



**WYDZIAŁ BIOLOGII  
i OCHRONY  
ŚRODOWISKA**

Uniwersytet Łódzki

Łódź, dnia 17.06.2022 r.

**dr hab. Renata Bocian**

Katedra Neurobiologii

Wydział Biologii i Ochrony Środowiska

Uniwersytet Łódzki

**OCENA**

osiągnięcia naukowego oraz aktywności naukowej

**dr. Rafała Czajkowskiego**

przygotowana w związku z prowadzonym postępowaniem o nadanie stopnia  
doktora habilitowanego

Podstawą przygotowania oceny jest, podjęta w dniu 27 maja 2022 r., uchwała Rady Naukowej Instytutu Biologii Doświadczalnej im. M. Nenckiego PAN o powołaniu na recenzenta w postępowaniu habilitacyjnym dr. Rafała Czajkowskiego. Oceny dokonano w oparciu o przesłaną dokumentację, w skład której wchodził: wniosek o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego, kopia dyplomu doktora nauk biologicznych, autoreferat, wykaz osiągnięć naukowych oraz kopie publikacji wchodzących w skład osiągnięcia wraz z oświadczeniami współautorów.

**1. Sylwetka naukowa Habilitanta**

Doktor Rafał Czajkowski uzyskał tytuł magistra biologii, w zakresie biologii molekularnej, w 1999 r. na Wydziale Biologii Uniwersytetu Warszawskiego. Po ukończeniu studiów rozpoczął pracę w Instytucie Biologii Doświadczalnej im. M. Nenckiego PAN, najpierw jako asystent w Pracowni Przekazników Sygnałów, później jako słuchacz Studiów Doktoranckich. W 2004 r. uzyskał stopień doktora nauk biologicznych w zakresie biologii, broniąc dysertację pt. „*Receptory nukleotydowe dla ATP i ADP w komórkach glejaka C6*”. Po dwóch długoterminowych stażach podoktorskich, odbytych w Stanach Zjednoczonych i Norwegii, dr Rafał Czajkowski w 2013 r. ponownie podjął pracę w Instytucie Biologii Doświadczalnej im. M. Nenckiego PAN, z którym ostatecznie związał swoją karierę zawodową. Obecnie Habilitant pełni funkcję kierownika Pracowni Pamięci Przestrzennej.

**Stwierdzam, zatem że Habilitant spełnia podstawowy warunek** wynikający z art. 219 ust. 1 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz. U. z 2021 r. poz. 478, z późn. zm.) – **posiada stopień doktora.**

tel.: +48 42 66 55 674

ul. Pomorska 141/143, 90-236 Łódź

e-mail: renata.bocian@biol.uni.lodz.pl

➔ [www.uni.lodz.pl](http://www.uni.lodz.pl)

## 2. Ocena osiągnięcia naukowego

Przedstawione do oceny osiągnięcie naukowe pt. „*Mechanizmy formatowania śladu pamięci w korze retrosplenialnej*” składa się z pięciu powiązanych tematycznie prac (4 oryginalnych prac badawczych i 1 pracy przeglądowej) opublikowanych w latach 2013-2021 w wysoko punktowanych czasopismach z listy *Journal Citation Report*. Wszystkie manuskrypty to wieloautorskie prace, w których udział Habilitanta w planowaniu badań, analizie uzyskanych danych oraz przygotowaniu manuskryptów był dominujący i według zawartych w autoreferacie informacji nie niższy niż 75%. Również udział w przeprowadzeniu doświadczeń był dominujący i, zgodnie z deklaracją Habilitanta, wynosił nie mniej niż 50%. Doktor Rafał Czajkowski w 3 pracach jest pierwszym i korespondencyjnym autorem. **Na podstawie ww. informacji, stwierdzam, że w przedłożonych do oceny badaniach Habilitant pełnił rolę wiodącą.**

Wszystkie publikacje prezentują wysoki poziom naukowy, o czym świadczy fakt opublikowania ich w prestiżowych czasopismach naukowych – *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* (IF = 11,20; MEiN 200 pkt.), *Journal of Neuroscience* (IF = 6,17; MEiN 140 pkt.), *Brain Sciences* (IF = 3,39; MEiN 100 pkt. ), *Molecular Brain* (IF = 4,04; MEiN 100 pkt) i *Journal of Visualized Experiments* (IF = 1,36; MEiN 70 pkt.) łączny współczynnik oddziaływania (IF) cyklu publikacji ocenianego osiągnięcia naukowego wynosi **26,16**, a sumaryczna liczba punktów MEiN **610** (wg nowej punktacji z listy z 2019 r.) Oceniane prace, do dnia przygotowania recenzji (17.06.2022 r.), cytowane były **161** razy (źródło: *Web of Science Core Collection*). Jednak większość cytowań, bo aż 122 z 161, to cytowania badań opublikowanych w 2014 r w czasopiśmie *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*.

Tematyka badawcza osiągnięcia naukowego dr. Rafała Czajkowskiego oscyluje wokół zagadnień związanych z substratem anatomicznym i neuronalnym pamięci. Ze względu na trwałość śladów pamięciowych wyróżnia się pamięć krótko- i długotrwałą. W kręgu zainteresowań badawczych Habilitanta znajduje się pamięć przestrzenna (rodzaj pamięci deklaratywnej zaliczanej do pamięci długotrwałej), którą należy rozumieć jako zdolność do tworzenia map kognitywnych dla różnych lokalizacji oraz umiejętność ich późniejszego wykorzystania do skutecznej nawigacji.

Pamięć długotrwała formowana jest w następstwie zmian metabolicznych, które prowadzą do modyfikacji połączeń między neuronami. Proces ten stanowi wstępny etap konsolidacji pamięci, zwanej także konsolidacją synaptyczną. Przez lata sadzono, że modyfikacja połączeń między neuronami zachodzi wyłącznie w obrębie hipokampa, ale w świetle najnowszych danych wydaje się, że ślad pamięciowy może ulegać dalszemu przekształceniu w procesie zwanym konsolidacją systemową i znaleźć się pod kontrolą innej niż hipokamp struktury.

W pierwszej z prac wchodzących w skład dzieła [Czajkowski i wsp., 2014] podjęta została próba identyfikacji obszaru mózgowia mogącego kontrolować ślad pamięci przestrzennej w sposób komplementarny lub alternatywny do hipokampa. Zdaniem Autorów omawianej pracy obszarem zdolnym do tego mógłby być, leżący powyżej hipokampa, fragment kory zakrętu zębatego zwany korą retrosplenialną (*ang. retrosplenial cortex, RSC*), bowiem posiada on połączenia anatomiczne z licznymi strukturami mózgowymi odpowiadającymi za pamięć przestrzenną. W celu potwierdzenia obecności w obrębie RSC neuronów, które byłyby związane z procesem uczenia się przestrzennego dokonano oceny poziomu białka wczesnej odpowiedzi Fos podczas testów

behawioralnych prowadzonych w labiryncie wodnym (test Morrisa). Uzyskane wyniki wykazały, że konieczność planowania trajektorii w oparciu o globalne wskazówki prowadziła do zwiększonej ekspresji białka Fos w neuronach RSC, co niewątpliwie wskazuje na istotną rolę tego obszaru w procesie tworzenia śladu pamięci przestrzennej. Co więcej, obserwacja ta znalazła potwierdzenie w badaniach farmakologicznych, w których dokonano inaktywacji RSC. Okazało się, że domózgowe iniekcje CNQX (antagonisty receptorów AMPA) uniemożliwiały odtworzenie zwierzętom drogi do platformy. Na podstawie uzyskanych wyników Autorzy badań postulują, że RSC może kontrolować proces kodowania i odtwarzania informacji przestrzennej podobnie jak hipokamp.

Dodatkowe dane potwierdzające kluczową rolę RSC w procesie powstawania engramu pamięci przestrzennej pochodzą z badań, w których oceniano wpływ zmian plastyczności neuronalnej w obrębie badanej struktury. Stosując technikę wektorową, zwiększono populację retrosplenialnych neuronów z wysoką ekspresją białka CREB. Dowiedziono, że wyższy poziom ekspresji CREB w neuronach RSC skutkowało przyspieszeniem procesu uczenia się. Po zablokowaniu aktywności neuronów ze „sztucznie” zwiększonym poziomem CREB obserwowany efekt był podobny do tego jaki był notowany w przypadku farmakologicznej inaktywacji RSC. Zatem bez wątplenia wszystkie wyniki badań opisane w pracy **Czajkowski i wsp. (2014)** wskazują na kluczową rolę kory retrosplenialnej w procesie tworzenia śladu pamięci przestrzennej.

Odkrycie współistnienia, organizujących równoległe ślady pamięci przestrzennej, struktur (hipokampa i RSC) rodzi pytanie: Jakie są wzajemne relacje pomiędzy obiema strukturami w procesie kodowania i odtwarzania engramów? Odpowiedzi na powyższe pytanie dostarczyły wyniki badań opisane w kolejnej pracy **[Czajkowski i wsp., 2013]**. Autorzy tej pracy prześledzili anatomiczne i funkcjonalne zależności między hipokampem a RSC w kontekście całego obwodu neuronalnego odpowiedzialnego za pamięć przestrzenną. Poza hipokampem i RSC do obwodu tego należy również przyśrodkowa kora śródwęczowa (*ang. medial enthorinal cortex, MEC*). W świetle dostępnych danych literaturowych Autorzy badań, założyli że MEC mogłaby stanowić miejsce integracji informacji pochodzących zarówno z hipokampa jak i RSC. Aby zweryfikować powyższą hipotezę zbadane zostały, pod względem neuroanatomicznym i funkcjonalnym, projekcje z RSC do MEC. Wyniki znakowania fluorescencyjnego wykazały, że aksony neuronów, których ciała zlokalizowane są w RSC formują synapsy pobudzające na bazalnych dendrytach neuronów piramidowych w warstwie V i VI MEC. Co więcej, wyniki badań elektrofizjologicznych potwierdziły badania neuroanatomiczne. W badaniach z zastosowaniem techniki *patch clamp* zaobserwowano, że podczas stymulacji zakończeń nerwowych pochodzących z RSC obserwowane były potencjały postsynaptyczne w neuronach warstwy V przyśrodkowej kory śródwęczowej. Zatem dowiedzione zostało, że projekcje z hipokampa i RSC docierają do tej samej populacji neuronów piramidalnych zlokalizowanych w warstwie V MEC, a przyśrodkowa kora śródwęczowa stanowi miejsce integracji informacji pochodzącej zarówno z hipokampa jak i RSC.

Kolejna praca, wchodząca w skład osiągnięcia naukowego **[Łukasiewicz i wsp. 2016]**, ma charakter metodyczny i poświęcona została opracowaniu modelu doświadczalnego umożliwiającego przyżyciowe monitorowanie, zachodzącej na poziomie synaptycznym, plastyczności pomiędzy hipokampem a RSC. Autorzy tej pracy wykazali, że w warunkach *in vivo* możliwe jest długotrwałe i jednoczesne obrazowanie pre- i postsynaptycznych elementów połączeń synaptycznych

występujących pomiędzy hipokampem a RSC. Wartością dodaną tych badań jest to, że opracowany model doświadczalny jest układem podstawowym i w przypadku użycia innych specyficznych promotorów, wersji białek fluorescencyjnych i wektorów wirusowych daje możliwość równoległej identyfikacji innych populacji neuronów, a także pozwala na wyznakowanie dodatkowych połączeń synaptycznych w obrębie danego układu neuronalnego.

W ostatniej z prac oryginalnych, stanowiących osiągnięcie naukowe [Czajkowski i wsp., 2020], Autorzy skupili się na określeniu roli hipokampa i RSC w procesie formowania śladu pamięci przestrzennej. W świetle przedstawionych w pracy danych można sądzić, że zaangażowanie RSC i hipokampa w tworzenie engramów pamięci przestrzennej jest zróżnicowane, a rola obu struktur w tym procesie jest odmienna. Wniosek taki został wysnuty na bazie badań, w których wykorzystano zmodyfikowaną wersję labiryntu T dającego możliwość badania pamięci przestrzennej u zwierząt doświadczalnych. W trakcie badań prowadzonych w labiryncie użyto dwóch odmiennych kontekstów. Przełączanie się między kontekstami umożliwiło testowanie zdolności zwierząt do wykorzystywania informacji przestrzennych. Po wstępnym treningu szczury prezentowały dwie strategie rozwiązywania zadania, przy czym połowa zwierząt wykonując zadanie polegała na odległych sygnałach przestrzennych (grupa allocentryczna), a druga połowa stosowała strategię egocentryczną. Zwierzęta, które nie wykorzystywały wskazówek przestrzennych, wykazywały wyższe poziomy mRNA dla genu wczesnej odpowiedzi Arc w RSC w porównaniu z grupą allocentryczną. Natomiast ekspresja Arc w hipokampie była porównywalna dla obu zidentyfikowanych grup behawioralnych (allocentrycznej i egocentrycznej). Zatem uzyskane wyniki dostarczyły dowodów na zróżnicowane zaangażowanie RSC i hipokampa w procesie nabywania pamięci przestrzennej.

W pracy przeglądowej [Balcerek i ws., 2021], zamykającej osiągnięcie naukowe, Habilitant wraz ze współautorami, zaproponował teoretyczny model współdziałania hipokampa z RSC w procesie formowania i odtwarzania pamięci przestrzennej. Okazało się, że postulowana wcześniej rola RSC jako struktury zależnej od hipokampa, ewentualnie przejmującej jej funkcję w procesie konsolidacji systemowej, nie znalazła potwierdzenia w wynikach badań anatomicznych, funkcjonalnych, molekularnych, ani behawioralnych. Autorzy pracy sugerują, że najbardziej prawdopodobnym modelem opisującym współdziałanie obu struktur wydaje się układ, w którym równocześnie formowane są dwa osobne ślady pamięci. Przy czym ślad powstały w obrębie hipokampa zawiera szczegółowe informacje o kontekście i jego zawartości, a powstały w RSC zawiera jedynie informacje na temat charakterystycznych elementów kontekstu, punktów orientacyjnych, i być może też wzajemnych relacji przestrzennych pomiędzy nimi. Pomimo różnic funkcjonalno-anatomicznych oba engramy umożliwiają skuteczną nawigację w obrębie znanego obszaru. Zaproponowany model współdziałania hipokampa z RSC w procesie formowania i odtwarzania pamięci przestrzennej póki co jest tylko propozycją, która wymaga szczegółowej weryfikacji. Zgodnie z deklaracją Habilitanta badania mające na celu doświadczalną weryfikację teoretycznego modelu będą tematem kolejnych projektów badawczych.

Podsumowując tę część oceny **stwierdzam, że zbiór prac przedstawionych jako osiągnięcie naukowe zatytułowane „Mechanizmy formatowania śladu pamięci w korze retrosplenialnej” ze względu na znaczący wkład opisanych w nich badań w rozwój dyscypliny nauk biologicznych,**

a także logiczną spójność tematyczną i rolę Habilitanta w jego powstanie, może stanowić podstawę do ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego.

### 3. Ocena dorobku naukowego i współpracy międzynarodowej po uzyskaniu stopnia doktora

Pozostały, niewchodzący w skład osiągnięcia naukowego, dorobek publikacyjny dr. Rafała Czajkowskiego to 17 prac (w tym 6 opublikowanych po uzyskaniu stopnia naukowego doktora nauk biologicznych). **Na szczególną uwagę zasługuje, opublikowany w 2013 r. manuskrypt w prestiżowym czasopiśmie *Nature Neuroscience* (IF = 24,88), w którym omówione zostały badania dotyczące substratu neuronalnego pamięci przestrzennej. Współautorami tej pracy są m.in. Edvard Moser i May-Britt Moser, laureaci Nagrody Nobla w dziedzinie fizjologii i medycyny z 2014 roku!**

Po doktoracie Habilitant odbył dwa staże naukowe w zespole dr. Alcino Silvy (Uniwersytet Kalifornijski, Los Angeles) i dr. Menno Wittera (Norweski Uniwersytet Naukowo-Techniczny, Trondheim). W sumie dr Rafał Czajkowski, po uzyskaniu stopnia doktora, przez 9 lat prowadził badania w renomowanych zagranicznych ośrodkach naukowych. W tym czasie Habilitant:

- opracował podstawy techniki przyżyciowego obrazowania mikroskopowego w korze retrosplenialnej przy pomocy mikroskopu dwufotonowego;
- opracował model behawioralny umożliwiający badanie engramu pamięci w korze retrosplenialnej;
- udoskonalił technikę fluorescencyjnego znakowania połączeń neuronalnych w skrawkach mózgowych o znacznej grubości;
- zaimplementował metodę funkcjonalnej analizy połączeń w obrębie kory retrosplenialnej i śródwęchowej z użyciem techniki optogenetycznej w połączeniu z rejestracjami aktywności elektrofizjologicznej w warunkach *ex vivo*.

Pan Doktor wykorzystuje, wszystkie wymienione powyżej techniki eksperymentalne w obecnej pracy naukowej oscylującej wokół zagadnień związanych z mechanizmami pamięci przestrzennej. Fundusze na prowadzone, w ostatnich latach, badania pochodzą z dwóch grantów NCN (konkurs CEUS-UNISONO i SONATA-bis). Oba projekty są w trakcie realizacji, a dr Rafał Czajkowski pełni w nich funkcję kierownika grantu. Habilitant był również wykonawcą w grantzie uzyskanym w ramach konkursu SYMFONIA (w latach 2013-2018) oraz zastępcą kierownika projektu, pozyskanego w ramach programu TEAM, finansowanego przez Fundację na Rzecz Rozwoju Nauki Polskiej. Godny uwagi jest również fakt, że jeszcze przed obroną doktoratu dr Rafał Czajkowski, jako główny wykonawca, realizował badania finansowanych przez Komitet Badań Naukowych.

Uzyskane przez Habilitanta wyniki badań są regularnie prezentowane na licznych krajowych i międzynarodowych konferencjach oraz sympozjach naukowych. Wielokrotnie wygłaszał na nich wykłady, w tym wykłady plenarne. Kompetencje zawodowe Pana Doktora są zauważane, a także doceniane, nie tylko w kraju, ale również w międzynarodowym środowisku naukowym co znajduje wyraz w licznych zaproszeniach do recenzji prac naukowych zgłaszanych do redakcji wysoko punktowanych czasopism naukowych z listy JCR (w sumie Habilitant zrecenzował 15 manuskryptów). W swoim dorobku naukowym dr Rafał Czajkowski ma również recenzję doktoratu przygotowanego

w Kalvi Institute for Systemes Neuroscience (Norweski Uniwersytet Naukowo-Techniczny, Trondheim).

Dodatkowo, dr Rafał Czajkowski posiada osiągnięcia konstrukcyjno-technologiczne. Jest współtwórcą systemu służącego do określenia pozycji zwierząt eksperymentalnych wyposażonego w bezprzewodowy system do stymulacji optogenetycznej. Z kolei w ramach współpracy z firmą Squadron sp. z o.o. Habilitant opracował system szkolenia dla operatorów bezzałogowych statków powietrznych.

Całkowity dorobek naukowy dr. Rafała Czajkowskiego wg bazy *Web of Science* na dzień 17 czerwca 2022 obejmuje 27 pozycji. Sumaryczny IF, cytowanych 493 razy (451 bez autocytowań), prac wynosi 116,72 (2175 punktów MEiN), a wskaźnik Hirscha 12.

**Konkludując, dr Rafał Czajkowski jest doświadczonym, w pełni samodzielnym pracownikiem naukowym, który prowadzi nowatorskie badania mające na celu poznanie neurobiologicznych mechanizmów pamięci przestrzennej. Co więcej, skutecznie pozyskuje fundusze na prowadzone badania. Rezultaty prac doświadczalnych publikuje w renomowanych czasopismach naukowych i prezentuje na konferencjach naukowych.**

#### **4. Ocena dorobku dydaktycznego, organizacyjnego i popularyzatorskiego**

Doktor Rafał Czajkowski posiada doświadczenie dydaktyczne, chociaż nie jest ono tak duże jak u habilitantów, których aktywność zawodowa związana jest uczelniami wyższymi. Jest to absolutnie zrozumiałe, ponieważ dr Rafał Czajkowski jest związany zawodowo z Instytutem Biologii Doświadczalnej im. M. Nenckiego PAN, którego profil aktywności jest przecież w pełni badawczy. Wśród osiągnięć dydaktycznych Habilitanta znalazły się wykłady, które prowadził dla słuchaczy Studiów Doktoranckich Instytutu Nenckiego, Szkoły Doktorskiej Państwowego Instytutu Weterynaryjnego oraz uczestników Szkoły Zimowej organizowanej przez pracowników Instytutu Nenckiego, a także Szkoły Letniej konsorcjum naukowego KNOW. W 2015 roku Habilitant przeprowadził warsztaty z mikroskopii fluorescencyjnej dla studentów Norweskiego Uniwersytetu Naukowo-Technicznego w Trondheim. Dodatkowo dr Rafał Czajkowski sprawował opiekę nad jedną pracą magisterską, a w chwili obecnej pełni funkcję opiekuna naukowego trzech prac doktorskich realizowanych w macierzystej jednostce.

Pan Doktor w swoim dorobku posiada bogatą aktywność o charakterze popularyzatorskim. Wygłosił liczne wykłady o charakterze popularnonaukowym w ramach organizowanej cyklicznie akcji edukacyjnej *Tydzień mózgu*, której celem jest popularyzowanie wiedzy z zakresu szeroko rozumianych neuronauk. Prowadził także zajęcia dla słuchaczy uniwersytetu Trzeciego Wieku, uniwersytetu dziecięcego, uczestników Festiwalu Nauki, stypendystów Krajowego Funduszu na Rzecz Dzieci (dzieci szczególnie uzdolnionych naukowo) oraz licealistów, którzy odbywali staże badawczo-rozwojowe w ramach programu *Explory* (flagowego programu Fundacji Zaawansowanych Technologii). Dr Rafał Czajkowski jest też autorem dwóch publikacji popularnonaukowych wydanych w czasopismach popularnonaukowych poświęconych naukom przyrodniczym (*Wszechświat* i *Komos*). Habilitant w ramach aktywności popularyzatorskiej brał udział także w licznych audycjach radiowych oraz udzielił wywiadów opublikowanych w magazynie *Zdrowie i Życie* oraz portalach internetowych *Puls medycyny* i *K-Mag*.

Również dorobek organizacyjny Habilitanta jest imponujący. Dr Rafał Czajkowski od lat uczestniczy w organizacji, odbywających się cyklicznie, międzynarodowych konferencji naukowych *Neuron in Action* oraz *Aspects of Neuroscience*. W sumie Habilitant, jako współorganizator i członek komitetu naukowego, uczestniczył w organizacji 10 konferencji. Współorganizował także konferencje dla doktorantów Instytutu Biologii Doświadczalnej im. M. Nenckiego PAN w latach 2015, 2018 i 2019 oraz międzynarodową konferencję *FEBS Forum for Young Scientists* w 2014 roku.

### **Wniosek końcowy**

Po szczegółowej analizie dorobku naukowego oraz aktywności naukowej dr. Rafała Czajkowskiego stwierdzam, że Habilitant prezentowanym osiągnięciem włożył istotny wkład w rozwój nauk biologicznych oraz w sposób znaczący poszerzył swój dorobek po uzyskaniu stopnia doktora. Także działalność dydaktyczna, popularyzatorska i wkład we współpracę międzynarodową nie budzi zastrzeżeń. Biorąc pod uwagę powyższe fakty stwierdzam, że osiągnięcie naukowe i dorobek naukowy dr. Rafała Czajkowskiego **spełnia wymagania** art. 219 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz. U. z 2021 r. poz. 478, z późn. zm.). **Wnoszę zatem do Rady Naukowej Instytutu Biologii Doświadczalnej im. M. Nenckiego PAN o nadanie Panu dr. Rafałowi Czajkowskiemu stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych, w dyscyplinie nauk biologicznych.**



*dr hab. Renata Bocian*