

ROLA NEUROARCHITEKTURY W PROJEKTOWANIU WNĘTRZ

Streszczenie

Niniejszy artykuł przedstawia najbardziej podstawowe zasady i wytyczne dotyczące projektowania wnętrz w oparciu o współczesną wiedzę o neuroarchitekturze. Zdefiniowano w nim pojęcie neuroarchitektury, następnie omówiono, jak określone cechy przestrzeni mogą być odbierane przez mózg oraz jak wpływają one na człowieka - jego odczucia, reakcje czy zdolności poznawcze. Przytoczono badania dotyczące szeroko pojętej neuronauki, psychologii i samego odbioru przestrzeni. Wskazano wyzwania, z którymi mogą mierzyć się osoby cierpiące na zaburzenia neurorozwojowe w kontekście otaczających je wnętrz. W pracy przedstawiono praktyczne rozwiązania, które pozwalają wdrożyć idee neuroarchitektury do dowolnej przestrzeni, a także procesu projektowania wnętrz. Artykuł porusza także kwestie powodów istotności tego zagadnienia zarówno obecnie, jak i w przyszłości.

Cel

Zasadniczym celem pracy jest prezentacja zastosowania wywodzących się z neuroarchitektury odkryć i zasad możliwych do wykorzystania w projektowaniu wnętrz. Wyróżniono w niej kluczowe elementy projektowania wnętrz, takie jak: układ przestrzenny, formy, kolorystyka, akustyka i inne, które bezpośrednio oddziałują na człowieka, umożliwiając wspieranie codziennego funkcjonowania oraz pracy mózgu. W artykule podjęto analizę przytoczonych składowych projektu, omawiając wpływ poszczególnych elementów na percepcję i prognozowane reakcje użytkownika. Zwrócono ponadto uwagę na potencjalną wartość wykorzystywania neuronauki w kontekście architektury i projektowania, co może realnie wpływać na odczuwanie przestrzeni, a tym samym dobrostan psychiczny, emocjonalny i fizyczny. Artykuł obrazuje, jak znaczącą rolę neuroarchitektura może odgrywać w architekturze wnętrz. Ma na celu zachęcać do zainteresowania neurobiologią, neuropsychologią, prowadzonymi w zakresie tych dziedzin badaniami oraz wnioskami z nich płynącymi w kontekście wdrożenia ich do procesu projektowego w zawodzie architekta wnętrz.

Metodologia

Praca ma charakter przeglądowy i została opracowana w oparciu o analizę literatury przedmiotu z zakresu: neuronauki poznawczej, psychologii środowiskowej, architektury i projektowania wnętrz oraz publikacji naukowych dotyczących neuroarchitektury. Analizie poddano artykuły z baz naukowych takich jak PubMed. Kryteriami doboru literatury były: recenzowany charakter źródeł, a także zgodność z przedstawioną tematyką. Przeanalizowano dostępne treści i wyniki badań w celu znalezienia najważniejszych zależności między parametrami środowiska, które otacza człowieka (światło, kolor, akustyka, układ przestrzenny, materiały) a reakcjami neuropsychologicznymi użytkowników.



Wnioski

Analiza literatury, dostępnych opracowań i badań naukowych wykazała, że projektowanie wnętrz w oparciu o odkrycia neuroarchitektury może realnie poprawiać dobrostan użytkowników przebywających w danej przestrzeni, w tym m.in. poprawiać ich nastrój, koncentrację, kreatywność i samopoczucie, a także prawdopodobnie minimalizować stres i uczucie przebodźcowania. Elementami, które mogą realnie wpływać na ten efekt, tzn. pozytywną zmianę w odbiorze, czyli postrzeganiu, a następnie odczuwaniu przestrzeni są m.in.: planowanie (układy funkcjonalne i strefowanie), ergonomia, oświetlenie, kolory, materiały, kształty, formy, akustyka i inne elementy tj. inteligentne systemy zarządzania domem, koncepcja biophilic design. Praca wykazuje, że neuroarchitektura - będąca interdyscyplinarną dziedziną łączącą neuro naukę, psychologię i architekturę - może być niezwykle rozwojowym i cennym nurtem służącym tworzeniu środowisk (w wypadku tego opracowania wnętrz) wspierających zdrowie, funkcjonowanie i szeroko pojęty dobrostan człowieka.

Oryginalność

W opracowaniu przedstawiono podstawowe zasady neuroarchitektury w kontekście praktyki zawodowej. Autorka przedstawia neuroarchitekturę nie tylko jako koncepcję czy teorię, ale jako narzędzie umożliwiające tworzenie przestrzeni, które mogą realnie wspierać codzienne funkcjonowanie użytkowników. Oryginalność pracy wynika z integracji wiedzy z zakresu szeroko pojętej neuronauki (neurobiologii, neuropsychologii, neurologii itp.) i architektury oraz zestawieniu dostępnych opracowań, a także badań z codziennymi decyzjami projektowymi. Takie podejście pozwala lepiej zrozumieć wpływ przestrzeni na emocje, zachowania i samopoczucie człowieka, a w konsekwencji umożliwia świadome kształtowanie wnętrz w celu poprawy dobrostanu użytkowników.

Słowa kluczowe: neuroarchitektura, neurologia, psychologia, projektowanie wnętrz, architektura wnętrz.

THE ROLE OF NEUROARCHITECTURE IN INTERIOR DESIGN

Abstract

This article is devoted to presenting a proposed framework of the most fundamental principles and guidelines for interior design based on contemporary knowledge of neuroarchitecture. The concept of neuroarchitecture is first defined, followed by a discussion of how specific spatial characteristics are perceived by the human brain and how they influence individuals, including their sensations, reactions, and cognitive abilities. The article references research from the fields of neuroscience, psychology, and spatial perception. It also highlights the challenges faced by individuals with neurodevelopmental disorders in relation to their built environment. Furthermore, the paper proposes practical solutions that enable the implementation of neuroarchitectural principles to various types of interior spaces and design processes. It also explains the specific contexts in which this approach can be particularly effective.

Finally, the article addresses the reasons for the growing relevance of this topic on both the present context and from a future-oriented perspective.

Objective

The primary objective of this study is to present application of discoveries and principles derived from neuroarchitecture that can be implemented in interior design practice. The paper distinguishes key elements of interior design – such as spatial layout, forms, color schemes, acoustics, and other components – that directly affect human perception, thereby supporting everyday functioning and brain activity. This article undertakes an analysis of the identified design components, discussing step by step the impact of each element on perception and the anticipated reactions of space users. Particular attention is given to the hypothetical value of implementing and applying neuroscience within the context of architecture and design, which may have a tangible influence on spatial experience and, consequently, on psychological, emotional, and physical well-being. It illustrates the significant role that neuroarchitecture can play in interior architecture. The article also aims to encourage interest in neurobiology, neuropsychology, and ongoing research in these fields, as well as in the application of their findings within the interior design process and professional practice of interior architects.

Methodology

This study adopts a review-based approach and was developed through a analysis of subject literature in the fields of cognitive neuroscience, environmental psychology, architecture and interior design, as well as scientific publications related to neuroarchitecture. Articles sourced from scientific databases such as PubMed were analyzed. The criteria for literature selection included the peer-viewed nature of the sources and their relevance to the subject matter. Available content and research findings were examined in order to identify the most significant relationships between environmental parameters surrounding individuals – such as interior architecture elements including lighting, color, acoustics, spatial layout and material – and users' neuropsychological responses.

Conclusions

The analysis of literature, available studies, and scientific research indicates that interior design based on neuroarchitectural principles may significantly improve the well-being of users occupying a given space, including enhancing mood, concentration, creativity, and overall comfort, while potentially reducing stress and sensory overload. Element that may realistically influence such positive outcomes – namely changes in spatial perception and experience – include planning (functional layouts and zoning), ergonomics, lighting, smart home management systems and the concept of biophilic design. The study demonstrated that neuroarchitecture – an interdisciplinary field combining neuroscience, psychology, and architecture – may constitute a highly valuable and progressive approach to creating environments (in this case, interior spaces) that support human health, functioning, and broadly understood well-being.

Originality

This study presents fundamental principles of neuroarchitecture within the context of professional practice. The author approaches neuroarchitecture not only as a conceptual or theoretical framework, but as a practical tool enabling the creation of spaces that can genuinely support users' everyday functioning. The originality of the paper lies in the integration of knowledge from the broad field of neuroscience – including neurobiology, neuropsychology, and neurology – with architecture and interior design, as well as in the juxtaposition of existing studies and research findings with everyday design decisions. This approach may contribute to a deeper understanding of how space influences human emotions, behavior, and well-being, and consequently how these effects may be consciously regulated and managed through design.

Keywords: neuroarchitecture, neurology, psychology, interior design, interior architecture.

Wstęp

Neuroarchitektura to nurt łączący neurologię czy neuropsychologię z architekturą. To wielowymiarowa dziedzina, która zajmuje się relacją mózgu i przestrzeni – tym, jak otoczenie wpływa na procesy poznawcze, zachowanie, emocje, odruchy, efektywność lub samopoczucie człowieka. Za pioniera neuroarchitektury uznaje się Jonasa Salka, który współpracował z Louistem Kahnem nad stworzeniem przestrzeni wspierających kreatywność w Instytucie Salka¹. Współczesna wiedza o neuroarchitekturze od około 25 lat coraz efektywniej i dynamiczniej się rozwija. W roku 1999 Nancy Kenwisher opublikowała artykuł na łamach czasopisma „Neuron”. Opracowanie to miało znaczący wkład w eksploatację powiązań mózgu i jego reakcji na doznania związane z architekturą². Naukowcy prowadzący badania dotyczące tego nurtu od strony medycznej analizują działania odpowiadających za percepcję i reakcje obszarów mózgu, takich jak: *przednia część zakrętu kory obręczy (ACC)* czy *przyhipokampowe pole miejsca (PPA)*³. Rolą architektów natomiast jest opracowywanie odpowiednich wytycznych oraz wdrażanie rozwiązań, które mają sprzyjać zdrowiu psychicznemu i fizycznemu, a także osiągnięciu innych założonych celów. Istotną częścią zagadnienia neuroarchitektury jest architektura wnętrz. Prywatne i publiczne wewnętrzne

¹ Na podstawie: Matoso M., *Neuroarchitecture: How Your Brain Responds to Different Spaces*, „ArchDaily”, maj 2022, s. 2–4, <https://www.archdaily.com/982248/neuroarchitecture-how-your-brain-responds-to-different-spaces> [data dostępu: 18.11.2024 r.].

² Na podstawie: Eberhard J.P., *Applying Neuroscience to Architecture*, „Neuron” 2009, 62, s. 753–756, DOI: 10.1016/j.neuron.2009.06.001, [https://www.cell.com/neuron/fulltext/S0896-6273\(09\)00431-0?returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS0896627309004310%3Fshowall%3Dtrue](https://www.cell.com/neuron/fulltext/S0896-6273(09)00431-0?returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS0896627309004310%3Fshowall%3Dtrue), [data dostępu: 20.11.2024 r.].

³ Na podstawie: Abbas S., Okdeh N., Roufayel R., Kovacic H., Sabatier J.M., Fajloun Z., Abi Khattar Z., *Neuroarchitecture: How the Perception of Our Surroundings Impacts the Brain*, „Biology” 2024, 13(4), 220, s. 1–3. [data dostępu: 20.11.2024 r.].

przestrzenie budynków stale nas otaczają i nieustannie na nas oddziałują. Stanowi to argument, wskazujący na zasadność poświęcenia im szczególnej uwagi.

1. Podstawy teoretyczne

Proces odbioru przestrzeni przez człowieka jest niezwykle skomplikowany. Opiera się on bowiem na współdziałaniu wielu struktur mózgowych. Percepcja (w kontekście architektury wnętrz) zależy od różnych czynników, np. układów funkcjonalnych, barw, kształtów, oświetlenia, które z kolei wpływają na nawigację przestrzenną, ogólne wrażenia czy emocje i odczucia. Projektując, należy zwrócić uwagę na neurobiologiczne podstawy percepcji przestrzeni. Znajomość i rozumienie zachodzących procesów oraz podmiotów za nie odpowiedzialnych z dużym prawdopodobieństwem pozwolą lepiej wdrożyć odpowiednie rozwiązania. Kluczowymi elementami w procesie percepcji są: *hipokamp* – odpowiedzialny za kodowanie relacji współrzędnych, a zatem precyzyjną lokalizację obiektów⁴; *kora ciemieniowa tylna (PPC)* – zajmuje się kategoryzacją relacji przestrzennych, np. pozycją jednego obiektu względem drugiego⁵; *kora wzrokowa V1* – integruje bodźce sensoryczne z nawigacyjnymi⁶; *kora śródwęchowa przyśrodkowa (MEC)* – koduje pozycję w przestrzeni, tworząc regularny wzorec aktywności oraz prędkość i pozycję głowy⁷; *komórki graniczne i wektorowe* – reagują na obecność granic, np. ścian czy krawędzi, przez co stanowią podstawę dla funkcjonowania w przestrzeniach zamkniętych⁸. Za percepcję wizualną

⁴ Baumann O., Chan E., & Mattingley J.B., *Dissociable roles of the hippocampus and parietal cortex in processing of coordinate and categorical spatial information*, "Frontiers in Human Neuroscience" 2014, 8, 73, DOI: 10.3389/fnhum.2014.00073, <http://dx.doi.org/10.3389/fnhum.2014.00073>, https://www.researchgate.net/publication/260529143_Dissociable_roles_of_the_hippocampus_and_parietal_cortex_in_processing_of_coordinate_and_categorical_spatial_information, [data dostępu: 20.04.2025 r.].

⁵ Ibidem.

⁶ Saleem A.B., Ayaz A., Jeffery K.J., Harris K.D., & Carandini M., *Coherent encoding of subjective spatial position in visual cortex and hippocampus*, "Nature" 2018, 562(7725), 124–127,

DOI: 10.1101/235648, <https://doi.org/10.1101/235648>, <https://www.biorxiv.org/content/biorxiv/early/2017/12/18/235648.full.pdf>, [data dostępu: 20.11.2024 r.].

⁷ Taube J.S., *The head direction signal: origins and sensory-motor integration*, "Annual Review of Neuroscience" 2007, 30, 181–207, DOI: <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.neuro.29.051605.112854>, https://www.researchgate.net/publication/6465941_The_Head_Direction_Signal_Origins_and_Sensory-Motor_Integration, [data dostępu: 20.04.2025 r.].

⁸ Lever C., Burton S., Jeewajee A., O'Keefe J., & Burgess N., *Boundary vector cells in the subiculum of the hippocampal formation*, "Journal of Neuroscience" 2009, 29(31), 9771–9777, DOI: <http://dx.doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1319-09.2009>, https://www.researchgate.net/publication/26719206_Boundary_Vector_Cells_in_the_Subiculum_of_the_Hippocampal_Formation, [data dostępu: 20.04.2025 r.].

odpowiedzialne są przede wszystkim: *kora V4 i ciało kolankowate boczne (LGN)* – kolor⁹; *kora V2, V3 i brzuszną ścieżkę wzrokową* – kształt, symetria, kontrast¹⁰.

Wykorzystanie wiedzy o tym, jak ludzki mózg odbiera i przetwarza bodźce, pozwala na realne podniesienie jakości stosowanych rozwiązań projektowych oraz finalnych produktów procesu projektowego. Można zatem ustalić wyraźny związek między środowiskiem, w którym się znajdujemy, a samopoczuciem psychicznym i fizycznym.

2. Zastosowanie i przykłady praktyczne

Potencjalne przestrzenie zastosowania

Wdrażanie rozwiązań architektonicznych opartych na wynikach badań z zakresu neurologii, neurobiologii czy psychologii z założenia jest atutem, niezależnie od okoliczności ich zastosowania. Jedynym czynnikiem decydującym przeciwnie może być sytuacja, gdy wiedza ta jest wykorzystywana w sposób negatywny, tj. poprzez realizację celów, które nie służą poprawie zdrowia, funkcjonowania czy życia użytkowników tych przestrzeni – w sposób niezgodny z etyką. Pozostałe przypadki czynnego odnoszenia się do neuronauki można sklasyfikować jako nowoczesne, świadome, wnikliwe podejście do projektowania. Obok ogólnych korzyści płynących z rozwoju i wzrostu dostępności wiedzy o neuroarchitekturze, nurt ten może być z sukcesem wykorzystywany w kontekście projektowania dla osób cierpiących na różnego rodzaju zaburzenia na tle neurologicznym lub psychologicznym. Wnętrza projektowane dla tych osób wymagają szczególnej uwagi ze względu na specyfikę pracy ich mózgu, odbioru przestrzeni oraz występujących reakcji.

Idea architektury wewnątrz bazująca na odkryciach neuroarchitektury byłaby zatem szczególnie istotna przy projektowaniu przestrzeni dla osób zmagających się z zaburzeniami neurologicznymi lub dysfunkcjami psychologicznymi. Fundamentalne przestrzenie ich codziennego funkcjonowania to m.in.: przychodnie i poradnie neurologiczne oraz psychologiczne, oddziały szpitalne, gabinety lekarskie, pracownie integracji sensorycznej, ale również prywatne mieszkania czy miejsca pracy. Kolejna grupa, dla której wdrażanie do wnętrza rozwiązań opartych na badaniach związanych z szeroko pojętą neuronauką może okazać się korzystne, a może nawet kluczowe, to dzieci. To zbiorowość charakteryzująca się szczególnymi potrzebami nie tylko z uwagi na wielopoziomowe

⁹ Zeki S., *The distribution of wavelength and orientation selective cells in different areas of monkey visual cortex*, "Proceedings of the Royal Society of London. Series B. Biological Sciences" 1983, 217(1209), pp. 449–470, DOI: <https://doi.org/10.1098/rspb.1983.0020>, <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rspb.1983.0020>, [data dostępu: 20.04.2025 r.].

¹⁰ Grill-Spector K., & Malach R., *The human visual cortex*, "Annual Review of Neuroscience" 2004, 27, pp. 649–677, DOI: <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.neuro.27.070203.144220>, https://www.researchgate.net/publication/8491620_The_human_visual_cortex, [data dostępu: 20.04.2025 r.].

zróźnicowanie między jednostkami występujące w grupach edukacyjnych (przedszkolnej, szkolnej itd.), ale także ze względu na wysoki poziom dostępności i użytkowania sprzętów elektronicznych przez najmłodszych. Młode, rozwijające się umysły nie są przystosowane do liczby bodźców jakie dostarcza współczesny świat, m.in. poprzez telewizję, media społecznościowe, neonowe banery, sztuczne oświetlenie itd. Wdrażanie do projektowanych wnętrz rozwiązań opartych na ideach neuroarchitektury może przynosić pozytywne efekty także w przypadku innych grup społecznych, ponieważ obecnie całe pokolenia coraz częściej zmagają się z przebodźcowaniem, zaburzeniami sensorycznymi czy zaburzeniami neurologicznymi. Hipotezę tę autorka opiera na badaniach sugerujących niespotykany dotąd, wysoki odsetek osób odczuwających objawy lub tendencję do przeciążenia sensorycznego¹¹. Dodatkowo istotna jest rosnąca liczba diagnoz zaburzeń neurologicznych, takich jak ASD¹² czy ADHD¹³. Choć tendencja ta może częściowo wynikać ze zwiększonej świadomości społecznej i rozwoju diagnostyki, nie powinna być bagatelizowana.

Podstawowe zasady i praktyczne narzędzia architekta

Fundamentem pracy architekta wnętrz są główne założenia projektu, koncepcja oraz układ przestrzenny. Łączenie wiedzy medycznej z architektoniczną powinno rozpoczynać się już na tym etapie. Zgodnie z najnowszymi odkryciami i obowiązującymi praktykami, zaleca się uwzględnienie idei neuroarchitektury jako integralnego elementu współczesnego projektowania, ze względu na istotny wpływ architektury na życie człowieka. Na podstawie dostępnej wiedzy oraz badań neurobiologicznych i psychologicznych można wyróżnić podstawowe zasady i obszary działania dla architektów. Za meritum wdrażania koncepcji neuroarchitektury do projektowania wnętrz uznać można spełnienie następujących kryteriów:

1. odpowiednie planowanie przestrzeni (strefowanie, układ funkcjonalny, ergonomia),
2. minimalizacja nadmiaru bodźców,
3. wdrożenie rozwiązań zapewniających plastyczność przestrzeni.

Te trzy punkty można określić jako fundamentalne, stanowiące podstawę dla słuszności kolejnych, coraz bardziej szczegółowych rozwiązań w nich zawartych.

¹¹ Weyn S., Greven C., Schmidt S., Gillebert C., *Sensory Processing Sensitivity and Overstimulation in Daily Life: An Experience Sampling Method Study*, 2025 DOI: 10.21203/rs.3.rs-7030961/v1, [data dostępu: 01.12.2025r.].

¹² Na podstawie: Shaw K.A., Williams S., Patrick M.E., *Prevalence and Early Identification of Autism Spectrum Disorder Among Children Aged 4 and 8 Years – Autism and Developmental Disabilities Monitoring Network, 16 Sites*, United States 2022, Morbidity and Mortality Weekly Report, Surveillance Summaries/Vol. 74/No. 2, April 17, 2025. [data dostępu: 01.12.2025r.].

¹³ Na podstawie: Tuncer-Ebetürk I., Kim J., Soysal Y.N., *The global rise in children's attention-deficit/hyperactivity disorder prevalence: a macro-sociological explanation*, "Social Forces" 2025, <https://doi.org/10.1093/sf/soaf153> [data dostępu: 01.12.2025r.].

Projektowanie przestrzeni zawsze rozpoczyna się od pewnego rodzaju rozkładu – rozmieszczenia stref, pomieszczeń, a następnie kolejnych elementów wnętrza. Plan powinien być intuicyjny, odpowiednio przemyślany i dostosowany do założeń oraz przewidzianych funkcji. Ten punkt stanowi zaczątek dla realizacji kolejnego. Minimalizacja nadmiaru bodźców jest z wysokim prawdopodobieństwem jednym z najprostszych i zarazem najbardziej efektywnych sposobów na wprowadzenie organizmu w stan relaksu. Jest to aspekt szczególnie ważny dla obecnych i przyszłych pokoleń ze względu na niespotykaną dotąd liczbę bodźców, która każdego dnia dociera do mózgu statystycznego odbiorcy. Dzieje się to przede wszystkim poprzez media, kulturę pracy czy współczesne środowisko miejskie (nieustanny szum aut, intensywność krajobrazu miejskiego) i styl życia (zaburzenie naturalnego rytmu dobowego, nadmierna ekspozycja na światło niebieskie, chroniczny stres). Natomiast wdrożenie rozwiązań zapewniających elastyczność przestrzeni może pozwolić na pełniejsze ich wykorzystywanie. Takie podejście jest szczególnie istotne w kontekście dynamicznych zmian wymagań społecznych, co pokazała chociażby pandemia COVID-19. Domy i mieszkania zyskały wówczas nowe funkcje. Oprócz stanowienia przestrzeni mieszkalnych stały się miejscami pracy, a także – w pewnym momencie – miejscami toczenia się wszystkich aspektów życia. Lokale mieszkalne służyły pracy, wypoczynkowi, realizacji hobby, co uwiarytkowiło elastyczność ludzkich potrzeb oraz znaczenie projektowania przestrzeni umożliwiającej ich zaspokojenie.

Podstawowymi narzędziami architekta służącymi poprawie jakości projektowanej przestrzeni w kontekście neuroarchitektury mogą być:

Planowanie przestrzeni i ergonomia – rzut funkcjonalny powinien uwzględniać zarówno strefy do integracji, jak i strefy wyciszenia, niezależnie czy dotyczy on inwestycji publicznej, czy prywatnej. Równie istotne jest uwzględnienie naturalnego przepływu ruchu (np. w oparciu o rytm dobowy czy plan dnia) oraz budowy ciała człowieka poprzez wdrażanie zasad ergonomii. Takie rozwiązania poprawiają funkcjonalność wnętrza i redukują bezład, który często stanowi dodatkowe, zbędne źródło kolejnych bodźców. Podział na strefy wprowadza porządek i ułatwia intuicyjne poruszanie się po przestrzeni.

Oświetlenie – poświęcenie należytej uwagi doborowi barwy, natężenia, rodzaju opraw oświetlenia sztucznego jest jedną z kluczowych zmiennych dla uzyskania pożądanych efektów wrażeniowych oraz reakcji odbioru przestrzeni. Projekt oświetlenia powinien uwzględniać indywidualne potrzeby związane z daną inwestycją i co za tym idzie określoną grupą użytkowników. Warto skorzystać z zasobów i możliwości, jakie oferuje m.in. tzw. System *DALI*¹⁴, który umożliwia nie tylko zdalne sterowanie oświetleniem, ale także dobór jego barwy oraz natężenia w zależności od bieżących potrzeb. DALI, czyli Digital Addressable Lighting Interface umożliwia indywidualne adresowanie i grupowanie opraw oświetle-

¹⁴ DALI (Digital Addressable Lighting Interface) – cyfrowy system umożliwiający sterowanie oświetleniem za pomocą urządzeń peryferyjnych lub komputera i przewodu dwużyłowego.

niowych w obrębie jednej magistrali sterującej, niezależnie od odwodów zasilania. System opiera się na dwukierunkowej komunikacji między sterownikiem a oprawami, co umożliwia wysyłanie poleceń (ściemnianie, włączanie, wyłączanie) i odbiór informacji zwrotnych (stan urządzenia, awarie). W kontekście projektowania wnętrz system ten stanowi niezwykle przydatne narzędzie pozwalające na precyzyjne kształtowanie projektu oświetlenia, tzn. scen świetlnych, poziomów natężenia czy harmonogramów pracy oświetlenia. Co istotne, przy zastosowaniu systemu nie ma konieczności ingerencji w instalację elektryczną przy przyszłych zmianach aranżacyjnych. Wdrożenie takiego systemu dla oświetlenia sztucznego do projektu wnętrza zapewnia wysoką elastyczność projektową i stałą możliwość konfiguracji scen świetlnych, możliwość indywidualnego sterowania czy ograniczenie zużycia energii. Wadami zastosowania tego rozwiązania są wyższe koszty (instalacji, projektu, prac wykonawczych) oraz konieczność stosowania dedykowanych sterowników i opraw. Architekci i architekci wnętrz dysponują jednak również możliwością czerpania ze światła naturalnego. Maksymalizacja dostępu do naturalnego światła wspiera produkcję melatoniny oraz pozytywnie wpływa na regulację rytmu dobowego. Odpowiednio opracowany projekt oświetlenia może znacznie poprawić samopoczucie użytkownika, wpływając tym samym na jakość odpoczynku czy efektywność pracy. Dodatkowo interesującym, nowoczesnym rozwiązaniem jest oświetlenie biodynamiczne, wspierające powrót do funkcjonowania w naturalnym rytmie dobowym. Celem HCL (Human Centric Lighting) jest dostosowanie parametrów światła sztucznego do naturalnych – biologicznych i psychofizycznych – potrzeb człowieka. System ten naśladuje naturalny rytm domowy, bazując na manipulacji temperaturą barwową oraz natężeniem światła. W godzinach porannych i przedpołudniowych to chłodniejsze, bardziej intensywne barwy, które wspierają pobudzenie aktywności, czujności i koncentrację; wieczorem oświetlenie stopniowo staje się cieplejsze i mniej intensywne, wspomagając wyciszenie organizmu, powoli przygotowując użytkownika do snu. HCL to niezwykle interesujące narzędzie w kontekście projektowania wnętrz. System wspiera powrót do naturalnych rytmów dobowych, co potencjalnie może znacznie podnosić komfort życia i poprawiać samopoczucie użytkownika.

Kolory i materiały – wybór barw powinien odbywać się w oparciu o wiedzę z zakresu psychologii kolorów i odpowiadać na konkretne potrzeby. Stosowanie tzw. *barw ziemi*, czyli odcieni występujących w naturze, również może mieć korzystny wpływ. Bazowanie na neutralnej, stonowanej palecie kolorystycznej okazuje się trafne w przypadku większości użytkowników. Do subtelnie zbudowanego tła można dodawać kolejne kolory, spoza początkowej, monochromatycznej bazy. Hipotetycznie najbardziej istotnym aspektem jest brak nadmiaru kontrastowych, intensywnych barw. Podobnie zastosowanie naturalnych materiałów, takich jak drewno czy kamień, a także planowanie żywej roślinności (*biophilic design*) w przestrzeni może podnosić poczucie ogólnego komfortu i obniżać poziom kortyzolu. Należy unikać plastiku oraz lotnych związków organicznych, poszukując odpowiednich farb czy mebli z certyfikatami niskiej emisji

chemicznej. Dla minimalizacji nadmiaru bodźców istotne jest więc ograniczenie zbyt dużej różnorodności czy zbyt intensywnej palety kolorów, a także redukcja liczby wzorów i wyrazistych faktur stosowanych w jednym pomieszczeniu lub wnętrzu.

Akustyka - projektowanie powinno uwzględniać również aspekt akustyki. Jest to element szczególnie istotny, ponieważ ludzki organizm nie jest naturalnie przystosowany do odbierania tak wielu nieustających dźwięków z otoczenia (np. szum aut w mieście, odgłosy pracy maszyn rolniczych na wsi). Takie środowisko wprowadza układ nerwowy w stały stan czuwania, ponieważ pierwotnie ludzkie otoczenie było znacznie bardziej ciche i wszelkie pojawiające się odgłosy mogły oznaczać potencjalne niebezpieczeństwo. Aby maksymalnie zwiększyć poziom skupienia i zminimalizować poziom stresu, przestrzeń powinna być możliwie wyciszona. Efekt taki można uzyskać dbając o odpowiednią izolację (szczelność stolarki okiennej i drzwiowej), stosując materiały dźwiękochłonne, struktury rozpraszające dźwięk, ale także poprzez prawidłowe rozplanowanie układu wnętrza, uwzględniając ustawienie mebli, dekoracji czy innych elementów aranżacji. Do przestrzeni można wprowadzić również „pozytywne” dźwięki, takie jak (prawdziwe lub imitowane) odgłosy natury lub *szum biały*¹⁵.

Kształty i formy – tzw. „formy organiczne” postrzegane są przez mózg jako bardziej pozytywne i przyjazne oraz bezpieczniejsze niż kształty o ostrych krawędziach¹⁶. Warto zatem wdrażać je do projektów architektury wnętrz w postaci formowania ścian, mebli czy detali. Zaoblenia zmiękczej formy wizualnie, a zarazem podnoszą komfort użytkowania, ponieważ w przypadku zderzenia stanowią mniejsze niebezpieczeństwo niż kąty proste. Są również bardziej naturalne w sensie ergonomicznym, ponieważ człowiek nie porusza się po liniach prostych i nie obraca się równo o 90 stopni skręcając; podobnie zwierzęta czy pływająca dzięki sile grawitacji woda. Opływowość bowiem, jako forma, wywodzi się z natury. Warto, w miarę możliwości, unikać także projektowania zbyt ciasnych lub zbyt niskich przestrzeni z uwagi na możliwość wywołania klaustrofobii czy poczucia dyskomfortu. W przypadku projektowania wnętrz, gdy bryła narzuca projektantowi metraż i – do pewnego stopnia – układ (wynikający z konstrukcji) dążymy do kreacji maksymalnie funkcjonalnych przestrzeni, niebudzących wrażenia przytłoczenia. To szczególna przestrzeń kreatywnej pracy architekta,

¹⁵ Szum biały – „to rodzaj dźwięku, którego energia jest równa w różnych pasmach częstotliwości ze względu na kombinację dźwięków o różnych częstotliwościach. Gęstość widmowa białego szumu jest płaska, a jego intensywność jest taka sama w zakresie słyszalnym dla człowieka (20 Hz do 20 000 Hz)”. Mousavi S.M., & Asghari M., *White Noise and Its Potential Applications in Occupational Health: A Review*, „Iranian Journal of Public Health” 2023, 52(4), pp. 720–726. DOI: 10.18502/ijph.v52i3.12132 <https://doi.org/10.18502/ijph.v52i3.12132>, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10135504/>, [data dostępu: 29.04.2025 r.].

¹⁶ Na podstawie: Najmowicz N., *Geneza, zastosowanie i oddziaływanie form organicznych w architekturze i architekturze wnętrz*, „Przestrzeń, Ekonomia, Społeczeństwo”, 26 II 2024.

w której mogą powstać nowatorskie rozwiązania umożliwiające zmieszczenie wielu funkcji na niewielkiej powierzchni. W aspekcie wnętrz, szczególnie kompaktowych, można stosować również optyczne zabiegi powiększania lub podwyższania pomieszczeń. Odpowiednio dobrane i rozmieszczone kolory, stosowanie jednorodnych płaszczyzn, redukcja wizualnych podziałów, ciągłość linii poziomych i pionowych, operowanie skalą przy doborze mebli, stosowanie perspektywy kierunkowej czy lustra to tylko część zabiegów, które mogą wizualnie powiększyć wnętrze.

Inne – *Biohacking* – nurt istniejący od zawsze, lecz niedawno nazwany w ten sposób i na nowo zyskujący na popularności – prócz wcześniej wymienionych podpunktów, sugeruje także uwzględnienie aspektów takich, jak możliwość regulacji temperatury w pomieszczeniu czy odpowiedni poziom nawilżenia i jakości powietrza we wnętrzu (nawilżacze powietrza, higrometr, oczyszczacze powietrza z HEPA i filtrami węglowymi). Temperatura powietrza stanowi jeden z kluczowych parametrów środowiska człowieka, który bezpośrednio oddziałuje na funkcjonowanie układu nerwowego. Odczuwalna temperatura wpływa na poziom koncentracji, zdolności poznawcze, regulację emocji i ogólne samopoczucie¹⁷. Temperaturę w projektowaniu możemy regulować na wiele sposobów, m.in. poprzez odpowiednie kształtowanie przegród budowlanych, dobór materiałów, izolacyjność cieplną czy orientację przestrzeni względem stron świata. Projektanci dysponują także systemami grzewczymi, chłodzącymi i wentylacyjnymi, które umożliwiają bieżącą regulację temperatury w zależności od potrzeb użytkownika. Innymi elementami w kreacji wnętrza mogą być również inteligentne technologie (np. *Smart Home*) czy kontrola nad unoszącymi się we wnętrzu zapachami oraz nurty i koncepcje pokrewne neuroarchitekturze, np. *biophilic design* (skupiający się na zwiększeniu kontaktu użytkowników z naturą), *bio-design* (tworzenie degradowalnych materiałów w oparciu o bioinżynierię) czy *living architecture* (wdrażanie żywych organizmów jako elementów konstrukcji).

Projektowanie w dzisiejszym świecie stawia nowe wymagania. Odbiorcy wnętrz są nie tylko coraz bardziej świadomi, ale również coraz bardziej potrzebują pomocy ze strony specjalistów (takich jak psychologowie czy architekci) w kwestiach funkcjonowania we współczesnym środowisku lub dopasowania go, w miarę możliwości, do nowych dla organizmu człowieka wyzwań.

3. Znaczenie neuroarchitektury w XXI wieku

Ludzki mózg obecnie wystawiony jest na ogrom nowych, nieznanych mu dotąd w historii ewolucji wyzwań i zadań. Szansą, a zarazem zagrożeniem współczesności są rozwijające się w niebywałym tempie technologie. Stosowanie ich

¹⁷ Lan L., Tang J., Wargocki P., Wyon D.P., Lian Z., *Cognitive performance was reduced by higher air temperature even when thermal comfort was maintained over the 24–28°C range. Indoor Air*, 2022, Jan;32(1): e12916, doi: 10.1111/ina.12916. Epub 2021 Jul 29. PMID: 34324229. [data dostępu: 23.01.2026r.].

w życiu codziennym – z punktu widzenia nauki – może wielorako wpływać na sprawność umysłu. Istnieje pogląd, iż rozsądne wspomaganie się czy planowanie pracy intelektualnej lub procesów edukacji narzędziami proponowanymi przez sztuczną inteligencję może podnieść naszą efektywność i poprawić wydajność. Jednakże stosowanie takich rozwiązań w sposób nieodpowiedni lub w nadmiarze, tj. pewnego rodzaju zastępowanie własnej pracy umysłowej efektem pracy urządzenia – ogranicza naturalną aktywność mózgu, co długofalowo może prowadzić do osłabienia pamięci i kreatywności, zmniejszenia zdolności do samodzielnego myślenia i rozwiązywania problemów lub zaburzeń koncentracji¹⁸.

Podobnie destrukcyjne może okazać się działanie tak znacznej liczby bodźców, które statystycznie odbiera mózg człowieka żyjącego w XXI wieku. Reklamy, telewizory, laptopy, tablety, telefony, zegarki, wszechotaczające ekrany, światła, powiadomienia – to ogromna, właściwie nieustająca w oddziaływaniu fala bodźców, na którą umysł nie został przez naturę przygotowany. Badania Ofcom w Wielkiej Brytanii wykazały, że „95% osób w wieku 16-24 lat posiada smartfon i korzysta z niego średnio co 12 minut”¹⁹. Badania naukowe pozwalają analizować te alarmujące, nowoczesne uzależnienia i przewidywać możliwe skutki. Według artykułu „Have humans passed peak brain power?”, który ukazał się w *Financial Times* w kwietniu 2025 roku, umiejętności koncentracji oraz zdolności do nauki młodych ludzi wykazują się znaczną tendencją spadkową²⁰.

Jest to tylko niewielki wycinek perspektywy możliwych skutków przebadzowania, obok problemów natury fizycznej, psychicznej i emocjonalnej. W odniesieniu do przedstawianych danych, rola architekta – czyli kreatora otoczenia – może okazać się szczególnie istotna dla wprowadzenia harmonii i poprawy stosunku czynników zagrażających do tych, wspomagających prawidłowe funkcjonowanie mózgu, a także zdrowie fizyczne i psychiczne. Co ciekawe, obecnie nurt powrotu człowieka do natury staje się coraz bardziej popularny. Społeczeństwo chętnie zaczyna sięgać do rozwiązań proponowanych przez tzw. „biohacking”; użytkownicy wnętrza również są coraz bardziej świadomi, poszukując rozwiązań czy materiałów, które są zarówno ekologiczne, jak i prozdrowotne.

¹⁸ León-Domínguez U., *Potential cognitive risks of generative transformer-based AI chatbots on higher order executive functions*, „*Neuropsychology*” 2024 May; 38(4):293–308, DOI: 10.1037/neu0000948, <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38300581/>, [data dostępu: 20.11.2024 r.].

¹⁹ Korte M., *The impact of digital revolution on human brain and behavior: where do we stand?*, „*Dialogues in Clinical Neuroscience*” 2020 Jun, 22(2), s. 101, DOI: 10.31887/DCNS.2020.22.2/mkorte, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7366944/>, [data dostępu: 20.11.2024 r.].

²⁰ Na podstawie: Burn-Murdoch J., *Have humans passed peak brain power?*, „*Financial Times*” 2025, <https://www.ft.com/content/a8016c64-63b7-458b-a371-e0e1c54a13fc> [data dostępu: 29.04.2025 r.].

Podsumowanie

Neuroarchitektura skupia się na badaniach reakcji mózgu człowieka na bodźce przestrzenne. Projektowanie, poprzez kreowanie przestrzeni, pozwala nie tylko regulować liczbę bodźców, ale także sugerować lub wspomagać wdrażanie pozytywnych zachowań. Architektura i architektura wnętrz mogą w niedalekiej przyszłości okazać się jednymi z najistotniejszych czynników wpływających na poprawę ogólnego zdrowia społeczeństwa w kontekście zdrowia psychicznego, neurologicznego i ogólnie rozumianego dobrostanu. Perspektywy przyszłości w kontekście przytoczonych badań podkreślają istotność i słuszność zainteresowania kwestiami neuroarchitektury. Architektura wnętrz, równie obecna w życiu codziennym, co architektura kubaturowa, również może czerpać z wiedzy opartej na badaniach psychologicznych oraz neurologicznych jako z fundamentalnego elementu procesu projektowego dopasowanego do potrzeb wywołanych przez współczesność.

Odpowiednio zaprojektowane placówki edukacyjne, miejsca pracy czy przestrzenie prywatne mają szansę realnie obniżyć sumaryczną liczbę docierających do organizmu, a następnie odbieranych i przetwarzanych przez niego bodźców, przy czym to właśnie ich nadmiar wydaje się być jednym z istotniejszych czynników postępujących problemów z koncentracją, zdolnościami neuroplastycznymi mózgu oraz szeregiem innych dysfunkcji natury psychicznej i psychosomatycznej. Przeciążenie sensoryczne, prócz reakcji takich, jak napięcia mięśniowe, bóle głowy, problemy trawienne, zaburzenia hormonalne czy obniżona odporność, może skutkować również wystąpieniem chronicznego stresu, zaburzeń lękowych, zaburzeń snu, wypalenia i depresji.

Wprowadzenie do standardu projektowania wnętrz dwóch fundamentalnych punktów: minimalizacji nadmiaru bodźców oraz wdrożenia rozwiązań zapewniających podatność przestrzeni na wtórne formowanie, w teorii mogłoby stanowić pewnego rodzaju przełom na drodze do nowoczesnego projektowania priorytetyzującego dobrostan psychofizyczny. Traktowanie koniecznych elementów projektowania wnętrz tj. m.in. planowanie przestrzeni i ergonomia, oświetlenie, kolory i materiały, akustyka, kształty i formy, a także warunki środowiska wewnętrznego, takie jak temperatura, wilgoć, zapach; z uwzględnieniem podstaw i odkryć neuroarchitektury, mogłoby więc stać się integralnym elementem, dając obecnym i przyszłym pokoleniom szansę na poprawę dobrostanu oraz zachowanie sprawności umysłowej i zdrowia na lata.

Bibliografia

1. Abbas S., Okdeh N., Roufayel R., Kovacic H., Sabatier J.M., Fajloun Z., Abi Khat-tar Z., *Neuroarchitecture: How the Perception of Our Surroundings Impacts the Brain*, "Biology" (Basel) 2024, 13 (4), 220, DOI: 10.3390/biology12040220, <https://www.mdpi.com/2079-7737/13/4/220>, [data dostępu: 20.11.2024 r.].

2. Baumann O., Chan E., & Mattingley J.B., *Dissociable roles of the hippocampus and parietal cortex in processing of coordinate and categorical spatial information*, "Frontiers in Human Neuroscience" 2014, 8, 73, DOI: 10.3389/fnhum.2014.00073, <http://dx.doi.org/10.3389/fnhum.2014.00073>, https://www.researchgate.net/publication/260529143_Dissociable_roles_of_the_hippocampus_and_parietal_cortex_in_processing_of_coordinate_and_categorical_spatial_information, [data dostępu: 20.04.2025 r.].
3. Burn-Murdoch J., *Have humans passed peak brain power?*, "Financial Times" 2025. <https://www.ft.com/content/a8016c64-63b7-458b-a371-e0e1c54a13fc> [data dostępu: 29.04.2025 r.].
4. Eberhard J.P., *Applying Neuroscience to Architecture*, "Neuron" 2009, 62, DOI: 10.1016/j.neuron.2009.06.001, [https://www.cell.com/neuron/fulltext/S0896-6273\(09\)00431-0?returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS0896627309004310%3Fshowall%3Dtrue](https://www.cell.com/neuron/fulltext/S0896-6273(09)00431-0?returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS0896627309004310%3Fshowall%3Dtrue), [data dostępu: 20.11.2024 r.].
5. Grill-Spector K., & Malach R., *The human visual cortex*, "Annual Review of Neuroscience" 2004, 27, DOI: <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.neuro.27.070203.144220>, https://www.researchgate.net/publication/8491620_The_human_vis_ual_cortex, [data dostępu: 20.04.2025 r.].
6. Lan L., Tang J., Wargocki P., Wyon D.P., Lian Z., *Cognitive performance was reduced by higher air temperature even when thermal comfort was maintained over the 24-28°C range. Indoor Air.* 2022, Jan;32(1):e12916, doi: 10.1111/ina.12916. Epub 2021 Jul 29. PMID: 34324229. Cognitive performance was reduced by higher air temperature even when thermal comfort was maintained over the 24–28°C range – PubMed [data dostępu: 23.01.2026 r.].
7. León-Domínguez U., *Potential cognitive risks of generative transformer-based AI chatbots on higher order executive functions*, "Neuropsychology" 2024 May, 38(4):293-308, DOI: 10.1037/neu0000948, <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38300581/>, [data dostępu: 20.11.2024 r.].
8. Lever C., Burton S., Jeewajee A., O'Keefe J., & Burgess N., *Boundary vector cells in the subiculum of the hippocampal formation*, "Journal of Neuroscience" 2009, 29(31), 9771–9777, DOI: <http://dx.doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1319-09.2009>, https://www.researchgate.net/publication/26719206_Boundary_Vector_Cells_in_the_Subiculum_of_the_Hippocampal_Formation, [data dostępu: 20.04.2025 r.].
9. Matoso M., *Neuroarchitecture: How Your Brain Responds to Different Spaces*, "ArchDaily" maj 2022, <https://www.archdaily.com/982248/neuroarchitecture-how-your-brain-responds-to-different-spaces> [data dostępu: 18.11.2024 r.].

10. Mousavi S.M., & Asghari M., *White Noise and Its Potential Applications in Occupational Health: A Review*, "Iranian Journal of Public Health" 2023, 52(4), DOI: 10.18502/ijph.v52i3.12132 <https://doi.org/10.18502/ijph.v52i3.12132>, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10135504/>, [data dostępu: 29.04.2025 r.].
11. Najmowicz N., *Geneza, zastosowanie i oddziaływanie form organicznych w architekturze i architekturze wnętrz*, „Przestrzeń, Ekonomia, Społeczeństwo”, 26 II 2024, Microsoft Word - SSW_ZN_26_01_elektr.;
12. Korte M., *The impact of digital revolution on human brain and behavior: where do we stand?*, "Dialogues in Clinical Neuroscience" 2020 Jun, 22(2), DOI: 10.31887/DCNS.2020.22.2/mkorte, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7366944/>, [data dostępu: 20.11.2024 r.].
13. Saleem A.B., Ayaz A., Jeffery K.J., Harris K.D., & Carandini M., *Coherent encoding of subjective spatial position in visual cortex and hippocampus*, "Nature" 2018, 562(7725), 124–127, DOI: 10.1101/235648, <https://doi.org/10.1101/235648>, <https://www.biorxiv.org/content/biorxiv/early/2017/12/18/235648.full.pdf>, [data dostępu: 20.11.2024 r.].
14. Shaw K.A., Williams S., Patrick M.E., *Prevalence and Early Identification of Autism Spectrum Disorder Among Children Aged 4 and 8 Years — Autism and Developmental Disabilities Monitoring Network, 16 Sites, United States 2022*, Morbidity and Mortality Weekle Report, Surveillance Summaries, Vol. 74, No. 2, April 17, 2025. Prevalence and Early Identification of Autism Spectrum Disorder Among Children Aged 4 and 8 Years - Autism and Developmental Disabilities Monitoring Network, 16 Sites, United States, 2022 - PubMed [data dostępu: 01.12.2025r.].
15. Taube J.S., *The head direction signal: origins and sensory-motor integration*, "Annual Review of Neuroscience" 2007, 30, DOI: <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.neuro.29.051605.112854>, https://www.researchgate.net/publication/6465941_The_Head_Direction_Signal_Origins_and_Sensory-Motor_Integration, [data dostępu: 20.04.2025 r.].
16. Tuncer-Ebetürk I., Kim J., Soysal Y.N., *The global rise in children's attention-deficit/hyperactivity disorder prevalence: a macro-sociological explanation.*, *Social Forces*, 2025, <https://doi.org/10.1093/sf/soaf153>, (PDF) The global rise in children's attention-deficit/hyperactivity disorder prevalence: a macro-sociological explanation [data dostępu: 01.12.2025r.].
17. Weyn S., Greven C., Schmidt S., Gillebert C., *Sensory Processing Sensitivity and Overstimulation in Daily Life: An Experience Sampling Method Study 2025*, DOI: 10.21203/rs.3.rs-7030961/v1., (PDF) Sensory Processing Sensitivity and Overstimulation in Daily Life: An Experience Sampling Method Study [data dostępu: 01.12.2025r.].

18. Zeki S., *The distribution of wavelength and orientation selective cells in different areas of monkey visual cortex*, "Proceedings of the Royal Society of London. Series B. Biological Sciences" 1983, 217(1209), 449–470, DOI: <https://doi.org/10.1098/rspb.1983.0020>, <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rspb.1983.0020>, [data dostępu: 20.04.2025 r.].

Informacje o autorce:

Arch. wnętrz Natalia Najmowicz
Sopocka Akademia Nauk Stosowanych,
Wydział Architektury Inżynierii i Sztuki, Polska
adres e-mail: nnajmowicz.interiors@gmail.com