

Opole 24.02.2025r.

Dr hab. inż. Adam Rak, prof. uczelni  
Katedra Mostów, Geotechniki i Procesów Budowlanych  
Wydział Budownictwa i Architektury  
Politechnika Opolska  
ul. Katowicka 48, 45-061 Opole  
[a.rak@po.edu.pl](mailto:a.rak@po.edu.pl)

### **RECENZJA**

dorobku naukowego, dydaktycznego, zawodowego i organizacyjnego  
dr inż. Andrzeja Szymona Borkowskiego  
w związku z postępowaniem  
w sprawie  
nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych  
w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport

#### **1. Podstawa opracowania.**

Podstawą opracowania niniejszej recenzji jest pismo nr WTBD.524.HAB.156.2024 z dnia 20.12.2024r. - Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport prof. dr hab. inż. Konrada Lewczuka, informujące o wyznaczeniu mnie przez Radę Doskonałości Naukowej w dniu 15 listopada 2024r. (DRKN.Z2.400.90.2024) na recenzenta w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego dr inż. Andrzejowi Szymonowi Borkowskiemu, wszczętym w dniu 21 października 2024r.

W ślad za decyzją RDN, Rada Naukowa Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Warszawskiej uchwałą nr 1070/2024 z dnia 17.12.2024r. powołała mnie jako recenzenta w skład komisji habilitacyjnej w postępowaniu, w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego dr inż. Andrzejowi Szymonowi Borkowskiemu.

Recenzja została opracowana uwzględniając zalecenia zawarte w obowiązujących przepisach i dokumentach, w szczególności:

- Ustawa Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dnia 20.07.2018r.; tekst jednolity Dz.U. 2018, poz. 1668 – opracowanie na podstawie, t.j. Dz. U. z 2023 r. poz. 742, 1088, 1234, 1672, 1872, 2005, z 2024 r. poz. 124, 227.
- Kryteria oceny ustalone w art. 219 w/w Ustawy.
- Rozporządzenie Ministra Edukacji i Nauki z dnia 11.10.2022r. w sprawie dziedzin nauki i dyscyplin naukowych oraz artystycznych (Dz.U. 2022, poz. 2202).
- Uchwała nr 320/L/2023 Senatu Politechniki Warszawskiej z dnia 29.03.2023r., w sprawie szczegółowego trybu postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego, zasad ustalania wysokości opłaty za postępowanie w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego oraz zwalniania z niej i sposobu wyznaczania członków komisji habilitacyjnej wraz z załącznikiem do uchwały.
- Wytyczne dla recenzentów w postępowaniu habilitacyjnym sporządzone na podstawie materiałów Rady Doskonałości Naukowej – materiał otrzymany wraz z pismem nr WTBD.524.HAB.156.2024 z dnia 20.12.2024r. - Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport, Pana prof. dr hab. inż. Konrada Lewczuka.
- Poradnik Postępowania dotyczącego nadania stopnia doktora habilitowanego. Rada Doskonałości Naukowej, aktualizacja 09.08.2023r.

Recenzja została sporządzona na podstawie dokumentacji przygotowanej przez Habilitanta we Wniosku z dnia 21 października 2024r. o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport, w szczególności:

- na podstawie wskazanego przez Habilitanta osiągnięcia naukowego będącego podstawą ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego;
  - 1) Osiągnięcie 1 (główne): monografia autorska pt. „*Propedeutyka BIM – filozofia modelowania informacji o obiekcie budowlanym*”.
  - 2) Osiągnięcie 2: cykl artykułów naukowych pt. „*Badania aplikacyjne nad BIM oraz ich zastosowanie w procesach planistycznych i inwestycyjno-budowlanych*”.
  - 3) Osiągnięcie 3: cykl artykułów naukowych pt. *Współpraca z otoczeniem społeczno-gospodarczym w ramach prac wdrożeniowych BIM*”.
- dane wnioskodawcy,
- kopia dokumentu potwierdzającego posiadanie stopnia doktora,
- autoreferatu,
- wykazu osiągnięć naukowych.

Dokumentacja złożona do Rady Dyscypliny Naukowej, tj. Wniosek wraz z załącznikami otrzymałem w wersji drukowanej (1 egz.) oraz w formie elektronicznej.

W wersji drukowanej otrzymałem:

- 1) książka: Andrzej Szymon Borkowski - Monografia pt. „**PROPEDEUTYKA BIM – filozofia modelowania informacji o obiekcie budowlanym**”. Wydawca: Politechnika Warszawska, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej (UIW 48800), 2024. ISBN 978-83-8156-681-0 (druk), ISBN 978-83-8156-682-7(online). Recenzenci: Prof. dr hab. inż. Krzysztof Schabowicz – Politechnika Wroclawska, dr hab. inż. Krzysztof Zima, profesor uczelni – Politechnika Krakowska. Wydawnictwo znajduje się na liście wykazu wydawnictw publikujących recenzowane monografie naukowe (poz. 422, identyfikator wydawnictwa 48800) załącznik do Komunikatu Ministra Edukacji i Nauki dnia 22 lipca 2021r.
- 2) Autoreferat (załącznik nr 3 do Wniosku z dnia 21 października 2024r.
- 3) Odpis dyplomu potwierdzającego posiadanie stopnia doktora.
- 4) Wykaz osiągnięć naukowych stanowiących znaczący wkład w rozwój dyscypliny.
- 5) Oświadczenie współautorów potwierdzające wkład autorski.
- 6) Dodatkowe dokumenty potwierdzające osiągnięcia.

Z przedstawionych dokumentów wynika, że Habilitant dotychczas nie ubiegał się o nadanie stopnia doktora habilitowanego.

## 2. Sylwetka Habilitanta.

Dr inż. Andrzej Szymon Borkowski w 2012 roku uzyskał dyplom inżyniera na kierunku: gospodarka przestrzenna Wydziału Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej. Natomiast dyplom magistra inżyniera uzyskał w 2013 roku na tym samym Wydziale Politechniki Warszawskiej w specjalności – *środowiskowe uwarunkowania w gospodarowaniu przestrzenią*. Od 01.2014r. zatrudniony jest w Zakładzie Gospodarki Przestrzennej i Nauk o Środowisku Przyrodniczym, początkowo jako asystent naukowo-techniczny, a od 01.06.2019r. – nadal adiunkt badawczo-naukowy. W dniu 26 września 2019 roku, Rada Wydziału Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej Panu Borkowskiemu nadała stopień naukowy doktora nauk technicznych w *dyscyplinie naukowej geodezja i kartografia*. Tytuł rozprawy doktorskiej: „*Modelowanie geostatystyczne stanu zanieczyszczeń gleb na podstawie depozycji z powietrza atmosferycznego*” – promotor dr hab. inż. Jolanta Kwiatkowska Malina, prof. uczelni.

Ponadto od 01.02.2019 roku w zakresie badawczo-dydaktycznym, Habilitant współpracuje stale z Akademią Techniczno-Artystyczną Nauk Stosowanych w Warszawie (wcześniej Wyższa Szkoła Ekologii i Zarządzania w Warszawie).

Habilitant wykazuje się istotną aktywnością naukową współpracując z wieloma ośrodkami naukowymi w kraju i zagranicą. Wśród nich można wymienić ważne ośrodki naukowe w kraju: Politechnikę Wrocławską – Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego, Politechnika Krakowska – Wydział Architektury oraz Inżynierii Lądowej, Politechnika Lubelska – Wydział Elektrotechniki i Informatyki. Efektem współpracy z Politechniką Wrocławską i Politechniką Krakowską jest rozpowszechnienie wiedzy w zakresie dydaktyki akademickiej w kontekście BIM oraz publikacje naukowe np: „Przegląd metodyk dydaktycznych na poziomie akademickim w kontekście BIM” oraz “*The Status of the Implementation of the Building Information Modeling Mandate in Poland: A Literature Review*”.

Wśród ośrodków zagranicznych można wymieni: University of Minnesota Twin Cities, College of Design / College of Science & Engineering (USA), gdzie Habilitant pełnił rolę doradcy doktorantki, która realizuje rozprawę doktorską w zakresie tematyki badawczej obejmującej zagadnienia BIM/IoT/Digital Twin, oraz Frankfurt University of Applied Sciences, Faculty of Architecture Civil Engineering. Geomatics (Niemcy), gdzie był opiekunem magistrantki i wspólnie opublikowali pracę pt. „*From Monofunctional Commercial Districts into Multifunctional Urban Areas - Implementation of Sustainable Urban Practices*”. Jako nauczyciel akademicki, Habilitant prowadził/prowadzi zajęcia na studiach I i II stopnia, kierunkach studiów: gospodarka przestrzenna, geodezja i kartografia oraz geoinformatyka, na Wydziale Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej głównie w tematyce gospodarki przestrzennej, modelowania informacji o budynkach w BIM i GIS oraz wykorzystania platformy CDE (wspólne środowisko danych) w projektach przestrzennych BIM. Prowadzi także zajęcia z zakresu informatyki i technologii informacyjnych oraz komputerowych modeli przestrzennych i ich zastosowanie w analizach i projektach. Nadal w jego zainteresowaniu są zagadnienia dotyczące przyrodniczych uwarunkowań w projektach przestrzennych oraz zagrożenia i ochrona powierzchni ziemi.

Habilitant jest wykładowcą na studiach III stopnia (studia doktoranckie Politechniki Warszawskiej), gdzie prowadzi zajęcia z Propedeutyki BIM – podstawy technologii modelowania informacji o budynkach.

Prowadzi także zajęcia dydaktyczne w zakresie tematyki BIM, oprogramowania QGIS na studiach podyplomowych Wydziału Inżynierii Lądowej Politechniki Warszawskiej.

Pełnił rolę promotora pomocniczego w jednym postępowaniu doktorskim w dyscyplinie naukowej architektura i urbanistyka na Wydziale Architektury Politechniki Warszawskiej.

Poziom merytoryczny aktywności dydaktycznej wynika z praktyki zawodowej, pracując jako trener oprogramowania i wdrożeniowiec BIM, co jest dowodem dobrego łączenia praktyki i teorii. Habilitant aktywnie bierze udział w pracach komisji, zespołów i komitetach organizacyjnych wielu konferencji, konkursów. Wśród konferencji można wymienić: „Polish-Norwegian seminar”, „Gospodarka Przestrzenna w naukach technicznych”, „Współczesne uwarunkowania gospodarowania przestrzenią – szanse i zagrożenia dla zrównoważonego rozwoju”. Inicjował i koordynował działania na rzecz utworzenia akredytowanych laboratoriów egzaminacyjnych na Politechnice Warszawskiej, których zadaniem jest nadawanie kwalifikacji potwierdzających kompetencje studentów w zakresie znajomości i stosowania technologii CAD i GIS.

Habilitant jako egzaminator ECDL CAD przeprowadzał egzaminy w zakresie modułu S8 - Komputerowe wspomaganie projektowania oraz modułu EPP GIS.

Jako ogólnopolski Koordynator Produktu EPP GIS prowadzi szkolenia dla egzaminatorów EPP GIS, nadając im uprawnienia do przeprowadzania egzaminów z tego produktu. Efektem tych

szkoleń jest uzyskanie certyfikatów przez kilkadziesiąt osób, w tym pracowników uczelni wyższych, m.in.: Politechniki Łódzkiej i Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie. Stale podnosi swoje kwalifikacje poprzez uczestnictwo w szkoleniach, kursach i warsztatach. Dzięki temu uzyskał wiele certyfikatów i uprawnień, np.: uprawnienia egzaminatora EPP GIS, certyfikat AutoDesk i ECDL EPP CAD.

Uczestniczy w pracach jako członek lub ekspert w Naukowym Towarzystwie Rewitalizacji, Polskim Towarzystwie Informatycznym, Towarzystwie Rozwoju Obszarów Wiejskich, Stowarzyszenie BIM. Współpracuje dość szeroko w zakresie szkoleń i wdrażania BIM z sektorem gospodarczym.

Na uwagę zasługuje współpraca z firmami: AEC Design, 4D Group, Tessel Poland, SXD Polska, Arcadis i WSP Polska.

Aktywna działalność szkoleniowa i ekspercka nie przeszkodziła Habilitantowi podjęcia się działalności naukowo-badawczej i kontynuowania jej z dużymi efektami do dnia dzisiejszego. Prowadzi badania empiryczne i teoretyczne w zastosowaniach BIM w projektowaniu inżynierskim. Aktywność w tej sferze ma znaczny wpływ na rozwój dyscypliny naukowej „Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport”. Specjalizuje się w technologii BIM i jej holistycznym wykorzystaniu w planowaniu przestrzennym oraz procesie inwestycyjno-budowlanym.

### **3. Ocena dorobku naukowego – tematyka badawcza dotycząca przewodu habilitacyjnego.**

**3.1 Główne osiągnięcie naukowe (Osiągnięcie I):** Monografia pt. „**PROPEDEUTYKA BIM – filozofia modelowania informacji o obiekcie budowlanym**”. Wydawca: Politechnika Warszawska, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej (UIW 48800), 2024.

Habilitant zgłosił Monografię autorską pt. „**PROPEDEUTYKA BIM – filozofia modelowania informacji o obiekcie budowlanym**”. Wydawca: Politechnika Warszawska, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej (UIW 48800), 2024. ISBN 978-83-8156-681-0 (druk), ISBN 978-83-8156-682-7(online), które jest jego oryginalnym opracowaniem naukowym. W monografii przedstawiono BIM (modelowanie informacji o obiekcie budowlanym), jako przedmiot twórczego działania, które zdaniem Habilitanta jego stosowanie wymaga dogłębnego poznania i zrozumienia.

Generalnie BIM zakłada, że model ten towarzyszy obiektowi budowlanemu przez cały cykl jego życia i powinien wiernie odwzorowywać rzeczywisty stan obiektu. Stąd każda zmiana na etapie projektowym, budowy, modernizacji i przebudowy każdego obiektu powinna być wprowadzona w modelu BIM. Warto także podkreślić (co zaznacza Habilitant), że dopiero po odpowiedniej weryfikacji i/lub walidacji modelu uruchomiony może być kolejny proces budowy.

Jak wskazuje Autor w monografii, BIM to „*proces, dzięki któremu możliwe jest zbliżenie się do idei cyfrowego bliźniaka istniejącego lub planowanego obiektu budowlanego*”. Najczęściej na etapie projektowania model BIM jest wykorzystywany do przeprowadzania różnorodnych analiz lub symulacji budowy. Natomiast dla istniejących budynków w celu zaplanowania remontów lub bieżących konserwacji. Tym samym tzw. cyfrowy bliźniak staje się aktywnym modelem, ciągle rozwijanym i zmienianym w czasie użytkowania obiektu budowlanego. To na tym cyfrowym (wirtualnym) modelu przeprowadza się różne symulacje, testy optymalizujące rozwiązania techniczne, technologiczne i organizacyjne, co skutkuje zwiększeniem efektywności planowanych działań, oszczędności czasowych i finansowych.

W efekcie umożliwia to podjęcie właściwej decyzji wskazującej na wybór wariantu rozwiązań najbardziej korzystnego z punktu widzenia kosztów oraz minimalizacji oddziaływania na środowisko w otoczeniu analizowanego obiektu.

W monografii przedstawiono autorską historię rozwoju BIM na tle kolejnych ważnych wydarzeń kształtujących kolejne impulsy jego rozwoju. Na podstawie studiów literaturowych, Autor zaprezentował własną definicję BIM. Natomiast w ramach własnych badań i prac eksperymentalnych, Habilitant opracował tzw. „zestaw Internetu Rzeczy” IoT, (Internet of Things) dla BIM oraz „ramy koncepcyjne cyfrowego bliźniaka” DT, (Digital Twin), wspierającego fazę eksploatacji w cyklu życia obiektu budowlanego. Zbudowany zestaw umożliwiający połączenia pomiędzy czujnikiem a modelem BIM może być wykorzystany w na każdym etapie procesu budowlanego. Natomiast zaproponowane „ramy koncepcyjne cyfrowego bliźniaka” mogą zostać zaimplementowane w procesach utrzymania i konserwacji obiektów budowlanych.

Często projektanci już na etapie planowania i projektowania obiektu budowlanego a następnie w czasie budowy (w kolejnych jej fazach), podczas rozwiązywania problemów napotykają na szereg ograniczeń technologii BIM. Autor dość dobrze zidentyfikował te problemy i jak podkreśla niektóre z nich udało się pokonać dzięki współpracy z praktykami. W pierwszej kolejności wskazał na aplikacje pośredniczące, wtyczki, mosty bądź konwersje lub programowanie. Dalsze doskonalenie technologii BIM wymaga już większego wyzwania głównie dla badaczy. To wyzwanie Autor podjął. Stąd tej tematyce poświęcił swoją monografię. W monografii kompleksowo uporządkował wiedzę teoretyczną o BIM, która jest podstawą do efektywnej pracy projektantów-praktyków. Ale na tym nie zaprzestał. Podjął się dość złożonej analizy – oceny różnych technologii (np. GIS, sztuczne sieci neuronowe), które mogą się wzajemnie wykluczać względem BIM, lub przeciwnie - uzupełniać.

Monografia jako opracowanie zwarte, została opublikowana przez Oficynę Wydawniczą Politechniki Warszawskiej. Monografia uzyskała patronat medialny ośmiu organizacji: Stowarzyszenia BIM, portalu Geoforum oraz czasopism naukowych i branżowych (Izolacje, Materiały Budowlane, Inżynieria i Budownictwo, Przegląd Budowlany, Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne, Builder).

W tym miejscu należy podkreślić, że podczas dyskusji w czasie różnych konferencji, seminariów na temat BIM, zawsze stawiane jest pytanie co to jest BIM a nawet wątpliwość po co się tym zajmować, skoro w przyszłości przyjdzie nowa „moda”, stąd nie trzeba się obecnie angażować. Jednak biorąc pod uwagę stan rozwoju tej *technologii*, to przed nami długa droga do wyczerpania jej możliwości uzyskania dojrzałych procedur i narzędzi. Trzeba także zauważyć, że „każda rewolucja” z zasady nie unicestwia osiągniętego dorobku, ale go implementuje. Dla przykładu, BIM nie rezygnuje chociażby z rozwiązań CAD, 2D,3D, a kolejna nowsza wobec BIM technologia wykorzystuje wcześniejsze elementy. Dzisiaj nie wiemy, co przyniesie rozwój sprzętu i systemów operacyjnych. Jednak można się spodziewać, że w nieodległej przyszłości systemy projektowania wykorzystają w większym stopniu rozwiązania inteligentne (AI), które wbudowane do aplikacji dostosowywać będą systemy do oczekiwań projektanta, ostrzegać przed błędami a nawet podpowiadać alternatywne rozwiązania.

### **Cel i pytania badawcze:**

W ostatnim okresie rynek wydawniczy w Polsce dostarczył zainteresowanym BIM wiele książek (Autor wskazuje na osiem książek) oraz setki artykułów naukowych i popularnonaukowych na temat BIM. Czytelnicy tych pozycji często czują się zagubieni w

gąszczy pojęć, definicji czy akronimów, które pojawiają się w tej tematyce. Jak wskazuje Autor, w pracowniach projektowych i przedsiębiorstwach budowlanych stosowanie BIM wymaga czasu, uwagi, pewnych inwestycji finansowych, a przede wszystkim wiedzy.

Tym samym celem, który określił Habilitant podczas pisania monografii jest usystematyzowanie zaawansowanej wiedzy w zakresie BIM oraz promowanie jej w jak największej liczbie dziedzin i dyscyplin nie tylko związanych z kształtowaniem przestrzeni, którą dość dogłębnie zajmuje się. Głównym celem zaprezentowanej monografii jako osiągnięcia naukowego jest próba odpowiedzi na siedem pytań sformułowanych, bazując na wnioskach wynikających z przeglądu najnowszej literatury oraz własnych badaniach mających charakter empiryczny.

Sformułowane pytania można podzielić na trzy grupy:

- grupa 1; analiza „historycznego rozwoju BIM” wraz definicjami;
  - 1) Czy możliwe jest jednoznaczne zdefiniowanie BIM, czy istnieje potrzeba jednej definicji?
  - 2) Czy historia BIM może zostać podzielona na okresy ewolucyjne? Czy taka periodyzacja może posłużyć do predykcji dalszego rozwoju BIM?
- Grupa 2: charakterystyka podstawowych cech BIM;
  - 3) Jakie cechy BIM można uznać za konstytutywne (fundamentalne, pryncypialne, nieodzowne)?
- Grupa 3: procesy BIM, ich łączenie, wpływ na jakość;
  - 4) Czy w wyniku łączenia prostych procesów BIM wyłania się nowa jakość? Czy istnieją zjawiska emergentne, które można wyróżnić?
  - 6) Jak uczyć(się)BIM?
- Grupa 4: aktualne problemy i ograniczenia BIM w procesie budowlanym, prognoza dalszego rozwoju:
  - 5) Jakie problemy i ograniczenia są aktualnie w BIM? Z czym mierzą się przedsiębiorstwa stosujące odpowiedzialnie BIM?
  - 7) Jak będzie rozwijał się BIM?

#### Uwagi krytyczne:

Tak sformułowane pytania są dość precyzyjnie, ale może zbyt szczegółowe i nader oczywiste, tak aby dać precyzyjne odpowiedzi. W tym miejscu nasuwa się pytania, czy da się precyzyjnie odpowiedzieć na tak sformułowane pytania? Wskazane byłoby raczej sprecyzowanie 3-4 problemów badawczych, np. tak jak to sformułowano wyżej dzieląc je na 4 grupy.

Już w przypadku pytania nr 1, Autor pisze: „w toku studiów literaturowych zaprezentowałem nową *emfatyczną* definicję BIM”. Nasuwa się pytanie, czy Autor to słowo użył zastrzegając się tym, że jest to coś „*nienaturalnego – sztucznego*”, jak to wynika ze znaczenia i definicji słowa „emfatyczny”? Czyli definiując w ten sposób BIM, Autor zastrzega się, że nie można jednoznacznie zdefiniować pojęcie BIM?

Podobnie można odnieść się do pytania nr 4, w którym Autor stawia pytanie „*czy istnieją zjawiska emergentne, które można wyróżnić?*”

Jak określił Tomasz Maziarka [*Idea emergencji – zarys ogólny; Zagadnienia filozoficzne w nauce LII, 2013, str. 131-177*], termin „*emergencja*” posiada dziś wiele znaczeń technicznych oraz „*potocznych*”. W artykule wskazując wiele źródeł naukowych, autor podaje dwie podstawowe cechy emergencji; *zależność i odrębność*. Wyróżnia jeszcze sześć kluczowych cech; syngeryzm, nowość, nieredukowalność, nieprzewidywalność, spójność i historyczność.

Czyżby Habilitant stawiając pytanie - *czy istnieją zjawiska emergentne?* zastrzega się, że procesy BIM można określić (wyrazić) je opisując jedynie jako jego części składowe a nawet najbardziej kompletna wiedza na temat elementów tego procesu jest niewystarczająca do określenia (przewidzenia) własności charakterystycznych dla całości analizowanego obiektu. W tym miejscu trzeba się zgodzić z Autorem, że stawia takie zastrzeżenie.

Należy podkreślić także brak konsekwencji Autora co do określenia, czy BIM to technologia, czy system informacyjny. W monografii już w na początku rozdziału 1.1, czytamy „BIM jest często błędnie przedstawiona, a przez to źle rozumianą *technologią*”. W rozdziale 1.3, stwierdza: BIM ma dwa znaczenia; może stanowić *system informacyjny i filozofię*.

Natomiast w Autoreferacie, rodz.3.1 stwierdza, że „*podczas rozwiązywania problemów projektowych lub technicznych identyfikowałem szereg ograniczeń technologii BIM. Ta względnie nowa technologia ciągle ewoluuje i nie jest doskonała*”.

W efekcie na podstawie postawionych pytań problemowych, Habilitant mógł sprecyzować kilka tez badawczych. W treści monografii, np. w podsumowaniu, streszczeniu takie tezy można znaleźć.

### **Hipoteza.**

Na podstawie postawionych pytań badawczych i zrealizowanych badań naukowych, Habilitant postawił hipotezę o następującym brzmieniu: „***Dogłębne poznanie i zrozumienie BIM zwiększa efektywność i produktywność pracy w procesie inwestycyjno-budowlanym***”.

W tym stwierdzeniu zawarty jest cel i jak określa Autor jest to próba odpowiedzi na postawione pytania badawcze, bazując na najnowszej literaturze normatywnej, szarej, studiach przypadków, przeglądach systematycznych czy wdrożeniach.

W monografii trudno dostrzec podziału na literaturę normatywną i szarą. W tym aspekcie, generalnie terminem „szara literatura” (*grey literature*) określa się dokumenty niedostępne tradycyjnymi drogami dystrybucji księgarskiej, nieobjęte rejestracją bibliograficzną i nieistniejące w spisach ani w powszechnie dostępnych bazach literatury - na ogół bardzo trudne do zlokalizowania i zdobycia. Szarą literaturą jest także literatura niekonwencjonalna, jakkolwiek dostępna publicznie, ale nieosiągalna najczęściej normalnymi kanałami dystrybucji, gdyż bardzo często nie podlega ona kontroli bibliograficznej.

W moim rozumieniu zestawienie bibliografii do monografii występują pozycje literatury dotyczącej zagadnień poruszanych w jej treści (można przyjąć, że tzw. literatury normatywnej). Natomiast jeżeli Autor pisze o literaturze szarej, to wskazane byłoby jej przytoczenie (wydzielenie).

### **Struktura monografii:**

Monografia składa się z 8 rozdziałów merytorycznych, przedmowy ze słownikiem akronimów, epilogu, bibliografii oraz streszczenia.

*W pierwszym rozdziale* (Wprowadzenie), Autor wyznaczył zakres i cel pracy, wskazał zastosowane metody badawcze wraz z określeniem hipotezy. W swojej pracy wykorzystał metody i narzędzia badawcze, luźno powiązane z kolejnymi etapami pracy, w tym: dość głęboki przegląd-studium literaturowe, analiza i krytyka źródeł, metoda intuicyjna, metoda

eksperymentalna. Większość badań ma charakter podstawowy. W niewielkiej części mają one charakter aplikacyjny.

Bardzo pomocna jest własna ocena Habilitanta (tab. 1 monografii) o poziomie gotowości technologicznej badań (TRL). Wskaźnik ten pozwala ocenić, jak daleko od wdrożenia są badania. Można wyróżnić 9 poziomów gotowości technologicznej. Poziom pierwszy jest najniższy, a dziewiąty – najwyższy. Jak wykazano w tabeli 1; na 8 wykazanych rodzajów badań, 6-ciu rodzajom badań przypisano najniższy poziom 1 lub 2 - czyli rozpoczęcie badań (1) oraz znalezienie możliwości zastosowania technologii (2). Najwyżej oceniono badanie – osiągnięcie naukowe „niskobudżetowy zestaw IoT” (6-7): demonstracje modelu (produktu) i testy w warunkach zbliżonych do warunków rzeczywistych lub testy w warunkach operacyjnych.

To potwierdza, że większość badań ma charakter podstawowy. Chociaż badania: „ekologia narzędzi” w kontekście georeferencji zaliczone do poziomu 5, także można zaliczyć do badań w początkowej fazie aplikacyjnej (testy w środowisku symulującym rzeczywiste warunki).

BIM w dobie „cyfryzacji procesu budowlanego” staje się ważnym „narzędziem” tego procesu, ponieważ dzięki cyfryzacji, robotyzacji i automatyzacji, branża budowlana ma szansę zwiększyć swoją produktywność. Przykładem może być publikacja – książka wydana przez Urząd Zamówień Publicznych pt. „*BIM innowacyjne podejście do zamówień publicznych w sektorze budowlanym*”, 2022; ISBN 978-83-88686-92-4 (UZP).

Jak wskazuje Autor, BIM otwiera zupełnie nowe możliwości, wiele studiów przypadków omawia korzyści i zalety jego stosowania, aczkolwiek są też ryzyka, ograniczenia czy wyzwania, które nie można pominąć w każdym rozważaniu i badaniu. Poznanie i zrozumienie BIM umożliwia jego użycie przez specjalistów – projektantów procesu budowlanego w szerokim zakresie zastosowań od fazy koncepcji, poprzez etapy projektowania, budowy, odbiorów i użytkowania obiektu budowlanego i dalej jego bieżącą konserwację, planowania remontów, modernizacji, przebudowy a nawet rozbiórki. Tym samym w całym cyklu „życia obiektu budowlanego” zaangażowane jest wielu stron i specjalistów. Obiekty budowlane to obiekty kubaturowe, infrastrukturalne, gospodarki komunalnej, publicznej, przestrzeń publiczna – elementy zagospodarowania obszarów miasta, wsi, bądź wydzielonego obiektu budowlanego. Tak więc problematyka BIM ma charakter interdyscyplinarny, ale zasadniczo wpisuje się i dotyczy zagadnień obejmujących dyscyplinę „Inżynieria lądowa, geodezja i transport”, w szczególności planowanie i organizacja procesu budowlanego, głównie w aspektach związanych z projektowaniem, budową oraz zarządzaniem przedsięwzięciami budowlanymi na każdym etapie jego organizacji. Tym samym problematyką BIM powinny być zainteresowani urbaniści, architekci, geodeci, geoinformatycy, branżowi inżynierowie budownictwa (projektanci, kierownicy robót, inspektorzy nadzoru) w specjalnościach: konstrukcyjno-budowlanych, instalacji; sanitarnych, ochrony środowiska, elektrycznych, telekomunikacji, inżynierskiej: drogowej, mostowej, hydrotechnicznej oraz zarządzający procesami budowlanymi i zarządcy nieruchomości itd.

Ważnym aspektem jest skonfigurowanie BIM z znanymi już w nauce i praktyce metodykami zarządzania projektami, np. FIDC, PMBOK, Guide, PRINCE2. Stosowanie technologii BIM jest nieuniknione przy projektowaniu, ale także w czasie wykonawstwa, gdyż umożliwia ona pełny kompleksowy nadzór nad inwestycjami budowlanymi podczas ich realizacji. O tych metodykach Habilitant jednak nie wspominał.



Rozdział 2 – zawiera wyjaśnienie pojęć i genezę BIM. Opisuje znaczące wydarzenia w historii rozwoju BIM (rys. 1), wraz z analizą stanu wiedzy, przegląd literatury krajowej i zagranicznej w zakresie przedmiotu badań, w tym usystematyzowanie wiedzy i wskazanie fundamentów BIM. Zdaniem Autora każdy kto pracuje w BIM powinien poznać historię jego oddzielenia od CAD (czy da się oddzielić?) i jego późniejszą ewolucję. Określił podział na okresy (ery): 1- modelowania pojedynczych budynków, 2- zamkniętego BIM, 3-otwartego BIM, który jest najprostszym i najłatwiej komunikowalnym podziałem historii BIM. W dużej części w rozdziale tym Autor dokonuje oceny rozwoju BIM, w szczególności można to zauważyć w artykule. *Evolution of BIM: epistemology, genesis and division into periods. Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, Vol. 28, pg. 646-661, DOI: 10.36680/j.itcon.2023.034. W efekcie określił, że dalszy rozwój BIM będzie zmierzać w kierunku tzw. **iBIM** – w pełni interaktywnego procesu, opartego na interoperacyjnych technologiach wykorzystujących sztuczną inteligencję. Konsekwencją tego będzie niewątpliwie postęp, ale i wyzwania dla badaczy, ponieważ wyniki dostarczane przez sztuczną inteligencję muszą zostać w jakiś sposób zweryfikowane i/lub zwalidowane.

Wartością praktyczną w tym rozdziale są wskazane zalety i korzyści ze stosowania BIM. Z punktu widzenia rozwoju dyscypliny najważniejsze są wskazane zalety i korzyści dla inwestora, projektanta, wykonawcy robót budowlanych, zarządzającego przedsięwzięciami budowlanymi oraz zarządzającego – właściciela obiektu budowlanego.

#### Uwagi krytyczne:

Prezentując w rozdziale 2.6.4 (*Studium przypadku*), Autor dość wąsko – a nawet w znacznym w uproszczeniu omówił model BIM maszty telekomunikacyjnego sporządzonym w znanym popularnym programie BIM. Z opisu tego przypadku wynika, że projektant, który chce poznać zalety programu BIM powinien poznać geometrię tego programu, tj. z jakimi narzędziami ten program jest skonfigurowany do obliczeń konstrukcyjnych [„ArCADia-SIECI TELEKOMUNIKACYJNE”]. Jest to moduł branżowy systemu ArCADia BIM do wykonywania dokumentacji w zakresie projektowania zewnętrznych sieci teletechnicznych, bądź też program do obliczeń fundamentów pod słupy „Fundamenty bezpośrednie” - Eurokod PN-EN ArCADiasoft”. Jest to program pozwalający „projektantowi – konstruktorowi” na obliczenie i wymiarowanie fundamentów bezpośrednich wg Eurokodu.

Kompleksowy, instruktażowy przykład powinien przekonać „projektanta – konstruktora” do posługiwania się proponowanym modelem BIM, jako narzędziem, który będzie miał zastosowanie na etapie przygotowania projektu (budowlanego), następnie jego aktualizacji w dokumentacji wykonawczej i powykonawczej.

W Studium przypadku wskazane byłoby rozwinięcie analizowanego modelu BIM o przykładowe „narzędzia”, bądź informacje jakie powinny być zawarte w modelach lokalnych BIM inwestora, projektanta i wykonawcy (rys. 11). Każdy tego typu model lokalny, kolejno będzie wzbogacany o niezbędne narzędzia, tworząc w efekcie na zakończenie model centralny BIM, który będzie przekazany zarządcy (instytucji eksploatującej obiekt), następnie uzupełniany o kolejne moduły zarządcze (np. koszty eksploatacji), itp.

Określając zalety i korzyści ze stosowania BIM, Autor zbyt ogólnie wskazał te zalety, unikając opisanego przenikania korzyści w poszczególnych fazach procesu budowlanego. Warto wskazać, że dzięki modelowi nadrzędnemu i precyzyjnemu zestawowi tzw. podmodeli dla każdej fazy budowy możliwe jest skoordynowanie sekwencji działań, dostaw materiałów i pracy zespołów a to zdecydowanie zwiększa wydajność procesu budowlanego.

Dodatkowo, uzupełniony o animacje model ułatwia koordynację działań i procesów związanych z budową, tworząc przewidywalną ścieżkę prowadzącą do oczekiwanego efektu. Dodatkową zaletą oprogramowania jest powiązanie modelu z bazą danych. Dzięki niemu wszelkie informacje dotyczące projektu są dostępne upoważnionym stornom – tak zwana „gwarancja stałej dostępności”. Szczegóły projektu są do dyspozycji użytkowników dowolnym czasie, miejscu i na dowolnym urządzeniu.

BIM spełnia ważną funkcję kontrolną. Bazujące na modelach w kolejnych wersjach projektowych mamy pomoc w postaci autozapisywania oraz funkcję odniesień do historii projektu. Te narzędzia dają użytkownikom pewność, że ich praca nad modelem została zachowana, a stały dostęp do historii poprzednich wersji modelu pozwala skutecznie zapobiec utracie lub uszkodzeniu plików.

BIM to ważne narzędzie w zarządzaniu i koordynowaniu procesu budowy począwszy od inwestora na etapie przygotowania inwestycji (studium wykonalności, PFU, koncepcja), realizacji (harmonogramy finansowo-rzeczowe, procedury zarządzania np. FIDIC, PRINCE). Dzięki BIM i dodaniu wymiaru czasu do modelu umożliwia to symulację postępu robót i wyeliminowanie większości problemów z którymi można spotkać się w trakcie realizacji. Ułatwia to organizację inwestycji począwszy od zarządzania harmonogramem przez planowanie logistyki budowy, unikanie kolizji i optymalizację pracy sprzętu itp. Powyższych elementów – szerzej opisanych zabrakło w tym rozdziale.

Zdaniem Recenzenta pomimo wskazanych uogólnień lub pominięć, przedstawiony przegląd literatury jest dość obszerny i daje podstawę do dalszych rozważań analizowanej tematyki BIM w kolejnych rozdziałach.

W rozdziale 3, Autor scharakteryzował ideę BIM poczynając od założeń, po sprecyzowanie definicji. Dokonując przeglądu różnych definicji BIM przytaczanych przez różne organizacje i normy na uwagę zasługuje podział dokonany przez Autora na dwie grupy (rys. 13), tj. techniczne i organizacyjne, które kształtują 6 atrybutów BIM. Wśród atrybutów organizacyjnych Autor wskazuje, że „BIM, to nie jest tylko technologią, ale też procesem i/lub metodyką stosowaną w całym cyklu życia obiektu”. Natomiast podsumowując przegląd definicji BIM prezentowanych w wielu opracowaniach literaturowych, dość dobrze to zobrazował na rys. 15, definiując BIM jako: aktywność – modelowanie informacji o budynku, jako produkt – model informacyjny budynku i jako system – zarządzanie informacją o budynku (w domyśle obiektu budowlanego).

Wydaje się, że takie ujęcie BIM jest najbardziej zbliżone w sektorze budowlanym dotyczące szeroko rozumianej definicji obiektu budowlanego (Ustawa prawo budowlane Art. 3.1; przez *obiekt budowlany – należy przez to rozumieć budynek, budowlę bądź obiekt małej architektury, wraz z instalacjami zapewniającymi możliwość użytkowania obiektu zgodnie z jego przeznaczeniem, wzniesiony z użyciem wyrobów budowlanych*).

Analizując definicje BIM w ujęciu szerokim i wąskim, Autor określa, że BIM to proces oparty na współpracy ludzi, systemów informatycznych, baz danych i oprogramowania a w szerszym ujęciu może obejmować sprzęt, zasoby materialne i niematerialne oraz wiedzę. Ostatecznie stwierdza, że BIM to *semantyczna* baza danych obiektu budowlanego towarzysząca mu przez cały cykl życia.

W dalszej części monografii (rozdział 3.3), Autor przytaczając wiele źródeł literaturowych oraz stwierdza, że:

- 1) BIM nie jest jedynie modelem 3D,
- 2) BIM nie jest aplikacją czy pakietem oprogramowania,
- 3) BIM nie jest odporny na błędy,
- 4) BIM nie jest pojedynczym projektem czy standardem,
- 5) BIM nie jest opłacalny w małych inwestycjach,
- 6) BIM nie jest kompletny,
- 7) BIM nie jest tym, czym jest dzisiaj.

Na te stwierdzenia Autor odpowiada twierdząco przytaczając kolejne źródła literaturowe. Stwierdzenie to nie jest zaskakujące nawet dla specjalisty – projektanta, który w czasie swojej praktyki tylko pobieżnie interesował się problematyką BIM śledząc literaturę z tego zakresu.

### Uwagi krytyczne, dyskusja:

Takie ujęcie BIM (rys. 15) jest najbardziej zbliżone w sektorze budowlanym dotyczące szeroko rozumianej definicji obiektu budowlanego (Ustawa prawo budowlane Art. 3.1). Biorąc pod uwagę powyższą definicję należy pamiętać, że rozważania prowadzimy w dyscyplinie naukowej inżynieria lądowa, geodezja i transport. Autor już szerzej nie opisuje poszczególnych zagadnień-czynności (rys. 15, kol.3) przypisanych do poszczególnych grup. Byłoby to bardziej czytelne, np. poszerzenie – wyjaśnienie aktywności: „*Modelowanie encje – relacje*” wyjaśniając, że chodzi tu o model różnego rodzaju obiektów i różnego typu związki pomiędzy nimi oraz hierarchie wykorzystane przy projektowaniu relacyjnych bazy danych.

W konkluzji rozdziału 3, Autor nie podejmuje „ryzyka” zdefiniowania jednoznacznie BIM. Wskazuje i przychylił się do stwierdzeń 1-7 zawartych w rozdziale 3.3. Raczej przychylił się do definicji, że „*BIM to proces oparty na współpracy ludzi, systemów informatycznych, baz danych i oprogramowania, a w szerszym ujęciu może obejmować sprzęt, zasoby materialne i niematerialne czy wiedzę. Ostatecznie stwierdza, że BIM to semantyczna baza danych obiektu budowlanego towarzysząca mu przez cały cykl życia*”.

Przychylić się należy do poglądu Autora, że taka definicja będzie bardziej „przyswajalna”, łatwa do zrozumienia i niewystraszająca osoby, które już mają do czynienia z BIM, wdrażając go będąc po stronie inwestora, projektanta, wykonawcy, czy zarządcy obiektu budowlanego. Jednak Autor zastrzega się, że nowa definicja może stać się przyczynkiem do dyskusji na temat konieczności cyfryzacji sektora budowlanego. W tym miejscu warto podkreślić, że podejmowane obecnie decyzje w formie ustaw lub rozporządzeń dotyczące sektora budowlanego wskazują, że „*nie ma odwrotu od cyfryzacji procesu budowlanego*”.

Trzeba zgodzić się z autorską definicją BIM, „*BIM symboliczna reprezentacja obiektu (w domyśle budowlanego) ma szansę stać się głównym repozytorium informacji stanów przeszłych, obecnych i przyszłych cyfrowego bliźniaka*”.

Podobną dyskusję na temat zdefiniowania BIM toczą badacze, prezentując w swoich opracowaniach różne opinie. W dyskusji zmierzającej do znalezienia najlepszego określenia BIM, jak podaje A. Tomana „*BIM Innowacyjna technologia w budownictwie Podstawy, Standardy, Narzędzia*” [poz. 313 w bibliografii monografii], używane są takie pojęcia jak: „*technologia*”, „*metoda*”, „*idea*” „*proces*”. Co prawda opowiada się za pojęciem „*proces*”, to pozostałe definicje jego zdaniem są po części zgodne z prawdą.

W efekcie zgadzając się z tym, że BIM trudno określić – zdefiniować jednolicie, to należy skoncentrować się na jego celach, zadaniach i funkcjach. Przyjmując, że BIM to *proces*

tworzenia i zarządzania danymi w cyklu życia obiektu, przyczynia się do zwiększenia wydajności projektowania i wykonawstwa, wykorzystując oprogramowanie dynamicznego *modelowania*, działającego w czasie rzeczywistym. Podstawowym warunkiem jest tu *idea* współpracy jego uczestników w dowolnej fazie cyklu życia obiektu oraz będą w stanie dodać, pobrać lub edytować informacje w udostępnionym modelu.

W rozdziale 4 (*teoria BIM*), przedstawiono konstytutywne cechy BIM, zjawiska emergentne, ograniczenia, zagrożenia i ryzyka wynikające ze stosowania BIM.

Autor charakteryzuje takie cechy BIM jak parametryczność, interoperacyjność i wielowymiarowość, stawiając się w roli „projektanta BIM”, przywołując wielu badaczy z tego zakresu. Podając kilka przykładów udziela wiele wskazówek w zakresie projektowania przykładowych modeli w środowisku BIM. Ma to wymiar wyraźnie przystępny i edukacyjny. Wskazuje na ważną cechę – interoperacyjność, jako swoisty dialog z aparaturą-oprogramowaniem w celu wzajemnego udostępniania możliwości przetwarzania danych.

Dość czytelnie uzasadniono wielowymiarowość BIM, nie zamykając ilości wymiarów, wskazując możliwości pojawiania się kolejnych wymiarów, ponieważ BIM integrowany jest z kolejnymi technologiami.

Warto podkreślić jest to, że Autor jakby przestrzega o pewnych ograniczeniach wielowymiarowości w procesie inwestycyjno-budowlanym. Granice wymiarów i zależności między nimi są trudne w interpretacji zarówno w pozycji inwestora-zamawiającego, projektanta, jak i wykonawcy. Stąd stosownie tych wymiarów nie zawsze jest wskazane. Wręcz daje pewne sugestie, np. zamawiający projekt budowlany nie powinny polegać na zamawianiu „wymiarów BIM”, takich jak np. 4D. Natomiast zamawiający powinien jasno określić, które dane i informacje są potrzebne na określonym etapie projektu. Z tego wynika, że edukacja BIM wśród kadry inwestorskiej, administracji architektoniczno-budowlanej, nadzoru budowlanego staje się ważnym elementem popularyzacji BIM.

Autor zastrzega się, że ze względu na ciągłe dojrzewanie i ewoluowanie BIM nie można uniknąć problemów w pracy z BIM.

#### **Uwagi krytyczne, dyskusja:**

Przedstawiając ograniczenia, zagrożenia i ryzyka BIM, Habilitant dość wąsko je eksponuje, zawężając się raczej do wymieniienia prawdopodobnych problemów. Brak jest konkretnych wskazówek jak unikać lub minimalizować ryzyko. Wskazana byłaby mitygacja ryzyka, czyli jak minimalizować prawdopodobieństwa wystąpienia ryzyka, np. poprzez wykonanie dodatkowych analiz. Zalecane byłoby także eksponowanie zalet stosowania BIM (*można je znaleźć w treści monografii*) w zbiorczym zestawieniu obok zagrożeń i ograniczeń. Z łatwością można byłoby je eksponować w rozdziale 4.3, gdzie takie zalety opisowo są także eksponowane.

W rozdziale 5 (*praktyka BIM*), na tle aktualnych problemów, wyzwań, ograniczeń zastosowania BIM, Autor przestawił własne badania integracji BIM z IoT (*Internet of Things*), BIM-GIS (*Geographic Information System*) oraz stosowania tzw. „ekologii narzędzi”. Jak wskazuje Autor, aplikacje te mogą pomóc przedsiębiorstwom korzystać z wyższego poziomu zawansowania BIM. W rozdziale tym, Autor wskazuje na wiele nowych rodzajów dokumentów, które występują w procesie BIM zamieszczonych w normie PN-EN ISO 19650. Dość dobrze obrazuje to diagram na rys. 28. Ta część rozdziału stanowi dużą wartość edukacyjną wskazującą na mierzenie produktywności BIM.

Autor podjął się badań, których celem jest nadanie prawidłowej georeferencji modelowi BIM w środowisku GIS, stosując „ekologię narzędzi”. Często projektanci w tym celu korzystają z tzw. „ekologii narzędzi” w celu znalezienia najbardziej dogodnego sposobu łączenia często odrębnych procesów. Bardziej szczegółowo opisano to w artykule „*Ekologia narzędzi BIM – georeferencja modeli obiektów budowlanych z wykorzystaniem CDE*”, 2023. *Przegląd Budowlany* 94(11-12):158-162. DOI: 10.5604/01.3001.0054.1332; gdzie przedstawiono studium przypadku wybranego modelu BIM, stosując szereg narzędzi cyfrowych zintegrowano model BIM z danymi GIS. Sporządzony schemat postępowania może zostać zastosowany w dowolnym innym przypadku dzięki zastosowaniu otwartego standardu IFC (*Industry Foundation Classes*) - otwarty standard umożliwiający wymianę modeli BIM.

Dużym wyzwaniem jest podjęcie przez Habilitanta zadania - umożliwienie modelom BIM dostarczenie informacji w czasie rzeczywistym poprzez proces monitorowania. Monitorowanie może odbywać się na etapie planowania, projektu, budowy, jak i w późniejszej fazie użytkowania obiektu. Stąd integracja IoT-BIM poprzez zaprojektowaną bazę danych i moduły. Tak opracowane moduły zapewnią skuteczną wizualizację stanu środowiska zarówno zewnętrznego, jak i wewnętrznego obiektu budowlanego. Autor w swojej analizie wykazał, że do tej pory przeprowadzono niewiele badań dotyczących budynków jednorodzinnych. Stąd podjął się eksperymentu badawczego, który miał na celu opracowanie obwodu do testowania temperatury w celu zbadania komfortu cieplnego. Proponuje go wykorzystać przy projektowaniu – wykonywaniu instalacji klimatyzacji i wentylacji (HVAC) lub modernizacji obiektu. Autor dość czytelnie zobrazował metodykę instalacji i połączenie czujnika z modelem BIM wraz zestawieniem elementów, wskazując na dość niskie koszty proponowanego modelu.

#### **Uwagi krytyczne, dyskusja:**

Ważną cechą poprawnej georeferencji modelu BIM jest możliwość dalszego wykorzystania przez projektanta sporządzenia własnego modelu w szerszej konfiguracji dla dowolnej branży (np. sanitarna, elektryczna). Ułatwia to także łączenie modeli branżowych w całość. Szkoda, że Autor nie wygenerował przykład takiego modelu dla wybranej branży (oprócz rys. 40, chociażby zamiast rys. 41).

Autor informuje o wielu ograniczeniach (raczej ogólnie), które spotyka się w BIM. Georeferencja modeli BIM jest jednym z takich ograniczeń, które nie jest łatwe w implementacji. Jako zaletę wskazuje możliwość łączenia modeli.

Stąd nasuwa się pytania, czy mogą występować inne ograniczenia w zaproponowanym rozwiązaniu wyłączając tzw. komercję (koszty)?

Autor podjął się eksperymentu badawczego, który miał na celu opracowanie obwodu do testowania temperatury w celu zbadania komfortu cieplnego w miesiącach letnich. Stąd nasuwa się pytanie, dlaczego ograniczono się do miesięcy letnich? Uniemożliwić to jednak będzie sporządzenie w oparciu o ten monitoring audytu energetycznego obiektu i wykorzystanie tych danych do doboru urządzeń cieplnych, pomp ciepła itp.

Można mieć nadzieje, że IoT będzie kierunkiem dalszych – szerszych badań, a nawet opracowania zintegrowanych ram IoT-BIM monitorujących wiele parametrów środowiska zewnętrznego i wewnętrznego, jako danych niezbędnych do projektowania, wykonania i eksploatacji obiektu budowlanego.

Przedstawione ramy koncepcyjne DT (cyfrowy bliźniak) dotyczą raczej małych obiektów budowlanych (domki jednorodzinne). W ich wdrożeniu zaporą mogą być koszty. Proponowana integracja różnych baz danych i aplikacji bardzo zbliży do koncepcji DT.

Wyniki eksperymentu (integracja IoT-BIM) łatwiej będzie implementować już na etapie planowania i projektowania obiektów kubaturowych wielorodzinnego budownictwa mieszkaniowego, publicznego (szpital, szkoły), uwzględniając to w kosztach na każdym etapie procesu budowlanego.

Stąd zalecane byłoby wzorem tab.3 (str. 138), zaproponować przykładowe konfiguracje oddzielnie dla rodzajów obiektów budowlanych wymaganych modułów, rodzajów czujników i proponowanych rozwiązań ICT na każdym etapie procesu budowlanego (ważne z punktu widzenia procedury zamówień publicznych).

*W rozdziale 6* opisano elementy edukacji BIM. W rozdziale, Autor zachęca, aby podczas ćwiczeń, warsztatów projektowych zadbać o niejednorodność grupy, wskazując na takie cechy jak dociekliwość, pasja lub krytyczne myślenie. Rozdział ten jest dobrym materiałem dla wykładowców takich szkoleń.

*W rozdziale 7* monografii, Autor podjął się próby prognozy kierunku rozwoju BIM. Wykorzystując doświadczenie w działalności szkoleniowej oraz we współpracy z firmami przy wdrożeniach, opisał zaobserwowane mechanizmy i procesy rozwoju wiedzy o BIM. Wskazał na rosnącą popularność sztucznej inteligencji (AI) w BIM.

### **Uwagi krytyczne, dyskusja**

W tym miejscu można było się spodziewać podjęcia próby wykorzystania AI, np. sztucznych sieci neuronowych (SNN), lub oceny możliwości ich zastosowania w prognozowaniu warunków klimatycznych, bądź próby integracji IoT-BIM z znanymi programami SNN. Już na podstawie przeprowadzonego eksperymentu można sądzić, że będziemy dysponować dużą ilością danych. To może pozwolić na wykorzystanie tej bazy do uporządkowania, pogrupowania, określenia cech podobieństwa, a nawet prognozowanie stanu środowiska klimatycznego w obiekcie przy zadanych danych wejściowych. Może to być istotną pomocą dla projektanta przy doborze urządzeń klimatyczno-wentylacyjnych.

*W rozdziale 8* – podsumowanie, Habilitant podkreślił, że przeprowadzone badania naukowe dały możliwość odpowiedzi na postawione pytania badawcze. Przedstawiono niekonwencjonalne – interdyscyplinarne podejście do tematyki BIM.

Uznał, że za najważniejsze jego osiągnięcia naukowe w monografii autorskiej uważa;

- 1) Autorską periodyzację BIM – podział na okresy ewolucyjne 40 lat historii BIM. Opracowana autorska periodyzacja dzieli historię na okresy ewolucyjne ze względu na trzy czynniki: ideę, podejście i kulturę organizacyjną.
- 2) Nową emfaticzną definicję BIM, która dzieli spojrzenie na BIM - na dwie perspektywy – szeroką i wąską. Przedstawiona w monografii definicja porządkuje dotychczasowe rozumienie BIM.
- 3) Wyróżnienie konstytutywnych cech BIM oraz zidentyfikowanie zjawisk emergentnych w procesie BIM.
- 4) Opracowanie metodyki georeferencji modelu BIM w środowisku GIS z wykorzystaniem wspólnego środowiska danych (CDE).
- 5) Połączenie czujnika Internetu Rzeczy (IoT) z modelem BIM, z wykorzystaniem lekkiego protokołu komunikacyjnego, programowania wizualnego (Dynamo) i klasycznego (Arduino/C++).
- 6) Opracowanie ram koncepcyjnych cyfrowego bliźniaka, których podstawę stanowi BIM, a w połączeniu z innymi technologiami może dać ogromną wartość na etapie eksploatacji (głównie w fazie konserwacji i utrzymania).

- 7) Nowe spojrzenie - z innej perspektywy na edukację BIM oparte na uczeniu się poprzez doświadczanie.

W efekcie osiągnięcia naukowe, można rozpatrywać w dwóch sferach:

- a) Edukacyjna: autorską periodyzację BIM – uporządkowania wydarzeń rozwoju BIM wraz z próbą zdefiniowania, nowego spojrzenia i dalszą perspektywę BIM jako idei – procesu, bądź narzędzi wykorzystywanych w procesie planowania, projektowania, organizacji i zarządzania procesem budowlanym, oraz eksploatacji obiektu budowlanego,
- b) Eksperymentalna: w ramach prac eksperymentalnych i badań własnych opracowanie zestawu Internetu Rzeczy IoT, (Internet of Things) dla BIM oraz ram koncepcyjnych cyfrowego bliźniaka DT (Digital Twin), wspierającego fazę eksploatacji w cyklu życia obiektu budowlanego. Zbudowany model połączenia pomiędzy czujnikiem a modelem BIM może być rozwijany i zostać wykorzystany w praktyce.

Popularyzując zagadnienia poruszane w monografii, Habilitant samodzielnie publikował w latach 2023-2024 w kilku czasopismach krajowych i zagranicznych, raczej w dość nisko punktowanych (wg MEiN); [A5 – 5pkt], [A1,A2,A,A3 – 20 pkt]. Natomiast ceną publikacją jest artykuł: [A4-100 pkt]; *Digital Twin conceptual framework for the Operation and Maintenance Phase in the Building's Lifecycle*. Archives of Civil Engineering. Dużą wartość popularyzująca BIM wśród praktyków jest artykuł „*Ekologia narzędzi BIM – georeferencja modeli obiektów budowlanych z wykorzystaniem CDE*”, 2023, zamieszczony w Przeglądzie Budowlanym. Częściowe wyniki badań poruszanych w monografii prezentowane były przez Autora na 7 krajowych konferencjach naukowych.

Pomimo wyżej wskazanych uwag i spostrzeżeń krytycznych, występujących często uogólnień i powtórzeń, to jak podkreśla Autor, Monografia jest próbą naukowego i kompleksowego ujęcia problematyki BIM. Warto także wskazać na aspekt edukacyjny monografii, w praktyce do wykorzystania w procesie szkoleniowym przez kadrę i zespoły zarządzające procesami inwestycyjnymi.

Opracowując Monografię, Autor przywołał 354 pozycji literaturowych, w przeważającej części autorów zagranicznych oraz 17 pozycji własnych zamieszczonych w zagranicznych i krajowych publikacjach.

W ocenie Recenzenta przedstawiona monografia pt. „*Propedeutyka BIM – filozofia modelowania informacji o obiekcie budowlanym*”, stanowi istotne osiągnięcie naukowe, zawiera elementy oryginalności, określa wkład własny Habilitanta poparty dużym doświadczeniem zawodowym jako wykładowca, trener problematyki BIM, tym samym spełnia warunki rozprawy habilitacyjnej.

### **3.2 Osiągnięcie II: cykl artykułów naukowych pt. „Badania aplikacyjne nad BIM oraz ich zastosowanie w procesach planistycznych i inwestycyjno – budowlanych”.**

Poza Monografią, jako osiągnięcie naukowe w ramach dziedziny nauk inżyniersko-technicznych w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport, będące podstawą ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego, Habilitant we wniosku zgłosił dodatkowo osiągnięcie II: cykl 10 publikacji w recenzowanych czasopismach naukowych. W tym zestawieniu znajdziemy publikacje wieloautorskie. W 9-ciu publikacjach był pierwszym – wiodącym autorem. Osiem prezentowanych artykułów opublikowano w polskich

czasopismach o punktacji 70 lub 100 pkt [B1,B2,B3,B4,B5,B7,B9,B10], które przypisane są do dyscypliny inżynieria lądowa, geodezja i transport.

Częstkowe rezultaty wyników badań publikowanych w/w artykułach, autorzy prezentowali na 4 konferencjach naukowych w Warszawie i Krakowie.

Z tej liczby szczególnie wartościowa jest publikacja [B7] *Kochański Ł., Borkowski A.S., Automating the conceptual design of residential areas using visual and generative programming. Journal of Engineering Design, 2024.* W artykule [B7], zostały zestawione wyniki badań i porównane z innymi eksperymentami. Sam algorytm został upubliczniony na platformie GitHub w celu jego upowszechnienia i rozwoju. Celem opracowanego programu (algorytmu) było zautomatyzowanie procesu opracowywania koncepcji urbanistycznej dla wybranych terenów zgodnie z zapisami miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego. Program generujący rozwiązania rozpoczyna się od pobrania danych, a następnie tworzone są obiekty geometryczne, które mają ze sobą odpowiednie relacje, które przedstawiono na rys. 20. Warto zwrócić uwagę na artykuł [B2] *Borkowski A.S., Osińska N., Szymańska N., Analizy energetyczne w modelach BIM 6D. Materiały Budowlane, 2022.* Celem artykułu było przedstawienie możliwości sporządzania analiz energetycznych budynków za pomocą technologii BIM. Trójwymiarowe modele BIM zawierające dane i parametry energetyczne na podstawie których generowane są precyzyjne raporty energetyczne, dostarczają kluczowych informacji służących optymalizacji zużycia energii na etapie projektu, budowy i eksploatacji budynku. Dane pozyskiwane z takich modeli mogą wspomagać proces decyzyjny. Tym samym udowodniono, że zastosowanie technologii BIM w znacznym stopniu przyczynia się do zwiększenia efektywności energetycznej budynków oraz pomaga architektom i projektantom w zrozumieniu wpływu podejmowanych przez nich decyzji na środowisko przyrodnicze.

Inny wymiar mają wyniki badań zamieszczone w artykułach [B1, B3, B8], gdzie analizowano możliwość zarządzania obiektami użyteczności publicznej. Dla przykładu w pracy [B3], autorzy zbudowali proces budowy „cyfrowego bliźniaka” w BIM, a następnie przeprowadzono szereg działań, które mogą stać się wyzwaniem na etapie eksploatacji obiektu dla jego zarządcy. Zaletą zbudowanego modelu jest to, że wszelkie potrzebne informacje znajdują się w jednym miejscu. Model może być na bieżąco aktualizowany i wzbogacany o kolejne treści.

Bardzo wartościowe mogą być badania i analizy zawarte w artykule [B9], gdzie analizowano zbiory danych przestrzennych o zasobach glebowych. Celem pracy była próba identyfikacji podstawowych parametrów wpływających na racjonalne gospodarowanie glebami, dostępnych bez konieczności prowadzenia czasochłonych i kosztownych badań terenowych i laboratoryjnych. Badania obejmowały zastosowanie różnych metod i interpretację materiałów źródłowych, np. cyfrowej mapy glebowo-rolniczej, konturów jakości gleby, cyfrowego modelu terenu lub ortofotomapy. W artykule wykazano, że racjonalne gospodarowanie przestrzenią i zasobami glebowymi może być wizualizowane i dokumentowane z wykorzystaniem zintegrowanych, teoretycznie dychotomicznych i technologii BIM i GIS.

Integracja danych BIM i GIS stanowi wartość zarówno dla projektanta, użytkownika, jak i decydenta. Biorąc pod uwagę zasoby przestrzeni oraz konieczność ochrony zasobów naturalnych, w tym gleb, bardzo ważne jest wykorzystanie w procesie planowania przestrzennego.

Autorzy nie wskazali, czy analizowano zbiory danych np. zasięgu wód podziemnych, dane geotechniczne, czy hydrogeologiczne, które są niezbędne przy opracowaniu miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego lub projektowaniu obiektów budowlanych.

Za najważniejsze osiągnięcia naukowe przedstawione w ramach drugiego dodatkowego osiągnięcia naukowego, biorąc pod uwagę wkład w rozwój dyscypliny inżynieria lądowa,



geodezja i transport (specjalność; inżynieria przedsięwzięć budowlanych) na podstawie przeprowadzonych badań można uznać:

1. Możliwość przeprowadzania analiz energetycznych w modelach BIM (6D).
2. Opracowanie modelu BIM budynku użyteczności publicznej i możliwości wykorzystania go szczególnie procesie zarządzania na etapie użytkowania.
3. Możliwość zarządzania obiektami użyteczności publicznej na bazie zbudowanego modelu „cyfrowego bliźniaka” w BIM.
4. Opracowanie metodyki integracji danych BIM i GIS z wykorzystaniem pakietu FME (*Platforma Integracji Danych*).

Reasumując przedłożone prace współautorskie [B1,B2,B3,B4,B5,B7,B9,B10], jako powiązane tematycznie publikacje stanowią część wkładu pracy Habilitanta (oświadczenia potwierdzające wkład autorski, zał. 6 Wniosku), tym samym mogą być zaliczone do dorobku naukowego jako osiągnięcie o znacznym wkładzie w rozwój dyscypliny.

Zasadniczo przyjmuje się, że artykuły zgłoszone do wykazu osiągnięć naukowych, stanowiący znaczny wkład Habilitanta w rozwój dyscypliny powinny zawierać min 50% udziału habilitanta, aby wkład ten był znaczny. W oświadczeniach nie wykazano procentowego udziału Habilitanta, stąd przyjęto, że w przypadku dwóch autorów udział Habilitanta jest na poziomie min 50%. Natomiast w przypadku artykułów, gdzie jest trzech autorów dokonano indywidualnej analizy wkładu Habilitanta. Z analizy tej wynika, że jego udział w artykułach [B2, B9] jest na poziomie minimum 50%.

### **3.3 Osiągnięcie III: cykl artykułów naukowych pt. „Współpraca z otoczeniem społeczno-gospodarczym w ramach prac wdrożeniowych BIM”.**

Jako osiągnięcie naukowe w ramach dziedziny nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport, będące podstawą ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego, Habilitant we wniosku zgłosił dodatkowo osiągnięcie III: cykl 8 publikacji w recenzowanych czasopismach naukowych kwalifikowanych do grupy „współpraca z otoczeniem społeczno-gospodarczym w ramach prac wdrożeniowych BIM”.

W tym zestawieniu są publikacje wieloautorskie, gdzie we wszystkich był pierwszym – wiodącym autorem. Wśród nich jest prezentowanych 5 artykułów publikowanych w polskich czasopismach o punktacji 40 pkt [C1, C2, C6, C7] oraz artykuł [C3] o punktacji 70 pkt i przypisano je do dyscypliny inżynieria lądowa, geodezja i transport. Warto zauważyć, że są to artykuły publikowane w czasopismach o niskiej punktacji.

Pozostałe artykuły [C4, C5, C8] można traktować jako popularyzowanie BIM w innych dyscyplinach nauki.

Częstkowe rezultaty wyników badań publikowanych w/w artykułach, autorzy prezentowali w formie referatów ustanych na 4 konferencjach naukowych.

Habilitant w ramach współpracy z przedsiębiorstwami, dostrzegając potrzebę rozwoju i wrażliwość na innowacje z zakresu BIM, wspólnie z ich pracownikami opublikował kilka artykułów. Nadto należy podkreślić, że współpraca np. z firmą Tessel Poland zaowocowała publikacjami [B5, B6]. Wskazane w tej grupie artykuły zasadniczo należy traktować, jako popularyzowanie wiedzy z zakresu modelowania BIM, eksperymentów dydaktycznych, narzędzi wspomagających nauczycieli akademickich, którzy uczą BIM. W mniejszym stopniu mające znamiona osiągnięcia naukowego.

W tej grupie warto zwrócić uwagę na artykuł [C3], w którym zaproponowano model infrastruktury przesyłowej naziemnej w BIM udowadniając, że elementy infrastruktury

technicznej są niezwykle istotne przy planowaniu i projektowaniu obiektów uzbrojenia nadziemnego i podziemnego w budownictwie infrastrukturalnym.

Wykazane publikacje są efektem współpracy Habilitanta z otoczeniem społeczno-gospodarczym. Dzięki tej współpracy, Habilitant bezpośrednio może identyfikować postrzeganie BIM, identyfikować jego ograniczenia w rozwoju cyfryzacji różnego rodzajów procesów. Trudno to jednak uznać jako osiągnięcia naukowe, jak to prezentuje Habilitant wskazując siedem rodzajów takich osiągnięć. Publikacje te i prezentacje konferencyjne należy uznać, jako popularyzacja wiedzy z zakresu BIM w gospodarce oraz nabywanie wiedzy praktycznej o potrzebie-wyzwaniach jakich oczekuje gospodarka (branża budowlana) w związku z jej konieczną cyfryzacją. To powinno dać wyzwanie do nowych kierunków badań i eksperymentów w celu implementacji BIM.

#### **4 Autoreferat – działalność naukowa, uwagi krytyczne.**

Autoreferat dr inż. Andrzeja Szymona Borkowskiego, jako załącznik do Wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego w dziedzinie nauk inżynierijno-technicznych w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport, stanowi dość obszerne - 87 stronicowe opracowanie. Zawiera niezbędne dane, informacje o dorobku naukowym i zawodowym, działalności dydaktycznej, eksperckiej i społecznej Habilitanta.

Uwagi krytyczne w odniesieniu do dorobku naukowego jako dorobku naukowego, osiągnięć naukowych, będących podstawą do ubiegania się Habilitanta o nadanie stopnia doktora habilitowanego opisano w pkt. 3 niniejszej recenzji.

*Rozdział 4.3.8;*

Autor zestawiał spis literatury cytowanej w autoreferacie. Wątpliwość budzi powtarzanie pozycji wykazanych w Monografii. Rozdział ten powinien być zamieszczony po opisanu omówieniu pozostałych osiągnięć (np. jako rozdział 5,7).

*Rozdział 5.1;* jest zbędny

*Rozdział 5.4;* Autor wykazał 9 publikacji autorskich lub wieloautorskich powiązanych z BIM w okresie 2020-2024r. Z tej liczby 5 publikacji można zaliczyć z zakresu analizowanej dyscypliny nauki. Zasadniczo są to nisko punktowane publikacje (40 pkt.). Nie można je zaliczyć do publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe, raczej popularyzujące wiedzę z zakresu BIM. Pozostałe 4 publikacje naukowe dotyczą zagadnień związanych z planowaniem przestrzennym. Są istotnym dorobkiem naukowym Habilitanta, tym bardziej, że publikowane były w wysoko punktowanych czasopismach [poz. 2 – 140 pkt, poz. 3 – 70 pkt.).

Autor wykazał, że o tematyce BIM, (str. 70) jest 76% wszystkich publikacji naukowych (60 z 79 pozycji). Trudno to zweryfikować w aspekcie zapisów w tabeli 4 załącznika 3 (str. 86).

*Rozdział 5.5;* W tym podrozdziale Autoreferatu, Habilitant opisał zakres prowadzonych badań naukowych w okresie przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora. W tym okresie zainteresowania naukowe obejmowały generalnie zagadnienia z geostatystyki, planowania przestrzennego, będące podstawą do uzyskania stopnia doktora w ówczesnej dyscyplinie geodezja i kartografia na Wydziale Geodezji i Kartografii w kwietniu 2019 roku. Artykuły z zakresu BIM (8) publikowane były w czasopismach polskich.

Z analizy tych publikacji, jako najważniejsze osiągnięcia naukowe można zdefiniować następująco:

- opracowanie metodyki obliczania współczynnika przenikania ciepła z wykorzystaniem BIM,
- rekomendacja programowania wizualnego w projektowaniu BIM do praktyki,
- wskazanie możliwości wykorzystania BIM w sporządzaniu rysunków szczegółowych.

Reasumując powyższe, można zauważyć, że problematyką BIM Habilitant w szerszym zakresie zainteresował się po przygotowaniu rozprawy doktorskiej i od tego momentu badania naukowe obejmujące problematykę BIM są jego głównym kierunkiem badań.

### **Najważniejsze osiągnięcia naukowe:**

Za najważniejsze, najbardziej istotne dokonania naukowe, stanowiące znaczący wkład w rozwój dyscypliny inżynieria lądowa, geodezja i transport w specjalności „inżynieria przedsięwzięć budowlanych”, w zakres której wchodzi zagadnienia związane z planowaniem, organizacją, technologią i zarządzaniem procesem budowlanym Habilitant zgłosił:

- A. jako główne osiągnięcie naukowe: Monografię autorską pt. „PROPEDEUTYKA BIM – filozofia modelowania informacji o obiekcie budowlanym”. Na podstawie przeprowadzonej w Monografii przeglądu literatury z zakresu stanu wiedzy BIM, autorskiej oceny BIM oraz wykonanych prac eksperymentalnych, badań własnych autora można wskazać następujące osiągnięcia naukowe, które są istotne dla rozwoju dyscypliny:
1. Autorska periodyzacja BIM – uprządkowania wydarzeń rozwoju BIM wraz z próbą zdefiniowania, nowe spojrzenie na BIM jako idei – procesu, bądź narzędzi wykorzystywanych w procesie planowania, projektowania, zarządzania procesem budowlanym oraz eksploatacji obiektu budowlanego.
  2. Opracowanie zestawu Internetu Rzeczy IoT, (Internet of Things) dla BIM oraz ram koncepcyjnych cyfrowego bliźniaka DT (Digital Twin) wspierającego fazę eksploatacji w cyklu życia obiektu budowlanego. Zbudowany model połączenia pomiędzy czujnikiem a modelem BIM może być rozwijany i wykorzystany w praktyce.
- B. jako osiągnięcie II: cykl 10 publikacji w recenzowanych czasopismach naukowych. Wśród prezentowanych artykułów 8 jest publikowano w polskich czasopismach o punktacji 70 lub 100 pkt [B1,B2,B3,B4,B5,B7,B9,B10] przypisanych jest do dyscypliny inżynieria lądowa, geodezja i transport. Za najważniejsze osiągnięcia naukowe, biorąc pod uwagę wkład w rozwój dyscypliny należy wskazać:
1. Możliwość przeprowadzania analiz energetycznych w modelach BIM (6D).
  2. Opracowanie modelu BIM budynku użyteczności publicznej i możliwości wykorzystania go w procesie zarządzania oraz zarządzanie obiektami użyteczności publicznej na bazie zbudowanego modelu „cyfrowego bliźniaka” w BIM.
  3. Opracowanie metodyki integracji danych BIM i GIS z wykorzystaniem pakietu FME.
- C. jako osiągnięcie III: cykl 8 publikacji w recenzowanych czasopismach naukowych kwalifikowanych do grupy „współpraca z otoczeniem społeczno-gospodarczym w ramach prac wdrożeniowych BIM”. Wśród prezentowanych artykułów, 5 artykułów jest publikowanych w polskich czasopismach o punktacji 40 pkt [C1, C2, C6, C7] oraz artykuł [C3] o punktacji 70 pkt. przypisanych jest do dyscypliny inżynieria lądowa, geodezja i transport.

Publikacje z tej grupy i prezentacje konferencyjne należy uznać, jako popularyzacja wiedzy z zakresu BIM w gospodarce oraz nabywanie wiedzy praktycznej o potrzebie-wyzwaniach jakich oczekuje gospodarka (branża budowlana) w związku z jej konieczną cyfryzacją.

Jak już sygnalizowałem w pkt 3.1 recenzji, za najważniejsze i najbardziej istotne dokonania naukowe, stanowiące znaczący wkład w rozwój dyscypliny inżynieria lądowa, geodezja i transport uznaje osiągnięcia A1 i A2 opisane w monografii.

W ocenie Recenzenta przedstawiona monografia pt. „*Propedeutyka BIM – filozofia modelowania informacji o obiekcie budowlanym*”, stanowi istotne osiągnięcie naukowe, zawiera elementy oryginalności, określa wkład własny Habilitanta. Dodatkowe osiągnięcia wskazane jako B1, B2, B3 to wyniki badań aplikacyjnych, które znalazły zastosowanie w procesach budowlanych, stanowią istotne wzmocnienie osiągnięć wykazanych w monografii. Dokonania naukowe wymienione w pkt. C można zaliczyć do publikacji będących elementem popularyzacji dorobku naukowego.

**Rozdział 5.6; Pozostała aktywność naukowa:**

W załączniku 4 (wykaz osiągnięć), Habilitant zestawiał aktywność naukową, która obejmuje:

- współautorstwo czterech monografii, z których trzy można przypisać do dyscypliny inżynieria lądowa, geodezja i transport, tj. podręczniki: „*Revit Architecture. Podstawy projektowania*”, jako instrukcja projektowania, 2015; „*AUTODESK AutoCAD – lisp-y, makrooperacje, zmienne systemowe*”, 2016; *Revit Architecture. Modelowanie i zarządzanie informacją o obiekcie budowlanym*, 2024.  
Revit to jedno z najpopularniejszych narzędzi stosowanych w architekturze, inżynierii i budownictwie. Program ten, rozwijany przez firmę Autodesk, stanowi kompleksowe oprogramowanie do modelowania informacji o budynku – BIM. Dzięki swojej wszechstronności i zaawansowanym funkcjom, Revit umożliwia tworzenie precyzyjnych modeli 3D, zarządzanie danymi projektowymi oraz współpracę międzybranżową.
- współautorstwo rozdziałów w 4 monografiach naukowych, z których jeden można przypisać do dyscypliny inżynieria lądowa, geodezja i transport, tj. „*Zastosowanie technik informacyjnych w kształceniu na GP – budowa modeli przestrzennych 3D ze szczególnym uwzględnieniem analizy oddziaływania przedsięwzięć na środowisko przyrodnicze*”, monografia pt.: *Projektowanie urbanistyczne w procesie kształcenia na kierunku studiów Gospodarka Przestrzenna*, red. Chmielewski Jan, 2016.
- publikacja 13 artykułów przed uzyskaniem stopnia doktora, w czasopismach naukowych. W tej liczbie 9 prac można przypisać do dyscypliny inżynieria lądowa, geodezja i transport, publikowanych jest w czasopismach: *Builder*, *Materiały budowlane*, *Inżynieria i Budownictwo*, *Budownictwo i Architektura*, *Rynek instalacyjny*. W artykułach prezentowano zagadnienia z zakresu analizy modeli BIM, projektowania instalacji z wykorzystaniem technologii BIM, analizy środowiskowe prezentowane w BIM (nasłonecznienie, obliczanie współczynnika przenikania ciepła) i programowanie elementów konstrukcji w BIM,
- publikacja 7 artykułów po uzyskaniu stopnia doktora powiązane z osiągnięciem A, w czasopismach naukowych, przypisanych do dyscypliny inżynieria lądowa, geodezja i transport. Artykuły publikowane w czasopismach: *Izolacje* - 3 (20pkt.), *Builder* - 2 (70 pkt.), *Przegląd budowlany* – 2 (70pkt.). W artykułach prezentowano zagadnienia z zakresu wdrożenia BIM, ekologii narzędzi BIM, wykorzystanie BIM do analiz środowiskowych,

- publikacja 2 artykułów po uzyskaniu stopnia doktora powiązane z osiągnięciem B, w tym 1 przypisany do dyscypliny inżynieria lądowa, geodezja i transport (*Trends in Civil Engineering and its Architecture*, 5pkt), opisujący ograniczenia w modelach BIM.
- publikacja 4 artykułów o tematyce nie związanej z BIM. W tej liczbie 3 prace przypisano do dyscypliny inżynieria lądowa, geodezja i transport, publikowanych w zagranicznych czasopismach. Na uwagę zasługuje artykuł autorstwa; Bielska A., Borkowski A.S., Czarnecka A., Delnicki M., Kwiatkowska-Malina J., Piotrkowska M.: *Evaluating the potential of suburban and rural areas for tourism and recreation, including individual short-term tourism under pandemic conditions*. Scientific Reports. 2022, (140pkt). W badaniu zaproponowano metodologię oceny potencjału turystycznego i rekreacyjnego obszaru (METPRET) dotyczącą rekreacyjnych zachowań zidentyfikowanych w pandemii. Badania pozwalają na określenie cech, jakimi powinny charakteryzować się potencjalne tereny rekreacyjne w warunkach pandemii. Zaproponowany wskaźnik RPI umożliwia wytypowanie nowych obszarów wiejskich i podmiejskich atrakcyjnych dla turystyki krótkoterminowej.

Istotnym osiągnięciem publikacyjnym Habilitanta jest publikacja 11 artykułów poruszających zagadnienia BIM w krajowych i zagranicznych czasopismach naukowych. W tej liczbie 10 prac można przypisać do dyscypliny inżynieria lądowa, geodezja i transport, publikowanych w czasopismach: *Builder* -2, *ZN Pol. Częstochowskiej – Budownictwo* -2 (20pkt.), *Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne* – 1 (5pkt), *Przegląd Budowlany* – 2, *Izolacje* – 1, *Budownictwo i Architektura* – 1 (20pkt.), *ISPRS International Jurnal of Geo-infrmation* -1 (70pkt.).

W artykułach prezentowano zagadnienia z zakresu symulacji modeli BIM, porównania technologii CAD i BIM w projektowaniu architektoniczno-urbanistycznym, przegląd aplikacji w zakresie integracji technologii BIM i GIS, implementacji BIM, ekologii narzędzi BIM, wykorzystanie BIM do analiz środowiskowych, zarządzania obiektami przy użyciu Autodesk, wykorzystanie BIM do wyboru najbardziej energooszczędnych materiałów izolacyjnych.

Powyżej wskazane publikacje to wymierne dokonania Habilitanta, stanowiące znaczący wkład w rozwój dyscypliny inżynieria lądowa, geodezja i transport. Dorobek ten nieco umniejsza to, że publikacje zamieszczane były głównie w czasopismach zagranicznych i krajowych o stosunkowo niskiej punktacji (20;70), wyjątkowo 100 pkt. Jedną publikacją a czasopiśmie zagranicznym *Scientific Reports* (140pkt), która porusza problemy nie związane z BIM.

Niezależnie od tego dorobku, Habilitant zajmował/zajmuje się zagadnieniami dotyczącymi innych obszarów badawczych (poza dyscypliną inżynieria lądowa, geodezja i transport), w szczególności urbanistyki, gospodarki przestrzennej oraz problemami z obszaru dyscypliny inżynieria środowiska.

## **5 Dorobek naukowo-badawczy, publikacyjny, dydaktyczny, organizacyjny i współpraca międzynarodowa.**

### **5.1 Dorobek naukowo-badawczy, publikacyjny i dane naukometryczne.**

Habilitant swoją aktywność publikacyjną jako Autor lub współautor wyraża następującym dorobkiem:

- 1 autorska monografia habilitacyjna,
- 4 wieloautorskie monografie naukowe (*zał.4, str. 10, pkt. 2.1 wykazano 3 plus monografia habilitacyjna*),
- 4 rozdziały zamieszczone w monografiach zbiorowych,

- 24 artykuły w czasopismach naukowych o zasięgu międzynarodowym indeksowane w Scopus,
- 17 artykułów w czasopismach naukowych o zasięgu międzynarodowym indeksowane w WoS,
- 32 artykuły w czasopismach naukowych o zasięgu krajowym,
- 26 wystąpień z referatami na konferencjach krajowych i zagranicznych
- 4 referaty opublikowane w materiałach konferencji krajowych i zagranicznych,
- 17 posterów prezentowanych na konferencjach,
- 7 krotne uczestnictwo w zespołach badawczych,
- promotorstwo 18 prac magisterskich i 42 inżynierskich,
- 76 recenzji artykułów naukowych,
- promotor pomocniczy 1 rozprawy doktorskiej,
- 2 wykłady na zaproszenie,
- 11 razy jako członek komitetów organizacyjnych i naukowych konferencji naukowych,
- członkostwo w 4 międzynarodowych lub krajowych organizacjach i towarzystwach naukowych,
- członkostwo w 3 komitetach i radach czasopism naukowych.

Warto zauważyć, że Habilitant w styczniu 2025 wspólnie z Marcinem Pinkoszem opublikował artykuł pt. Integracja modeli BIM i GIS na przykładzie projektu infrastrukturalnego (*Integration of BIM and GIS models on the example of an infrastructure project*), Izolacje 1/2025, otwierając nowy kierunek badań - zastosowania BIM w projektach modernizacji infrastruktury kolejowej.

Dorobek naukowy udokumentowany jest następującymi wskaźnikami naukowymi:

- Index Hirscha; według bazy Web of Science 6, według bazy Scopus – 6, według bazy Google Scholar – 9, (str. 87 zał. 3).
- liczba cytowań; WoS – 72, Scopus – 91, Google Scholar 237 (str. 87 zał. 3)
- IF = 31,318 (str. 87 zał. 3).
- Łączna ilość punktów 2885.

inne źródła: na dzień 15.02.2025:

- a) <https://repo.pw.edu.pl/info/author/WUT479e5ee7f79641299fa7dc2627064178?r=publication&tab=metrics&title=Profil%2Bosoby%2B%25E2%2580%2593%2BAndrzej%2BSzymon%2BBorkowski%2B%25E2%2580%2593%2BPolitechnika%2BWarszawska&lang=pl&pn=1>;
  - liczba cytowań; WoS – 102, Scopus – 123, Google Scholar 286
- b) <https://repo.pw.edu.pl/info/author/WUT479e5ee7f79641299fa7dc2627064178?r=achievement&tab=stats&title=Profil%2Bosoby%2B%25E2%2580%2593%2BAndrzej%2BSzymon%2BBorkowski%2B%25E2%2580%2593%2BPolitechnika%2BWarszawska&lang=pl&pn=1>;
  - łączna ilość punktów 3045,
  - liczba publikacji 129.
- c) profil Reserchgate;
  - Research Interest Score 431,7,
  - Citation 276,
  - H-index 10.

Pozytywnie oceniam dorobek naukowo-badawczy udowodniony wieloma publikacjami oraz dorobek publicystyczny poparty wystąpieniami na konferencjach krajowych i zagranicznych. Jest to dorobek znacznie ponad przeciętny na obecnym etapie kariery naukowej.

Recenzent podkreśla, że aktywność publikacyjna nie budzi wątpliwości i wskazuje na mocny związek merytoryczny prowadzonych badań z prezentowanymi w publikacjach wynikami naukowymi. Pewien niedosyt budzi brak publikacji w znaczących wydawnictwach międzynarodowych, wysokopunktowych (140 i więcej), np. Springer.

Rozumiejąc BIM jako:

- a) model – służący do opisu projektowania wirtualnego i zarządzania obiektem (budowlanym) we wszystkich cyklach życia budowli,
- b) modelowanie - czynności polegające na budowie cyfrowego modelu, według określonych zasad technologii BIM,
- c) proces – zarządzanie informacjami i zasobami w procesie projektu opartego na technologii i metodologii BIM

i rozpatrując działania i czynności jakie można przypisać do kolejnych etapów życia obiektu budowlanego tj.: 1 – planowanie, 2- projektowanie, 3- wykonawstwo-budowa, 4 – eksploatacja obiektu oraz 5- zarządzanie procesem budowlanym (czynności występujące w każdym etapie, *to dorobek naukowy Habilitanta jest znacznie zróżnicowany*. Najwięcej publikacji można przypisać do etapu planowania i projektowania. Przeważają tu publikacje związane z etapem 1 (planowanie przestrzenne, analizy środowiskowe), etapem 2 (projektowanie budownictwa jednorodzinnego oraz częściowo z etapem 4). Natomiast zabrakło publikacji z zakresu etapu 3 oraz 5.

Ważnym aspektem jest skonfigurowanie z BIM znanych już w nauce i praktyce metodyk zarządzania projektami, w tym między innymi: FIDC, PMBOK lub PRINCE2. Tym bardziej, że wskazując BIM, jako proces zarządzania informacjami, to model BIM, który nabiera pierwszego kształtu już na etapie planowania (inwestor), jest kolejno rozwijany na etapie projektowania (projektant, kosztorysant), dalej na etapie wykonawstwa (wykonawca, projektant – projekt powykonawczy) oraz eksploatacji (remonty itp.). Wskazane byłoby, aby Habilitant w swoich planowanych badaniach uwzględnił.

Powyzsza struktura badań może wynikać tego, że Habilitant będąc zatrudnionym na Wydziale Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej, specjalizuje się w technologii BIM i jej holistycznym wykorzystaniu w planowaniu przestrzennym i kształtowaniu środowiska, chociaż w ostatnich latach przygotował kilka artykułów z zakresu procesu budowlanego.

Liczba cytowań, index Hirscha wskazują na rozpoznawalność Habilitanta jako autora prac nie tylko w kraju, ale także za granicą, co udowadnia wpływ jego badań na rozwój nauki w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport, specjalizując się inżynierii przedsięwzięć budowlanych w zakresie planowania, organizacji, technologii i zarządzania w budownictwie.

Przedstawione dane naukometryczne należy uznać za spełniające stawiane wymagania na etapie ubiegania się o stopień doktora habilitowanego.

## **5.2 Dorobek i osiągnięcia dydaktyczno-popularyzatorskie, współpraca międzynarodowa.**

W Autoreferacie (tab. 4, str. 86), Habilitant zestawiał dorobek i osiągnięcia w pracy dydaktyczno-popularyzatorskiej oraz informację o współpracy międzynarodowej przed i po uzyskaniu stopnia doktora. Habilitant wykazał uczestnictwo w 11 zespołach badawczych realizujących krajowe projekty finansowane w drodze konkursów. Brał udział w 26

międzynarodowych i krajowych konferencjach naukowych jako referent i w 16-tu jako uczestnik. Brał udział w 7 komitetach organizacyjnych międzynarodowych i krajowych konferencji naukowych. Wygłosił 2 referaty na zaproszenie Politechniki Krakowskiej i Rzeszowskiej, prezentując zagadnienia z zakresu modelowania architektonicznego wdrożenia BIM na poziomie przedsiębiorstw.

Jako nauczyciel akademicki prowadzi wykłady/projekty/seminaria na studiach I i II stopnia, kierunkach studiów: gospodarka przestrzenna, geodezja i kartografia oraz geoinformatyka, na Wydziale Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej: modelowanie informacji o budynku (BIM), modelowanie informacji o budynkach, modelowanie budynków w BIM i GIS, otwarte standardy i aplikacje BIM, wykorzystanie platformy CDE w projektach przestrzennych BIM, informatyka, technologie informacyjne, przyrodnicze uwarunkowania w projektach przestrzennych, zagrożenia i ochrona powierzchni ziemi, komputerowe modele przestrzenne – zastosowanie w analizach i projektach oraz na studiach III stopnia (Szkola Doktorska), przedmiot „Propedeutyka BIM – podstawy technologii modelowania informacji o budynkach”. Prowadzi zajęcia dla słuchaczy studiów podyplomowych oraz uczestników projektów międzywydziałowych z zakresu BIM, organizowanych przez Wydział Inżynierii Lądowej PW, Wydział Geodezji i Kartografii PW.

Będąc promotorem 60 prac dyplomowych (inżynierskich i magisterskich), opublikował, wspólnie z dyplomantami 5 artykułów w czasopismach naukowych, głównie z zakresu problematyki BIM. 59 prac przygotowano na kierunku gospodarka przestrzenna, natomiast jedna na kierunku geodezja i kartografia.

Podsumowując imponujące osiągnięcia dydaktyczne, trzeba podkreślić dobre przygotowanie teoretyczne Habilitanta, które wynika także z jego współpracy z otoczeniem gospodarczym. Za swoją działalność otrzymał 8 nagród i wyróżnień Rektora i Dziekana Politechniki Warszawskiej oraz Polskiego Towarzystwa Informatycznego.

Był recenzentem 76 prac w 26 wydawnictwach, w tym między innymi takich jak: Springer, MDPI, ARCHITECTUS. Od 2024 roku pełni funkcję Guest Editor w czasopiśmie *Infrastructures*, oraz Research Topic Editor w czasopiśmie *Frontiers in Built Environment*.

Podsumowując powyższe osiągnięcia, można stwierdzić, że są one imponujące.

### **5.3 Dorobek zawodowy, współpraca z otoczeniem gospodarczym i społecznym.**

Habilitant działalność naukowo-badawczą godzi aktywnie współpracując z sektorem gospodarczym. Pracuje też jako trener oprogramowania i wdrożeniowiec BIM, co pozwala na stałe podnoszenie jakości przekazywanej wiedzy poprzez łączenie praktyki z teorią.

Jako egzaminator ECDL CAD przeprowadził 925 egzaminów w zakresie modułu S8 - Komputerowe wspomaganie projektowania. Z kolei jako egzaminator modułu EPP GIS przeprowadził 377 egzaminów w zakresie Systemów Informacji Przestrzennej.

Jako ogólnopolski Koordynator Produktu EPP GIS szkoli potencjalnych egzaminatorów, głównie pracowników uczelni wyższych. Prowadzi zajęcia z wykorzystaniem technologii GIS dla uczniów szkół średnich. Jest członkiem 4 stowarzyszeń (*Stowarzyszenie BIM, Naukowe Towarzystwo Rewitalizacji, Polskiego Towarzystwa Informatycznego i Towarzystwa Rozwoju Obszarów Wiejskich*).

Habilitant nawiązał współpracy w zakresie szkoleń i wdrożenia BIM z wieloma przedsiębiorstwami, w tym między innymi: AEC Design, miasto Starachowice, 4D Group, Tessel Poland, Burem Happold, SXD Polska, Arcadis i WSP Polska, JP Novation i NeoBIM GmbH. Bierze udział w 3 zespołach, jako ekspert naukowo-badawczy; *Zespół Doradców*



*Gospodarczych TOR, Instytut Budownictwa Optymalnego, ICDL (Polskie Towarzystwo Informatyczne).*

Jest autorem zgłoszenia - wdrożenia, które dotyczy wytworzenia fizycznego produktu na biurko dla projektanta BIM (BIM Placemat – Podkładka BIM).

Będąc trenerem oprogramowania, regularnie od 2011 prowadzi szkolenia w zakresie obsługi oprogramowania, wdrażam rozwiązania informatycznych, często asystując w procesie projektowym.

Reasumując powyższe osiągnięcia zawodowe można stwierdzić, że jest to znaczący dorobek, szczególnie w zakresie przeprowadzenia wielu szkoleń, seminariów wykładów w wymiarze 3500 godzin szkoleniowych. Wybrane referencje szkoleniowe dołączono w załączniku nr 7 Wniosku.

## **6 Ocena końcowa.**

Podsumowując osiągnięcia Habilitanta w pracy naukowo-badawczej, wartość publikacji naukowych oraz jego działalność organizacyjną na uczelni, społeczną, współpracę z otoczeniem gospodarczym można stwierdzić, że Habilitant spełnia wymagane kryteria oceny osiągnięć osoby ubiegającej się o nadanie stopnia habilitowanego w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport, specjalizując się w inżynierii przedsięwzięć budowlanych obejmującej planowanie, projektowanie, technologię, oraz organizację i zarządzania procesem budowlanym, w szczególności:

- posiada wystarczającą ilość publikacji naukowych w czasopismach z bazy Journal Citation Reports,
- jest autorem lub współautorem monografii wydanych przez wydawnictwa umieszczone w bazie Journal Citation Reports,
- Index Hirscha; według bazy Web of Science 6, według bazy Scopus – 6, według bazy Google Scholar – 9, liczba cytowań; WoS – 72, Scopus – 91 Google Scholar 237), IF = 31,318,
- kierował lub uczestniczył w wielu pracach badawczych,
- uczestniczył i wygłaszał referaty na wielu konferencjach krajowych i międzynarodowych. Był także członkiem komitetów organizacyjnych konferencji krajowych i międzynarodowych,
- uczestniczył w programach europejskich,
- jest członkiem międzynarodowych i krajowych organizacji oraz towarzystw naukowych,
- posiada znaczne osiągnięcia dydaktyczne w zakresie popularyzowania nauki,
- jest autorem recenzji wielu publikacji w recenzowanych znaczących czasopismach.

Analizując przedłożoną do oceny dokumentację (Autoreferat wraz z załącznikami), w pierwszej kolejności można zauważyć, że dominują osiągnięcia Habilitanta w zakresie pierwszego etapu procesu budowlanego obejmującego planowanie i projektowanie. Przeważają publikacje obejmujące problematykę planowania przestrzennego (plany zagospodarowania terenu i związane z nimi analizy środowiskowe) oraz projekty budownictwa jednorodzinnego (analizy lokalizacyjne, narzędzia umożliwiające sporządzenie bilansów energetycznych i środowiskowych). W ostatnim okresie pojawiły się publikacje opisujące podobne zagadnienia w budownictwie infrastrukturalnym.

Wgłębiając się dokładnie w wyniki badań i treść publikacji, to można stwierdzić, że Habilitant nabył umiejętności formułowania ich celu, hipotez badawczych i programu, co realizuje z powodzeniem, o czym świadczy udokumentowany dorobek naukowy i publikacyjny. Świadczy to o dojrzałości Habilitanta, jego umiejętności samodzielnego formułowania i rozwiązywania problemów naukowych.

Wykazane w niniejszej recenzji uwagi krytyczne do monografii, niedociągnięcia w treści Autoreferatu; częste powtórzenia, nieścisłości, sugestie i uwagi nie przesłaniają znaczącego dorobku naukowo-badawczego, imponującego dorobku dydaktycznego oraz dość dobrego dorobku w zakresie współpracy z otoczeniem gospodarczym.

Osiągnięcia Habilitanta w działalności naukowej, dydaktycznej, współpracy naukowej i popularyzacji nauki spełniają wymagania stawiane przez Ustawę Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dnia 20.07.2018r., w sprawie kryteriów oceny osiągnięć osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego.

W ocenie Recenzenta przedstawiona monografia pt. „PROPEDEUTYKA BIM – filozofia modelowania informacji o obiekcie budowlanym”, wraz z cyklem opublikowanych prac, stanowi istotne osiągnięcie naukowe, zawiera elementy oryginalności i określa wkład własny Habilitanta w rozwój dyscypliny naukowej inżynieria lądowa, geodezja i transport w specjalności inżynieria przedsięwzięć budowlanych obejmującej zagadnienia planowania, projektowania, technologii, organizacji i zarządzania w budownictwie.

**Przedstawione w recenzji argumenty określające wyniki działalności naukowo-badawczej oraz dorobku zawodowego upoważniają mnie do poparcia wniosku o nadania dr inż. Andrzeja Szymona Borkowskiego stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport.**

dr hab. inż. Adam Rak

