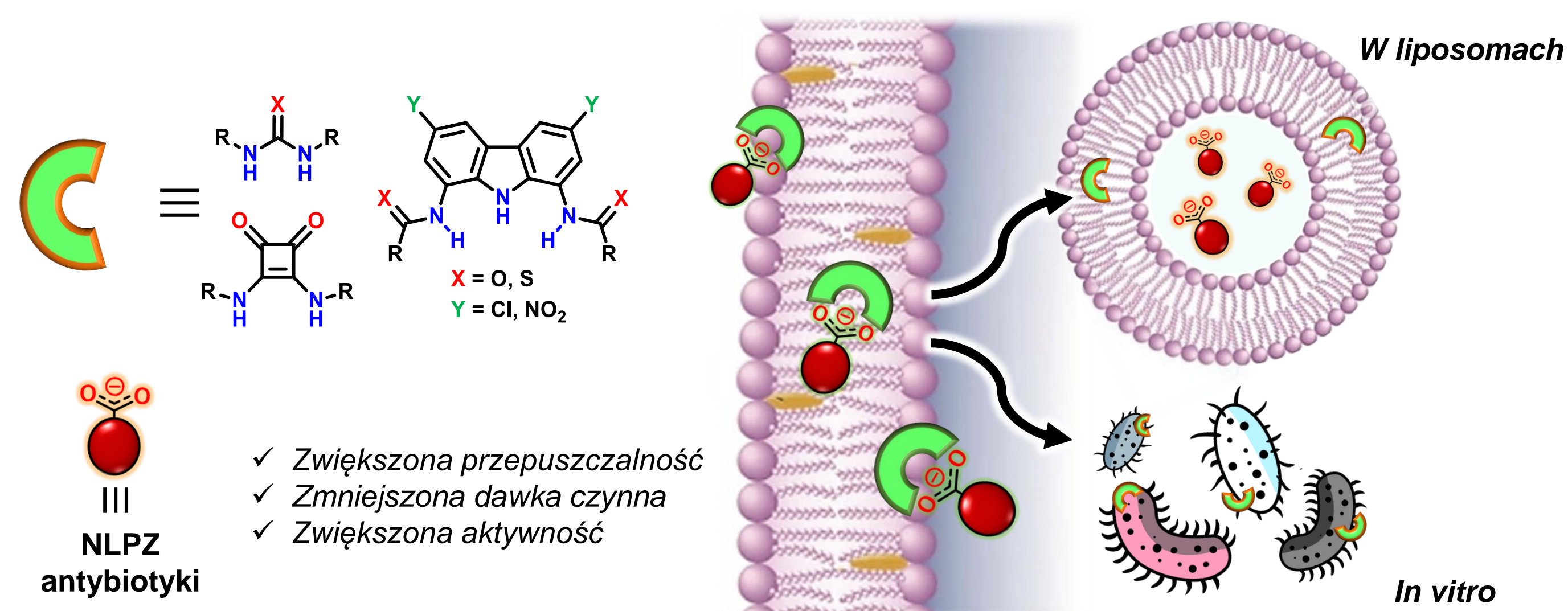
We're  
Hiring!

## FUNKCJONALNE TRANSPORTERY ANIONÓW

### Transport leków przez dwuwarstwy lipidowe

K. Masłowska-Jarżyna, B. Zawada, R. Stachowiak, M. J. Chmielewski, *ChemRxiv* 2026

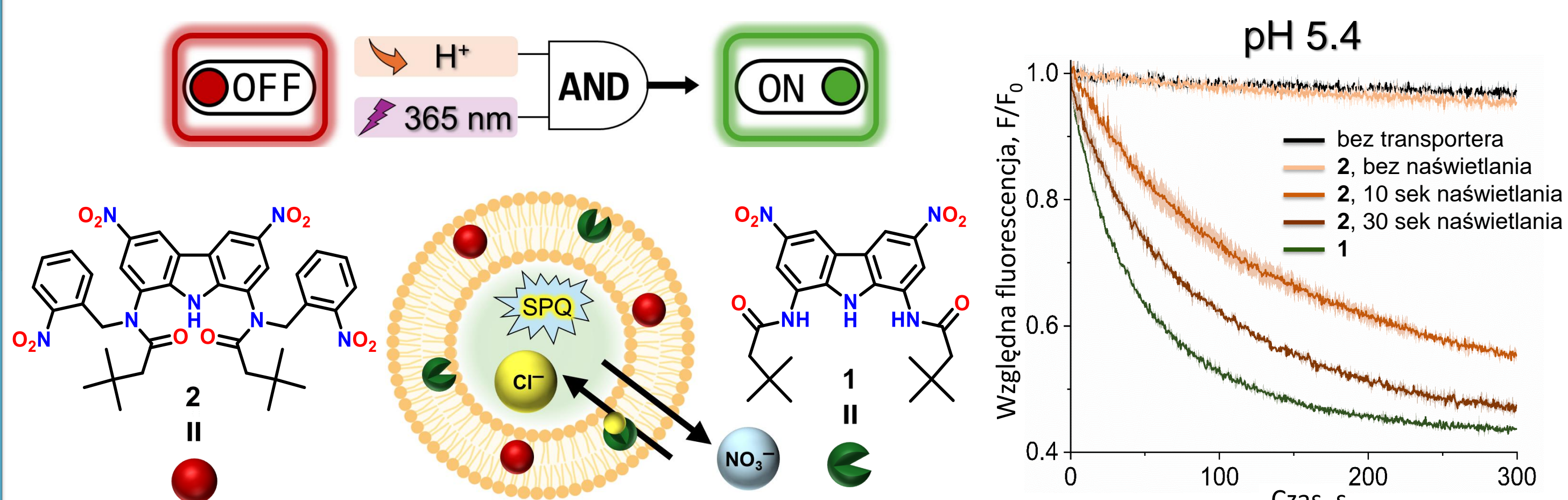
Dwuwarstwy lipidowe stanowią trudną do przebycia barierę dla cząsteczek leków obdarzonych ładunkiem, ograniczając ich skuteczność i sprzyjając wytworzeniu mechanizmów obronnych (np. u bakterii). W naszym laboratorium wykazaliśmy, że syntetyczne transportery anionów mogą pomóc w rozwiązaniu tego problemu, przyspieszając transport leków przez dwuwarstwy lipidowe nawet 200-krotnie. Efektem jest silna synergia transporterów z antybiotykami – znaczące wzmocnienie ich aktywności, zarówno wobec bakterii Gram-dodatnich, jak i Gram-ujemnych.



### Przełączalne transportery ważnych biologicznie anionów

1. B. Zawada, M. J. Chmielewski, *Org. Biomol. Chem.* 2024, 22, 7143–7147  
2. M. L. Korczak, S. Wójciak, K. Malarz, M. J. Chmielewski, *in preparation*

Aby kontrolować aktywność transportową i toksyczność anionoforów opracowujemy ich wersje „zdalnie sterowane”. W pracy 1. opisaliśmy pierwszy syntetyczny transporter chlorków aktywowany dwoma bodźcami na raz – pH oraz światłem. Podejście to umożliwia bardziej precyzyjną kontrolę aktywności transportowej i stanowi uniwersalną strategię dla projektowania kolejnych „zdalnie sterowanych” anionoforów. Obecnie pracujemy nad nową generacją pH-przełączalnych transporterów, zoptymalizowanych pod kątem zwalczania nowotworów.

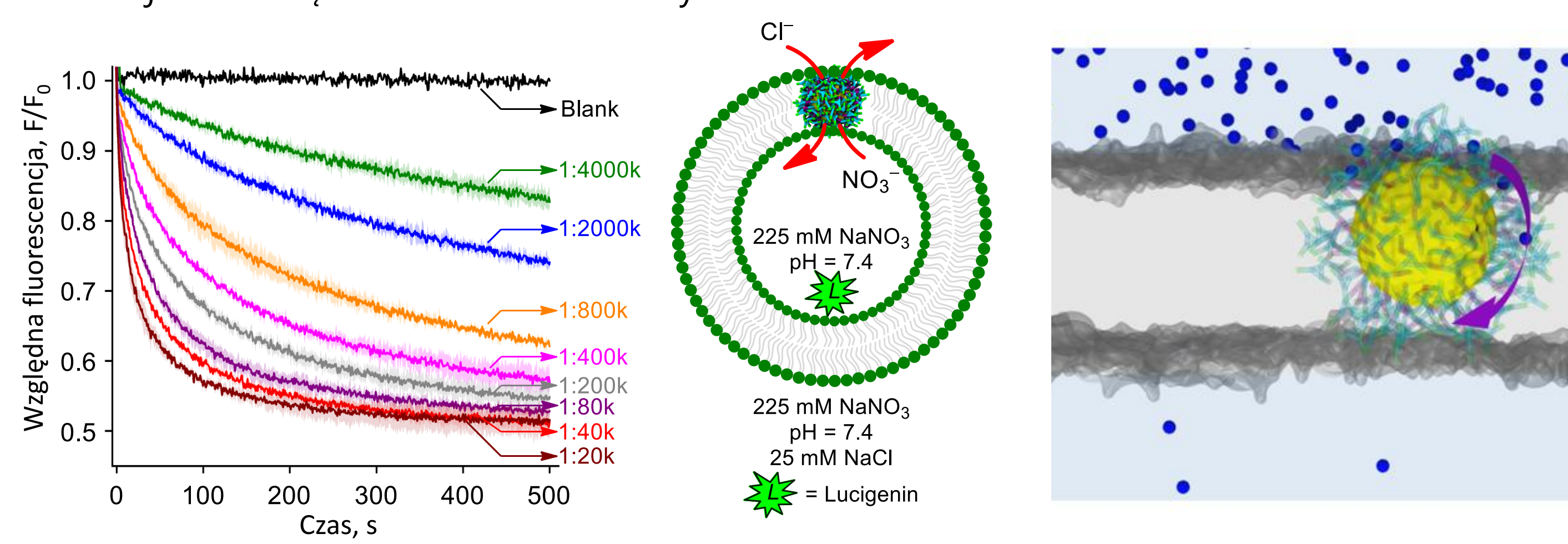


## NOWE SYSTEMY DO TRANSPORTU ANIONÓW

### Nanocząstki jako maszyny do transportu anionów

M. Pahwa, D. Mondal, G. Rossi, M. J. Chmielewski, *in preparation*

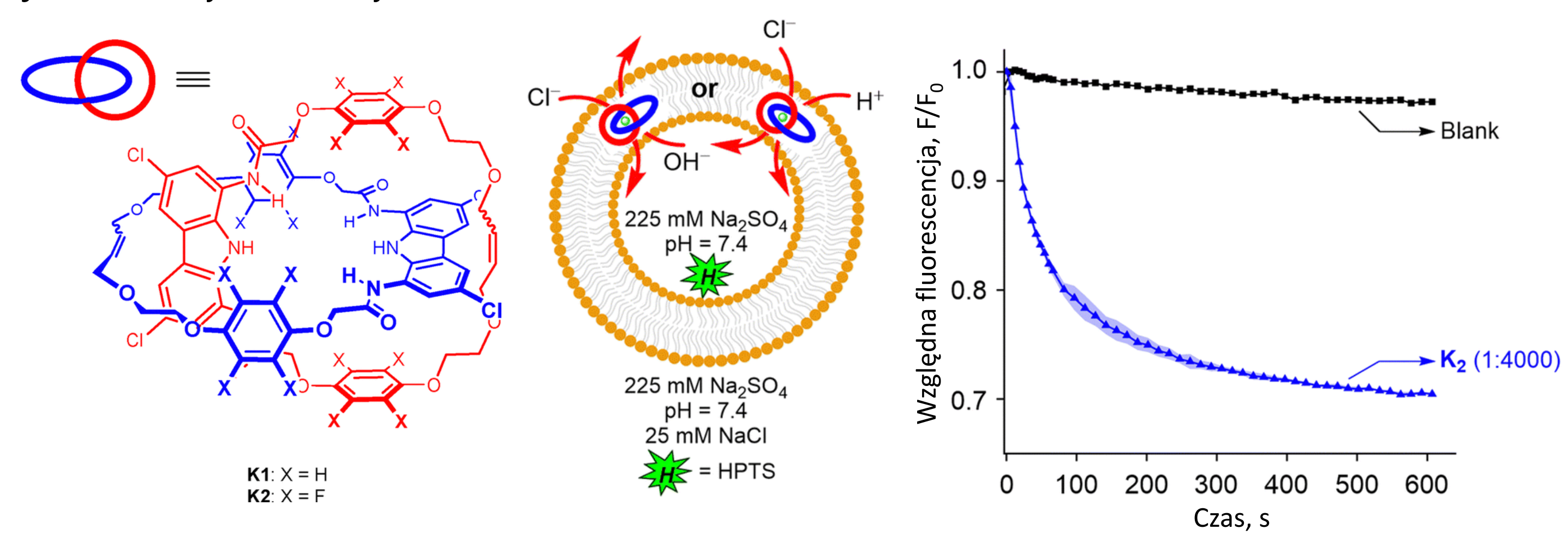
Jako pierwsi zastosowaliśmy nanocząstki złota udekorowane donorami wiązań wodorowych do transportu anionów przez dwuwarstwy lipidowe. Dzięki temu że każda nanocząstka może być udekorowana ligandami różnych typów, możemy łatwo modulować jej właściwości. Duża gęstość ligandów na powierzchni nanocząstek sprzyja chelatowaniu anionów, co pomaga im przedostać się przez lipofilowe wnętrza membrany. Proces ten został również wymodelowany za pomocą symulacji CG-MD. Nasze podejście otwiera nowy kierunek w projektowaniu transporterów anionów opartych na nanomateriałach, łącząc zalety klasycznych receptorów molekularnych z funkcjonalnością układów multiwalentnych.



### Katenany jako transportery anionów

1. K. M. Bąk, O. Kisiel, D. Mondal, M. M. Zimnicka, M. J. Chmielewski, *Chem. Commun.* 2025, 61, 13900–13903  
2. O. Kisiel, K. Masłowska-Jarżyna, M. M. Zimnicka, M. J. Chmielewski, *in preparation*

Katenany – cząsteczki zbudowane z makrocykli powiązanych mechanicznie niczym ogniwa łańcucha – stanowią wyjątkową klasę struktur supramolekularnych. W naszym zespole skonstruowaliśmy katenan zdolny do transportu anionów przez dwuwarstwy lipidowe. Wiązek ten tworzy trójwymiarowe miejsce wiążące, które skutecznie osłania anion i umożliwia jego przeniesienie przez błonę lipidową. Struktury o takiej topologii otwierają nowe możliwości w projektowaniu transporterów dla szczególnie trudnych, silnie hydratowanych anionów, takich jak fosforany i siarczany.

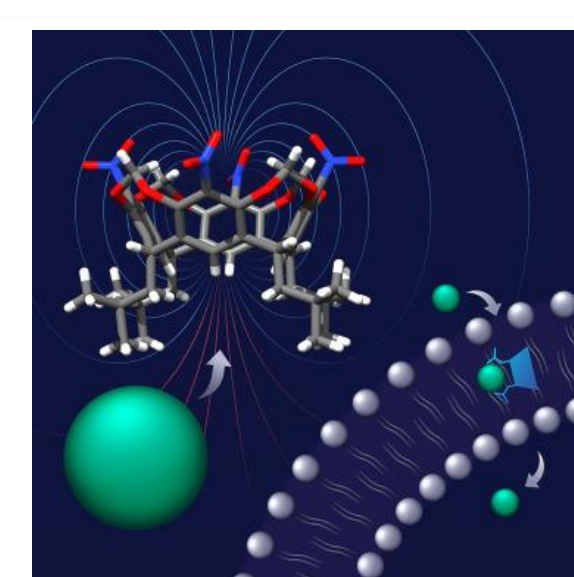


## Selektywne transportery anionów bazujące na nieklasycznych wiązaniach wodorowych

**Breakthrough:** E. R. Abdurakhmanova, D. Mondal, H. Jędrzejewska, P. Cmoch, O. Danylyuk, M. J. Chmielewski, A. Szumna, *Chem* 2024, 10, 6, 1910–1924

**New insight:** D. Priyadarshini, R. Naorem, M. P. Szymański, O. Danylyuk, M. J. Chmielewski, A. Szumna, *JACS Au* 2025, 5, 10, 5137–5146

**New strategy:** E. R. Abdurakhmanova, B. Zawada, M. P. Szymański, P. Cmoch, R. M. Losus, L. Dobrzańska, M. J. Chmielewski, A. Szumna, *in preparation*

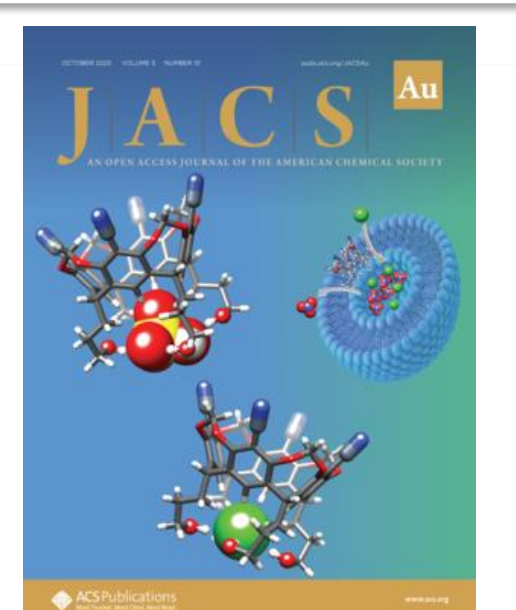


Chem

CellPress  
OPEN ACCESS

Article

Supramolecular umpolung: Converting electron-rich resorcin[4]arenes into potent CH-bonding anion receptors and transporters



JACS Au

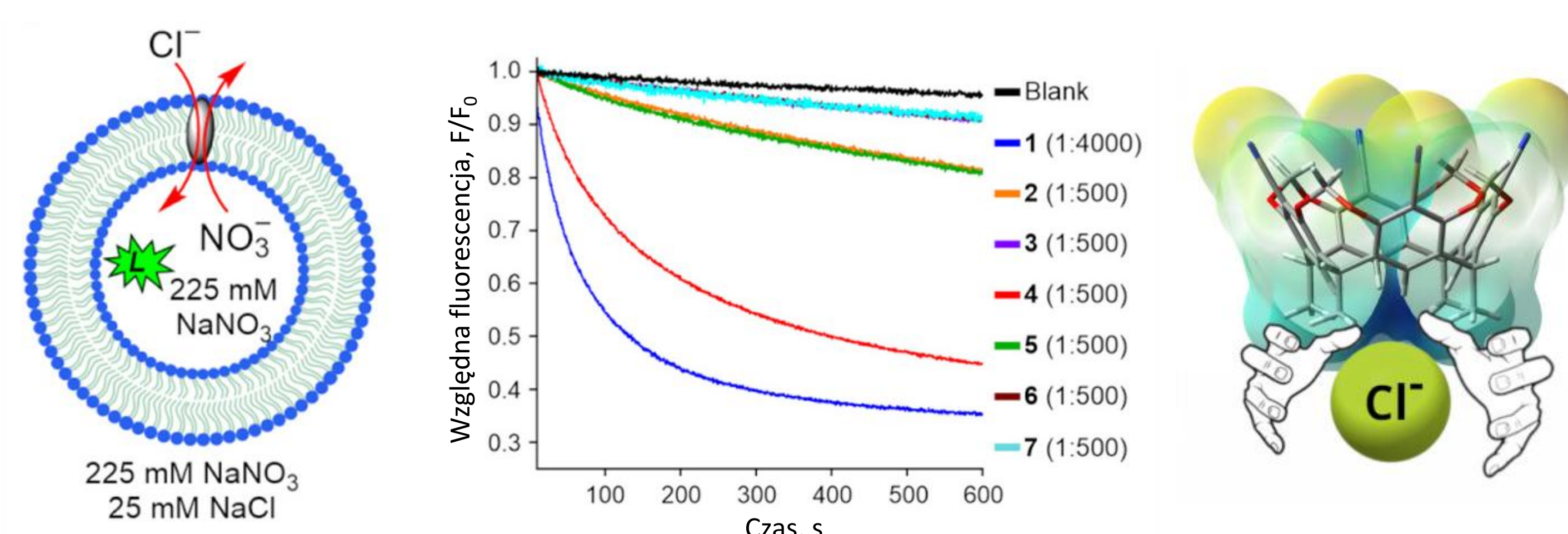
Tunable Anion Recognition at the Lower Rim of Resorcin[4]arenes: Strength, Selectivity, and Transport

Deepshikha Priyadarshini, Ronedy Naorem, Marek P. Szymański, Oksana Danylyuk, Michał J. Chmielewski,\* and Agnieszka Szumna\*

Cite This: *JACS Au* 2025, 5, 5137–5146

Read Online

We w współpracy z zespołem prof. Agnieszki Szumnej z IChO PAN przekształciliśmy rezorcyn[4]areny – klasyczne receptory kationów – w wydajne receptory i transportery anionów. Dzięki unikalnej geometrii wykorzystujemy one słabe oddziaływania CH...anion do silnego wiązania anionów, generując wysokie momenty dipolowe i skoncentrowany dodatni potencjał elektrostatyczny. Aktywność transportowa naszych rezorcyn[4]arenów przewyższa aktywność wszystkich wcześniej opisanych transporterów wiążących aniony wiązaniami CH. Dodatkowo związki te wykazują niezwykłą selektywność na Cl<sup>-</sup> wobec OH<sup>-</sup>, co jest wysoce pożądaną cechą w zastosowaniach medycznych, ponieważ minimalizuje toksyczność transporterów.



# Laboratorium Chemii Supramolekularnej

## Stawiamy na rozwój osobisty!

W naszym zespole przykładamy dużą wagę do budowania globalnych sieci badawczych. Umożliwiamy studentom i doktorantom udział w programie **Erasmus+**, wyjazdy na krótko- i długoterminowe **staże naukowe** oraz prezentowanie wyników na prestiżowych **konferencjach międzynarodowych**.

W ciągu ostatniego roku współpracy te zaowocowały kilkoma projektami badawczymi, z których większość zakończyła się wspólnymi publikacjami.



Współpracujemy z uznanymi naukowcami z czołowych ośrodków na świecie, m.in.:

- Prof. Roberto Quesada (Universidad de Burgos, Spain)
- Prof. Alexander Kros (Leiden University, Netherlands)
- Prof. Claudia Caltagirone (University of Cagliari, Italy)
- Prof. Hennie Valkenier (Université libre de Bruxelles, Belgium)
- Dr. Giulia Rossi (University of Genoa, Italy)
- Prof. Nathalie Busschaert (Tulane University, USA)
- Prof. Philip Gale (University of Groningen, Netherlands; wcześniej: University of Technology Sydney, Australia)

## Kim jesteśmy?

**LIDER ZESPOŁU:**  
**Prof. Michał Chmielewski**

dr Krystyna Masłowska-Jarżyna  
mgr inż. Olga Kisiel  
mgr Maria Korczak  
mgr Bartłomiej Zawada  
mgr Ronedy Naorem  
lic. Maciej Szpak  
Szymon Wójciak

**We're Hiring!**

## ARTYKUŁY EDYTORSKIE I PRZEGLĄDOWE

### Młodzi naukowcy o potęgę współpracy

K. Masłowska-Jarżyna, D. Gomez-Maldonado, B. D. James, T. Christoff-Tempesta, K. Ehrmann, E. Comeo, S. Sarkar, E. C. Welch, J. Zhang, *ACS Cent. Sci.* **2025**, *11*, 2018–2021

Dr Krystyna Masłowska-Jarżyna z naszego Laboratorium znalazła się w gronie dziewięciu młodych naukowców z siedmiu krajów, którzy zostali zaproszeni do napisania artykułu wstępnego do prestiżowego czasopisma *ACS Central Science*. W publikacji podkreślono rolę współpracy międzynarodowej, różnorodności i wymiany pomysłów w rozwoju nauki oraz znaczenie skutecznej komunikacji naukowej. W pracy tej nie tylko zidentyfikowano wyzwania, ale także zaproponowano konkretne rozwiązania wspierające budowanie globalnych sieci współpracy. Wskazano również, że skuteczne mierzenie się z globalnymi problemami wymaga działań ponad granicami i dyscyplinami.

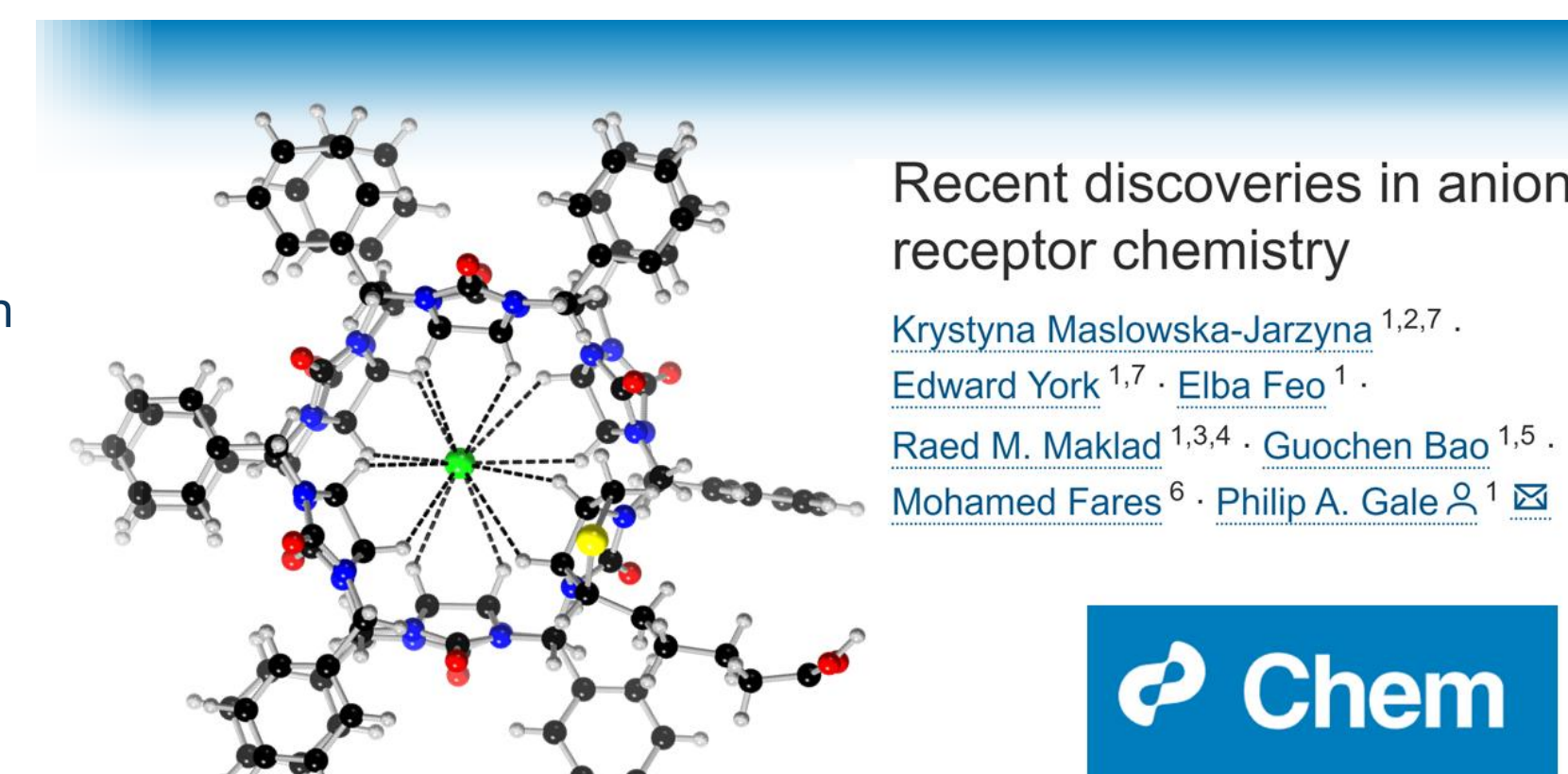


### Najnowsze odkrycia w chemii receptorów anionów

K. Masłowska-Jarżyna, E. York, E. Feo, R. M. Maklad, G. Bao, M. Fares, P. A. Gale, *Chem* **2025**, *11* (8), 102695–102751

Będąc na stażu podoktorskim w zespole prof. Phila Gale'a (University of Technology Sydney), dr Krystyna Masłowska-Jarżyna opublikowała artykuł przeglądowy w czasopiśmie *Chem*. Praca ta podsumowuje najnowsze osiągnięcia w chemii receptorów anionów, obejmujące projektowanie selektywnych receptorów, chemosensorów, transporterów oraz katalizatorów opartych na rozpoznawaniu anionów. Przegląd wskazuje na kluczową rolę rozpoznawania anionów w biologii i chemii materiałowej oraz wyznacza kierunki rozwoju w stronę zastosowań terapeutycznych i funkcjonalnych materiałów.

- ✓ Klasyczne receptory anionów oparte na wiązańach wodorowych
- ✓ Receptory anionów oparte na wiązańach wodorowych CH
- ✓ Receptory anionów oparte na wiązańach chalcogenowych i halogenowych
- ✓ Układy metaloorganiczne
- ✓ Polimery i materiały miękkie
- ✓ Układy samoorganizujące się
- ✓ Kataliza
- ✓ Czujniki
- ✓ Separacja i ekstrakcja anionów
- ✓ Transportery transbłonowe

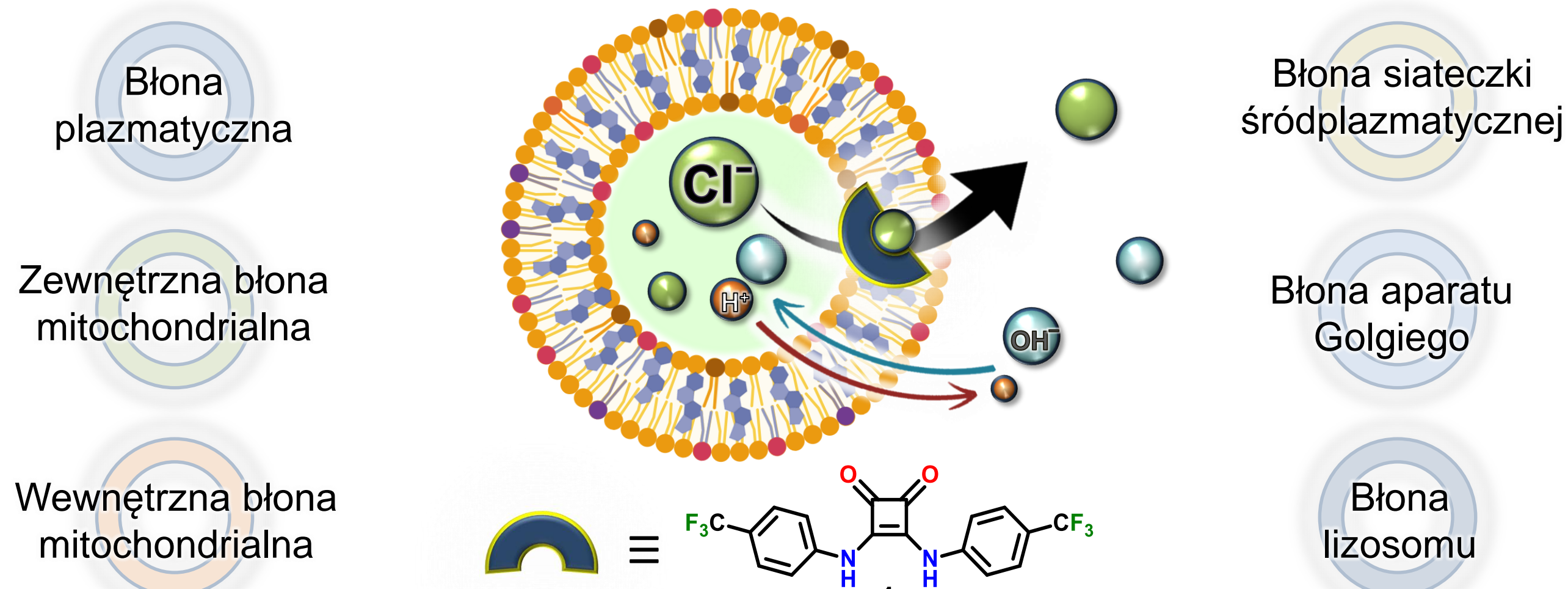


## NAJNOWSZE WSPÓŁPRACE MIĘDZYNARODOWE

### Transport anionów w mieszaninach lipidowych

K. Masłowska-Jarżyna, S. Rooijmans, D. A. McNaughton, W. G. Ryder, E. York, M. Tromp, P. A. Gale, *Chem. Commun.* **2025**, *61*, 4184–4187

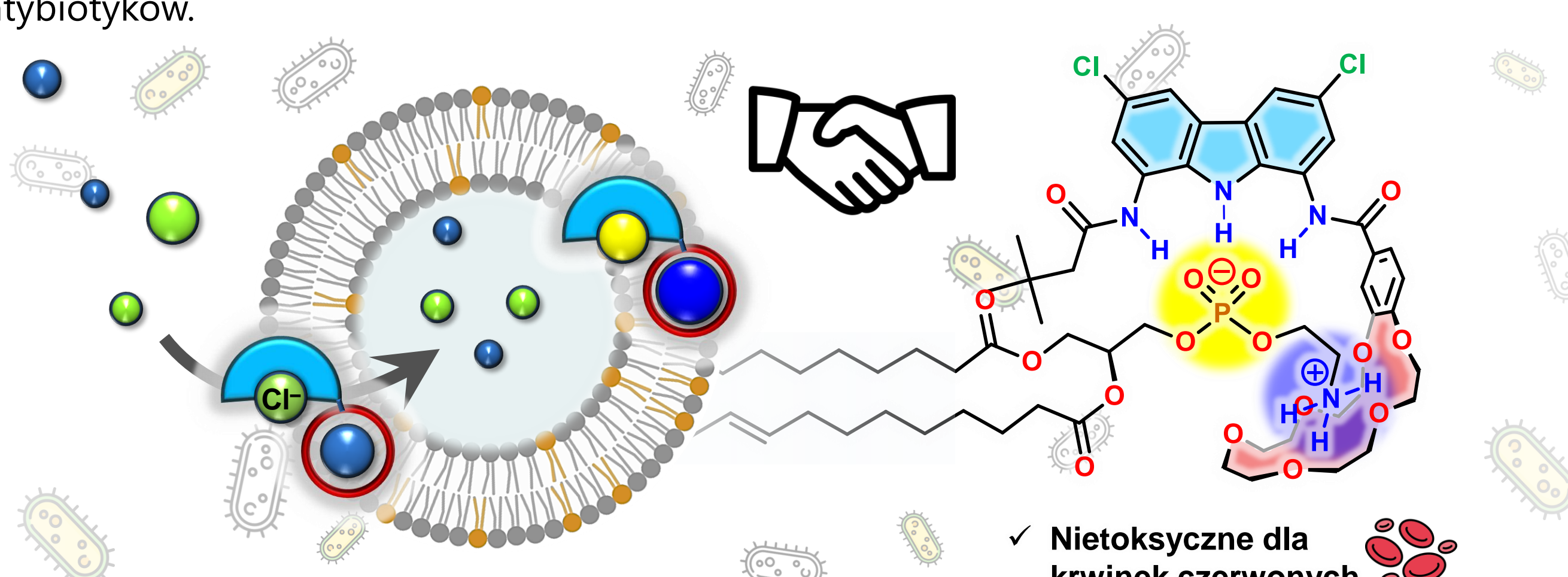
Opracowaliśmy modele „pęcherzyków subkomórkowych”, które odwzorowują skład lipidowy błon różnych organelli. Pozwoliło to po raz pierwszy zbadać, jak środowisko błonowe wpływa na transport anionów. Badania przeprowadzono w zespole prof. Phila Gale'a (UTS) oraz we współpracy z naukowcami z Uniwersytetu w Groningen i Uniwersytetu w Sydney. Wykazaliśmy, że aktywność anionoforu **1** silnie zależy od składu błony, a lokalne środowisko lipidowe może determinować aktywność biologiczną transporterów i tłumaczyć ich selektywne działanie.



### Diamidokarbazole o właściwościach przeciwbakteryjnych

K. Masłowska-Jarżyna, E. O. Ojah, M. L. Korczak, M. J. Chmielewski, N. Busschaert, *ACS Omega* **2025**, *10*, 44, 53557–53563

Rosnąca antybiotykooporność bakterii wymaga nowych strategii ich zwalczania. We współpracy z zespołem prof. Nathalie Busschaert (USA) wykazaliśmy, że heteroditopowe receptory anionów wykazują silną aktywność wobec bakterii Gram-dodatnich. Działają poprzez unikalny, podwójny mechanizm: łączą transbłonowy transport anionów z wiązaniem bakteryjnego fosfolipidu, pozostając nietoksyczne dla ludzkich erytrocytów. Spójne wnioski z badań na liposomach i bakteriach potwierdzają tę strategię jako obiecujący kierunek rozwoju nowej generacji antybiotyków.

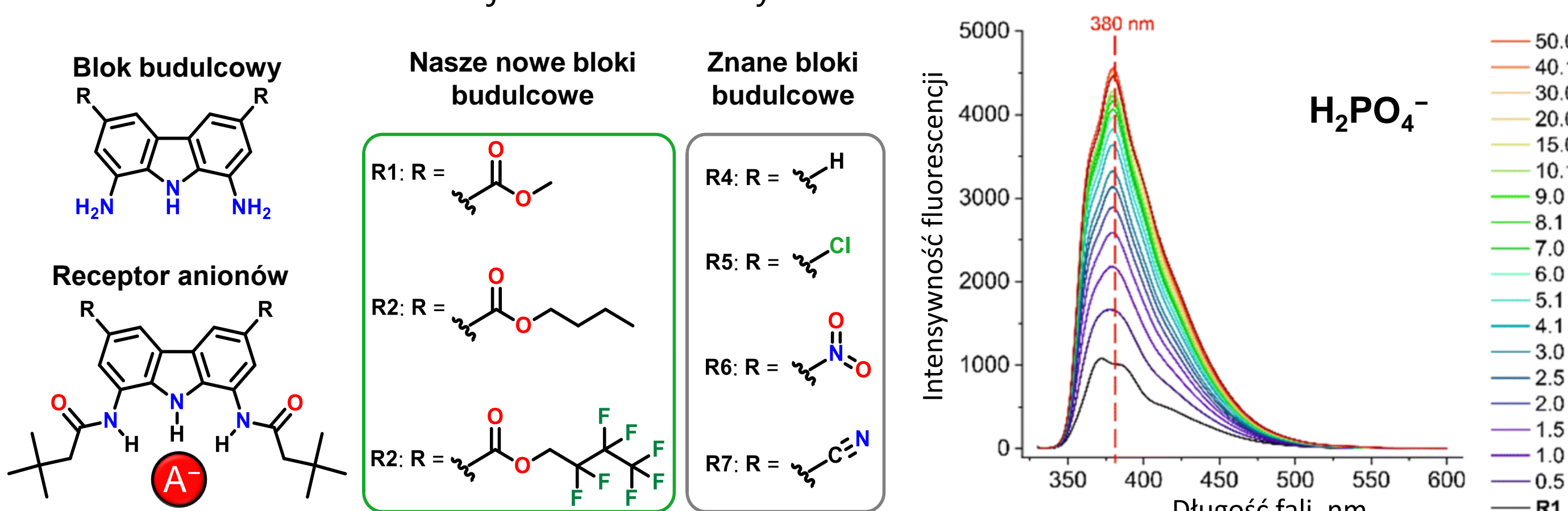


## RECEPTORY I SENSORY ANIONÓW

### Selektywna detekcja anionów fosforanowych

M. L. Korczak, K. Masłowska-Jarżyna, M. J. Chmielewski, *RSC Adv.* **2024**, *14*, 29883–29889

Opracowaliśmy nową generację bloków budulcowych do konstrukcji receptorów i fluorescencyjnych sensorów anionów, opartych na 3,6-dipodstawionym 1,8-diaminokarbazolu. Wprowadzenie umiarkowanie elektronoakceptorowych grup estrowych w pozycjach 3 i 6 zwiększa powinowactwo do anionów i znacząco poprawia rozpuszczalność, bez utraty odpowiedzi fluorescencyjnej. Modelowe receptory diamidowe (**R1–R3**) wykazują wyraźnie lepszą rozpuszczalność i sygnał fluorescencyjny niż ich analogi z podstawnikami chlorowymi, zachowując wysoką selektywność wobec ksoanionów, szczególnie fosforanów  $H_2PO_4^-$ , nawet w środowiskach o dużej zawartości wody.



### Kiedy myśliwy sam staje się zwierzyną...

K. Masłowska-Jarżyna, K. M. Bąk, M. J. Chmielewski, *in preparation*

Receptory anionów oparte na wiązańach wodorowych mogą ulegać deprotonowaniu w obecności silnie zasadowych anionów, i wówczas same stają się anionami. W przypadku receptorów diamidokarbazolowych prowadzi to do powstawania dobrze zdefiniowanych, „narcystycznych” dimerów, w których zdeprotonowane receptory wiążą się nawzajem pomimo odpychania elektrostatycznego między dwoma ładunkami ujemnymi. Wyniki te wskazują na samoorganizację indukowaną deprotonowaniem jako punkt wyjścia do projektowania nowych architektur supramolekularnych.

